

Certezas e incertidumbres científicas

© Institut Français du Pétrole

La contaminación atmosférica se manifiesta hoy como una de las principales preocupaciones ambientales de las poblaciones urbanas.

¿Se puede hablar de degradación de la calidad del aire?

No tanto; en efecto, la generalización de la nafta sin plomo y la introducción de dispositivos catalíticos en los vehículos a nafta han permitido reducir las emisiones de ciertos contaminantes atmosféricos. ¿Qué es la contaminación atmosférica?

¿De dónde proviene? ¿Cómo se mide? ¿Qué se sabe de sus efectos sobre la salud pública? Estudios epidemiológicos han permitido relacionar estadísticamente la contaminación atmosférica con ciertos indicadores sanitarios.

Sin embargo, a lo largo de la cadena que va desde la difusión de los contaminantes hasta los impactos sobre la salud, existen certezas e incertidumbres científicas y técnicas cuyos primeros resultados presentamos.

El siguiente estudio fue realizado por el Instituto Francés del Petróleo (IFP) y presentado en la Conferencia-Debate "Panorama 98", realizada en enero de este año en París.

El estudio de la contaminación atmosférica es una ciencia reciente, que presenta cierto número de dificultades científicas y técnicas. El primer obstáculo es definirla. A este respecto, el artículo 2 de la ley sobre el aire y la utilización racional, del 30 de diciembre de 1996 provee lo siguiente: "Constituye contaminación atmosférica (...) la introducción en la atmósfera y en los espacios cerrados por parte del hombre, ya sea directa o indirectamente, de sustancias que tengan consecuencias perjudiciales de manera que pongan en peligro la salud humana, que dañen los recursos biológicos, etcétera".

¿Toda sustancia atmosférica que pueda alterar la salud de la población es entonces considerada como contaminante! Por otra parte, el conjunto de los compuestos atmosféricos constituye un cóctel con sinergias extremadamente complejas y consecuencias sanitarias desconocidas.

La directiva 96/62 del Consejo de la Unión Europea (UE) define la lista

de contaminantes atmosféricos a tener en cuenta en el marco de la evaluación y de la gestión de la calidad del aire ambiente (Cuadro 1). Esta lista de contaminantes evoluciona con los conocimientos científicos y médicos. Paralelamente, la UE publica normas de emisiones contaminantes emanados de los vehículos, estableciendo así una relación entre normas

Año de publicación de las directivas	Contaminantes atmosféricos reglamentados (año de aparición del decreto)
1980	Dióxido de azufre (SO ₂), partículas - (91)
1982	Plomo - (91)
1985	Dióxido de nitrógeno (NO ₂) - (91)
1992	Ozono (O ₃) - (96)
1997	Benceno, Monóxido de carbono (CO)
1999	HAP, Cadmio, Arsénico, Níquel, Mercurio

F.1

Evolución de las emisiones atmosféricas de CO, SO₂, NO_x y polvos en Francia desde 1960

de emisiones de contaminantes y control de la calidad del aire ambiente.

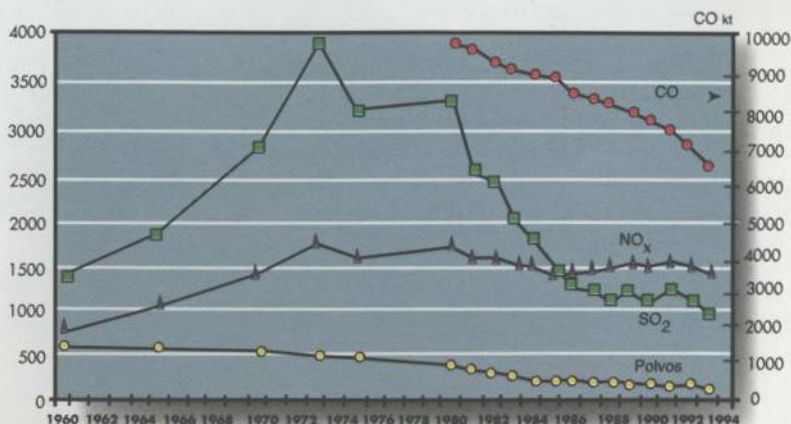
La vigilancia de la calidad del aire

Desde la posguerra, en Francia, se han medido regularmente ciertos contaminantes atmosféricos: SO₂, polvos, plomo y CO. Desde hace 10-15 años, la vigilancia de la calidad del aire mejoró mucho: relevamientos más frecuentes, estaciones de medición más confiables, más estaciones distribuidas en todo el territorio y aumento de la cantidad de contaminantes medidos: NO₂, HC, O₃.

