

**Carga de enfermedad por contaminación atmosférica  
debida a materia particulada ( $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ ) y ozono ( $O_3$ )  
en la ciudad de Valladolid durante el periodo 1999-2008**

**M. Cárdaba Arranz**

**Médico Especialista en Medicina Preventiva y Salud Pública**

**Jornada sobre calidad del aire y ozono troposférico**

**Valladolid, 15 de septiembre de 2017**

# Medio ambiente y salud

- **Salud pública: salud ambiental**
  - **Complejidad: efecto cóctel**
  - **Escaso control individual**
  - **Sinergias políticas**
  
- **Evaluación del impacto en salud**
  - **OMS**
  - **UE: “salud en todas las políticas”**
  - **España**
  
- **Carga ambiental de enfermedad**
  - **Indicadores: mortalidad, morbilidad**
    - **Fracción atribuible (FA)**

# Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud

## Evidencia científica

- **Episodios de alta contaminación**
- **Estudios específicos (PM, O<sub>3</sub>)**
  - **Epidemiológicos**
  - **Toxicológicos**
  - **Funciones de Concentración-Respuesta (FCR)**
- **Medidas de control**

# **Carga de enfermedad por contaminación atmosférica**

**Según estimaciones de la OMS para el año 2012**

- **3 millones de muertes (5,4% del total)**
- **25% cáncer de pulmón**
- **8% de las muertes por EPOC**
- **~15% EIC y CV**
- **~17% IR**

**Asimismo**

- **IARC: PM (carcinógeno grupo 1)**

# Materia particulada (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>)

## Directiva 2008/50/CE. Valor Límite

PM<sub>10</sub> 40 µg/m<sup>3</sup> de media anual

PM<sub>2,5</sub> 25 µg/m<sup>3</sup> de media anual

## GCA. OMS. Valor guía

PM<sub>10</sub> 20 µg/m<sup>3</sup> de media anual

PM<sub>2,5</sub> 10 µg/m<sup>3</sup> de media anual

11.6.2008 L3 Diario Oficial de la Unión Europea L 152/1

I

(Actos adoptados en aplicación de los Tratados CE/Eniactum cuya publicación es obligatoria)

DIRECTIVAS

**DIRECTIVA 2008/50/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO**  
de 21 de mayo de 2008  
relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa

EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea y, en particular, su artículo 175,

Vista la propuesta de la Comisión,

Visto el dictamen del Comité Económico y Social Europeo (\*),

Visto el dictamen del Comité de las Regiones (\*\*),

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 251 del Tratado (\*\*),

Considerando lo siguiente:

(1) El sexto programa de acción comunitario en materia de medio ambiente aprobado mediante la Decisión nº 1609/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de julio de 2002 (\*\*), establece la necesidad de reducir los niveles de contaminación que limitan al máximo los efectos perjudiciales para la salud humana, prestando especial atención a las poblaciones más vulnerables y al medio ambiente en su conjunto, de mejorar el control y la evaluación de la calidad del aire ambiente, incluido el depósito de contaminantes y de proporcionar información a los ciudadanos.

(2) Con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente en general, es particularmente importante combatir las emisiones de contaminantes en la fuente y determinar y aplicar medidas de reducción de emisiones más eficaces a nivel local, nacional y comunitario. En este sentido es preciso evitar, prevenir o reducir las emisiones de contaminantes de la atmósfera nociva, y fijar los objetivos oportunos aplicables al aire ambiente, teniendo en cuenta las normas, las directrices y los programas correspondientes de la Organización Mundial de la Salud.

(3) La Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente (\*), la Directiva 1999/30/CE del Consejo, de 22 de abril de 1999, relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente (\*), la Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de noviembre de 2000, sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente (\*), la Directiva 2002/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de febrero de 2002, relativa al ozono en el aire ambiente (\*) y la Decisión 97/101/CE del Consejo, de 27 de enero de 1997, por la que se establece un intercambio recíproco de información y datos de las redes y estaciones auxiliares de medición de la contaminación atmosférica en los Estados miembros (\*) han de ser objeto de una profunda revisión para incorporar los últimos avances científicos y técnicos y la experiencia de los Estados miembros. Por motivos de claridad, simplificación y eficacia administrativa, procede sustituir esos cinco actos por una única Directiva si fuera conveniente, por medidas de gestión.

(\*) DO L 296 de 21.11.1996, p. 35. Directiva modificada por el Reglamento (CE) nº 1882/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo (DO L 264 de 31.10.2003, p. 1).

(\*\*) DO L 163 de 29.6.1999, p. 41. Directiva modificada por la Decisión 2001/744/CE de la Comisión (DO L 278 de 23.10.2001, p. 35).

(\*) DO L 313 de 13.12.2000, p. 12.

(\*) DO L 67 de 9.3.2002, p. 14.


(\*) DO L 35 de 5.2.1997, p. 14. Decisión modificada por la Decisión 2001/752/CE de la Comisión (DO L 282 de 26.10.2001, p. 69).

(\*) DO C 195 de 18.8.2006, p. 84.

(\*) DO C 200 de 29.8.2006, p. 1.

