

# CALIDAD DEL AIRE. CONCEPTOS GENERALES

Antonio Laín Esponera  
Consultor ambiental

## Introducción

**E**l fenómeno de la contaminación atmosférica llega a las ciudades de la mano de la Revolución Industrial. La necesidad creciente de energía para la incipiente actividad fabril y para cubrir el aumento de la demanda de confort por parte de una sociedad cada vez más rica produce el agotamiento de las fuentes tradicionales de combustible: madera y leña. Como sustitutivo se comienzan a explotar los depósitos mineros de carbón cuya extracción es al principio fácil y que contiene un poder calorífico muy superior al de naturaleza vegetal. Lamentablemente y aunque en aquel momento se desconocen sus efectos también contiene una proporción variable de azufre que arde junto con el carbono produciendo anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) gas irritante y tóxico que se oxida parcialmente en la atmósfera para dar lugar con el agua a ácido sulfúrico. Además la combustión genera un residuo sólido, las cenizas, que junto con el carbono in quemado, el hollín, se incorpora a la atmósfera en forma de partículas y humos negros.

A finales del siglo XIX en las áreas densamente pobladas o muy industrializadas de Inglaterra y Centroeuropa, el Támesis y la cuenca del Rhur se empiezan a notar los primeros síntomas en forma de nieblas persistentes y otros efectos molestos y nocivos.

Entrando ya en el siglo XX, la necesidad de disponer de combustibles más manejables para el alumbrado y para la incipiente industria del automóvil, introduce el petróleo y sus productos refinados como fuente de energía fácilmente manipulable y de alto poder calorífico. También contiene azufre pero éste se va quedando, cuando se fracciona, en las partes más densas, de forma que, el fuel y el gasóleo contienen más proporción de azufre que las gasolinas y naftas. En su combustión, salvo en las fracciones más densas como el coque, no se producen cenizas.

El crecimiento de la demanda de estos combustibles es espectacular a lo largo del siglo dando lugar a una explotación desmesurada destinada a la combustión y a la automoción, así como en menor medida a la naciente industria petroquímica. En el último tercio del siglo XX se añade el gas natural a esta batería de combustibles, a pesar de la dificultad que supone el transporte y manejo de los gases. Desde el punto de vista medioambiental presenta la ventaja de no contener azufre ni producir residuo sólido.

La generalización del empleo masivo de estos combustibles de origen fósil ha dado lugar a otro tipo de problemas relacionados con la atmósfera. En primer lugar, la generación durante el proceso de combustión de óxidos de nitrógeno que, siendo contaminantes por si mismos, actúan además como precursores para la contaminación secundaria por ozono. En segundo lugar, el retorno a la atmósfera de grandes cantidades de dióxido de carbono, fijado biológicamente a lo largo de millones de años, ha dado lugar a un aumento en la concentración permanente de este gas, lo que altera la transparencia del aire a la radiación infrarroja dando lugar a un sobrecalentamiento de la misma por causa del llamado “efecto invernadero”.

Podemos afirmar que la mayor parte de las emisiones de elementos contaminantes de origen antrópico están directa o indirectamente ligadas al consumo de energía y más concretamente a la utilización de combustibles fósiles

### Criterios de sostenibilidad en el PEIT

El Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (P.E.I.T.) incluye entre sus objetivos la contribución a la sostenibilidad (epígrafe 3.4 del documento), aludiendo de manera directa a :

**“La disminución de los impactos globales del transporte, principalmente en lo referente al cambio climático y la calidad ambiental en el entorno natural y urbano.”**

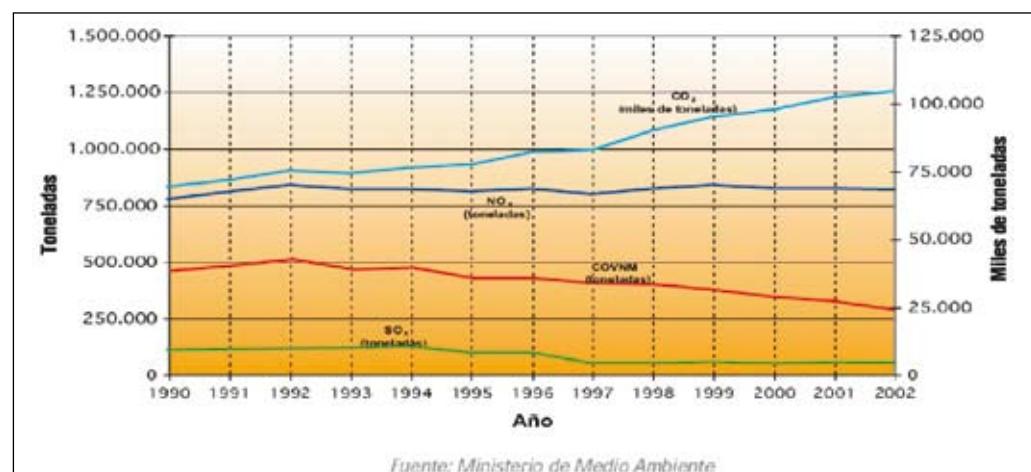
Así como el:

**“Cumplimiento de las Directivas Europeas de calidad del aire para el 90% de la población (2015). Cumplimiento en el menor plazo posible de la normativa internacional sobre calidad ambiental.”**

Esto supone un compromiso explícito de utilizar recursos del Plan para conseguir los efectos de calidad en la atmósfera que se persiguen con las Directivas Europeas en esta materia, fundamentalmente en el ámbito urbano. En el documento se reconoce que el transporte constituye la principal fuente de emisiones contaminantes.

