

## Mortalidad potencialmente relacionada con la explotación minero metalúrgica del níquel.

### *MORTALITY POTENTIALLY RELATED TO MINING EXPLOITATION OF NICKEL*

Susana SUÁREZ TAMAYO, Enrique MOLINA ESQUIVEL, Geominia MALDONADO CANTILLO, Liliam CUELLAR LUNA, Manuel ROMERO PLACERES

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). Infanta 1158 e/ Llinás y Clavel, Ciudad de la Habana. Teléfono: 878 6755, 870 5531 al 34 Ext. 110.  
Email: susana@inhem.sld.cu

### RESUMEN

Los núcleos poblacionales del municipio Mayarí, provincia de Holguín en alguna medida se encuentran expuestos a la contaminación ambiental y principalmente atmosférica originada por la explotación minera y el procesamiento industrial para la obtención de compuestos de níquel, actividades que han tenido lugar durante 60 años en la localidad de Nicaro y zonas mineras al noreste de ese territorio. La exposición crónica a bajas concentraciones de níquel y otros contaminantes emitidos por esa industria afectan fundamentalmente la morbilidad y mortalidad del sistema respiratorio y cardiovascular. *Objetivo:* Describir el comportamiento de la mortalidad por causas potencialmente relacionadas con la explotación minero metalúrgica del níquel. Mayarí, 2006 - 2010. *Material y métodos:* se realizó un estudio ecológico de comparación múltiple, tomando como universo el total de defunciones en mayores de 40 años por enfermedades cardiovasculares, enfermedades obstructivas crónicas de vías aéreas inferiores (EPOC), y por cáncer de pulmón, tráquea y bronquios en las poblaciones del municipio Mayarí, la provincia Holguín y el país. A partir de los tamaños poblacionales de Mayarí y las tasas específicas de Holguín y nacional por grupos de edades, se estimaron las tasas esperadas por grupos de edad quinquenales y se calcularon las razones estandarizadas de mortalidad (REM) correspondientes estas causas de muerte. *Resultados:* la población del municipio Mayarí mostró mayores riesgos de morir por cáncer de pulmón, tráquea y bronquios, por enfermedades cardiovasculares y por EPOC que la provincia Holguín; en tanto que presentó menores tasas que las tasas medias nacionales con mayor riesgo de morir por enfermedades cardiovasculares pero inferior por EPOC y por cáncer de pulmón. *Conclusiones:* El riesgo de morir por las tres causas estudiadas fue superior con respecto a la provincia Holguín, pero no superó las tasas medias nacionales. El área de salud Guatemala mostró las tasas de mortalidad más altas.

**Palabras clave:** Níquel, contaminación atmosférica, mortalidad, enfermedades cardiovasculares, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cáncer de pulmón..

### INTRODUCCIÓN

La peligrosidad de los metales pesados es motivo de especial preocupación, al no ser química ni biológicamente degradables, por lo que una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente abiótico durante cientos de años, pasar a la biota y, en ciertos casos concentrarse en los seres vivos a lo largo de las cadenas tróficas, por lo que la ingesta de plantas o

animales contaminados puede constituir fuente de ingreso para los humanos, provocando incluso síntomas de intoxicación aguda, pero más frecuentemente la exposición y acumulación crónicas en el organismo, con los posibles riesgos relacionados.<sup>1</sup>

El incremento del riesgo de morir por exposición crónica a la contaminación se estima varias veces mayor que el debido a la exposición aguda.<sup>2</sup> La exposición a largo plazo es más preocupante e incrementa

el riesgo de mortalidad crónica por enfermedades respiratorias y cardiovasculares con disminución de la esperanza de vida más que la mortalidad aguda.<sup>3-6</sup>

Tanto la actividad minera como el procesamiento industrial del mineral para la concentración de distintos compuestos de níquel, pueden emitir al aire, el suelo y las aguas diferentes compuestos de éste, otros metales tóxicos y otros contaminantes, en dependencia tanto de su presencia en el suelo, los insumos empleados en los procesos productivos y la eficacia de los sistemas de depuración disponibles, capaces de afectar severamente la fisiografía del entorno, la salud humana y la mayoría de las formas de vida. Existen además numerosos mecanismos de transferencia de los contaminantes entre los elementos del ambiente abiótico; así, los contaminantes del aire provenientes de minas y fábricas pueden pasar a los suelos y las aguas; los residuales líquidos no tratados o insuficientemente depurados y los desechos sólidos contaminan los suelos, las aguas superficiales y subterráneas.