(\*) Decisión del Parlamento Europeo de 26 de septiembre de 2006 (DO C 266 de 13.12.2006, p. 162), Prácticas Comunes del Consejo de 25 de junio de 2007 (DO C 204 de 6.11.2007, p. 33) y Prácticas del Parlamento Europeo de 11 de diciembre de 2007, Decisión del Consejo de 14 de abril de 2008.

(\*) DO L 242 de 10.3.2002, p. 1.

  
WORLD HEALTH ORGANIZATION  
EUROPE

# Air Quality Guidelines

## Global Update 2005

**Particulate matter,  
ozone, nitrogen dioxide  
and sulfur dioxide**

# Materia particulada (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>)

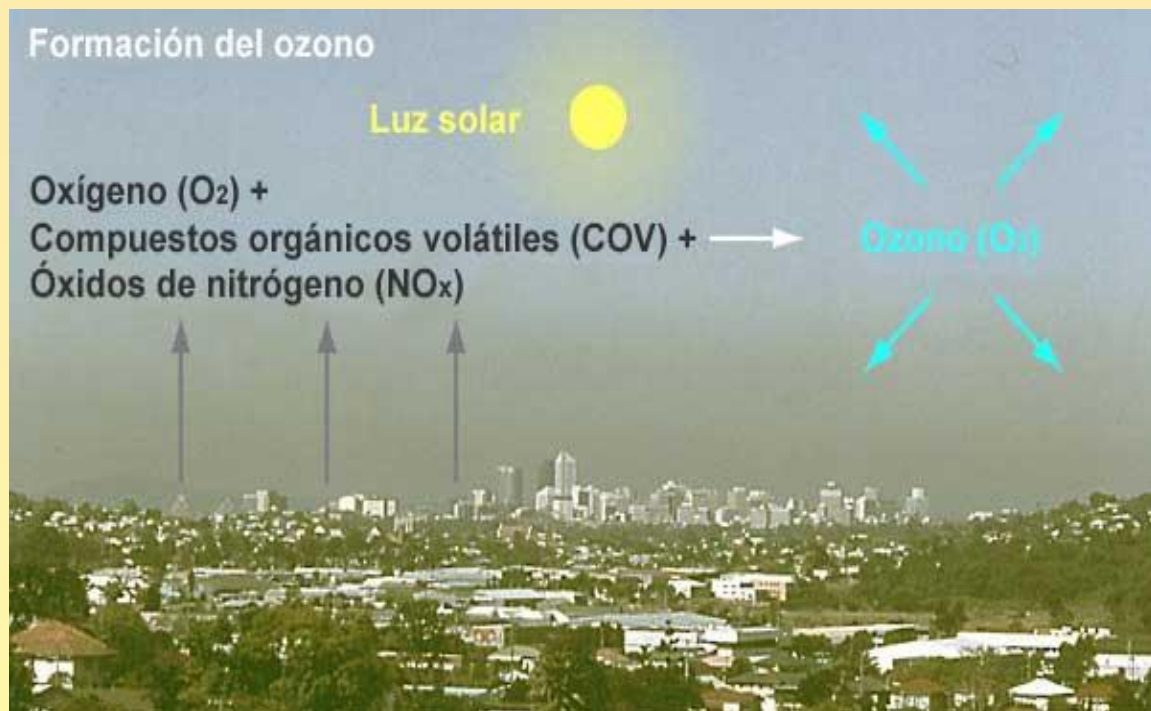
## Efectos relacionados con la exposición a corto plazo (PM<sub>10</sub>)

- **Inflamación pulmonar**
- **Síntomas respiratorios**
- **Efectos adversos sobre el sistema cardiovascular**
- **Aumento del uso de medicamentos**
- **Aumento de los ingresos hospitalarios**
- **Aumento de la mortalidad**

## Efectos relacionados con la exposición a largo plazo (PM<sub>2,5</sub>)

- **Aumento de los síntomas respiratorios inferiores**
- **Reducción de la función pulmonar en niños y adultos**
- **Aumento de la EPOC**
- **Reducción de la esperanza de vida:**
  - **Mortalidad cardiopulmonar y cáncer de pulmón**

# Ozono (O<sub>3</sub>)



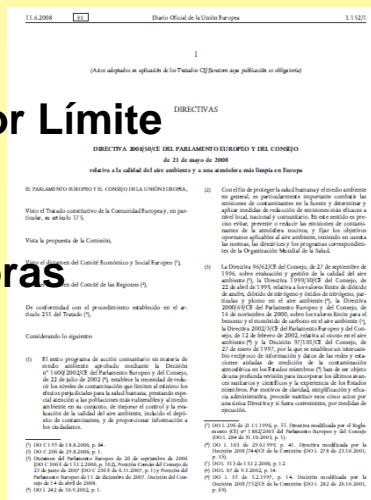
www.epa.qld.gov.au

Factores de riesgo atmosférico que causan enfermedades en los niños en España. Informes, estudios e investigación. 2009. Ministerio de Sanidad y Política Social.