Por otra parte se expresa asimismo la voluntad de contribuir tanto al cumplimiento de la Directiva 2001/81/CE, de Techos Nacionales de Emisión, como al Programa Nacional de reducción de estas emisiones y la disminución para 2012 de las emisiones de CO<sub>2</sub> al nivel de 1998.

Se incluye un gráfico con la evolución temporal de los principales gases que se transcribe en la figura 1. Se aprecian en ella incrementos notables en los gases de efecto invernadero mientras que se mantienen los óxidos de nitrógeno a pesar de los aumentos en el parque de vehículos, gracias probablemente al empleo masivo de los catalizadores, y la disminución de los COVS NM, sin duda debido a que en las nuevas matriculaciones predominan los vehículos diesel cuyo combustible es menos volátil.



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente

Figura 1. Del documento Propuesta del PEIT de Diciembre de 2004.

La característica más general de las actuaciones en materia de medio ambiente consiste en que se deben realizar por los diferentes actores involucrados simultáneamente desde diferentes ámbitos de responsabilidad. En todo caso es necesario establecer un sistema de seguimiento y control de la eficacia de las medidas adoptadas. En el caso del transporte la multiplicidad de actores es evidente. Intervienen factores que van desde la planificación territorial hasta el modo de conducción de los vehículos. La valoración de los resultados obtenidos debe ser por una parte global de forma que se comprueben los avances en el cumplimiento de los objetivos comprometidos y por otra se deben poder aislar los componentes de este resultado para verificar los actores que son responsables de las desviaciones que pudieran producirse.

La calidad del aire presenta múltiples facetas, entre las cuales figura una sobre la que tenemos muy poca capacidad para influir en ella. Nos referimos a los movimientos verticales y horizontales del aire tanto a escala micro, turbulencias locales, inversión térmica etc. como a escala macro, vientos dominantes, circulación en las capas altas que determinan la capacidad de mezcla y dispersión de las sustancias. Los estudios meteorológicos juegan un papel muy importante en la capacidad de regeneración o de concentración de los daños causados por los contaminantes.

### La atmósfera

El planeta Tierra, por sus características de tamaño, densidad, temperatura, periodo de giro sobre su eje, mantiene de forma permanente una capa delgada, apenas un 1% del diámetro total, formada por una mezcla de gases que recubre la materia líquida y sólida que lo constituye.

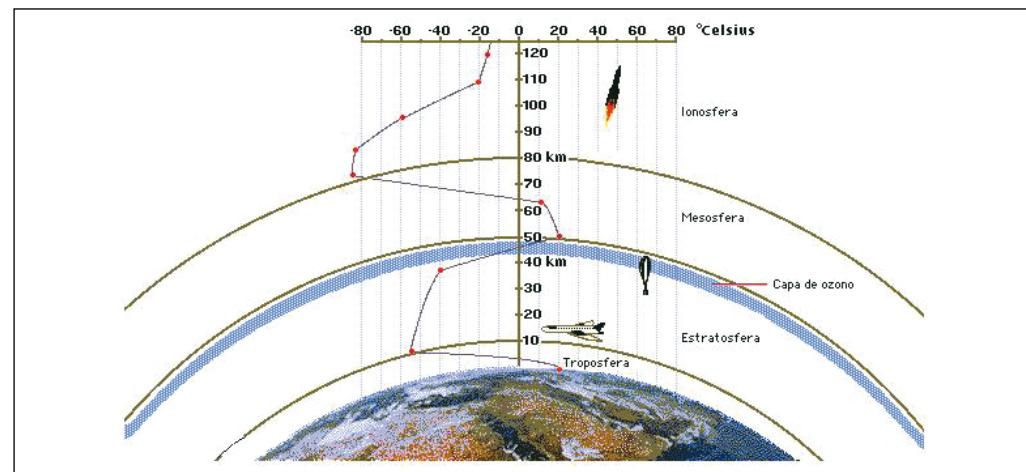


Figura 2. Sección transversal de la atmósfera.

En la figura 2 se aprecia la estratigrafía de la atmósfera. La zona habitable, que contiene la mayor parte de la masa gaseosa total, es la troposfera y de ésta sólo su primera mitad es susceptible de albergar vida de forma más o menos permanente. Los otros estratos, estratosfera, mesosfera e ionosfera, presentan propiedades y funciones relacionadas con los fenómenos electromagnéticos y la transparencia a la luz solar.

Su composición cuantitativa es bastante estable, si se consideran únicamente los gases y se prescinde del contenido en vapor de agua que puede ser muy variable tanto en función de la temperatura que altera la tensión de vapor, como la humedad relativa que mide el porcentaje de saturación del contenido real del vapor de agua. Está formada por una mezcla casi exclusivamente constituida por cuatro partes de Nitrógeno por una de Oxígeno, gases estos cuyo peso molecular es próximo 28 y 32 respectivamente, por lo que son susceptibles de formar una mezcla estable y homogénea que sería imposible en el caso de que sus densidades fuesen algo más diferentes. Es el caso del Hidrógeno y el Helio, muy ligeros, que aunque se producen en cantidades apreciables, emigran hacia las capas altas y llegan a desprenderse de la atracción gravitatoria.

