

Prólogo

Emilio Lora-Tamayo



La mejora de la calidad de vida es uno de los retos principales de nuestra sociedad. Las mejoras ambientales, y entre ellas la de la calidad del aire, son clave para reducir los efectos colaterales en la salud humana y en ecosistemas que las actividades antrópicas pueden generar.

La gran urbanización de la sociedad actual conlleva que las altas densidades de población urbana causen elevados niveles de emisión de contaminantes atmosféricos en las mismas zonas donde los habitantes de las ciudades viven, trabajan y se mueven. Por ello, y aunque la tecnología y la legislación ambientales han evolucionado mucho en las últimas seis décadas, la comunidad científica sigue analizando los efectos de la contaminación urbana sobre la salud humana. Así, en estudios recientes se llegan a atribuir miles de muertes prematuras causadas por la contaminación atmosférica por partículas en suspensión en España. Otros estudios científicos no muestran solamente el elevado impacto de dicha contaminación sobre la población asmática, sino que demuestran que la contaminación por partículas del tráfico rodado puede llegar a convertir a individuos de la población infantil en asmáticos.

Los efectos probados de la contaminación no tienen como fin alarmar a la población sino que han sido el motor del desarrollo de la normativa ambiental europea y nacional. La sociedad actual ha alcanzado un nivel de desarrollo que le permite crear tecnología y modificar sus hábitos con el fin de disminuir los impactos de la contaminación atmosférica sobre la salud, y por ello la Comisión Europea marca objetivos normativos concretos en este campo, algunos como los referentes a las partículas en suspensión, y óxidos de nitrógeno, entre otros, son de obligado cumplimiento en los Estados Miembros de la UE.

España ha hecho un gran esfuerzo en lo referente a la disminución de emisiones de contaminantes atmosféricos industriales, especialmente en los últimos diez años como producto de la aplicación de la Directiva IPPC para la prevención y el control integrado de la contaminación. Además, la reciente crisis económica ha influido también en la reducción de dichas emisiones. Sin embargo a nivel urbano las emisiones se han reducido mucho menos, especialmente aquellas ligadas al tráfico rodado. Ello se debe a que, aunque los constructores de vehículos han hecho un importante esfuerzo en reducir emisiones, hay factores de

ordenación de territorio y crecimiento urbano que han conllevado un incremento en términos absolutos del movimiento de vehículos privados en las ciudades.

Esta situación ha comportado que un número considerable de zonas de España, especialmente urbanas, hayan superado determinados valores límite de calidad del aire, y, por tanto, según la legislación vigente hayan de desarrollar y aplicar planes de mejora.

En este libro se realiza un diagnóstico de la problemática actual en España, en lo referente a partículas en suspensión y óxidos de nitrógeno; se justifican las necesidades de actuación en base al contexto legal actual y a los efectos en la salud; se identifican los focos de emisión sobre los que se debe actuar y se recomiendan y justifican medidas específicas priorizadas. Estas bases son una herramienta extremadamente útil para que las diferentes administraciones españolas competentes desarrollen sus planes de mejora de calidad del aire. El CSIC, a través del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA), ha coordinado el estudio mediante un Acuerdo de Encomienda de Gestión con la Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial del actual Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (antiguo Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino), y ha contado con la participación de la propia Subdirección General, personal del Instituto de Tecnología Cerámica, de diferentes Consejerías de la Generalitat de Catalunya y de la Generalitat Valenciana, del Ayuntamiento de Madrid, del Instituto de Salud Carlos III y de INYPSA. Este trabajo muestra claramente cómo la comunidad científica se involucra en la mejora de la calidad de vida de nuestra sociedad, no solo contribuyendo al desarrollo tecnológico o médico, sino a la mejora del medio ambiente urbano en este caso.

EMILIO LORA-TAMAYO

Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

1

Introducción, justificación
y objetivos



1.1. Antecedentes

Este tratado se basa sobre todo en los resultados obtenidos en el marco del acuerdo de encomienda de gestión entre el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino y la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) para la realización de trabajos relacionados con el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado (PM) y metales en España (UCA2009020083, REF 2010-0689), así como de dos convenios de colaboración anteriormente firmados entre las mismas partes, que cubrieron los periodos de 2001-2003, 2004-2006 y 2007-2009. En este contexto se llevaron a cabo estudios de caracterización de PM en diversas zonas con diferentes rasgos climáticos y geográficos: Alcobendas (Madrid), Badajoz, Barcelona, Bemantes (A Coruña), Cartagena (Murcia), Huelva, Las Palmas, Llodio (Álava), Puertollano (Ciudad Real), Tarragona, Madrid, Melilla, Ponferrada (León), Zaragoza, Monzón (Huesca), Albacete, Avilés, Santander y Torrelavega (Cantabria).