Se observa que la composición de la contaminación atmosférica en Francia ha cambiado en el espacio de 20-30 años. Contenía principalmente azufre durante los años 1960-1970 debido a los hogares de combustión fijos; gracias a los avances tecnológicos, se ha constatado una neta disminución de los tenores de SO₂, CO y polvos a nivel nacional (Figura 1). Las emisiones de polvos de origen antrópico han disminuido así un 50% entre 1980 y 1995, aunque las emisiones del transporte automotor se hayan casi duplicado en el mismo período.

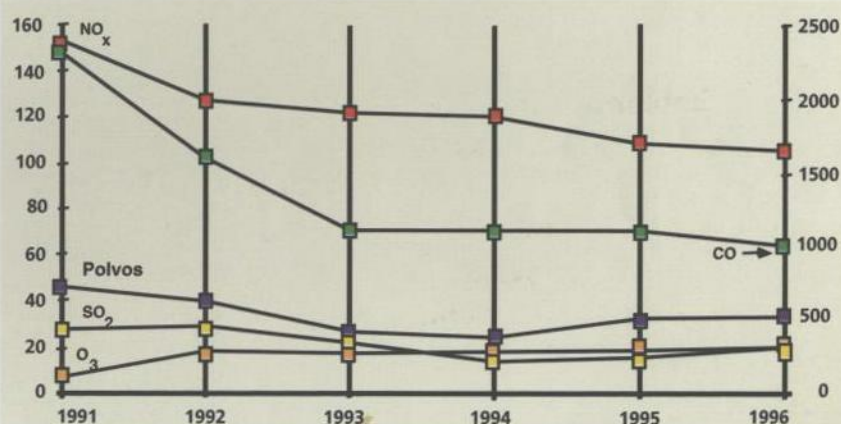
En zonas urbanas, la contaminación atmosférica depende mucho del transporte. En efecto, las concentraciones en la atmósfera de contaminantes emitidos principalmente por los vehículos, registran en promedio, desde hace algunos años, ya sea un leve aumento (polvos) o un estancamiento (NO_x). En cambio, los tenores atmosféricos promedio de CO, COV, SO₂ y de plomo se encuentran en disminución. En cuanto al ozono, contaminante emanado de reacciones fotoquímicas secundarias, se hace más difícil definir una tendencia media a raíz de la falta de retroceso de las medidas efectuadas (Figura 2: ejemplo de una estación de fondo).

A principios de la década del 80, las principales ciudades francesas fueron provistas de redes fijas de medición. Con el transcurso del tiempo, estas redes se fueron haciendo cada



Fuente: CITEPA

F.2

Evolución de las concentraciones de contaminantes en la estación "Tour Saint Jacques" en París, distrito 4 (Contaminación de fondo - µg/m³)

vez más abundantes. Así, en la región de Ile-de-France, en 1988, la red de vigilancia de la calidad del aire estaba reducida a 7 estaciones de medición (6 estaciones de fondo y una de proximidad), en 1996 había 67 estaciones (9 que medían la contaminación de proximidad, 3 que medían la contaminación rural y las restantes eran estaciones de medición de contaminación de fondo).