Masa de la atmósfera	% (en vol)
Nitrógeno	78,084
Oxígeno	20,946
Argón	0,934
CO <sub>2</sub>	0,033

Figura 3.

En el cuadro presentado en la Figura 3 se aprecia que la práctica totalidad de la masa de la atmósfera se compone de cuatro elementos cuya suma porcentual alcanza el 99,997% del total, dejando un 0,03 por mil para el resto de materias que pudiera contener.

La presencia mayoritaria del Nitrógeno no llama la atención. En efecto, se trata de un gas prácticamente inerte, que necesita la aportación de una gran cantida-

dad de energía para combinarse químicamente con otros elementos y que, por tanto, tiende a permanecer indefinidamente en la atmósfera. Por el contrario, el oxígeno es químicamente muy activo, resulta extraño que permanezca indefinidamente si no se considera que existe una fuente permanente de generación que es la fotosíntesis de los vegetales que, con el paso del tiempo ha conseguido transformar enormes masas de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) presentes en el pasado, en depósitos gigantescos de compuestos del carbono y liberando a la atmósfera el oxígeno libre que actualmente tiene.

### La Contaminación atmosférica. Calidad del aire

La presencia en el aire de pequeñas cantidades de determinados compuestos químicos es capaz de alterar su capacidad como soporte de la vida humana, animal e incluso vegetal. Los seres vivos resultan especialmente sensibles a la presencia de determinados compuestos o partículas, incluso en proporciones realmente pequeñas en la atmósfera. Las concentraciones que resultan nocivas para estos compuestos se miden en partes por billón (ppb) en el mundo anglosajón o en microgramos por metro cúbico (gr/m<sup>3</sup>) en la terminología europea.

Tradicionalmente se consideraba que solamente los compuestos nocivos para la salud de un modo directo, como los contaminantes primarios, o de un modo indirecto, como precursores de los secundarios, alteraban la calidad del aire. Más recientemente se ha empezado a dar importancia a otros compuestos que, sin ser ni tóxicos ni en general nocivos de una forma directa, son capaces de generar efectos indeseables sobre otras variables del comportamiento del entorno. Nos referimos a fenómenos de tipo global como el cambio climático o el adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico.

En este sentido podemos hablar de dos aspectos diferentes de la calidad del aire:

- Calidad del aire a escala local o regional, que está determinada por la presencia de ciertos compuestos o material particulado en proporciones que cuando superan límites prudentiales dan lugar a mermas en la salud de las personas
- Fenómenos que alteran el funcionamiento general de la atmósfera bajo determinadas concentraciones o localización determinada de compuestos que no son nocivos ni tóxicos “per se” ni en éstas ni en concentraciones muy superiores.

### Contaminantes a escala regional y local

Tanto procedentes de la actividad humana como por causas naturales se liberan a la atmósfera importantes cantidades de compuestos químicos, que unas veces por su naturaleza agresiva, otras a su vez, dan lugar a la formación de otros compuestos nocivos, y otras, pro-

vocan efectos a largo plazo de tipo oncológico o degenerativo sobre los seres vivos así como distintas formas de alteración de la salud.

El movimiento del aire en corrientes tanto verticales como horizontales y el fenómeno de la difusión generan su dispersión en la atmósfera y la mezcla en su seno. Por tratarse de compuestos en general muy activos reaccionan entre ellos y con los gases del entorno haciendo que la atmósfera se comporte como un reactor químico, en presencia de calor y luz. Se transforman en otros componentes más estables produciendo aerosoles cuando los derivados no son a su vez productos gaseosos y terminan precipitando en el suelo o disolviéndose en el agua, es decir, trasladando sus efectos a otro medio.

Se produce así un ciclo que culmina con la depuración de la atmósfera.

**EMISIÓN → DISPERSIÓN – TRANSPORTE – TRANSFORMACIÓN – DEPOSICIÓN**

El resultado final a través de la deposición puede ser en sí mismo un problema derivado de la contaminación. En el caso del SO<sub>2</sub> se puede dar lugar a la llamada “Lluvia Ácida” y los Óxidos de Nitrógeno convertidos en nitratos pueden producir la eutrofización de las aguas.

Un esquema del proceso se representa en la figura 4. Las emisiones puntuales, lineales o superficiales, tanto antropogénicas como naturales se mueven y mezclan en la atmósfera, reaccionan transformándose en otros compuestos y terminan difundiéndose a larga distancia y precipitando de nuevo sobre la superficie terrestre. La concentración de un contaminante dado en cualquier momento del proceso y en cualquier lugar alejado del foco emisor se denomina “valor de la inmisión” del contaminante.

La preocupación por la situación de inmisión de las sustancias contaminantes ha provocado la promulgación de un conjunto legislativo muy detallado por parte de la Unión Europea que, en un principio estuvo esencialmente dirigido a medir, y valorar estas situaciones con criterios comunes para todos los países que la integran. La Directiva actual en vigor es la 50/2008/UE, que sustituye a un conjunto de directivas parciales en el contexto de una Directiva Marco general. En ella se determinan desde detalles importantes sobre la tecnología y ubicación de los equipos de medición hasta la fijación de los límites de concentración y las acciones a desarrollar cuando se alcanzan. También incluye la obligación de informar tanto a la población cuando se superan, como a la propia Comisión con informes anuales a emitir por los estados miembros. Este hecho se repite en el resto de los países de la OCDE.