## Directiva 2008/50/CE. Valor Límite

O<sub>3</sub> 120 µg/m<sup>3</sup>

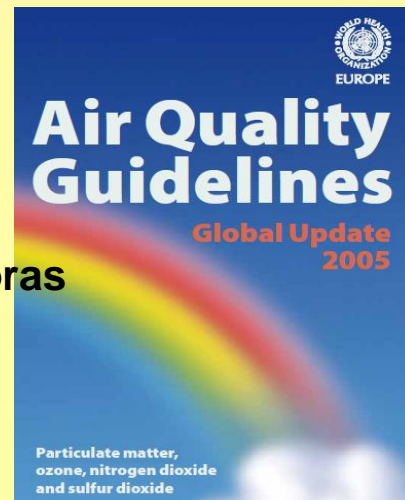
media máxima diaria 8-horas



## GCA. OMS. Valor guía

O<sub>3</sub> 100 µg/m<sup>3</sup>

media máxima diaria 8-horas



# Ozono (O<sub>3</sub>)

## Exposición a corto plazo

- Efectos adversos en la función pulmonar
- Inflamación pulmonar
- Efectos adversos sobre los síntomas respiratorios
- Incremento de la utilización de fármacos
- Incremento de los ingresos hospitalarios
- Incremento de la mortalidad (por todas las causas, por enfermedades respiratorias y circulatorias)

## Exposición a largo plazo

- Descenso de la función pulmonar



# La contaminación atmosférica en España

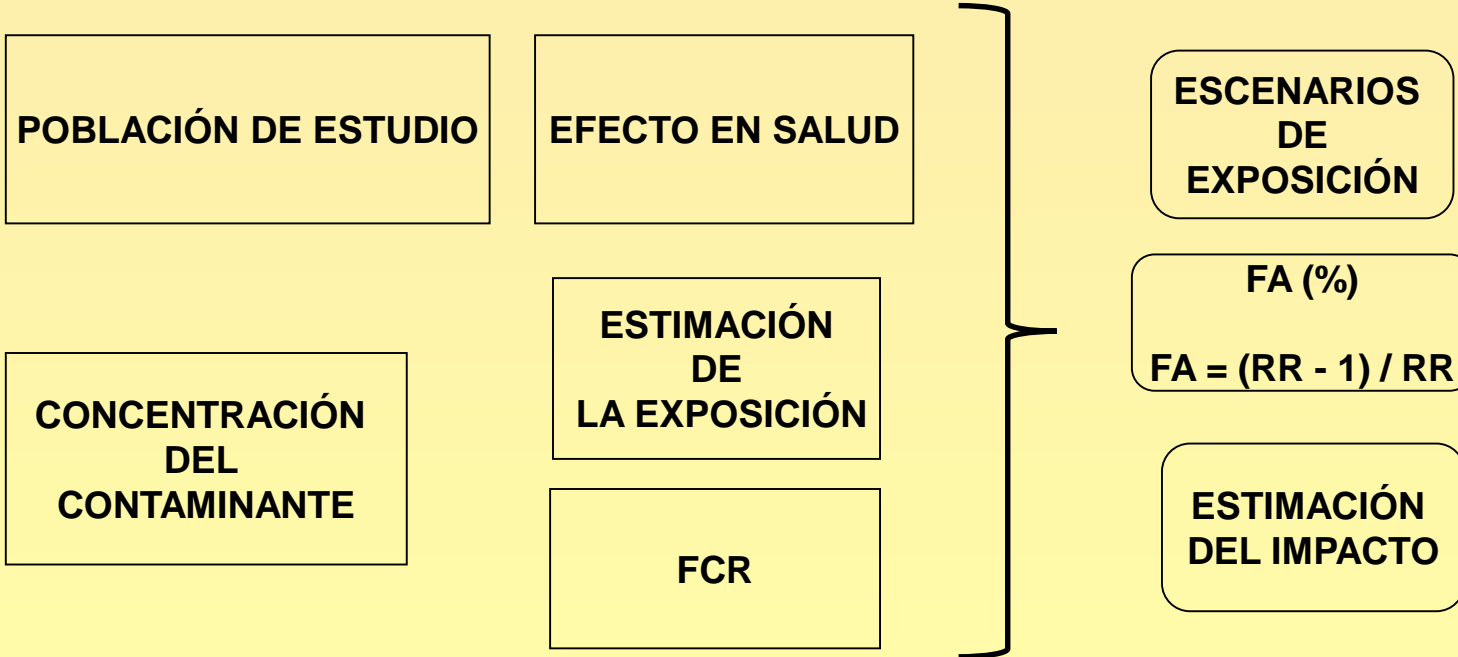
## Marco legal

- Ley de calidad del aire y protección de la atmósfera (2007)
- RD 102/ 2011 relativo a la mejora de la calidad del aire (transposición D. 2008/50/CE)
- Futura transposición D. 2015/1480/CE

## Magnitud del problema

- Estudios: APHEA, EMECAM, EMECAS
  - Reproducibilidad de resultados
- Estimaciones CAFE-CBA: 1,7 – 4,7 % PIB (Observatorio de la sostenibilidad en España (OSE): Sostenibilidad en España) 2007.