Los estudios han sido coordinados por el CSIC y llevados a cabo por un equipo multidisciplinar integrado por personal investigador y técnico del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA-CSIC), CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), la Universidad de Huelva, el Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) y el Instituto de Salud Carlos III.

El propósito de los citados estudios es profundizar en el conocimiento de la contaminación atmosférica por NO_2 y material particulado (PM) en España, tanto en los niveles de partículas de diámetro inferior a 10, 2.5 y 1 μm (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y PM_1 , respectivamente) como en su composición química y en las principales fuentes emisoras. Ello se enmarca en la evaluación de los posibles problemas asociados a la implantación de las Directivas Europeas de calidad del aire en lo referente a estos contaminantes y a la identificación de las mejores estrategias para el cumplimiento de los valores límite.

Se incluyen resultados obtenidos en los convenios y contratos del CSIC, algunos en colaboración con la Universidad de Huelva, y con diversas administraciones, en los cuales se aplica la misma metodología. Estos incluyen estudios realizados para la Junta de Andalucía (Huelva, Campo de Gibraltar [Cádiz] y Bailén [Jaén]), para la Generalitat de Catalunya (Montseny [Barcelona]), la Generalitat Valenciana (Zona Cerámica de Castellón y Alicante)

y ENDESA (Monagrega [Teruel]). Además se incluyen los resultados de proyectos de Investigación financiados por el Plan Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación, entre ellos, los proyectos DOASUR, VAMOS, CARIATI, GRACCIE, DAURE (CGL2007-62505/CLI, CSD 2007-00067, CGL2007-30502-E/CLI, CGL2008-06294/CLI, CGL2010-19464). En total se adjuntan datos de 38 estaciones.

Se incluyen también resultados del análisis del origen de NO_2 en zonas con posibles incumplimientos del valor límite anual (fijo desde 2010) de dicho contaminante. Ello se realiza con base en la evaluación de las series de datos compiladas por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino para toda España.

1.2. Introducción

El aire es esencial para la vida, y no solo porque permite respirar a los organismos vivos, sino también porque su influencia en la Tierra hace que esta sea habitable. Se dice de la atmósfera que constituye el principal mecanismo de defensa de todas las formas de vida. La alteración de la composición de la atmósfera por causas antropogénicas o naturales modifica por lo tanto la calidad del aire (con sus repercusiones sobre los ecosistemas y la salud humana), a la vez que puede causar cambios en el clima por su influencia en el balance radiativo terrestre.

El impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud es conocido desde antiguo. En la historia de la calidad del aire (<http://www.co.mendocino.ca.us/aqmd/AQhistory.htm>) se reconoce a una momia encontrada en el desierto del Gobi (*The Beauty of Loulan*, 1800 a.C.) como la primera evidencia de dicho impacto, debido a que los arqueólogos atribuyen su muerte a enfermedades respiratorias causadas por la emisión de combustión de madera y de polvo mineral. Lao-Tze (500 a.C.) reconocía ya el impacto en la calidad del aire de las actividades humanas. Alrededor de 300 d.C., las leyes romanas ya regulaban en York algunas fuentes de contaminación atmosférica, como la producción de cerveza. Alrededor de 1180 Maimónides (Rabi Mose Ben MAIMON, médico sefardí cordobés, 1135-1204) escribía: “Comparar aire de ciudades con el aire de los desiertos y las tierras áridas es como comparar las aguas que son podridas y turbias con las limpias y puras. En la ciudad, a causa de la altura de sus edificios, lo angosto de sus calles y de todo lo que se vierte desde sus habitantes y sus líquidos [...] el aire se torna estancado, espeso, brumoso y neblinoso... Si el aire se altera alguna vez ligeramente, el estado del Espíritu Psíquico será alterado perceptiblemente”.