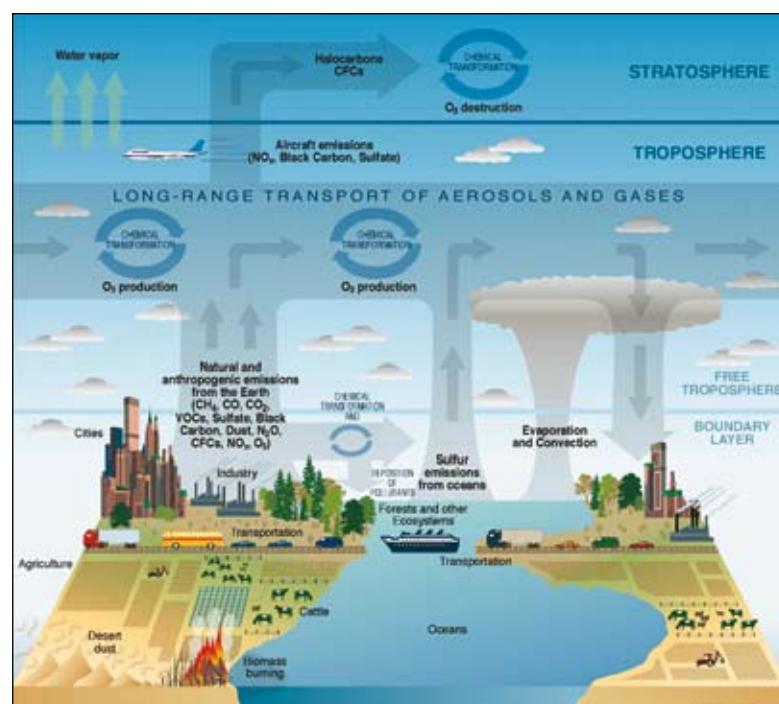


Figura 4. Esquema del ciclo de los contaminantes en la atmósfera

## **Contaminantes incluidos en la Directiva 50/2008/UE**

- Material particulado PM10 y PM2,5 Fracción de las partículas sólidas cuyo diámetro aparente es menor de 10 y 2,5 micras respectivamente.
  - Óxidos de Nitrógeno NO y NO<sub>2</sub>, contaminantes en sentido estricto y además precursores para la formación de ozono.
  - Anhídrido sulfuroso. Procede de la combustión del azufre elemental incluido en los combustibles sólidos y de los compuestos que lo contienen. Da lugar a la llamada “Lluvia Ácida”.
  - Monóxido de Carbono, CO. Procedente de la combustión con poco oxígeno de los compuestos del carbono. Es tóxico incluso en pequeñas proporciones.
  - Ozono, O<sub>3</sub>. No procede de focos emisores propios. Se origina de un modo continuo a partir de los precursores en presencia de la luz UV.
  - Plomo, Pb. Procede de aditivos de las gasolinas, de pinturas, esmaltes y barnices así como en algunos procesos industriales.
  - Benceno, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. Se utiliza como aditivo de las gasolinas sin plomo y de disolventes. Su peligrosidad reside en su carácter cancerígeno.

### Otros contaminantes no incluidos en esta Directiva

Compuestos orgánicos volátiles no metánicos, COVSNM. Vapores de combustibles, disolventes, etc. Constituyen un factor necesario para la formación del Ozono

- Metales Pesados, Cadmio, Níquel, Mercurio
- Arsénico
- Hidrocarburos policíclicos aromáticos
- Cloro y productos clorados
- Flúor y sus compuestos
- Dioxinas y furanos

### Contaminación atmosférica a escala global

En 1974 Rowland y Molina publicaban en Nature los resultados de su investigación en los que sugerían la destrucción del ozono estratosférico por la descomposición de unos gases industriales (CFC's). En 1995 les fue otorgado por esta investigación el Premio Nobel de Química junto al danés Crutzen. Estos gases, los Clorofluocarbonados, se habían hecho imprescindibles en la década anterior como elemento refrigerante en la producción de frío, como propelentes de los aerosoles y como espumantes para los aislamientos y otras aplicaciones del poliuretano expandido. Su bajo coste, su estabilidad y su inocuidad con respecto a la salud los hacían especialmente indicados para ello.

Este hecho representa el primer aviso de que los daños producidos por gases no solamente pueden deberse a aquellos que son agresivos para los seres vivos sino por otros que, siendo inocuos, producen efectos que alteran el equilibrio del planeta con resultados devastadores.

En este caso se trata de la disminución del espesor, en los casquetes polares, de la capa de protección contra la radiación UV de la luz solar. El efecto nocivo asociado es el aumento del número de casos de cáncer de piel de las poblaciones afectadas.

De la misma manera el aumento en la concentración del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), del metano ( $\text{CH}_4$ ), los óxidos nitrosos ( $\text{NO}_x$ ) y de nuevo los clorofluorocarbonos (CFC's) (Houghton *et al.*, 1990, 1992), empiezan a ser considerados como responsables del aumento gradual de las temperaturas a través del llamado “efecto invernadero”.

