

---

## Naturaleza y Medio Ambiente

La principal causa de contaminación de la atmósfera madrileña es la actividad urbana y doméstica de sus cuatro millones de habitantes. Algunos contaminantes se han reducido satisfactoriamente; otros, aún no.

# LA CONTAMINACIÓN EN EL MEDIO URBANO: CONTROL Y MEDIDAS CORRECTORAS

---

Por Joaquín Fernández Castro

**M**adrid, por suerte (o en ciertos aspectos desgracia) para sus habitantes, es una gran ciudad relativamente poco industrial; en consecuencia, la contaminación de la atmósfera madrileña deriva principalmente de la actividad propiamente urbana y doméstica de cuatro millones de personas. Las calderas para abastecimiento de calefacción y agua caliente sanitaria y los vehículos para transporte público y privado son, por tanto, los focos generadores de la mayor parte de los contaminantes que respiramos. De ellos el *dióxido de azufre* ha sido el que, históricamente y a nivel mundial, ha concitado más preocupaciones y esfuerzos de reducción, tanto por haber sido protagonista de accidentes sanitarios con importante tasa de mortalidad asociada (*smogs* de Londres, etc.), debido a su toxicidad a baja concentración, como por su contribución

primordial a la acidificación de las precipitaciones y su capacidad para originar problemas de contaminación trasfronteriza a larga distancia. Como contaminante, se origina en la combustión de materias que contengan azufre, es decir, carbones, petróleo y sus derivados, e incluso ciertos tipos de gas natural; la cantidad que se genere depende directamente del porcentaje de azufre, en peso, que contenga el combustible utilizado.

A nivel general de los países desarrollados, las estrategias para su reducción se han basado en:

- La fijación legal de unos valores límites, a no superar en ningún caso, para sus concentraciones atmosféricas (valores de inmisión).
- El establecimiento legal de unos valores límites para las emisiones de  $\text{SO}_2$  en función del tipo de instalación emisora (límites de emisión).
- El establecimiento de normas en cuanto a tipos y calidades de combustibles a utilizar en ciertas zonas o países.
- La desulfuración parcial de los combustibles líquidos para calefacción o automoción, que se va llevando a cabo cada vez más estrictamente, encontrándonos en este momento con que a partir del próximo otoño, en España, el contenido de azufre máximo será del 0,2% para los gasóleos de calefacción y automoción.
- La declaración de Zonas de Protección Especial o Zonas de Atmósfera Contaminada ( Madrid fué declarada como tal en 1977), en las que las acciones reductoras y otras actuaciones gozan de un régimen particular.

Los inventarios de emisiones confeccionados (Ayuntamiento de Madrid en 1979 y MOPT en 1990), indican que para el caso concreto de Madrid, se estima que el 50% de las emisiones de dióxido de azufre son generadas por las calderas domésticas, el 20% por la actividad industrial y el 30% restante por el tráfico de vehículos con motor Diesel, ya que las gasolinas no contienen azufre.

Ante esta situación específica, el Area de Medio Ambiente ha venido actuando:

---

## Naturaleza y Medio Ambiente

1º.- Sobre las calderas domésticas, en dos aspectos. Uno de ellos es la vigilancia del adecuado funcionamiento de todas ellas, para que su combustión sea correcta y de este modo se ahorden combustibles y se contamine menos. El segundo aspecto es la promoción, mediante subvenciones, del cambio de calderas de carbón por otras que utilicen combustibles más limpios (por este orden, gasóleo, gases -natural, propano o butano-, electricidad o energía solar). Puesto que el carbón usado en Madrid contiene actualmente del orden de diez veces más azufre que el gasóleo, y, el resto de los combustibles o energías citados no contiene nada, es evidente la idoneidad de este tipo de actuaciones para reducir el SO<sub>2</sub> en la atmósfera de la capital.