Diversos efectos tóxicos han sido relacionados con la exposición a níquel o sus compuestos. Estos pueden ser agudos y principalmente crónicos, relacionados con el tipo de compuestos y las características de la exposición, destacándose, por su frecuencia, la dermatitis alérgica, que se presenta, previa sensibilización por el contacto dérmico crónico, tanto por polvo mineral en el ámbito laboral, como por el uso de artículos con contenido de níquel, hasta en el 10 % de las personas.

Los efectos para la salud más severos reportados por la exposición crónica a compuestos de níquel incluyen inflamación pulmonar, asma ocupacional, bronquitis crónica, fibrosis con reducción permanente de la función pulmonar, así como cáncer pulmonar y de senos nasales, lo cual ha ocurrido en personas que han respirado polvos o vapores con compuestos de níquel en el trabajo en refinerías níquel o en plantas de procesamiento del mineral de níquel.<sup>7-13</sup>

Diferentes estudios realizados en pasadas décadas han avalado incremento de la prevalencia y mortalidad por enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, y de la incidencia de cáncer pulmonar en grupos debidas a exposición ocupacional y ambiental con gran repercusión en la mortalidad prematura.<sup>14-17</sup>

Actualmente se considera que todas las formas de níquel pueden ser carcinógenas, independientemente de la potencia carcinógena específica de cada compuesto, con los niveles de exposición reportados en años recientes para trabajadores de diferentes procesos de la industria de este metal hay un riesgo pequeño o no detectable mediante estudios epidemiológicos; entre ellos se encuentran algunos procesos que en el pasado estaban asociados a un riesgo elevado de cáncer pulmonar y nasal. Se ha reportado que exposiciones prolongadas a níquel soluble a concentraciones del orden de 1 mg/m<sup>3</sup> puede causar marcado incremento en el riesgo relativo de cáncer pulmonar, pero el riesgo relativo en trabajadores

expuestos a niveles medios de níquel metálico de 0.5 mg/m<sup>3</sup> es aproximadamente de 1,013.

El riesgo de cáncer, para un nivel de exposición dado, parece ser superior para los compuestos de níquel metálico y posiblemente para otras formas. Al igual que ocurre con otros cationes bivalentes, el níquel puede reaccionar con el DNA, y cuando las concentraciones son altas, puede producirse daño que afecte a este, como han demostrado pruebas de mutagenicidad *in vitro*.<sup>18</sup>

En Cuba, en la zona Nícaro-Moa-Baracoa, existen grandes yacimientos lateríticos formados por un mineral de estructura compleja que contiene alrededor de 45.0% de hierro, 1.5% de níquel y 0.14% de cobalto. Existen dos zonas industriales para la explotación del mineral en Moa y Nícaro. En Nícaro, municipio Mayarí se encuentra ubicada la empresa minero metalúrgica "Comandante René Ramos Latour", con 69 años de explotación, siendo de todas las empresas del níquel la industria pionera del níquel, fundada en 1943. Donde su zona de influencia se encuentra afectada actualmente por expulsiones de contaminantes y material particulado, originadas por la industria y la explotación minera.

Por lo anterior se decide realizar este estudio para describir el comportamiento de la mortalidad por causas potencialmente relacionadas con la explotación minero metalúrgica del níquel, Mayarí, 2006 - 2010.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio ecológico de comparación múltiple para describir el comportamiento de la mortalidad por tres causas potencialmente relacionadas con la explotación minero-metalúrgica del níquel en la zona de Nícaro, ubicada al noreste del municipio Mayarí, provincia de Holguín, durante el período 2006-2010.