Se genera una gran controversia científica sobre estos datos y por ello se constituye un gran grupo de trabajo denominado “Intergovernmental Panel on Climate Change” (IPCC) que publica diversos informes que demuestran esta realidad. Sobre la base de ellos se convoca la Conferencia de Kyoto que produce el primer acuerdo internacional para la reducción de las emisiones de este tipo de gases.

Como consecuencia de este calentamiento global se producen distintos efectos:

- Fusión de los hielos continentales y polares
- Desertificación progresiva
- Aumento de huracanes y tormentas

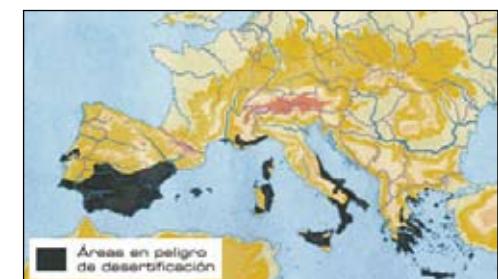


Figura 5.

Más recientemente se está planteando otro problema relacionado con la aportación masiva de óxidos de nitrógeno a la atmósfera. La oxidación final de estos compuestos produce, reaccionando con el agua, ácido nítrico. La neutralización de éste con materiales alcalinos produce nitratos solubles muy conocidos como fertilizantes químicos para aportar el nitrógeno que necesitan las plantas. Al resultar arrastrados por el agua, estos productos terminan en los embalses, lagos o esteros donde en unión, con los fosfatos y otros fertilizantes artificiales de origen también antropogénico, proporcionan un exceso de nutrientes a las aguas detenidas. Con este fenómeno, al agotarse el oxígeno disponible en el agua, por causa de la proliferación de las algas, tiene lugar la muerte por anoxia de la masa acuática comenzando por la zona más profunda. El fenómeno recibe el nombre de Eutrofización.

En la mayor parte de los casos la responsabilidad recae sobre el abonado en exceso de la agricultura en las cuencas vertientes. Sin embargo, cada vez con más frecuencia se encuentran situaciones en las que no se cumplen las expectativas de corrección del problema aplicando las medidas que se deducen de este diagnóstico y las causas derivadas de la contaminación del aire explican la producción de este problema concreto.

La actuación en estos casos difícilmente puede ser eficaz de no ser simultánea en una escala global. Las acciones individuales deben ser coordinadas.

### Efectos derivados de la contaminación atmosférica

No resulta fácil valorar los efectos negativos derivados de la contaminación. Por una parte no suelen ser únicos, es decir, que no se puede establecer la relación efecto-causa de manera indiscutible. Por otra, los intereses económicos involucrados en los procesos son muy cuantiosos. A modo de ejemplo, la obligatoriedad de instalar catalizadores en los vehículos de gasolina su-

puso en su momento la reformulación de las gasolinas eliminando el plomo tetraetilo, lo que significó la sustitución anticipada de gran cantidad de vehículos y la modificación de todos los surtidores. La eliminación de los CFC's ha hecho necesaria la modificación de todos los circuitos de producción de frío.

Alrededor de estos temas se crean controversias con opiniones tendenciosas y argumentos sesgados o parciales. Es fácil caer en la tentación de creer a alguna de las dos partes optando entre un tremendismo truculento y una despreocupación suicida.

La contaminación de tipo global suele estar avalada, en sus efectos, por personalidades científicas relevantes y por la actitud de los estados que imponen normas de actuación a sus administrados como resultado de convenios internacionales. No queda sino acatar y cumplir las instrucciones correspondientes.

Para valorar los efectos de la contaminación local y regional vamos a utilizar las opiniones de la organización Mundial de la Salud, interpretadas y matizadas por la Unión Europea en el documento de análisis de coste-beneficio del programa Clean Air For Europe (C.A.F.E.), puesto en marcha por la Comisión para justificar el endurecimiento a medio plazo de la normativa en esta materia.

El citado documento trata de cuantificar los daños en euros valorando hasta el final la pérdida de vidas humanas. Creemos que se puede establecer una polémica insoluble con ello y que es mejor resumir los efectos con arreglo a lo expuesto en la figura 6.

<b>Datos anuales para España</b> Base 2000 y previsión 2020	<b>Unidad medida</b>	<b>Ozono</b>		<b>PM</b>	
		<b>2000</b>	<b>2020</b>	<b>2000</b>	<b>2020</b>
Muerte prematura	Casos	2030	2120	19976	14204
Admisiones hospitalarias respiratorias	Casos	1560	1990	3270	2140
Admisiones hospitalarias cardíacas	Casos			2300	1320
Bronquitis crónicas	Casos			9920	6900
Uso de medicación respiratoria	Días	3247040	2404700	1950470	1188620
Síntomas respiratorios leves	Días	10265080	6404020	27341290	14960160

Figura 6. Fuente: Elaboración propia a partir de Fig. 7.