2º.- Sobre las industrias, vigilando el cumplimiento de los límites de emisión aplicables y, en el caso de algunas, especialmente significativas, llegando a acuerdos para que depuren y vigilen sus emisiones, aunque éstas estuviesen por debajo de los citados límites.

3º.- Sobre los vehículos Diesel, obligándoles a pasar un control anual con objeto de que el funcionamiento de sus motores sea lo más correcto posible y, así, minimicen sus emisiones.

Los resultados ya conseguidos permiten pensar que, simplemente con perseverar en las acciones emprendidas, el dióxido de azufre no volverá a constituir un problema que deba preocupar a los madrileños.

Parte de lo expuesto para el dióxido de azufre es aplicable para el segundo enemigo tradicional de la buena calidad atmosférica: las *partículas en suspensión*. Con esta designación estamos refiriéndonos a un conjunto de partículas de muy diferentes orígenes, composición química y estado físico, cuya característica común es que su pequeño tamaño (inferior a unas 15 micras de diámetro) y levísimo peso, les permiten permanecer flotando en suspensión en la atmósfera durante largos períodos de tiempo.

Esta misma característica común es la causante de la preocupación sanitaria que comporta su presencia, ya que debido a ese pequeño tamaño pueden penetrar hasta el fondo del árbol respiratorio, en-

---

trando en íntimo contacto con el propio tejido pulmonar, sobre el que ejerceran una acción simplemente obstructiva o también tóxica o cancerígena, si su composición química así lo determina.

Por otra parte, algunas de ellas actúan en el aire como núcleos de condensación y/o catalizadores, para la actuación química del SO<sub>2</sub>, produciéndose en este caso una acción sinérgica de ambos contaminantes, cuyos efectos individuales se potencian. Por este motivo, la legislación de la UE y los decretos que la trasponen al derecho español establecen límites asociados para estos dos contaminantes.

Según los inventarios de emisiones de partículas en suspensión se estima que, en Madrid, el 80% proceden del tráfico, el 15% de la diversa actividad industrial y el 5% restante de los generadores de calor domésticos.

Este reparto ha condicionado la actuación municipal, que se ha ejercido en dos vías:

**1ª.-** Reducción de las emisiones de partículas por los motores Diesel (que suponen la aportación mayoritaria dentro de las procedentes del tráfico) mediante las revisiones obligatorias anuales, anteriormente comentadas.

**2ª.-** Vigilancia de las industrias, para garantizar el respeto de los límites de emisión y verificar el correcto funcionamiento de los dispositivos de depuración existentes.

La situación atmosférica de Madrid, en cuanto a este contaminante, es también bastante satisfactoria.

Por lo que respecta al *monóxido de carbono*, contaminante que se genera en toda combustión de materia carbonosa que se lleva a cabo con aportación insuficiente de oxígeno, hay que indicar que no existe normativa europea en cuanto a valores de inmisión, por lo que éstos continúan regulándose en España por el Decreto 833/75.

Su presencia en la atmósfera madrileña tiene como causa, en un 98%, el tráfico de vehículos con motor de gasolina, repartiéndose el

---

## Naturaleza y Medio Ambiente

2% restante de las emisiones de forma equitativa entre la industria y las calderas domésticas.

Puesto que, por su propia concepción y diseño, los motores de gasolina funcionan con poco oxígeno presente, la única vía para reducir las emisiones de CO es la utilización de un dispositivo catalítico que trate los gases de escape. En el momento actual todos los vehículos nuevos de motor a gasolina deben de estar obligatoriamente equipados con catalizador, por lo que las emisiones de CO a la atmósfera han de reducirse sustancialmente en los próximos años, a medida que se vaya produciendo la renovación del parque.

Para asegurar esta mejora es preciso, no obstante, garantizar una adecuada conservación y renovación de los catalizadores, por lo que el Area de Medio Ambiente tiene en estudio un plan de inspecciones periódicas del estado de los mismos.