El universo estuvo integrado por toda la serie de mortalidad en mayores de 40 años por enfermedades cardiovasculares, enfermedades obstructivas crónicas de las vías aéreas inferiores (EPOC) y cáncer de pulmón, tráquea y bronquios ocurridas entre los años 2006 al 2010, reportadas a partir de los certificados de defunción a la Dirección Nacional de Estadística (DNE), del Ministerio de Salud Pública (MINSAP) de Cuba.

A partir de los tamaños poblacionales, se calcularon las tasas de mortalidad por área de salud, utilizando el promedio de la mortalidad acumulada del período y la población de cada área de salud a mitad del período de estudio.

Se calculó el exceso de riesgo de morir por cada uno de los grupos de enfermedades seleccionadas en el municipio Mayarí con respecto a toda la provincia Holguín y con respecto al país. A partir de los tamaños poblacionales de Mayarí y las tasas específicas de Holguín y nacional por grupos de edades, se estimaron las tasas esperadas por grupos de edad

quinquenales y se calcularon las razones estandarizadas de mortalidad (REM) correspondientes a estas causas de muerte por medio de una estandarización indirecta<sup>19</sup>, con un 95% de confiabilidad. Se utilizó como población de referencia la de Cuba del año 1982.

Se resumió la información en tablas y gráficos para el análisis de la misma, se utilizaron los programas Excel, SPSS 20.0 y Epidat 4.0.

## RESULTADOS

El municipio de Mayarí, ocupa el primer lugar en extensión territorial (con 1310.6 Km<sup>2</sup>) de la provincia de Holguín y el 8º de la República de Cuba. Se encuentra situado en la parte centro – este de dicha provincia. Limita al Norte con la Bahía de Nipe y el Océano Atlántico, además de los municipios Banes y Antilla; al sur con los municipios de la provincia de Santiago de Cuba: Mella, San Luis y Segundo Frente; al este con el municipio Frank País y al oeste con los municipios Cueto y Báguano. El 57.6 % del territorio es montañoso; las principales alturas son, el Pico Cristal y la loma de La Mensura con 1231 y 995 m de altura respectivamente.<sup>20</sup>

El promedio anual de lluvia es de 1164 mm, siendo los meses más lluviosos mayo y octubre, con 220 y 314 mm respectivamente.

Mayarí ocupa el segundo lugar por número de habitantes en la provincia, con una población de 104 501 personas, de ellos 65 195 residen en la zona urbana, para un 62.4 % y 39 306 para un 37.6% en la rural. El 50.1 % son del sexo femenino. La densidad poblacional es de 80.1 habitantes por Km<sup>2</sup>, esta población representa el 10.2 % del total de la provincia.

El municipio presenta diferentes tipos de peligros naturales y tecnológicos, entre los que se destacan la contaminación medio ambiental por el posible escape de gases tóxicos (amoníaco y gas cloro), afectaciones por intensas lluvias, escape de sustancias radioactivas, actividades sísmicas y deslizamiento de tierra.<sup>20</sup>

Mayarí presenta un notable desarrollo Industrial. En su territorio se encuentran la Central termoeléctrica "Lidio Ramón Pérez" ( FELTON ), puesta en marcha en la década de los 90 del siglo XX, que es la de mayor capacidad de generación de Cuba (560 MegaWatts); además la fábrica "René Ramos Lator", de Nicaro, productora de Níquel; la fábrica de plásticos Cajimaya, entre otras.

En los últimos 50 años las mayores afectaciones contaminantes han estado relacionadas con el procesamiento de níquel; por solución amoniacal en la planta situada en Nicaro, que afecta a todo el municipio.<sup>20</sup>

Dicha contaminación ha estado relacionada con las presas de colas (residuales líquidos) y a elevadas concentraciones de partículas suspendidas totales

asociadas a las emisiones de las instalaciones en funcionamiento, afectando notablemente la calidad del aire.<sup>21</sup>

Las posibles causas de mortalidad relacionadas a la contaminación de este municipio vienen dadas por enfermedades cardiovasculares, enfermedades obstructivas crónicas de las vías aéreas inferiores y el cáncer de pulmón tráquea y bronquios.

El municipio Mayarí se encuentra dividido en 6 áreas de salud que se representan a continuación.