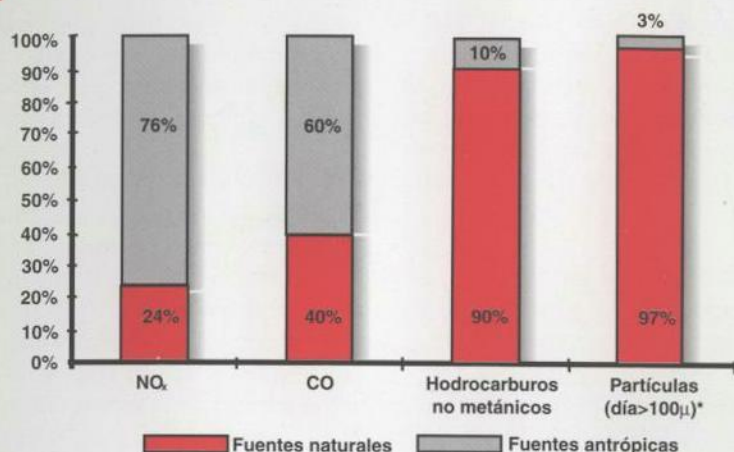
La ley sobre el aire prevé mejorar más aún la red de medición. De esta manera, las aglomeraciones de más de 250.000 habitantes deben estar completamente equipadas desde el 1° de enero de 1997; las aglomeraciones de más de 100.000 habitantes, desde el 1° de enero de 1998, y el resto del territorio, desde el 1° de enero del año 2000. En cambio, no impone ninguna medida de calidad del aire en lugares cerrados (habitaciones, oficinas, escuelas).

La medida de exposición de los habitantes de las ciudades debe considerar los principales tipos de ambiente en los que circulan en el curso de su actividad cotidiana. Así es como se miden la contaminación de fondo registrada en zonas habitadas, no directamente expuestas a una fuente de contaminación local identificada sino sometidas a la influencia general de la contaminación atmosférica y la contaminación de proximidad observada en los lugares directamente expuestos a la contaminación automovil: vías rápidas, cruces, rutas nacionales. Es representativa del riesgo máximo de exposición para el habitante de la ciudad.

Principales fuentes de contaminación urbana

La contaminación atmosférica a nivel mundial se origina principal-

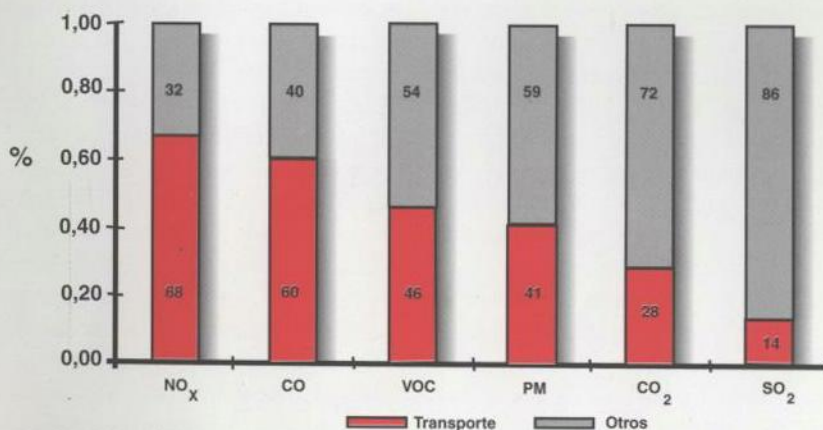
F.3 Proporción de emisiones naturales y emisiones antrópicas a nivel mundial



* Estimación Ademe

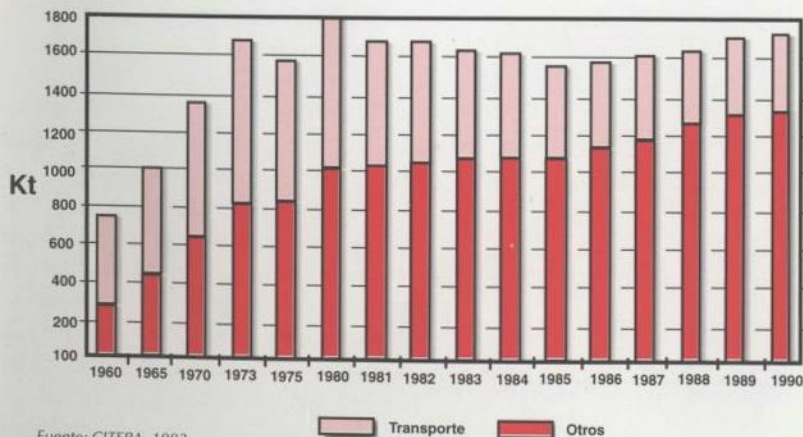
Según G. Mouvier, 1994

F.4 Proporción del transporte en las emisiones antrópicas en Francia (1993)



