



## ACERCA DE LA SALUD Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

### SOCIEDAD ESPAÑOLA DE SANIDAD AMBIENTAL

#### 1.- INTRODUCCIÓN

Una de las funciones fisiológicas básicas para la vida es respirar. Las personas respiramos una media de 15-20 m<sup>3</sup> de aire al día. Si este aire se encuentra contaminado, inevitablemente incorporaremos a nuestro organismo esas sustancias contaminantes.

Los entornos urbanos de las ciudades, tanto de países desarrollados como en vías de desarrollo, soportan un tráfico desmedido que contribuye a deteriorar la calidad del aire. Además del tráfico, también la industria y las calefacciones son fuentes relevantes de emisión de contaminantes.

A modo de ejemplo, en la Comunidad de Madrid el sector transporte es el emisor del 48% de partículas, el 70% de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el 78% del monóxido de carbono (CO). El sector industrial es el responsable del 62 % de la emisión de óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>) y del 64 % de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) entre los que se encuentra el benceno, el tolueno y el xileno. Las calefacciones contribuyen a la emisión de óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>) en un 31 % y a partículas en menor medida.

#### 2.- CONTAMINANTES EXISTENTES EN EL AIRE DE LAS CIUDADES

Se recogen los más relevantes.

- **Partículas**

- **Características:** El término “partículas en suspensión” abarca un amplio espectro de sustancias sólidas o líquidas, orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, procedentes de fuentes de emisión naturales y artificiales y por tanto con una composición heterogénea. Históricamente la definición de partículas se establecía en términos de su mantenimiento en el aire ambiente o de sus posibilidades de deposición. Sin embargo, en la actualidad, se diferencian por su tamaño aerodinámico y su capacidad para alcanzar las diferentes partes del pulmón. Así, bajo la denominación de PM<sub>10</sub> se encuentran un conjunto de partículas en suspensión cuyo tamaño aerodinámico es de 10 µm de diámetro, el 50 % de las cuales atraviesan la barrera faríngea, pudiendo alcanzar vías respiratorias altas y bronquios; tienen su origen en los procesos de resuspensión eólica, transporte de largo recorrido (polvo del Sahara) y emisiones directas domésticas o industriales. Las

denominadas partículas  $PM_{2,5}$  presentan un diámetro aerodinámico de  $2,5 \mu m$ , son capaces de llegar a las vías pulmonares no ciliadas (bronquiolos y alvéolos) y su origen procede fundamentalmente de la combustión de los motores y de la formación secundaria a partir de gases emitidos primariamente. Estas últimas al tener una mayor capacidad de penetración pulmonar, y dependiendo de su composición, podrían ser las más dañinas para el organismo.

- **Efectos para la salud:** La exposición media a partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  puede provocar en los niños un incremento del riesgo de padecer efectos crónicos por deterioro de la función pulmonar así como una exacerbación de patologías previas como asma, EPOC, etc. Este indicador presenta una buena correlación con diferentes efectos en salud en términos de morbilidad, así como con la mortalidad en adultos.

Parece que las partículas ejercen más efecto en la mortalidad por todas las causas en ciudades que presentan climas más cálidos y que tienen concentraciones más altas de  $NO_2$ . Estudios toxicológicos en humanos y animales sugieren que las partículas pueden generar respuestas inflamatorias tanto en el sistema respiratorio como en el circulatorio, cambios en la viscosidad de la sangre, aumento de la presión arterial y privación de oxígeno. Todo ello podría explicar su efecto en la mortalidad.

Hasta la fecha la Organización Mundial de la Salud (OMS) no ha conseguido encontrar un valor umbral por debajo del cual no se produzcan efectos cuantificables sobre la salud. Sin embargo, a la luz de las evidencias, la OMS revisó las Guías de la calidad del Aire para las partículas en el año 2005. Como consecuencia de esta revisión estableció los siguientes valores. Para  $PM_{10}$  la media anual no debe superar los  $20 \mu g/m^3$  y la media diaria los  $50 \mu g/m^3$ . Para  $PM_{2,5}$  la media anual no debe superar los  $10 \mu g/m^3$  y la media diaria los  $25 \mu g/m^3$ , que no deberá superarse en más de 3 días al año.