# Evaluación de impacto en salud



**Evaluación de impacto en salud de la contaminación  
atmosférica por  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  y  $O_3$   
en la ciudad de Valladolid durante el periodo 1999-2008**

# BMJ Open Health impact assessment of air pollution in Valladolid, Spain

Mario Cárdbaba Arranz,<sup>1</sup> María Fe Muñoz Moreno,<sup>2</sup> Alicia Armentia Medina,<sup>3</sup> Margarita Alonso Capitán,<sup>4</sup> Fernando Carreras Vaquer,<sup>4</sup> Ana Almaraz Gómez<sup>5</sup>

**To cite:** Cárdbaba Arranz M, Muñoz Moreno MF, Armentia Medina A, *et al*. Health impact assessment of air pollution in Valladolid, Spain. *BMJ Open* 2014;4:e005999. doi:10.1136/bmjopen-2014-005999

► Prepublication history for this paper is available online. To view these files please visit the journal online (<http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2014-005999>).

Received 1 July 2014  
Revised 3 September 2014  
Accepted 23 September 2014



CrossMark

<sup>1</sup>Castilla y León Regional Health Service, Valladolid, Spain

<sup>2</sup>Research Support Unit, University Clinical Hospital, Valladolid, Spain

<sup>3</sup>Allergy Unit, Rio Hortega University Hospital, Valladolid, Spain

<sup>4</sup>Ministry of Health, Social Services and Equality, Madrid, Spain

<sup>5</sup>Medical Faculty, University of Valladolid, Valladolid, Spain

**Correspondence to**  
Dr Mario Cárdbaba Arranz;  
mario00med@yahoo.es

## ABSTRACT

**Objective:** To estimate the attributable and targeted avoidable deaths (ADs; TADs) of outdoor air pollution by ambient particulate matter (PM<sub>10</sub>), PM<sub>2.5</sub> and O<sub>3</sub> according to specific WHO methodology.

**Design:** Health impact assessment.

**Setting:** City of Valladolid, Spain (around 300 000 residents).

**Data sources:** Demographics; mortality; pollutant concentrations collected 1999–2008.

**Main outcome measures:** Attributable fractions; ADs and TADs per year for 1999–2008.

**Results:** Higher TADs estimates (shown here) were obtained when assuming as 'target' concentrations WHO Air Quality Guidelines instead of Directive 2008/50/EC. ADs are considered relative to pollutant background levels. All-cause mortality associated to PM<sub>10</sub> (all ages): 52 ADs (95% CI 39 to 64); 31 TADs (95% CI 24 to 39). All-cause mortality associated to PM<sub>10</sub> (<5 years): 0 ADs (95% CI 0 to 1); 0 TADs (95% CI 0 to 1). All-cause mortality associated to PM<sub>2.5</sub> (>30 years): 326 ADs (95% CI 217 to 422); 231 TADs (95% CI 153 to 301). Cardiopulmonary and lung cancer mortality associated to PM<sub>2.5</sub> (>30 years):

- Cardiopulmonary: 186 ADs (95% CI 74 to 280); 94 TADs (95% CI 36 to 148).
- Lung cancer: 51 ADs (95% CI 21 to 73); 27 TADs (95% CI 10 to 41). All-cause, respiratory and cardiovascular mortality associated to O<sub>3</sub> (all ages):
- All-cause: 52ADs (95% CI 25 to 77); 31 TADs (95% CI 15 to 45).
- Respiratory: 5ADs (95% CI –2 to 13); 3 TADs (95% CI –1 to 8).
- Cardiovascular: 30 ADs (95% CI 8 to 51); 17 TADs (95% CI 5 to 30).

Negative estimates which should be read as zero were obtained when pollutant concentrations were below counterfactuals or assumed risk coefficients were below one.

**Conclusions:** Our estimates suggest a not negligible negative impact on mortality of outdoor air pollution. The implementation of WHO methodology provides critical information to distinguish an improvement range in air pollution control.

## INTRODUCTION

Numerous epidemiological studies conducted over the past decades point to adverse health impacts from exposure to

## Strengths and limitations of this study

- Using ecological data to assume ambient pollutant concentrations as surrogates of individual exposure adds error.
- In addition, pollutant concentrations were not corrected for sub-Saharan dust intrusions.
- CIs only cover statistical uncertainty related to the risk estimates from the concentration-response functions (CRFs), currently under review by the WHO, while further uncertainty is added due to potential errors in assuming the general shape of CRFs, background pollutant levels, selection of health outcomes and structure of monitoring network.
- In sensitivity analysis, we considered different PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> ratios, background concentrations and exposure-response relationships.
- It is difficult to generalise results to other populations as data were obtained from only one city.

outdoor air pollution, attributing the most severe health effects to particulate matter (PM)<sup>1–2</sup> and, to a lesser extent, ozone<sup>3</sup> (O<sub>3</sub>). New studies incorporate to the growing body of evidence,<sup>4–6</sup> currently under review by the WHO through projects such as REVIHAAP (Review of evidence on health aspects of air pollution) and HRAPIE (Health risks of air pollution in Europe), confirming that outdoor air pollution is an important risk factor for health.<sup>7–8</sup>