En la tabla 1 vemos el comportamiento de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares según las áreas de salud del municipio, la mayor tasa es observada en el área de Guatemala, seguido por el área de Felton.

**Tabla 1.** Distribución de la tasa de mortalidad acumulada por enfermedades cardiovasculares según áreas de salud. Mayarí. 2006-2010.

Área	Fallecidos	Tasa acumulada*
Mayarí	73	1,61
Guatemala	72	<b>9,77</b>
Guaro	27	1,70
Arroyo Seco	2	0,78
Levisa	44	1,51
Felton	10	2,11

\* Fuente: Registro DNE×1000 hab.

En la tabla 2 se observa el comportamiento de la mortalidad por enfermedades crónicas de las vías aéreas inferiores según las áreas de salud del municipio, la mayor tasa es observada en el área de Guatemala, seguido por el área de Mayarí.

En la tabla 3 observamos el comportamiento de la mortalidad por cáncer de pulmón, tráquea y bronquios según las áreas de salud del municipio, la mayor tasa es observada en el área de Guatemala, seguido por el área de Guaro.

**Tabla 2.** Distribución de la tasa de mortalidad acumulada por enfermedades crónicas de las vías aéreas inferiores según áreas de salud. Municipio Mayarí. 2006 - 2010.

Área	Fallecidos	Tasa acumulada*
Mayarí	7,2	0,16
Guatemala	1,4	0,19
Guaro	1,6	0,10
Arroyo Seco	0,2	0,08
Levisa	2,8	0,10
Felton	0,2	0,04

\* Fuente: Registro DNE×1000 hab.

**Tabla 3.** Distribución de la tasa de mortalidad acumulada por cáncer de pulmón, tráquea y bronquios según áreas de salud. Mayarí. 2006-2010.

Área	Fallecidos	Tasa acumulada*
Mayarí	11,2	0,25
Guatemala	2,6	0,35
Guaro	4,8	0,30
Arroyo Seco	0,4	0,16
Levisa	5,2	0,18
Felton	0,8	0,17

\* Fuente: Registro DNE×1000 hab.

En la tabla 4 podemos ver representado el exceso de riesgo de morir por las enfermedades estudiadas.

Se observa un exceso del riesgo de morir por Cáncer de pulmón tráquea y bronquios, 1 vez más en Mayarí que en la provincia de Holguín, y no hay exceso de riesgo de la mortalidad por esta causa con respecto al país (0.88).

El exceso del riesgo de morir por enfermedades cardiovasculares es 2 veces más en Mayarí que en la provincia de Holguín, 1 vez más con respecto a la mortalidad por esta causa en el país (1.09).

Se observa un exceso del riesgo de morir por Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, 1 vez más en Mayarí que en la provincia de Holguín, sin embargo, no hay exceso de riesgo de la mortalidad por esta causa respecto al país (0.60).

## DISCUSIÓN

Hemos analizado la mortalidad de cinco años de la población del municipio Mayarí, que en alguna

medida se encuentra expuesto a la contaminación ambiental y principalmente atmosférica originada por la explotación minera y el procesamiento industrial para la obtención de compuestos de níquel, actividades que han tenido lugar durante 60 años en la localidad de Nicaro y zonas mineras al noreste de ese territorio. En este marco geográfico, la población sufre un claro exceso de mortalidad por las causas estudiadas cuando se compara con la provincia de Holguín y en menor medida, con respecto a Cuba. Al analizar la mortalidad de dichas enfermedades, se puede observar un exceso de riesgo de las enfermedades cardiovasculares respecto a Holguín y a Cuba. En las Enfermedades crónicas de las vías respiratorias y el Cáncer de pulmón, tráquea y bronquios, el exceso de riesgo solo se observó con respecto a Holguín.