- **Óxidos de azufre ( $SO_2$ )**

- **Características:** El  $SO_2$  es un gas incoloro que a altas concentraciones puede ser detectado por su sabor y por su olor cáustico e irritante. Se disuelve con facilidad en el agua para formar ácido sulfuroso ( $H_2SO_3$ ) el cual se oxida lentamente para formar ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) con el oxígeno del aire. El  $SO_2$  también puede formar trióxido de azufre ( $SO_3$ ), vapor muy reactivo que se combina rápidamente con vapor de agua para formar un aerosol ultrafino de ácido sulfúrico, de gran importancia desde el punto de vista de efectos en salud. El ácido sulfúrico puede ser neutralizado por la reacción con el amoníaco formando sulfato de amonio [ $(NH_4)_2SO_4$ ].

La atmósfera urbana contiene una amplia gama de compuestos de azufre, pero desde el punto de vista práctico los más importantes son el dióxido de azufre gaseoso, el ácido sulfúrico y los sulfatos.

- **Efectos para la salud:** Dependiendo de la concentración de inmisión que alcance, el SO<sub>2</sub> puede tener efectos perceptibles sobre la salud pudiendo causar daños que van desde una irritación leve de nariz y garganta a una broncoconstricción severa con aumento de la secreción mucosa e insuficiencia respiratoria. En ambientes con altas concentraciones el SO<sub>2</sub> parece que también es capaz de provocar un aumento de la susceptibilidad a las infecciones bronquiales.

Las Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de calidad del aire para Europa recomiendan no superar concentraciones medias diarias de 125 µg/m<sup>3</sup> de SO<sub>2</sub> con máximos de 10 minutos de 500 µg/m<sup>3</sup> y valores medios anuales de 50 µg/m<sup>3</sup>.

- **Óxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

- **Características:** Tanto el óxido nítrico (NO), emitido directamente, como el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), formado secundariamente, son considerados contaminantes ambientales y son los más abundantes óxidos de nitrógeno producidos por el tráfico en áreas urbanas.

La química atmosférica de los óxidos de nitrógeno es muy compleja. La mayoría de las combustiones liberan principalmente óxido nítrico, el cual se convierte fácilmente en dióxido de nitrógeno en la atmósfera por reacción con el ozono.

- **Efectos para la salud:** El NO<sub>2</sub> se encuentra estrechamente relacionado con las partículas, porque procede del mismo origen, la combustión, y porque se convierte en nitratos, componente importante de las PM<sub>2,5</sub> y en menor medida de PM<sub>10</sub>. En animales de experimentación el NO<sub>2</sub> induce inflamación, aumenta las alergias y puede provocar un incremento de las infecciones pulmonares. Los asmáticos y los pacientes con enfermedades obstructivas crónicas (EPOC) son muy sensibles a los efectos del NO<sub>2</sub>.

Las Guías de calidad del aire de la OMS para Europa recomiendan que la concentración media anual no debe superar los 40 µg/m<sup>3</sup> y la media horaria la cantidad de 200 µg/m<sup>3</sup>.

- **Monóxido de carbono (CO)**

- **Características:** El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro e insípido, ligeramente menos denso que el aire. En la naturaleza se genera CO en la producción y degradación de la clorofila, mientras que su origen antropogénico se sitúa en las combustiones incompletas y especialmente en las ciudades por el tráfico.
- **Efectos para la salud:** Este contaminante se combina con la hemoglobina en los glóbulos rojos de la sangre y forma carboxihemoglobina (COHb), siendo la afinidad de la hemoglobina unas

250 veces mayor que por el  $O_2$ . La formación de COHb disminuye la capacidad de la sangre de transportar  $O_2$  y además aumenta la afinidad de los lugares de unión del  $O_2$  por el mismo, lo que interfiere en su liberación en los tejidos y produce hipoxia y alteraciones del funcionamiento celular (en las neuronas, en las células del corazón y de otros músculos). Esto conlleva efectos psicológicos y cardiovasculares (ateroesclerosis, arritmias). La exposición crónica a CO induce la aparición de fenómenos adaptativos tipo aumento del número de glóbulos rojos, del volumen sanguíneo y el tamaño del corazón.