According to the WHO, in the year 2012, ambient air pollution was responsible for 3.7 million deaths, representing 6.7% of the total deaths. Worldwide, ambient air pollution is estimated to cause about 16% of the lung cancer deaths, 11% of chronic obstructive pulmonary disease deaths, more than 20% of ischaemic heart disease and stroke, and about 13% of respiratory infection deaths.<sup>9</sup> Recently, the International Research Agency on Cancer (IARC) classified air pollution mixture and PM as carcinogenic to human beings (Group 1).<sup>10</sup>

It could be expected that the impact caused by a preventable risk factor would decline if the exposure to that risk factor could be

# Fuentes de datos para el periodo 1999 - 2008

- **Concentraciones de  $PM_{10}$  y  $O_3$**

**Red de estaciones de monitorización de la calidad del aire atmosférico del Ayuntamiento de Valladolid: RCCAVA**

**media anual (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

**$PM_{10}$  : 35.41 ;  $O_3$ : 141.38**

**$PM_{2.5}/PM_{10}$  ratio de 0.73;  $PM_{2.5}$ : 25.85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

- **Datos demográficos y de mortalidad (CIE-10:clasificación internacional de enfermedades. 10ª edición)**

**Instituto Nacional de Estadística**

# RCCAVAL: concentraciones de PM<sub>10</sub> y O<sub>3</sub>

|                  | Año   | Estaciones operativas | Estaciones con datos válidos | Mínimo | Máximo | Media anual | DS     |
|------------------|-------|-----------------------|------------------------------|--------|--------|-------------|--------|
| PM <sub>10</sub> | 1999  | 7                     | 2                            | 44     | 47     | 45.5        | 2.121  |
|                  | 2000  | 7                     | 7                            | 33     | 47     | 41.6        | 5.127  |
|                  | 2001  | 7                     | 4                            | 38     | 46     | 42.7        | 3.695  |
|                  | 2002  | 8                     | 4                            | 25     | 39     | 33.3        | 5.909  |
|                  | 2003  | 6                     | 6                            | 23     | 39     | 30.2        | 6.853  |
|                  | 2004  | 6                     | 4                            | 33     | 52     | 39.5        | 8.583  |
|                  | 2005  | 6                     | 6                            | 31     | 49     | 36.2        | 6.911  |
|                  | 2006  | 6                     | 5                            | 30     | 41     | 36.4        | 4.393  |
|                  | 2007  | 5                     | 5                            | 20     | 31     | 25.6        | 4.159  |
|                  | 2008  | 6                     | 4                            | 22     | 26     | 23.3        | 1.893  |
| O <sub>3</sub>   | 1999  | 4                     | 4                            | 89     | 134    | 111.5       | 19.638 |
|                  | 2000  | 4                     | 4                            | 101    | 152    | 121.3       | 21.930 |
|                  | 2001  | 4                     | 2                            | 122    | 130    | 126         | 5.657  |
|                  | 2002* | 3                     | 1                            | 126    | 168.7  | 147.3       | 30.169 |
|                  | 2003  | 4                     | 3                            | 165    | 174    | 168.7       | 4.726  |
|                  | 2004  | 3                     | 3                            | 142    | 164    | 149.7       | 12.423 |
|                  | 2005  | 3                     | 3                            | 146    | 159    | 154.7       | 7.506  |
|                  | 2006  | 3                     | 3                            | 138    | 151    | 142.7       | 7.234  |
|                  | 2007  | 3                     | 3                            | 137    | 146    | 143         | 5.196  |
|                  | 2008  | 3                     | 3                            | 138    | 160    | 149         | 11     |

\* En 2002 solo 1 de 3 estaciones proporcionó datos válidos por lo que se promediaron los datos de los años 2001 y 2003.

# Población expuesta y cifras de mortalidad

| <b>Todas las edades</b> |   |                       |                         |
|-------------------------|---|-----------------------|-------------------------|
| <b>Población</b>        | <b>Todas las causas</b>                                 | <b>Respiratoria</b>   | <b>Cardiovascular</b>   |
| 319.482                 | 2.563   | 267                   | 872                     |
|                         | <b>Tasa de mortalidad por 10<sup>5</sup> habitantes</b> |                       |                         |
|                         | 802   | 83                    | 273                     |
| <b>&gt;30 años</b>      |   |                       |                         |
| <b>Población</b>        | <b>Todas las causas</b>                                 | <b>Cardiopulmonar</b> | <b>Cáncer de pulmón</b> |
| 212.702                 | 2.535   | 729                   | 142                     |
|                         | <b>Tasa de mortalidad por 10<sup>5</sup> habitantes</b> |                       |                         |
|                         | 1.192   | 342                   | 67                      |
| <b>&lt;5 años</b>       |   |                       |                         |
| <b>Población</b>        | <b>Todas las causas</b>                                 | <b>Respiratoria</b>   |                         |
| 11.752                  | 12  | 0                     |                         |
|                         | <b>Tasa de mortalidad por 10<sup>5</sup> habitantes</b> |                       |                         |
|                         | 100   | 2                     |                         |

# Funciones Concentración-Respuesta

## PM<sub>10</sub> : exposición a corto plazo

| Mortalidad       | RR *                       | Coefficiente $\beta$ /RR<br>(95% IC) | Edad  | CIE-10                |
|------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------|-----------------------|
| Todas las causas | RR=exp [ $\beta (X-X_o)$ ] | 0.00081<br>(0.0006 a 0.0010)         | Todas | Todos excepto V01-Y89 |
| Respiratoria*    | RR=exp [ $\beta (X-X_o)$ ] | 0.001661<br>(0.00 034 a 0.0030)      | <5    | J00-J99               |