La mayor tasa de mortalidad por las causas estudiadas observada en el área de salud de Guatemala pudiera explicarse por la exposición de la población a fuentes fijas contaminantes como La United Fruit Company que fue una de las mayores empresas de azúcar de toda Cuba, la UEB Pesca Nipe, la fábrica de Pastas Nipe, Combinado cárnico Mártires del Corintia entre otras, además de encontrarse en el área de influencia de otras fuentes cercanas, como la termoeléctrica de Felton y la empresa del níquel de Nicaro.<sup>20,22,23</sup>

Por ser este municipio una zona con influencia de actividad industrial la contaminación atmosférica es uno de los factores de riesgo más involucrados en el origen de las enfermedades estudiadas, se encuentran además el consumo de tabaco y la exposición, especialmente ocupacional, a sustancias como el radón, el asbesto, los hidrocarburos aromáticos policíclicos, el arsénico, el cromo y el níquel, siendo encontrada esta asociación en otros estudios revisados en la literatura científica.<sup>24</sup>

Los estudios de mortalidad por áreas geográficas y sociales, como el realizado, han sido encontrados en la literatura revisada y son de utilidad para detectar zonas de mayor o menor riesgo por diferentes causas de muerte y realizar análisis estratificados.<sup>24,25,26</sup>

Estos resultados señalan la importancia de continuar las investigaciones para profundizar el estudio del riesgo del área estudiada y sus determinantes y plantear actuaciones concretas encaminadas a promover un desarrollo económico sostenible.

## CONCLUSIONES

1. En área de salud de Guatemala fue la que presentó las tasas de mortalidad más elevadas de las causas estudiadas en el municipio Mayarí.

**Tabla 4.** Exceso de riesgo de mortalidad por causas seleccionadas. Mayarí/Holguín/Cuba. 2006-2010.

Indicador para la población de Mayarí	Exceso de riesgo de mortalidad	
	Mayarí/ Holguín	Mayarí/Cuba
Cáncer de pulmón, tráquea y bronquios	1.00	0.88
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias	1.37	0.60
Enfermedades cardiovasculares	2.18	1.09

2. Se constata un mayor riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cáncer de pulmón tráquea y bronquios, en el municipio Mayarí, una zona con influencia de actividad industrial con respecto a la provincia de Holguín y en menor grado comparado con Cuba.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Del Río Anaya M, Luna Encinas JA. Determinación de metales pesados en agua residual en proceso de Galvanoplastia. [Internet] Universidad de Guadalajara. 2007. Strucplan On line. Argentina. [Citado 15 de marzo 2013]. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1533>
- Ballester F. Vigilancia de riesgos ambientales en Salud Pública. El caso de la contaminación atmosférica. *Gac Sanit Barcelona* mayo-jun. 2005;19 (3).
- Dockery DW, Pope CA III, Xu X, et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329: 1753-9.
- Forastiere F, Perucci CA, Arcà M, Axelson O. Indirect Estimates of Lung Cancer Death Rates in Italy Not Attributable to Active Smoking. *Epidemiol* 1993; 4: 502-10.
- Ballester Díez F, Merino Egea C, Pérez Hoyos S. La asociación entre contaminación atmosférica y mortalidad: una revisión de los estudios epidemiológicos recientes. *Rev Esp Salud Pública* 1995; 69(2): 177-188. [Citado 14 de enero 2013]. Disponible en: [http://www.msc.es/biblioPublic/publicaciones/recursos\\_propios/resp/revista\\_cdrom/VOL69/69\\_2\\_177.pdf](http://www.msc.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL69/69_2_177.pdf)
- Schikowski T, Sugiri D, Ranft U, Gehring U, Heinrich J, Wichmann H et al. Largo plazo de la contaminación atmosférica y la exposición que viven cerca de carreteras ocupados están asociados a la EPOC en mujeres. *Respiratory Research*. 2005; 6(1): 152-152
- Andersen A, Berge SR, Engeland A, Norseth T. Exposure to nickel compounds and smoking in relation to incidence of lung and nasal cancer among nickel refinery workers. *Occup Environ Med*. 1996; 53: 708-13.
- Anttila A, Pukkala E, Amo A, Rantanen T, Karjalainen S. Update of cancer incidence among workers at a copper/nickel smelter and nickel refinery. *Int Arch Occup Environ Health* 1998; 71: 245-50.
- Menvielle G, Luce D, Fevotte J, Bugel I, Salomón C, Goldberg P, Billon-Galland MA, Goldberg M. Occupational exposures and lung cancer in New Caledonia. *Occup Environ Med* 2003; 60: 584-9.
- Sorahan T, Esmen NA. Lung cancer mortality in UK nickel-cadmium battery workers, 1947-2000. *Occup Environ Med* 2004; 61: 108-16.
- Sorahan T. Mortality of workers at a plant manufacturing nickel alloys, 1958-2000. *Occup Med (Lond)* 2004; 54: 28-34.
- Egedahl R, Carpenter M, Lundell D. Mortality experience among employees at a hydrometallurgical nickel refinery and fertiliser complex in Fort Saskatchewan, Alberta (1954-95). *Occup Environ Med* 2001; 58: 711-5.
- IARC WGOTEOCRtH. Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs, volumes 1 to 12. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 1987.
- Organización Panamericana de la Salud. Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Washington DC: OPS, 2005.
- Agencia Europea de Medio Ambiente. Medio ambiente y salud. Madrid: AEMA; 2003
- Pérez Jiménez D, Mas Bermejo P, Prieto Díaz V, Rodríguez González M. Geosalud: relaciones geográficas entre salud y ambiente. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 2004 mayo-ago; 42:7-15
- Organización mundial de la salud. Cánceres de origen ambiental y ocupacional, Nota descriptiva N° 350 [Internet]. OMS 2011. [Citado 15 de marzo 2013]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs350/es/index.html>
- Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología. Agua y salud. Editorial Ciencias Médicas. INHEM, La Habana, Cuba. 1992
- Departamento de Estadística e Investigación operativa. Universidad de Granada. [Internet]. Estudio de la mortalidad. [Citado 15 de agosto de 2013]. Disponible en: [http://www.ugr.es/~fabad/MORTALIDAD\\_TEORIA.pdf](http://www.ugr.es/~fabad/MORTALIDAD_TEORIA.pdf)
- Ramona Urgellés Cardoza. Aplicación del enfoque prospectivo para la gestión del desarrollo local: estudio de caso Mayarí. [Internet]. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. [Citado 15 de marzo 2013].