Fuente: CITEPA, 1996

F.5 Evolución de la proporción del sector transporte en las emisiones antrópicas de NO_x en Francia



Fuente: CITEPA, 1992

mente en las emisiones naturales (por ejemplo, partículas e hidrocarburos no metánicos) y en las emisiones antrópicas (por ejemplo, NO_x y CO) (Fig. 3).

Entre las emisiones antrópicas de NO_x y de CO, el sector de transporte en rutas es preponderante. No lo es para los COV, las partículas, y sobre todo, el CO₂ y el SO₄ (Fig. 4).

La evolución desde 1960 del porcentaje del sector transporte en las emisiones antrópicas de NO_x y partículas, tiende a aumentar (Fig. 5 y 6). Esta observación es la consecuencia de varios fenómenos antagónicos provenientes por una parte, del aumento de emisiones debido al crecimiento del parque automotor, del aumento del kilometraje promedio recorrido por vehículo y de cierta saturación de las redes urbanas; y por otra parte, de la reducción de las emisiones unitarias a raíz de los avances tecnológicos de los motores, de la reformulación de los carburantes y del postratamiento de los gases de escape. Así, entre 1972 y 1997, para los vehículos nuevos a nafta, las emisiones reglamentarias unitarias de NO_x se dividieron por 12. Entre 1984 y 1997, para los vehículos Diesel, las emisiones reglamentarias de NO_x se dividieron por 5, y las emisiones de partículas, por 3.

Entre los avances tecnológicos, la adopción de dispositivos catalíticos de 3 vías en 1993 para el motor a encendido dirigido por una parte, y del dispositivo de oxidación y del gasoil con bajo tenor de azufre en 1996 para el motor Diesel por otra parte, permitirán mejorar sensiblemente las emisiones de contaminantes en función de la renovación del parque automotor (95% en 15 años). En el año 2010, muy pocos vehículos actualmente en circulación estarán aún en servicio.

La mejora de los carburantes tiene un efecto inmediato sobre todos los vehículos, y necesita a cambio una buena adecuación motor-carburante, como lo ha demostrado el programa de investigación europeo EPEFE.

En general, los motores a nafta,

aún catalizados, son más bien responsables de las emisiones de CO y de hidrocarburos, mientras que los motores Diesel lo son de las partículas y de NO_x. No obstante, las partículas de origen antrópico no sólo son emitidas por la combustión de carburantes o del desgaste de los neumáticos, sino que también son emitidas por las cementeras, las centrales térmicas o la calefacción urbana.

Las partículas emitidas por la combustión de carburantes son muy finas. Están formadas por sulfatos, por hidrocarburos en combustión, incluyendo hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y por carbono sólido. Los conocimientos actuales son imperfectos aún, en particular acerca de su distribución granulométrica y de su transformación en la atmósfera.

En cuanto a la vigilancia de la calidad del aire, los dispositivos analíticos comúnmente utilizados no están adaptados para discriminar las diferentes fuentes generadoras de partículas. En consecuencia, se hace difícil atribuir al automóvil los efectos de las partículas en los estudios epidemiológicos.

Se pueden esperar mejoras sensibles de rendimiento, y del nivel de emisiones de contaminantes de los motores a inyección directa, tanto a nafta como Diesel. La inyección directa Diesel, por ejemplo, aporta una

mejora de rendimiento del orden del 25% con respecto del motor a nafta convencional equipado con un dispositivo catalítico de 3 vías. Sin embargo, tales motores a inyección directa son motores a mezcla pobre para los cuales la reducción de NO_x en medios oxidantes constituye un verdadero desafío.