X=concentración actual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y  $X_o$ =concentración objetivo o umbral ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

\*En determinadas circunstancias podría incluir asimismo todas las causas de mortalidad



# Funciones Concentración-Respuesta

## PM<sub>2,5</sub> : exposición a largo plazo

| Mortalidad                        | RR *                          | Coefficiente $\beta$ /RR<br>(95% IC) | Edad | CIE-10  |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|------|---|
| Todas las causas                  | $RR = \exp [\beta (X - X_o)]$ | 1.0628<br>(1.040 a 1.083)            | >30  | Todos excepto<br>V01-Y89                              |
| Cardiopulmonar<br>(log-lineal)§   | $RR = [(X+1)/(X_o+1)]^\beta$  | 0.155151<br>(0.0562 a 0.2541)        | >30  | I00-I02 ; I10-I15<br>; I20-I49 ; I51-I52<br>; J00-J99 |
| Cardiopulmonar<br>(lineal)        | $RR = \exp [\beta (X - X_o)]$ | 0.008931<br>(0.00 322–0.01 464)      | >30  | I00-I02 ; I10-I15<br>; I20-I49 ; I51-I52<br>; J00-J99 |
| Cáncer de pulmón<br>(log-lineal)§ | $RR = [(X+1)/(X_o+1)]^\beta$  | 0.232181<br>(0.08 563 a 0.37 873)    | >30  | C33-C34   |
| Cáncer de pulmón(lineal)          | $RR = \exp [\beta (X - X_o)]$ | 0.012671<br>(0.00 432 a 0.02 102)    | >30  | C33-C34   |

X=concentración actual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y  $X_o$ =concentración objetivo o umbral ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

§ relación recomendada

# Funciones Concentración-Respuesta

## O<sub>3</sub> : exposición a corto plazo

| Mortalidad       | RR                                    | Coefficiente $\beta$ /RR<br>(95% IC)   | Edad  | CIE-10                      |
|------------------|---------------------------------------|--|-------|-----------------------------|
| Todas las causas | RR=exp [ $\beta$ (X-X <sub>0</sub> )] | 1.00220<br>(1.0005 a 1.0035) <sup>#</sup><br>1.00298<br>(1.0014 a 1.0043) <sup>*</sup> | Todas | Todas<br>excepto<br>V01-Y89 |
| Respiratoria     | RR=exp [ $\beta$ (X-X <sub>0</sub> )] | 0.99920<br>(0.995 a 1.004) <sup>#</sup><br>1.00298<br>(0.9989 a 1.0070) <sup>*</sup>   | Todas | J00-J99                     |
| Cardiovascular   | RR=exp [ $\beta$ (X-X <sub>0</sub> )] | 1.00420<br>(1.003 a 1.005) <sup>#</sup><br>1.00498<br>(1.0013 a 1.0085) <sup>*</sup>   | Todas | I00-I99                     |

X=concentración actual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y X<sub>0</sub>=concentración objetivo o umbral ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#Anderson HR et al. Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O<sub>3</sub>). Report of a WHO task group.2004.

\*Health risks of air pollution in Europe—HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide.WHO. 2013.

# Escenarios de exposición

\* Guías de Calidad del Aire. OMS. 2006

† Directiva 2008/50/EC.

‡ Nivel de fondo (Ostro. 2004. EBD. OMS)

§ Nivel de fondo. Guías de Calidad del Aire. OMS. 2006

**Se asume una concentración bien natural de “fondo” (no antropogénica), bien objetivo o “diana”, para determinar la mortalidad atribuible o los beneficios potenciales de la reducción del factor de riesgo en una cantidad específica**

•FA:fracción atribuible

•MA: mortalidad atribuible (muertes anuales)

•ME: mortalidad evitable (muertes anuales)

# Concentración natural de “fondo”

## FA

estimación de la proporción de mortalidad que podría atribuirse a la exposición estimada al contaminante respecto a un determinado valor natural de “fondo” asumido a priori.

## MA (mortalidad atribuible)

estimación de la carga de enfermedad que podría atribuirse al nivel de contaminación estimado del contaminante respecto a ese valor natural de “fondo”.