Como consecuencia de la revisión de las Guías de calidad del aire, la OMS estableció los siguientes valores: la concentración media octohoraria no debe superar los  $10 \text{ mg/m}^3$ . Además tampoco se deben superar las concentraciones de 30, 60 y  $100 \text{ mg/m}^3$  a la hora a los 30 y 15 minutos respectivamente.

- **Ozono ( $O_3$ )**

- **Características:** El ozono es un gas altamente reactivo compuesto por tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ). Aparece fundamentalmente en dos áreas de la atmósfera: la estratosfera y la troposfera. La mayor parte del ozono atmosférico está en las capas altas de la atmósfera (estratosfera) a 20-50 kilómetros de la superficie terrestre formando una capa llamada ozonósfera, que actúa como filtro de la radiación ultravioleta procedente del sol.

La presencia del  $O_3$  en la troposfera es indeseable ya que se considera un contaminante irritante sobre los tejidos vivos y sobre muchos materiales.

El  $O_3$  es un contaminante secundario formado en la atmósfera a través de una compleja serie de reacciones químicas de los contaminantes primarios o precursores (óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles –COV-), en presencia de oxígeno atmosférico y luz solar. Se requiere que las condiciones meteorológicas sean las adecuadas: temperaturas por encima de los  $27^\circ \text{C}$ , mucha luz y ausencia de viento.

- **Efectos para la salud:** El  $O_3$  es un gas muy oxidante que provoca efectos inflamatorios especialmente en sujetos asmáticos y, por acción directa, disminuye la función pulmonar.

Según la OMS, la concentración media octohoraria no debe superar los  $120 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

El cruce de las características y ritmo temporal de las emisiones con las condiciones meteorológicas dominantes explica que al hablar de la contaminación atmosférica en nuestro medio haya que referirse a dos tipos fundamentales:

a.-La contaminación durante el periodo invernal, definida por altas concentraciones de partículas, dióxido de nitrógeno y dióxidos de azufre, producida por las calefacciones y el tráfico y favorecida por la gran estabilidad atmosférica que hace frecuentes las inversiones térmicas agudizándose aún más las concentraciones de contaminantes en las capas bajas de la atmósfera de las ciudades. La mayor eficiencia energética y el abandono de combustibles con alto contenido de azufre están haciendo que disminuyan los niveles de SO<sub>2</sub>, aunque por el contrario el mayor número de motores diesel hace que se incremente la emisión de partículas.

b.-La contaminación durante el periodo estival dominada por la formación fotoquímica de contaminantes secundarios a partir de contaminantes primarios procedentes del tráfico (NO<sub>2</sub> y COV) que en presencia de luz solar forman compuestos secundarios (O<sub>3</sub>, Nitratos de peroxiacetilo, ...) Así mismo, durante esta época se producen en mayor medida las intrusiones de masas de aire sahariano lo que genera episodios de alta concentración de partículas, especialmente PM<sub>10</sub>.

### **3.-MEDICIÓN DE LOS CONTAMINANTES**

Los contaminantes emitidos a la atmósfera se dispersan y difunden bajo las condiciones atmosféricas existentes alcanzando unos valores de inmisión que son los que son analizados por las estaciones automáticas.

A tenor de lo dispuesto en los vigentes marcos normativos, la vigilancia de la contaminación atmosférica es una competencia asumida por las Comunidades Autónomas y los municipios cuando les corresponda.

Para llevar a cabo esta vigilancia se han creado redes que cuentan con estaciones automáticas de control.