- Disponible en: [http://www.udg.co.cu/congreso/index.php?option=com\\_remository&Itemid=2&func=fileinfo&id=175](http://www.udg.co.cu/congreso/index.php?option=com_remository&Itemid=2&func=fileinfo&id=175)
21. CESIGMA, SA. Auditoría Ambiental. Empresa René Ramos Latour, marzo 2004
  22. Sanhueza P; Vargas C; Jiménez J. Daily mortality in Santiago and its relationship with air pollution. *Rev Med Chil* 1999 Feb; 127 (2):235-42.
  23. Tobías Garcés A; Sunyer Deu J; Castell Isagué Piqué J ; Sáez Zafra M ; Antó Boqué JM. Impacto de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad y las urgencias por enfermedad pulmonar obstructiva crónica y asma en Barcelona. *Gac Sanit* 1998 Sep-Oct; 12 (5): 223-30.
  24. Cruz Rojo C, Almisas M. Análisis epidemiológico de la mortalidad por causas en la Bahía de Algeciras (2001-2005) *Gac Sanit* Barcelona set.-oct. 2009; 23(5)
  25. Barceló MA, Saeza M, Cano-Serral G, Martínez-Beneito MA, José Miguel Martínez, Borrell C, Ocaña-Riola R, Montoya I, Calvo M, López-Abente G, Rodríguez-Sanz M, Toro S, Alcalá JT, Saurina C, Sánchez-Villegas P, Figueiras A. Métodos para la suavización de indicadores de mortalidad: aplicación al análisis de desigualdades en mortalidad en ciudades del Estado español (Proyecto MEDEA) *Gac Sanit* Barcelona nov.-dic. 2008; 22(6)
  26. Alonso Fustel E, Martínez Rueda T, Cambra Contín K, Lopez Carrasco L, Boldo Pascua E, Zorrilla Torras B et al. Evaluación en cinco ciudades españolas del impacto en salud de la contaminación atmosférica por partículas. Proyecto europeo APHEIS. *Rev. Esp. Salud pública* Madrid. 2005;79(2)