A lo largo de la historia el desarrollo urbano e industrial ha llevado asociado unas tasas de emisión de contaminantes al medio ambiente muy elevadas. Entre los efectos negativos de estas emisiones cabe resaltar los conocidos impactos de la lluvia ácida en los bosques del centro y norte de Europa, así como los episodios de contaminación atmosférica intensa que ocurrieron en diciembre de 1952 en Londres. A este último se atribuyen 4.000 muertes prematuras, y supuso un hito en la legislación de calidad del aire. Así en 1956 se promulgó el *British Clean Air Act* (Ley británica para el aire limpio) y desde entonces se desencadenaron

los estudios científicos sobre calidad del aire, así como el desarrollo de tecnologías para reducir las emisiones atmosféricas en focos industriales y residenciales.

Otros acuerdos, declaraciones y protocolos que han sucedido al de 1956 son: el Acuerdo de Estocolmo (1972, para la lucha contra la acidificación, CLRTAP), el Protocolo de Montreal (1987/90 para controlar la capa de ozono), la Declaración de Río (1992), la Cumbre de Kioto (1997) y la Cumbre de Río (2002), estos tres últimos sobre cambio climático. Todos estos acuerdos internacionales se llevan a la práctica en la Unión Europea desarrollando y aplicando una legislación ambiental que regula los niveles de emisión de contaminantes, con la Directiva 2008/1/CE, relativa a la prevención y control integrados de la contaminación (también conocida como Directiva IPPC), así como en aire ambiente, con la Directiva 2008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, o la Directiva 2004/107/CE relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente. Como resultado de estas declaraciones, acuerdos y directivas la calidad del aire ha experimentado una mejora cuantitativa desde los años setenta.

La sociedad europea ha demostrado siempre una elevada concienciación social en lo concerniente a la contaminación atmosférica y sus efectos adversos sobre la salud. Ello ha llevado a aplicar medidas de reducción progresiva de las emisiones industriales y urbanas (como, por ejemplo, la limitación del uso del carbón en las calefacciones) y a dar la imagen de que la calidad del aire de las ciudades era ya aceptable en las últimas décadas. Por ello, se ha producido una focalización del interés social en el cambio climático en vez de en la calidad del aire. Sin embargo, las evidencias de causa-efecto probadas por trabajos epidemiológicos en la década de los noventa (Pope y Dockery, 2006; WHO, 2005) han demostrado que incluso a niveles de contaminación relativamente bajos respecto a los de la década de los setenta, existe un impacto significativo de la contaminación en la mortalidad. Esto ha reactivado nuevamente el interés social por la calidad del aire y, con ello, se ha propiciado la aprobación de la Directiva 2008/50/CE con objetivos muy exigentes.

En este escenario, la mejora de la calidad del aire en países plenamente desarrollados se basa en fijar objetivos de calidad del aire muy estrictos para que su cumplimiento exija el perfeccionamiento de la tecnología ambiental o la aplicación de planes y estrategias que permitan alcanzarlos.

Existe un gran número de contaminantes atmosféricos con distintas repercusiones en la atmósfera. Entre ellos destacan el dióxido de carbono (CO_2), el monóxido de carbono (CO), el óxido de azufre (SO_2), los óxidos de nitrógeno (NO_x , NO y NO_2) y el ozono (O_3 , este actúa positivamente en la estratosfera ya que reduce la radiación ultravioleta, pero en la troposfera tiene efectos negativos por su elevado poder oxidante), el amoníaco (NH_3), el ácido sulfhídrico (H_2S), el material particulado atmosférico (o “partículas sólidas en suspensión”, incluyendo metales, compuestos inorgánicos secundarios y una gran cantidad de compuestos orgánicos, algunos persistentes) y un elevado número de compuestos orgánicos volátiles (VOC). El dióxido de carbono (CO_2) siempre debe ser tratado de forma separada a los demás contaminantes pues sus efectos no se dejan sentir a nivel local o regional sino en su contribución planetaria al efecto invernadero y al calentamiento global de la atmósfera. Sin embargo

a la hora de diseñar estrategias tecnológicas de reducción de sus emisiones se debe contemplar el posible efecto colateral de un incremento de las emisiones de otros contaminantes con impacto negativo en calidad del aire.

En las ciudades, las emisiones del tráfico, las residenciales (calefacciones, cocinas), y actividades como la construcción y demolición, además de las posibles emisiones industriales o de generación eléctrica, dictan el grado de contaminación atmosférica. Aun reconociendo la diversidad de fuentes de emisión, el tráfico es una de las principales fuentes que afectan a los niveles de exposición de la población urbana a los contaminantes atmosféricos. Ello se debe a que la emisión se produce a gran proximidad de la población y de forma muy extendida en la urbe.