Este mismo plan servirá de herramienta en la lucha contra los *óxidos de nitrógeno*, que constituyen actualmente el más claro problema para la calidad atmosférica de nuestra capital. La aparición de este tipo de compuestos tiene lugar al llevarse a cabo en la atmósfera cualquier proceso a alta temperatura, por reacción del oxígeno y el nitrógeno del aire en esas condiciones. Así se produce fundamentalmente monóxido de nitrógeno (NO), que por posterior oxidación con el propio oxígeno atmosférico se transformará en dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). De los dos compuestos mencionados, que constituyen la práctica totalidad de los óxidos de nitrógeno presentes en la atmósfera de las grandes urbes, el NO<sub>2</sub> es el auténticamente tóxico, por lo que todas las reglamentaciones legales en cuanto a concentraciones de inmisión se refieren a él (R.D. 717/1987)

Las emisiones en Madrid se originan en un 75% por el tráfico (todo tipo de motores), en un 15% por los generadores de calor y en un 10% por la industria en general.

En la lucha contra este contaminante la iniciativa municipal tiene un campo más restringido. En efecto, como política de restricción de emisiones, a esta escala de la administración, sólo es abordable la vi-

---

*El más claro problema para la  
calidad atmosférica de Madrid  
son los óxidos de Nitrógeno*

gilancia del cumplimiento de la normativa nacional, en cuanto a emisiones de las instalaciones industriales significativas que ya se efectúa y -el ya anteriormente comentado- plan de vigilancia de los catalizadores en los escapes de vehículos a gasolina, que se piensa poner en marcha.

Las restantes vías para la reducción deben plantearse, por el momento, fuera del ámbito de actuación municipal y comprenden:

- Diseño de calderas y procesos específicos con baja producción de óxidos de nitrógeno.
- Adaptación de catalizadores o dispositivos de retención de óxidos de nitrógeno a los vehículos con motor Diesel o de gas.
- Más eficientes dispositivos de depuración de óxidos de nitrógeno, para procesos industriales con importante generación de los mismos.

Promover e incentivar estas tres líneas de actuación debe de ser política a realizar a nivel estatal y comunitario.

Al margen de estas soluciones, las únicas restantes serían: limitar (¿aún más?) la velocidad de circulación en la ciudad, lo que es un arma de dos filos, pues disminuiría algo la producción de óxidos de nitrógeno, pero a velocidades muy reducidas aumentaría la de monóxido de carbono e hidrocarburos; o bien “cortarle la cabeza” al tráfico, prohibiéndolo en ciertas zonas, más o menos amplias. En principio entendemos que esta especie de soluciones restrictivas, tanto de la actividad económica como de la libertad individual, sólo deben emplearse cuando fallan las restantes, y, la seriedad de la situación las hace indispensables. Por el momento, la posibilidad de prohibir el tráfico se halla contemplada en la O.G.P.M.A.U. como medida transito-

---

## Naturaleza y Medio Ambiente

ria a adoptar en situaciones de alerta atmosférica de determinada gravedad.

Dentro del grupo de importantes contaminantes primarios, que estamos comentando, los hidrocarburos, o hablando más adecuadamente, los *compuestos orgánicos volátiles* (C.O.V.), constituyen un conjunto tan heterogéneo que, aún en el presente, la normativa, cuando existe, tanto en lo que respecta a valores de inmisión como a límites de emisión, resulta inadecuada e incompleta.

A falta de legislación comunitaria, en España, los límites de inmisión continúan siendo fijados por el R.D. 833/75, en el que únicamente se habla de “hidrocarburos”, sin especificar más.

Por lo que respecta a las emisiones, sólo existe regulación en cuanto a las producidas por los vehículos a motor, tanto en España como a nivel comunitario. Este vacío normativo es particularmente sensible a la hora de valorar las repercusiones ambientales que puede producir el funcionamiento de ciertas plantas industriales, por lo que en los Servicios de Inspección de Contaminación del Ayuntamiento de Madrid, viene siendo práctica habitual comparar, a nivel indicativo, las emisiones del C.O.V. de que se trate, con la normativa alemana al respecto, o bien con los valores de inmisión fijados por el R.D. 833/75.