Dificultades para establecer la relación entre emisiones de contaminantes y concentración en el aire

El conocimiento de la cadena que va de las emisiones a la calidad del aire es un elemento esencial de la toma de decisiones. La calidad del aire ambiente es, por una parte, a emisiones equivalentes, muy dependiente de las condiciones atmosféricas y de las transformaciones químicas que se producen a nivel de las capas bajas de la troposfera. Estas transformaciones generan contaminantes secundarios como el ozono con picos de concentración que pueden encontrarse "deslocalizadas" en la periferia bajo la acción de los vientos dominantes.

La modelización es la única herramienta que permite describir la dispersión, el transporte y la química de la atmósfera. La calidad de los resultados depende esencialmente de la calidad de los datos en que se basan, que es aún insuficiente. Los resulta-

dos alcanzan para analizar los episodios de contaminación por contaminantes primarios, pero son insuficientes para tratar partículas y episodios de contaminación por gases resultantes de reacciones fotoquímicas.

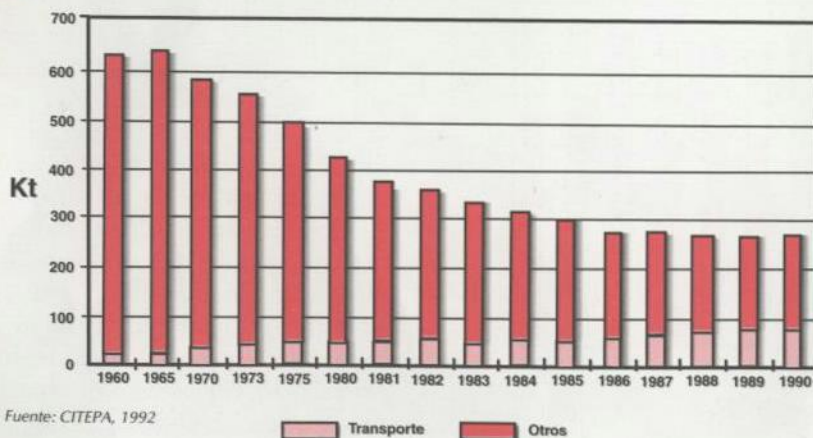
Impacto sobre la salud

Desde hace veinte años, medir la evolución de la contaminación tiene su importancia. Más pertinente aún es saber si esta contaminación es más o menos nociva para el organismo. El conocimiento de los efectos sobre la salud pública de la contaminación debida al transporte ha progresado enormemente en una década, gracias, entre otros factores, a los estudios toxicológicos y epidemiológicos, cuyas principales conclusiones fueron retomadas en los informes de diversas administraciones o de la Academia de Ciencias. Sin embargo, aún falta avanzar: el conocimiento insuficiente de la exposición individual es sin duda lo que más perturba la precisión de los diferentes estudios epidemiológicos efectuados. Un conocimiento más acabado de la exposición de las poblaciones se hace indispensable para cuantificar mejor la correlación dosis/efecto en el ambiente natural, y establecer una mejor relación entre los resultados experimentales y los resultados epidemiológicos.

Globalmente, los efectos de los contaminantes **a corto plazo** son bien conocidos y van desde la simple irritación al agravamiento de perturbaciones individuales que, en casos extremos, puede llevar al deceso anticipado de personas debilitadas; **a largo plazo**, la incidencia de los contaminantes sobre la aparición de patologías crónicas o de cáncer merece investigarse.

Los óxidos de nitrógeno penetran en las ramificaciones más finas de las vías respiratorias y aumentan la sensibilidad de los bronquios a las infecciones microbianas. Los estudios de exposiciones controladas por el hombre indican una resistencia del aparato respiratorio al dióxido de nitrógeno solo. A nivel biológico, la exposición

F.6 Evolución de la proporción del sector transporte en las emisiones de partículas en Francia



Fuente: CITEPA, 1992

a fuertes dosis conduce a una respuesta inflamatoria alveolar. Aparece una predisposición a las infecciones virales o microbianas, pero los mecanismos no son bien comprendidos. Los estudios epidemiológicos relativos a los efectos del dióxido de nitrógeno conducen a resultados ambiguos. En los niños, se manifiesta una relación entre un aumento de los niveles de dióxido de nitrógeno y las internaciones hospitalarias por exacerbación de problemas respiratorios crónicos, pero la cuantificación de los efectos propios del dióxido de nitrógeno es difícil de hacer, por las correlaciones con otros contaminantes. En cuanto a la mortalidad, los estudios no dan resultados concordantes.