# Concentración objetivo o “diana”

## FA

**estimación de la reducción proporcional en la mortalidad anual por una causa determinada que podría ocurrir si la exposición al factor de riesgo se redujera a la de un escenario de exposición ideal alternativo y factible.**

## ME (mortalidad evitable)

**estimación de la carga de enfermedad asociada a la exposición al contaminante que podría evitarse si se asumiera esa concentración objetivo o “diana”.**

## Mortalidad por todas las causas y exposición a corto plazo a PM<sub>10</sub> : todas las edades

| Escenario de exposición | *20 µg/m <sup>3</sup> |    | †40 µg/m <sup>3</sup> |     | ‡10 µg/m <sup>3</sup> |    |
|-------------------------|-----------------------|----|-----------------------|-----|-----------------------|----|
|                         | FA                    | ME | FA                    | ME  | FA                    | MA |
| Estimación inferior     | 0.92                  | 24 | -0.276                | -7  | 1.513                 | 39 |
| Estimación central      | 1.225                 | 31 | -0.368                | -9  | 2.012                 | 52 |
| Estimación superior     | 1.529                 | 39 | -0.46                 | -12 | 2.509                 | 64 |

## Mortalidad por todas las causas y exposición a corto plazo a PM<sub>10</sub>: <5 años

| Escenario de exposición | †20 µg/m <sup>3</sup> |    | ‡40 µg/m <sup>3</sup> |    | ‡10 µg/m <sup>3</sup> |    |
|-------------------------|-----------------------|----|-----------------------|----|-----------------------|----|
|                         | FA                    | ME | FA                    | ME | FA                    | MA |
| Estimación inferior     | 0.523                 | 0  | -0.156                | 0  | 0.86                  | 0  |
| Estimación central      | 2.526                 | 0  | -0.765                | 0  | 4.13                  | 0  |
| Estimación superior     | 4.518                 | 1  | -1.386                | 0  | 7.34                  | 1  |

## Mortalidad por todas las causas y exposición a largo plazo a PM<sub>2.5</sub>: >30 años

| Escenario de exposición | *10 µg/m <sup>3</sup> |     | †25 µg/m <sup>3</sup> |    | ‡3 µg/m <sup>3</sup> |     |
|-------------------------|-----------------------|-----|-----------------------|----|----------------------|-----|
|                         | FA                    | ME  | FA                    | ME | FA                   | MA  |
| Estimación inferior     | 6.027                 | 153 | 0.333                 | 8  | 8.572                | 217 |
| Estimación central      | 9.094                 | 231 | 0.510                 | 13 | 12.842               | 326 |
| Estimación superior     | 11.872                | 301 | 0.675                 | 17 | 16.656               | 422 |



## Mortalidad cardiopulmonar y exposición a largo plazo a PM<sub>2.5</sub>: >30 años

| Escenario de exposición | *10 µg/m <sup>3</sup> |     | †25 µg/m <sup>3</sup> |    | ‡3 µg/m <sup>3</sup> |     |
|-------------------------|-----------------------|-----|-----------------------|----|----------------------|-----|
|                         | FA                    | ME  | FA                    | ME | FA                   | MA  |
| Estimación inferior     | 4.891                 | 36  | 0.181                 | 1  | 10.148               | 74  |
| Estimación central      | 12.929                | 94  | 0.498                 | 4  | 25.577               | 186 |
| Estimación superior     | 20.288                | 148 | 0.814                 | 6  | 38.356               | 280 |

Relación log-lineal recomendada.

Ostro B. Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva: World Health Organization. 2004. (WHO. Environmental Burden of Disease Series. No. 5).

## Mortalidad por cáncer de pulmón y exposición a largo plazo a PM<sub>2.5</sub>: >30 años

| Escenario de exposición | *10 µg/m <sup>3</sup> |    | †25 µg/m <sup>3</sup> |    | ‡3 µg/m <sup>3</sup> |    |
|-------------------------|-----------------------|----|-----------------------|----|----------------------|----|
|                         | FA                    | ME | FA                    | ME | FA                   | MA |
| Estimación inferior     | 7.357                 | 10 | 0.275                 | 0  | 15.044               | 21 |
| Estimación central      | 18.713                | 27 | 0.744                 | 1  | 35.729               | 51 |
| Estimación superior     | 28.678                | 41 | 1.211                 | 2  | 51.378               | 73 |

Relación log-lineal recomendada.

Ostro B. Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva: World Health Organization. 2004. (WHO. Environmental Burden of Disease Series.No. 5).

# Mortalidad por todas las causas y exposición a corto plazo al O<sub>3</sub>: todas las edades

| Escenario de exposición              | *100 µg/m <sup>3</sup> |    | †120 µg/m <sup>3</sup> |    | §70 µg/m <sup>3</sup> |    |
|--------------------------------------|------------------------|----|------------------------|----|-----------------------|----|
|                                      | FA                     | ME | FA                     | ME | FA                    | MA |
| <i>Fuente del RR: Anderson et al</i> |                        |    |                        |    |                       |    |
| Estimación inferior                  | 0.207                  | 5  | 0.107                  | 3  | 0.356                 | 9  |
| Estimación central                   | 0.823                  | 21 | 0.426                  | 11 | 1.416                 | 36 |
| Estimación superior                  | 1.435                  | 37 | 0.744                  | 19 | 2.463                 | 63 |
| <i>Fuente del RR: HRAPIE Project</i> |                        |    |                        |    |                       |    |
| Estimación inferior                  | 0.577                  | 15 | 0.299                  | 8  | 0.994                 | 25 |
| Estimación central                   | 1.191                  | 31 | 0.617                  | 16 | 2.046                 | 52 |
| Estimación superior                  | 1.760                  | 45 | 0.913                  | 23 | 3.016                 | 77 |