A despecho de lo que podría parecer a la vista de las circunstancias expuestas, el problema planteado por los C.O.V. es importante por los siguientes motivos:

- El potencial tóxico e incluso cancerígeno de algunos de ellos individualmente considerado.
- Su contribución al efecto invernadero.
- Su característica fundamental de precursores de los episodios de *smog* oxidante, durante los cuales aparecen en la atmósfera concentraciones importantes de contaminantes secundarios altamente irritantes, como el ozono y los P.A.N. (nitratos de peroxiacetilo).

---

Respecto a la contaminación por ozono, se ha promulgado recientemente la Directiva Comunitaria 92/72/CEE de 21-09-92, que además de fijar las características de las mediciones a realizar, establece valores umbrales, a) para la protección de la salud, b) para la protección de la vegetación, c) para la información de la población y d) para la alerta al público. Asimismo, se recomienda en ella, la medición de los C.O.V. como compuestos precursores del ozono. Esta recomendación resulta básica si se tiene en cuenta que en los países o zonas con fuertes problemas de *smog*, la herramienta de elección para luchar contra ellos es la reducción de las emisiones de C.O.V. Por supuesto sin perjuicio de practicar simultáneamente la de los otros precursores, los óxidos de nitrógeno, en razón a su toxicidad.

En medio de la relativa descoordinación que acabamos de reflejar, y, hasta tanto el marco normativo y las actuaciones específicas respecto de algunos C.O.V. estén claras a nivel nacional y europeo, el Ayuntamiento de Madrid además de la medición de los C.O.V. en dos fracciones (metano y distintos del metano) que ya se efectúa en la Red Automática de medición, está planteando para un futuro inmediato dos actuaciones: una en el campo del análisis y otra en el de la reducción de emisiones. La primera es un estudio que permita el conocimiento pormenorizado de cuales son los C.O.V. existentes en la atmósfera de Madrid y el rango de concentraciones que presentan. La segunda, ya ampliamente comentada anteriormente, es la inspección periódica del estado de los catalizadores de los vehículos, pues no hay que olvidar que éstos reducen también las emisiones de C.O.V., además de las de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

Para no alargar más esta exposición obviaremos el ocuparnos de las emisiones de otros contaminantes que plantean preocupaciones de otro alcance, como ciertos metales pesados, los C.F.C. y el propio dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), aunque, a pesar de no ser este un problema específico de Madrid, sí queremos lanzar desde aquí un llamamiento al ahorro energético en los procesos de combustión, como única forma de detener la escalada del efecto invernadero.

En esta línea de pensamiento, el considerable esfuerzo humano y económico que el Area de Medio Ambiente viene realizando para



---

## Naturaleza y Medio Ambiente

conservar y multiplicar el arbolado y en general las plantas verdes en la ciudad, además de sus fines ornamentales, constituye también una herramienta para absorber cantidades de CO<sub>2</sub> y estimular la limpieza del aire por retención de ciertos contaminantes, que realizan los vegetales, aunque sea a expensas de un cierto deterioro propio.

Para completar esta exposición es preciso comentar los aspectos relativos a la medición de estas sustancias en la atmósfera de Madrid; tal y como se lleva a cabo, persigue dos finalidades. Una es el conocimiento completo y perfecto de la situación de cada uno de los contaminantes medidos, de modo que se puede contrastar el cumplimiento de la normativa aplicable a los valores de inmisión y también analizar la evolución a largo plazo de la calidad del aire, valorando así la eficacia de las distintas estrategias de reducción que se van poniendo en práctica.

La segunda finalidad, no menos importante, es disponer de un sistema de alarma, en tiempo real, frente a posibles períodos de alta contaminación, que permita adoptar a tiempo las medidas de emergencia que correspondan al caso.