El resumen anterior procede de una tabla más detallada del referido documento que se incluye en la siguiente tabla:

End point	End point output	Function Group	Baseline in 2000	Current legislation in 2020 (including Climate Policy)	Change 2000 to 2020
Acute Mortality (All ages)	Premature deaths	Core O <sub>3</sub>	2,030	2,120	-90
Respiratory Hospital Admissions (65yr +)	Cases	Core O <sub>3</sub>	1,560	1,990	-430
Minor Restricted Activity Days (MRADs 15-64yr)	Days	Core O <sub>3</sub>	5,880,340	4,794,480	1,085,860
Respiratory medication use (children 5-14yr)	Days	Core O <sub>3</sub>	2,280,180	1,497,950	782,230
Respiratory medication use (adults 20yr +)	Days	Core O <sub>3</sub>	966,860	906,750	60,110
Cough and LRS (children 0-14yr)	Days	Core O <sub>3</sub>	10,265,080	6,404,020	3,861,060
Chronic Mortality *	Life years lost	Core PM	217,190	125,050	92,140
Chronic Mortality *	Premature deaths	Core PM	19,940	14,190	5,750
Infant Mortality (0-1yr)	Premature deaths	Core PM	36	14	22
Chronic Bronchitis (27yr +)	Cases	Core PM	9,920	6,900	3,020
Respiratory Hospital Admissions (All ages)	Cases	Core PM	3,720	2,140	1,580
Cardiac Hospital Admissions (All ages)	Cases	Core PM	2,300	1,320	980
Restricted Activity Days (RADs 15-64yr)	Days	Core PM	21,287,840	11,695,930	9,591,910
Respiratory medication use (children 5-14yr)	Days	Core PM	235,030	104,050	130,980
Respiratory medication use (adults 20yr +)	Days	Core PM	1,715,440	1,084,080	631,360
LRS symptom days (children 5-14yr)	Days	Core PM	9,714,700	4,300,540	5,414,160
LRS in adults (15yr +) with chronic symptoms	Days	Core PM	17,626,590	10,659,620	6,966,970

\*Note two alternative metrics are used for the presentation of chronic mortality from PM. Firstly in terms of years of life lost and secondly in terms of numbers of premature

Figura 7. Fuente: I Documento Análisis Coste/Beneficio U (programa C.A.F.E.).

Llama la atención que solamente las muertes prematuras causadas por el material particulado y el ozono, sin valorar por tanto las del resto de los contaminantes, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Benceno, etc., es diez veces superior a las de las víctimas de la carretera y más de doscientas veces las originadas por la violencia doméstica que son objeto de una alarma social, muy justificada por otra parte. La concienciación de los poderes públicos no está a la misma altura.

Si se consideran los costes de hospitalización, las jornadas laborales perdidas, el coste farmacéutico y otros aspectos más fáciles de cuantificar no sería difícil encontrar una justificación económica para la adopción de medidas concretas.

Todavía hay una dificultad añadida cuando tratamos de adjudicar responsabilidades concretas a las diferentes actividades que concurren en la emisión. En primer lugar porque los efectos no son lineales. Suele haber un límite inferior de inocuidad y una curva creciente de peligrosidad ¿quién es el responsable de cada incremento? Las emisiones naturales, que indudablemente influyen en el resultado, ¿cómo deben ser tenidas en cuenta?

En segundo lugar tampoco la posición geográfica del emisor resulta indiferente. Suelen ser más nocivas las emisiones realizadas en las zonas densamente pobladas aunque en determinados casos, como es el del ozono troposférico, puede manifestarse el efecto a más de cien kilómetros del lugar de la emisión de los precursores.

En tercer lugar no es lo mismo emitir de modo pulsante en ciclos diarios y semanales como es el tráfico en las ciudades que hacerlo de forma continua durante todo el año como la generación de energía y la industria pesada en general.

De todas formas como primera aproximación es útil conocer el valor total de las emisiones producidas por los distintos sectores productivos. El Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, realiza un inventario de emisiones de gases contaminantes, partículas en suspensión, metales pesados y gases de efecto invernadero cuya última versión publicada corresponde a 2007. Un resumen del mismo en términos porcentuales se representa en la figura 8.

PORCENTAJES	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DE OZONO, DIÓXIDO DE CARBONO							
	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	COVNM	CH4	CO	CO <sub>2</sub>	N2O	NH3
Transporte por carretera sobre total general	0,2%	31,4%	6,8%	0,4%	36,3%	26,7%	9,3%	1,8%
Transporte por carretera sobre total antropogénico	0,2%	32,6%	16,9%	1,1%	43,2%	26,7%	37,1%	25,0%
Total transporte sobre total general	6,0%	51,2%	8,4%	0,5%	39,6%	33,2%	10,0%	1,8%
Total transporte sobre antropogénico	6,0%	53,2%	20,9%	1,2%	47,1%	33,2%	39,8%	25,1%

Figura 8. Fuente: Elaboración propia a partir del inventario de emisiones MIMAM 2007.

Se aprecia que el peso específico del transporte por carretera, que incluye el consumo de todo tipo de vehículos autónomos que circulan por calles y carreteras, supone entre un 17% de los CO-VNM hasta el 27% del CO<sub>2</sub> o el 32% de los NO<sub>x</sub>, todo ello con respecto al total de las emisiones de origen antropogénico.