# Mortalidad respiratoria y exposición a corto plazo al O<sub>3</sub>: todas las edades

| Escenario de exposición                     | *100 µg/m <sup>3</sup> |    | †120 µg/m <sup>3</sup> |    | §70 µg/m <sup>3</sup> |     |
|---|------------------------|----|------------------------|----|-----------------------|-----|
|   | FA                     | ME | FA                     | ME | FA                    | MA  |
| <b><i>Fuente del RR: Anderson et al</i></b> |                        |    |                        |    |                       |     |
| Estimación inferior                         | -2.096                 | -6 | -1.077                 | -3 | -3.642                | -10 |
| Estimación central                          | -0.415                 | -1 | -0.214                 | -1 | -0.717                | -2  |
| Estimación superior                         | 1.638                  | 4  | 0.85                   | 2  | 2.809                 | 7   |
| <b><i>Fuente del RR: HRAPIE Project</i></b> |                        |    |                        |    |                       |     |
| Estimación inferior                         | -0.456                 | -1 | -0.236                 | -1 | -0.789                | -2  |
| Estimación central                          | 1.191                  | 3  | 0.617                  | 2  | 2.046                 | 5   |
| Estimación superior                         | 2.845                  | 8  | 1.480                  | 4  | 4.857                 | 13  |

# Mortalidad cardiovascular y exposición a corto plazo al O<sub>3</sub>: todas las edades

| Escenario de exposición                     | *100 µg/m <sup>3</sup> |    | †120 µg/m <sup>3</sup> |    | §70 µg/m <sup>3</sup> |    |
|---|------------------------|----|------------------------|----|-----------------------|----|
|   | FA                     | ME | FA                     | ME | FA                    | MA |
| <b><i>Fuente del RR: Anderson et al</i></b> |                        |    |                        |    |                       |    |
| Estimación inferior                         | 1.232                  | 11 | 0.638                  | 6  | 2.115                 | 18 |
| Estimación central                          | 1.638                  | 14 | 0.85                   | 7  | 2.809                 | 25 |
| Estimación superior                         | 2.042                  | 18 | 1.06                   | 9  | 3.497                 | 31 |
| <b><i>Fuente del RR: HRAPIE Project</i></b> |                        |    |                        |    |                       |    |
| Estimación inferior                         | 0.536                  | 5  | 0.277                  | 2  | 0.923                 | 8  |
| Estimación central                          | 2.002                  | 17 | 1.039                  | 9  | 3.429                 | 30 |
| Estimación superior                         | 3.441                  | 30 | 1.793                  | 16 | 5.862                 | 51 |

# Análisis de sensibilidad

- **PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> ratio**  
**0.73; 0.65 (PM<sub>2.5</sub>: 23.01 µg/m<sup>3</sup>)**
- **Concentraciones de fondo para PM<sub>2.5</sub> y O<sub>3</sub>: 7.5 y 50 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente.**
- **Forma de la FCR: para la mortalidad cardiopulmonar y por cáncer de pulmón asociada a PM<sub>2.5</sub> se evaluó un modelo lineal frente al log-lineal recomendado.**

Ostro B. Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva: World Health Organization. 2004. (WHO. Environmental Burden of Disease Series.No. 5).

Amann M et al. Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution. WHO 2008.

Health risks of air pollution in Europe—HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. World Health Organization. 2013.

# Limitaciones

## Exposición de la población

- Diseño ecológico
- Correlación entre contaminantes
- Estabilidad del aporte de datos por las estaciones de medida
- Intervalo del promedio de los datos de exposición (especialmente sobre efectos a largo plazo por  $PM_{2,5}$ )
- Posibilidad de valores extremos (“hot-spots”, efecto “street-canyon”)
- $[PM_{2,5}]$ : valores estimados, no mediciones reales
- Efecto de variables meteorológicas (intrusiones saharianas, estacionalidad)
- Sensibilidad a los parámetros: concentración de fondo  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  y de  $O_3$  ( $50 \mu g/m^3$ )

## Funciones de concentración - respuesta

- Aplicabilidad, sensibilidad a la forma (lineal, log-lineal)
- Posible sobrestimación del efecto para la mortalidad por todas las causas (salvo externas) en  $< 5$  años
- Recuento doble (mortalidad por exposición a corto plazo y largo plazo)

# Conclusiones

- Las estimaciones señalan para el periodo de estudio un impacto perjudicial no despreciable de la PM y el O<sub>3</sub> sobre la mortalidad.
- Las estimaciones indican unas cifras de ME superiores de reducirse las concentraciones al nivel de las GCA de la OMS frente a los valores límite de la legislación de la UE.
- La aplicación de la metodología propuesta por la OMS proporciona información importante para apreciar un rango de mejora en el control de la contaminación atmosférica.
- El impacto habría sido mayor si no se hubiera cumplido con la legislación vigente durante el periodo de análisis.

**En cualquier caso no hay que olvidar que pequeñas reducciones en el nivel de los factores de riesgo pueden suponer un gran beneficio para toda la población**



# Agradecimientos

**RCCA**

**INE**

**María Fe Muñoz Moreno**

**Alicia Armentia Medina**

**Margarita Alonso Capitán**

**Fernando Carreras Vaquer**

**Ana Almaraz Gómez**

**Organizadores de la jornada**

**Ponentes**

**Asistentes**