Estos períodos vienen presentándose siempre en Madrid durante los meses de noviembre a febrero, no sólo porque en esas etapas el volumen de emisiones es mayor, sino porque durante las mismas, caracterizadas por la escasa insolación propia del invierno, se presentan más frecuentemente situaciones de alta estabilidad meteorológica con velocidades de viento casi nulas e importantes inversiones de temperatura próximas al suelo.

Las razones que comentamos han hecho que la labor de medición haya sido la prioritaria desde la creación, en 1968, del Departamento de Contaminación Atmosférica, no regateándose medios ni esfuerzos presupuestarios para que se lleve a cabo con todo tipo de garantías.

Hasta 1978, esta tarea se realizó con una Red de Captadores manuales, sustituyéndose luego ésta por una Red Automática que funcionó correctamente durante doce años.

---

*Los riesgos de alta contaminación  
son mayores en los meses  
de noviembre a febrero*

Recientemente, en 1990, se llevó a cabo una remodelación de la red existente, actualizando las técnicas utilizadas por sus distintos componentes, y ampliándola, tanto en el número de contaminantes que mide, como en el número de puntos en los cuales controla los niveles.

En definitiva, la Red Automática de Control consta, en el momento actual, de 24 estaciones remotas conectadas por línea telefónica con una estación central, situada en el Departamento de Contaminación Atmosférica.

Todas las estaciones remotas están dotadas de inteligencia. Un ordenador tipo PC instalado en cada una de ellas, controla su funcionamiento, suministra información sobre el estado de los equipos y atiende las comunicaciones. Además, su capacidad le permite almacenar datos e incluso las posibles incidencias durante un período muy superior a los cinco años, en caso de fallo en la transmisión o mal funcionamiento de la estación central.

La estación central es el centro neurálgico de la Red de Control. En ella, no solo se reciben los datos procedentes de las veinticuatro estaciones remotas, sino que además se controla el funcionamiento correcto de la totalidad de la red, mediante la recepción de multitud de señales que identifican la causa del posible mal funcionamiento de cualquier tipo de componente.

La pérdida de datos es prácticamente imposible; un sistema casi dual impide que cualquier fallo del ordenador principal repercuta en el correcto proceso de adquisición o almacenamiento de los mismos.

Un potente software permite un tratamiento amplísimo de los datos y, en consecuencia, una gran variedad en la forma de presentarlos.

---

## Naturaleza y Medio Ambiente

Todo este proceso asegura, en cada momento, el conocimiento de los términos en que se está produciendo la evolución de la contaminación atmosférica en nuestra ciudad, así como la situación relativa en que se encuentran los valores registrados, con respecto a los límites de calidad que establecen las legislaciones de las distintas administraciones.

Las técnicas que se utilizan para la determinación de los contaminantes son las más modernas y están universalmente aceptadas. Pero, aunque los monitores son robustos y de una gran fiabilidad, el punto crítico y, en definitiva, la causa del tradicional buen funcionamiento de la Red de Control de este Ayuntamiento es el cuidadoso mantenimiento que se hace de la totalidad de la instalación.

En conjunto, la Red de Control se encuentra entre las mejores y más completas de las existentes en el mundo. Recientemente, tras un completo estudio por parte de técnicos del Laboratorio Central de Contaminación Atmosférica, del Centro de Investigación de las Comunidades Europeas, la red ha sido homologada con todos los pronunciamientos favorables, en lo que a su funcionamiento se refiere.

La evolución de los niveles de contaminación correspondientes al dióxido de azufre y a las partículas en suspensión no ha podido ser más satisfactoria, sobre todo a lo largo de los últimos años. Concretamente, los valores medios anuales de estos dos contaminantes para 1992 han sido los más bajos de la historia.

En este momento, el contaminante que más nos preocupa es, sin duda, el dióxido de nitrógeno. La situación ha mejorado con respecto a 1990 y ningún valor medio mensual ha vuelto a superar la cota de los  $100 \mu/m^3$ . ■