Si consideramos el inventario de emisiones nacionales o europeas del tráfico rodado, quizá su papel global sea menos relevante que otras fuentes si nos referimos a su contribución a los niveles de exposición humana. Por ejemplo, aunque la generación eléctrica o las emisiones industriales en tonelaje pueden ser muy importantes, los puntos de emisión están generalmente alejados de la población y la altura a la que se producen favorece su dilución y dispersión, mientras que las emisiones del tráfico se producen en la proximidad de los ciudadanos.

A la hora de considerar los niveles de emisiones de contaminantes atmosféricos en zonas urbanas españolas es necesario tener en cuenta, además, algunas peculiaridades que este país presenta y que pueden influir en las concentraciones de contaminantes atmosféricos. Así el diseño y arquitectura de las ciudades españolas difiere de las de otros países europeos, en cuanto a la mayor densidad de edificios de apartamentos y a la altura de estos, lo que provoca un efecto de pantalla en las emisiones producidas por el tráfico. Ello dificulta la dispersión de contaminantes e incrementa marcadamente los niveles en aire ambiente respecto a otras estructuras urbanas europeas que se caracterizan por mayores espacios verdes, menor densidad y construcciones bajas.

Otro fenómeno con el mismo efecto es la baja tasa de precipitación (figura 1.1), especialmente en el centro, sur y este de España, lo que impide el lavado atmosférico e influye en la importancia de procesos de resuspensión por el tráfico rodado del material particulado depositado en los firmes de carretera. Asimismo, la elevada radiación solar en los meses estivales se traduce en un incremento de los niveles de partículas secundarias (como sulfato y nitrato), NO_2 y ozono. Estos incrementos se ven aún más acentuados por la baja capacidad dispersiva de la atmósfera en verano (figura 1.1). Dicho de otra manera, la topografía urbana característica y el clima del sur de Europa hacen que la misma emisión del tráfico produzca un mayor impacto en los niveles de contaminantes en aire ambiente respecto al centro y norte de Europa.

En zonas urbanas, aproximadamente el 50% de emisiones de NO_x se produce por combustión en los motores de los vehículos, mientras que otras fuentes de emisión son las centrales eléctricas y demás fuentes industriales (US-EPA, 1998). Los niveles elevados de NO_x además de influir en los niveles de ozono (contaminante secundario que se genera en la atmósfera por reacción de NO_2 y precursores gaseosos orgánicos), y la formación de lluvia

ácida, pueden perjudicar la salud pública afectando especialmente el sistema respiratorio al dañar el tejido pulmonar causando muertes prematuras (Mauzerall *et al.*, 2004).

En cuanto al material particulado, estudios realizados en diferentes ciudades de España y Europa muestran al tráfico como responsable de hasta un 50% de los niveles medios anuales de PM₁₀ y PM_{2.5} (concentración en aire ambiente de partículas con un diámetro inferior a 10 y 2.5 µm, respectivamente, expresada en µg/m³). PM₁₀ puede dividirse a su vez en tres categorías de acuerdo a su tamaño, incluyendo una fracción gruesa (2.5-10µm, deposición extratorácica), fina (0.1-2.5µm; deposición bronquial) y ultrafina (<0.1µm; deposición alveolar).

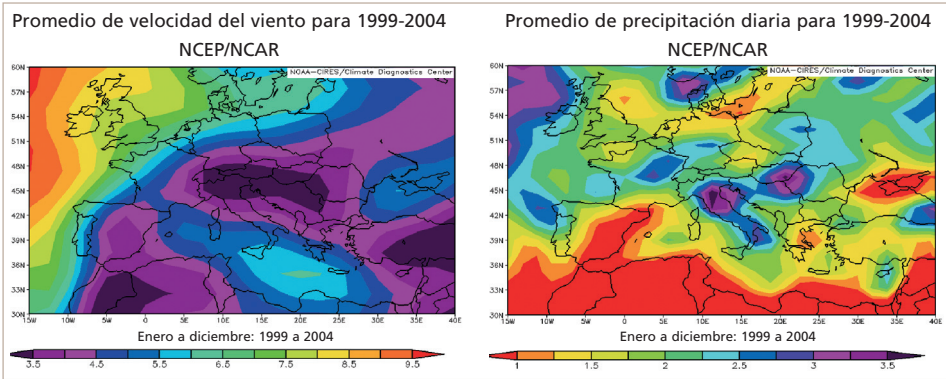
Estudios epidemiológicos y toxicológicos han encontrado claras conexiones entre niveles de contaminación atmosférica e ingresos en hospitales y número de muertes en pacientes, mostrando cómo niveles elevados de polución en el aire que respiramos provocan problemas cardiorrespiratorios, especialmente en niños, ancianos y población enferma (Pope y Dockery, 2006). Es importante considerar que estas reacciones en nuestra salud no solo dependen de la masa de material inhalado, sino también de la composición de dicho material (Adamson *et al.*, 1999, 2000; Dye *et al.*, 2001; Ghio y Deflin, 2001; Moreno *et al.*, 2004). Sin embargo aún hoy existe controversia sobre qué características físico/química/morfológicas hacen que unas partículas sean más biorreactivas que otras.