Las partículas irritan y alteran las funciones respiratorias. Con el nivel de conocimientos actual, no es posible describir con precisión los mecanismos fisiopatológicos de la agresión de la mucosa respiratoria por las partículas: la composición química de las partículas desempeña, sin duda, un papel importante. Numerosos estudios epidemiológicos ponen de manifiesto una relación entre efectos clínicos, fisiológicos y sanitarios, y la contaminación particular, según los mecanismos poco conocidos. La concordancia de estos resultados es impresionante, a pesar de la gran diversidad de los contextos geoclimáticos, de las poblaciones y de las fuentes de emisión encontradas.

Sin embargo, es difícil, desde el punto de vista estrictamente epidemiológico, probar la responsabilidad específica de estas partículas en los efectos observados (mortalidad cardiovascular y respiratoria a corto plazo, crisis funcionales respiratorias, incidencia de episodios de asma). Estos efectos se manifiestan por concentraciones relativamente débiles, inferiores a los valores de referencia actuales de la "calidad" del aire. Las partículas ultrafinas de origen Diesel fueron el objeto de estudios particulares, especialmente en lo que concierne al riesgo cancerígeno. No existe hoy ninguna prueba formal del efecto cancerígeno de las emisiones Diesel en el hombre; sin embargo, un conjunto de presunciones han llevado a la OMS a clasificar las emisiones Diesel como "probablemente cancerígenas".

El ozono troposférico es un gas agresivo que provoca irritaciones oculares, migrañas y alteraciones pulmonares. Los estudios de toxicología muestran que, en concentración débil, el ozono induce una reacción inflamatoria biológicamente detectable. Los efectos a más largo plazo, en particular cancerígenos y mutágenos permanecen aún inciertos. Los estudios epidemiológicos aportan un conjunto de resultados de gran coherencia y muestran la existencia de relaciones entre los efectos sobre la salud y los niveles diarios de ozono en el aire

ambiente. No obstante, no existen relaciones precisas dosis-efecto en bajas concentraciones.

La contaminación atmosférica es un tema sensible porque roza la libertad individual.

A pesar de los esfuerzos considerables, tanto por parte de refinadores como de fabricantes automotores, el tenor en la atmósfera de ciertos contaminantes (NO_x partículas) plantea aún problemas; en cuanto a otros contaminantes tales como el plomo, el CO y el SO_2 , su tenor en la atmósfera ha disminuido sensiblemente. Frente a las incertidumbres científicas y técnicas que existen a lo largo de la cadena desde las emisiones de contaminantes hasta los efectos sobre la salud, debemos asegurarnos, teniendo en cuenta el principio de precaución, que las medidas propuestas de reducción de la contaminación urbana tienen un costo inferior a los ataques generales de la contaminación y no ponen en peligro el desarrollo económico que todos desean sea perdurable.

Se vuelve esencial proseguir con las investigaciones a fin de llegar a una evaluación de los efectos externos de la contaminación atmosférica, para que los poderes públicos estén en condiciones de imponer las reglamentaciones apropiadas y puedan adoptar las medidas más económicas de reducción de contaminantes.



HENRY HIRSCHEN & CIA. S.A.

Suministros para la industria del petróleo y el gas

- TRIETILENGLICOL
- MONOETILENGLICOL
- MONO-DI-TRIETANOLAMINA
- ODORANTES PARA GAS NATURAL Y LICUADO
- MEJORADOR DE INDICE DE CETANO

AV. L.N. ALEM 1110 - 9º PISO - TEL.: 311-8239 • 312-1500 FAX 311-8623 • 313-4512 BUENOS AIRES