En nuestro país se ha producido una evolución muy interesante en los aspectos legislativos referidos a la contaminación atmosférica. En la década de los 70, cuando la contaminación de las ciudades provenía fundamentalmente de la quema de carbón y por tanto los contaminantes eran SO<sub>2</sub> y humo negro, la Ley 38/1972, de protección del ambiente atmosférico, y la normativa que la desarrolló (Decreto 833/1975 y Orden Ministerial de 10 de agosto de 1976) sirvieron para establecer unos valores límite para los contaminantes existentes. Además, con la incorporación de España a la Unión Europea se traspuso la legislación comunitaria (Directiva 80/779/CEE) al ordenamiento legislativo español (Real Decreto 1613/1985). Como consecuencia de todas estas medidas, a lo largo de los años 70 y 80 las concentraciones de SO<sub>2</sub> y humo negro en nuestras ciudades fueron disminuyendo de tal manera que actualmente estos dos contaminantes han dejado de ser un problema.

Cuando el tráfico comenzó a ser un problema real en las ciudades europeas la preocupación de los contaminantes se centró en aquellos cuyo origen procedía de los combustibles fósiles: partículas, plomo y Compuestos Orgánicos

Volátiles, así como los formados secundariamente a partir de los primarios como son el NO<sub>2</sub> y el O<sub>3</sub>. La Unión Europea reguló los valores de inmisión a través de nueva normativa: la Directiva 82/884/CEE para plomo y la Directiva 85/203/CEE para dióxido de nitrógeno. Ambas fueron traspuestas al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 717/1987 y la Orden Ministerial de 22 de marzo de 1990, sobre normas para realizar los análisis correspondientes a estos contaminantes. Finalmente, la Directiva 92/72/CEE sobre ozono fue traspuesta por el Real Decreto 1494/1995 que además de establecer valores umbrales de protección de salud y vegetación y de información y alerta a la población en lugar de usar valores admisibles, traspasó las competencias de medición y tratamiento de los datos de calidad del aire del Ministerio de Sanidad y Consumo al Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente.

Sin embargo, durante la implementación de la esta legislación aparecieron distintos problemas: los datos de las medidas entre los Estados Miembros no eran comparables; se hacía una evaluación incompleta de la calidad del aire; no se respetaban los objetivos a largo plazo; los planes de acción eran de difícil aplicación; la redacción de nuevas Directivas requería un periodo prolongado de redacción o, muy importante, la población no recibía una información clara sobre la calidad del aire ambiente.

En consecuencia y tras un amplio debate, la Unión Europea decidió modificar toda la estrategia sobre calidad del aire, lo que llevó a cabo con la publicación de la Directiva 96/62/CE (denominada Directiva marco) y las correspondientes Directivas específicas o hijas (Directiva 2000/69/CE y Directiva 1999/30/CE) traspuestas a través del Real Decreto 1073/2002 y las Directivas 2003/3/CE y 2004/107/CE traspuestas a su vez por el Real Decreto 1796/2003 y Real Decreto 812/2007. De esta forma se legislaban tanto los contaminantes denominados clásicos (históricos) como aquellos otros que, por la novedad e importancia de sus fuentes de emisión, podrían representar nuevos riesgos para la salud de la población.

Esto hizo que las distintas redes nacionales de calidad del aire gestionadas por entes autonómicos o locales, que por ley tienen las competencias en medición, hayan ido adaptándose a los nuevos requisitos, incorporando nuevos métodos de medida y verificando el grado de cumplimiento de los respectivos valores límites.

Una vez puestas en funcionamiento estas Directivas, se volvió a evidenciar que algunos problemas no se habían solucionado, lo que unido a la cada vez mayor información sobre los efectos sobre la salud (tanto en mortalidad como morbilidad) de los contaminantes atmosféricos en Europa hizo a la Unión Europea establecer una nueva estrategia sobre calidad del aire denominada CAFÉ ("Clean Air For Europe"). Fruto de esta estrategia fue la promulgación de la nueva Directiva 2008/50/CE traspuesta por el Real Decreto 102/2011 que incluye tanto la Directiva anterior como los contenidos del Real Decreto 812/2007. Además, en España se publicó la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, cuyos principios son los de cautela y acción preventiva, corrección de la contaminación en sus fuentes y

establecer el principio de quien contamina paga y no excluye la calidad de los ambientes interiores.