La presencia de pequeñas cantidades de elementos altamente tóxicos como el cadmio (Cd) (Nawrot *et al.*, 2006), especialmente si son solubles (Fernández-Espinosa *et al.*, 2002; Birmili *et al.*, 2006), también juega un papel importante en los efectos en la salud humana cuando son inhalados ya que son por lo general altamente bioreactivos. Es más, muchos de estos elementos traza se encuentran en la fracción ultrafina del material particulado (<0.1 µm, Milford y Davidson, 1985), siendo capaces de alcanzar las regiones alveolares en los pulmones (Schauermann *et al.*, 2004).

Mientras algunos de estos elementos traza son emitidos en grandes volúmenes por fuentes naturales (erupciones volcánicas, tormentas de polvo, alteración de rocas y suelos, fuegos forestales), muchos otros tienen un origen antropogénico. Por ejemplo el vanadio (V), el cobalto (Co), el molibdeno (Mo), el níquel (Ni), el antimonio (Sb), el cromo (Cr), el hierro (Fe), el manganeso (Mn) y el estaño (Sn) son emitidos durante la combustión de hidrocarburos (Pacyna, 1986, 1998; Lin *et al.*, 2005), y el arsénico (As), el cromo (Cr), el cobre (Cu), el manganeso (Mn) y el zinc (Zn) en industrias metalúrgicas (Pacyna, 1986; Querol *et al.*, 2002, 2007; Alastuey *et al.*, 2006). La contaminación del tráfico incluye un amplio rango de emisiones de elementos metálicos como el hierro (Fe), el bario (Ba), el plomo (Pb), el cobre (Cu), el zinc (Zn), el cadmio (Cd) y antimonio (Sb) (Amato *et al.*, 2009a).

De entre todos estos elementos traza la Unión Europea y la normativa nacional regulan los niveles en aire ambiente de unos pocos. Así, las Directivas de calidad del aire establecen un límite anual para el plomo (Pb) (500 ng/m³, 2008/50/CE) y unos valores objetivo para el arsénico (As) (6 ng/m³), el níquel (Ni) (20 ng/m³) y el cadmio (Cd) (5 ng/m³) (2004/107/CE).

Figura 1.1. Niveles promedio de velocidad del viento y precipitación diaria para 1999-2004



Mapas calculados con datos NCEP/NCAR. Reanálisis de NOAA-CIRES Climatic Diagnosis Centre. Cortesía del Dr. Sergio Rodríguez González (AEMET-Universidad de Huelva).

Entre las emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes del tráfico rodado y de otros motores estacionarios es necesario destacar las emisiones de los motores diésel. En nuestros días, la tecnología diésel está sufriendo una transformación importante para dar respuesta a las demandas ambientales. Así, la industria del automóvil ha realizado un gran esfuerzo para llegar a poder cumplir los nuevos límites de emisión de contaminantes atmosféricos. Como ejemplo, véase la tabla 1.1, donde se aprecia la evolución que han seguido los niveles de emisión de material particulado. Sin embargo el gran incremento del parque de vehículos, la dieselización de dicho parque y la masificación urbana con tráfico muy denso no han permitido reflejar dicho esfuerzo en un incremento notorio de calidad del aire en lo referente a partículas en suspensión ni en lo referente a NO₂. Además como se demostrará posteriormente, los motores diésel de vehículos de pasajeros actuales emiten cantidades de NO₂ relativamente elevadas.