SECTORES A NIVEL DE GRUPO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DE OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO <sub>x</sub> (t)	NO <sub>x</sub> (t)	COVNM (t)	CH4 (t)	CO (t)	CO <sub>2</sub> (kt)	N2O (t)	NH3 (t)	SF <sub>6</sub> (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
01 Combustión en la producción y transformación de energía	905.201	342.004	9.914	7.584	27.531	121.663	2.200	99	0	0	0
02 Plantas de combustión no industrial	23.312	54.454	40.863	30.866	490.841	28.357	846	0	0	0	0
03 Plantas de combustión industrial	113.294	277.174	27.573	8.206	205.920	63.335	1.831	0	0	0	0
04 Procesos industriales sin combustión	34.000	12.197	76.558	4.447	433.058	28.945	4.384	14.563	0	89.454	15.409
05 Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica	0	0	48.125	67.742	0	0	0	0	0	0	0
06 Uso de disolventes y otros productos	0	0	402.703	0	0	1.210	1.496	700	14.225	2.406.663	17.905
07 Transporte por carretera	2.484	481.384	153.443	7.792	948.653	97.848	9.198	7.747	0	0	0
08 Otros modos de transporte y maquinaria móvil	66.603	303.703	36.262	961	85.556	23.720	679	33	0	0	0
09 Tratamiento y eliminación de residuos	7.292	4.843	22.241	605.384	3.018	1.279	4.153	7.712	0	0	0
10 Agricultura	3.842	22.703	244.256	1.123.964	359.604	0	31.410	394.665	0	0	0
11 Otras fuentes y sumideros (naturales)	392	35.388	1.106.734	71.946	56.348	0	22.168	2.670	0	0	0
<b>TOTAL SECTORES</b>	<b>1.156.421</b>	<b>1.533.851</b>	<b>2.258.773</b>	<b>1.931.884</b>	<b>2.611.608</b>	<b>366.366</b>	<b>98.390</b>	<b>428.293</b>	<b>14.225</b>	<b>2.586.117</b>	<b>36.514</b>

Figura 9. Fuente: Inventario de emisiones MIMAM 2007.

## Transporte y tráfico rodado. Actuaciones

Los diferentes elementos que configuran la cantidad de emisiones de gases contaminantes son:

- El modelo territorial. El urbanismo
- El modelo de transporte (PEIT)
- La tecnología de los vehículos
- Los combustibles
- Las vías

Los dos primeros son fundamentales para la definición de la demanda de transporte. La diferencia entre que las ciudades sean extendidas o concentradas y si los transportes se realizan por ferrocarril o por carretera es definitiva. Sin embargo, las decisiones al respecto están condicionadas por un cúmulo de variables de gran alcance y la contaminación que generan no ha sido objeto, hasta ahora, de consideración especial.

La situación está cambiando, tímidamente, es cierto. La inclusión de estos objetivos en el PEIT es una buena prueba de ello. Asimismo, la Directiva de planes y programas, y su trasposición a la normativa propia, obliga a la realización de estudios de evaluación ambiental para la redacción de todo tipo de Planes y Programas. El convencimiento, que por otra parte está en la calle, de que la preservación de la calidad del aire que respiramos es importante, debe llevar a realizar estudios en esta fase para minimizar las emisiones de contaminantes.

Los fabricantes de vehículos llevan ya bastante tiempo haciendo asimismo esfuerzos, unas veces voluntarios para satisfacer la demanda futura y otras obligados por las exigencias crecientes de la normativa, para proporcionar equipos cada vez más eficaces y menos contaminantes. Las líneas fundamentales de trabajo son:

- Mejora del rendimiento de la aerodinámica y de las motorizaciones para disminuir el consumo y la emisión por km, Normas Euro 5 y Euro 6.
- Instalación de equipos auxiliares para la optimización de las emisiones de gases y partículas.
  - Catalizadores
  - Filtros de partículas
  - “Cannister”, para la retención de vapores de la gasolina

- Inclusión de revisiones específicas en las I.T.V.
- Investigación en alternativas tecnológicas futuras
  - Coches eléctricos o híbridos
  - Motores con otros combustibles
  - Hidrógeno
  - Biocombustibles
  - Pila de combustibles

El sector del suministro de combustibles ha desarrollado igualmente acciones encaminadas a la mejora de los mismos en estrecha colaboración con los anteriores.

- Disminución del contenido en azufre de los combustibles diesel mediante técnicas de desulfuración
- Utilización de aditivos nuevos como la sustitución del plomo tetraetilo por benceno para permitir el uso de catalizadores
- Uso de biocombustibles y GLP
- En el futuro deberán desarrollar las redes de distribución necesarias para repostar los vehículos de hidrógeno, gas natural o electricidad que se utilicen.
- Control de las evaporaciones en la distribución y trasvase de gasolinas

Podemos pues afirmar que tanto los fabricantes de vehículos como los de combustibles están en la línea de ofrecer soluciones al problema. Creemos que éste no es el caso del último de los actores que intervienen en el transporte.

Tanto en la etapa de diseño como en la de explotación, la construcción de carreteras y vías de circulación solamente están sometidas a la redacción de un Estudio de Impacto Ambiental que debe ser objeto de seguimiento durante unos pocos años. Normalmente este estudio no incluye, ni ninguna autoridad medioambiental lo solicita, prescripciones relativas a la emisión de contaminantes, gases o partículas, a la atmósfera. Como mucho se suele incluir algún tipo de cautela sobre la producción de polvo durante la etapa de construcción.