A efectos de evaluación de los niveles de inmisión, la legislación vigente contempla la agregación de los datos en zonas homogéneas contando cada una de ellas con una serie de estaciones de medición de la calidad del aire.

#### **4.-EFECTOS EN LA SALUD DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS**

Desde la década de los 80, pero sobre todo a partir de la década de los 90 del siglo pasado, se vienen realizando numerosos estudios epidemiológicos que intentan establecer las posibles relaciones existentes entre los niveles de contaminación que soporta la población que vive en las ciudades, con efectos en mortalidad o en morbilidad.

Los resultados que se han encontrado sobre los efectos a corto plazo en el Estudio Multicéntrico Español de Contaminación Atmosférica y Mortalidad (EMECAM) y el Estudio Multicéntrico sobre los Efectos de la Contaminación Atmosférica y la Salud (EMECAS) llevados a cabo durante 10 años en 14 ciudades españolas con una población total de más de 10 millones de personas son los siguientes:

a.-La contaminación habitual que existe en las ciudades se asocia con un incremento del riesgo de mortalidad, tanto general como cardiovascular y respiratoria, así como con un incremento del número de ingresos hospitalarios especialmente los relacionados con patología cardiovascular.

b.-Estos incrementos del riesgo se han podido cuantificar de tal forma que por cada aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de contaminación se produce en torno al 3 % de incremento a su vez tanto de mortalidad por enfermedades circulatorias como de mortalidad por enfermedades respiratorias.

c.-En el caso de los ingresos urgentes hospitalarios los riesgos se sitúan también en ese nivel del 3 % (por cada aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de contaminación) sobre todo en pacientes con asma y EPOC para las enfermedades respiratorias y para las enfermedades circulatorias, las isquémicas y las cardíacas

En una situación de anticiclón invernal que va acompañada de inversión térmica, los valores de inmisión se incrementan lo que sin duda se traduce en incrementos de la mortalidad y la morbilidad de las enfermedades más relacionadas, las respiratorias y las circulatorias. Las poblaciones más vulnerables serían los ancianos, las personas con asma y EPOC. Recientemente también se ha podido comprobar que los niños formarían parte de las poblaciones vulnerables frente a la contaminación.

## **5.-ACTUACIONES DE LA ADMINISTRACIÓN**

Como se ha podido comprobar la contaminación de las ciudades es un problema de salud y más, como ocurre en determinadas circunstancias, cuando se acompaña de situaciones meteorológicas (inversiones térmicas) que son frecuentes en invierno. Tampoco se deben olvidar las frecuentes superaciones horarias de O<sub>3</sub> en verano.

Si bien parece razonable ser optimistas en cuanto a la evolución que pueden tener las partículas, no se puede ser tanto en relación al NO<sub>2</sub> pensando en la frecuencia con que se presentan las inversiones térmicas

La Sociedad Española de Sanidad Ambiental considera que hay que adoptar las medidas necesarias para reducir los niveles de contaminación atmosférica estableciendo para ello, objetivos de disminución cuyos valores umbrales de calidad fuesen inferiores a los valores límites legales actuales.

Estas medidas han de estar necesariamente centradas en la disminución de las emisiones, sobre todo en los momentos en los que las condiciones meteorológicas impiden la dispersión de los contaminantes. El problema de la contaminación de las ciudades españolas tiene un nombre: el tráfico rodado, y si se quiere mejorar la calidad del aire habrá que adoptar medidas encaminadas a su regulación, potenciando paralelamente el transporte público y los medios alternativos de movilidad.

Las sobradas evidencias científicas sobre los efectos en salud de la contaminación atmosférica por un lado, y la madurez de la sociedad española por otro, deben estimular la adopción inmediata de medidas consensuadas, imaginativas y suficientemente explicadas a la población por parte de todas las administraciones implicadas. La Sociedad Española de Sanidad Ambiental se ofrece a contribuir a avanzar por este camino.

Madrid, 14 de febrero de 2011  
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE SANIDAD AMBIENTAL