Tabla 1.1. Evolución de la normativa de emisiones de partículas en suspensión (PM) y NOx de los vehículos diésel de pasajeros y los comerciales ligeros

Año	Normativa	Emisión máxima
1992	EURO 1	180 mg PM / km
1996	EURO 2	80 mg PM / km
2000	EURO 3	50 mg PM / km
2005	EURO 4	25 mg PM / km
2009	EURO 5	5 mg PM / km
2014	EURO 6	5 mg PM / km

Año	Normativa	Emisión máxima
2000	EURO 3	500 mg NO _x / km
2005	EURO 4	250 mg NO _x / km
2009	EURO 5	180 mg NO _x / km
2014	EURO 6	80 mg NO _x / km

Aunque la tendencia en las últimas décadas es situar las instalaciones industriales en las afueras de las ciudades, existen aún focos industriales ubicados en los entornos urbanos. Además, las ciudades en su rápido crecimiento se aproximan, o incluso engloban, a los polígonos industriales. La contaminación de origen industrial se caracteriza por la gran cantidad de contaminantes producidos en las distintas fases de los procesos de producción y por la variedad de los mismos. Los tipos de contaminantes emitidos dependen fundamentalmente del tipo de proceso de producción empleado, y de la tecnología y materias primas utilizadas. Por otra parte, en los focos de emisión industriales se suelen combinar las emisiones puntuales, fácilmente controlables, con emisiones difusas, de difícil control. Las actividades industriales que producen contaminantes atmosféricos son muy variadas, pero los principales focos están en los procesos productivos utilizados en las industrias básicas. Entre los sectores que dan lugar a la mayor emisión de contaminantes atmosféricos podemos destacar la generación eléctrica, la metalurgia, la industria química, las refinerías de petróleo y la industria cerámica y cementera.

En el pasado, la utilización de combustibles con alto contenido en azufre (S) tanto en plantas industriales y de generación de electricidad, como en actividades domésticas, dio lugar al desarrollo de episodios de contaminación como el ya mencionado episodio de *smog* de Londres de 1952, formado por una mezcla de dióxido de azufre, ácido sulfúrico y partículas sólidas en suspensión. A raíz de estos episodios se implementaron diferentes directivas relativas al contenido en azufre en los combustibles y a la mejora de las instalaciones de combustión con objeto de reducir los niveles de emisión de SO₂ y que han resultado en una disminución drástica de los niveles en aire ambiente de este contaminante primario y de los contaminantes secundarios derivados. Actualmente, exceptuando casos muy concretos, los niveles de SO₂ registrados en áreas urbanas son solo ligeramente superiores en las estaciones de tráfico respecto a las industriales. El progresivo uso de combustibles con bajo contenido en azufre es responsable de las relativamente bajas emisiones de SO₂ del tráfico rodado.

Debido a la disminución marcada de las emisiones de contaminantes atmosféricos de origen industrial y al incremento del parque de vehículos, el tráfico rodado aporta una gran parte de la exposición humana a contaminantes atmosféricos en zonas urbanas. Las necesidades de movilidad de los ciudadanos y el transporte de mercancías han contribuido notablemente a incrementar los niveles de contaminantes atmosféricos. Los principales contaminantes emitidos directamente por el tráfico son el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (VOCs), y material particulado (PM). Además de estas emisiones directas del motor, el desgaste de frenos y neumáticos, así como la erosión del firme de rodadura y la resuspensión del material depositado en la calzada contribuyen a la emisión de material particulado a la atmósfera.

1.3. Marco normativo

La Directiva 1996/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire, también conocida como Directiva Marco, modificó la normativa sobre esta materia existente anteriormente en el ámbito comunitario, adoptando un planteamiento general sobre la propia evaluación de la calidad del aire, fijando criterios para las técnicas de evaluación y la definición de unos objetivos de calidad que habían de alcanzarse mediante una planificación adecuada.

Este planteamiento general se desarrolló en las conocidas como Directivas Hijas: 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 (modificada por la Decisión de la Comisión 2001/744/CE, de 17 de octubre); 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; Directiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de febrero de 2002 relativa al ozono en el aire ambiente; y Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de diciembre de 2004 relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.

La incorporación de estas Directivas a nuestro ordenamiento jurídico se hizo, a partir de la base legal que constituía la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico, desarrollada por el Decreto 833/1975, de 6 de febrero, mediante las siguientes normas: Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono; Real Decreto 1796/2003, de 26 de diciembre, relativo al ozono en el aire ambiente; y Real Decreto 812/2007, de 22 de junio, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

La 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 modificó el anterior marco regulatorio comunitario, sustituyendo la Directiva Marco y las tres primeras Directivas Hijas.