Da la impresión que, teniendo en cuenta la peligrosidad del fenómeno, merece la pena plantear la forma en que los responsables del diseño y de la gestión de las vías de circulación pueden co-

laborar en paliar sus efectos dentro de las atribuciones que les son propias. Quedan algunas algunas por llenar fundamentalmente en dos campos, la optimización del diseño de las vías con respecto a las emisiones y el seguimiento de los resultados previstos.

Con respecto al primero sería necesario poner a punto una herramienta que permitiera valorar las diferencias de las diversas alternativas de trazado y de proyecto.

Hay como casi siempre dos alternativas para la valoración de un fenómeno real, la medición “in situ” y la estimación a través de parámetros o la aplicación de modelos. En este caso, por tratarse de una gran cantidad de fuentes pequeñas moviéndose sobre la vía, la medición es bastante complicada y por tanto sería más conveniente obtener los datos a través de un modelo de emisiones que se aproxime a la realidad lo más posible utilizando todos los factores relevantes.

En este tipo de estimación es difícil que los valores absolutos sean reales. Sin embargo, las diferencias y los valores relativos son mucho más fiables a la hora de comparar y establecer órdenes de prioridad entre las soluciones.

Con respecto al segundo aspecto, el seguimiento podría referirse a una doble actuación. Por una parte verificar por medio del mismo algoritmo que se utilizó en el diseño, aplicando los datos reales de circulación; número y tipo de vehículos, velocidades, combustibles etc., para comprobar las desviaciones existentes entre el proyecto y la realidad y la evolución temporal. Por otra, se podría tratar de detectar aquellos vehículos que son superemisores para lograr la puesta a punto de los mismos o su inmovilización.

Es un hecho bastante conocido que una fracción pequeña de los vehículos que circulan es responsable de una parte importante de las emisiones totales. Si se identifican estos vehículos y se consigue de ellos que se sometan a una puesta a punto adecuada se pueden mejorar de forma eficiente el funcionamiento general. La dificultad de esta medición ya se ha comentado, ello no obstante, hay equipos basados en la absorción de luz, tipo LIDAR que permiten valorar la emisión individual de un escape con la suficiente precisión como para poder exigir una revisión de tipo I.T.V. Estos sistemas, hasta hace unos años resultaban caros y poco prácticos, pero el progreso tecnológico acelerado a que estamos asistiendo hace que en la actualidad o en un futuro próximo puedan ser una realidad.

En cuanto a la puesta a punto de un sistema para estimar el inventario de emisiones, existen algunos programas como MOBILE 6 en U.S. A. y algunos otros en Europa destinados a este tipo de valoraciones pero, dado el interés que provocan los inventarios de emisiones de tipo general y la gran incidencia que tiene el tráfico sobre las emisiones totales, es bastante plausible que utilizando herramientas de tipo general adaptadas puedan obtenerse aproximaciones adecuadas.

Uno de los objetivos finales de los inventarios de emisiones es el de constituir el “input” de los modelos de difusión con los que se estiman las situaciones de inmisión y su distribución geográfica. Proporcionar esos datos de forma uniforme es asimismo un objetivo deseable.

## **EXPLORACIÓN DE CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE:**

UN ENFOQUE INTEGRADO

A través de este tipo de acciones se puede asimismo estudiar la eficacia de determinadas medidas. Se suele proponer, por ejemplo, la prohibición del tráfico rodado en las ciudades unos pocos días cuando se producen episodios de ozono en verano. Pues bien, esta medida para ser efectiva debe mantenerse durante el tiempo suficiente y eso colapsaría las ciudades. Eliminar el tráfico un día o dos puede provocar incluso un efecto de rebote.

## **Conclusiones**

La contaminación atmosférica constituye, en España, un problema de una magnitud 10, 15 ó más veces superior a la seguridad vial, por número de fallecimientos prematuros y por los costes económicos asociados.

El tráfico, generado por varios factores es responsable de una fracción importante, 30% a 50%, de las emisiones contaminantes o de gases de efecto invernadero. Específicamente, el transporte por carretera es muy significativo.

Todos los actores relacionados con el transporte están asumiendo de grado o por fuerza papeles más o menos importantes en la disminución de las emisiones, excepto los relacionados con la explotación

Queda sin cubrir un “rol” que es el de realizar el seguimiento de estas actuaciones y la emisión de informes para la toma de decisiones

Los organismos responsables de la explotación de las vías de circulación, además de velar por la seguridad de los usuarios que debe seguir siendo prioritario podrían asumir, auxiliados en lo que resultara necesario por los departamentos especializados, las siguientes funciones:

1. Proporcionar criterios de diseño para los distintos componentes de las carreteras, óptimos para minimizar las emisiones contaminantes.
2. Controlar la realidad de las emisiones mediante mediciones “al paso” con equipos LIDAR detectando las desviaciones sobre las de cálculo.
3. Cuantificar las emisiones realizadas en cada unidad geográfica y sus agregados mediante la aplicación de modelos adecuados.
4. Valorar la aportación del tráfico a las situaciones de inmisión mediante el empleo de modelos de última generación para que se tomen las decisiones paliativas adecuadas.
5. Realizar el seguimiento con carácter anual de las condiciones de los estudios de proyecto, analizando las desviaciones y proponiendo soluciones.