

Contaminación Atmosférica y Salud Urbana

B. Sánchez F. Murias

Jefe del Servicio de Sanidad Ambiental de la Escuela
Nacional de Sanidad.



El problema de la contaminación atmosférica conviene tratarlo desde diversos ángulos, para situar más claramente las posibles soluciones al mismo. En efecto, en su desarrollo intervienen factores económicos, sanitarios, sociológicos, técnicos, etc., y sería inconveniente pretender colocarlos en el mismo plano. Parece ostensible que si bien la contaminación atmosférica produce

daños sobre plantas, animales y materiales, han sido y son los efectos sobre la salud los que han promovido en todo el mundo la lucha contra esta nueva epidemia de la Humanidad.

La contaminación de la atmósfera, ¿tiene efectos sobre la salud? ¿Cuándo pueden surgir? ¿Podemos calificar y cuantificar la contaminación del aire? ¿Qué niveles permitiremos en nuestras ciudades? Estas y otras muchas preguntas podemos hacernos. En el conocimiento actual sobre el tema que nos ocupa, no todas ellas pueden responderse. Las definiciones de contaminación atmosférica varían dependiendo del aspecto considerado, pero a nuestros fines sanitarios podríamos describirla como un estado circunstancial del aire que nos rodea, debida a la cual, existen en él sustancias que se liberan generalmente por la actividad humana y cuyas presencias a determinadas concentraciones puede ocasionar, a corto o a largo plazo, perturbación en el estado de salud de los seres vivos, independientemente de que surjan otros efectos sobre el medio ambiente, materiales, etc. En realidad, la contaminación atmosférica está condicionada de una parte por las fuentes de contaminación, los factores geográficos y meteorológicos y, de otra, por las medidas técnicas y legislativas que poseemos.

Distinción entre grupos afectados

Es lo que en epidemiología llamamos personas expuestas al riesgo. Aquí siempre hay que aclarar la diferencia que existe entre la contaminación dentro de las industrias y la del ambiente libre en razón de las personas que están sometidas a sus efectos. En la industria, los obreros están en perfecto estado de salud, permanecen solamente la jornada de trabajo impuesta en la legislación y sufren reconocimientos periódicos. La clase y concentración del elemento contaminante es conocida y, por lo tanto, la aplicación de los medios técnicos, para evitarla o disminuirla, siempre se realiza. En el ambiente libre de las ciudades, por el contrario, los ciudadanos viven las 24 horas del día, y los niños y ancianos más débiles y con sistemas adaptativos menos amplios están igualmente sometidos a la influencia de un medio que puede ser peligroso. Lo más interesante es que en la ciudad viven también personas que ya están enfermas y por lo tanto tienen una minusvalía orgánica que les hace especialmente susceptibles a los efectos de la contaminación atmosférica.

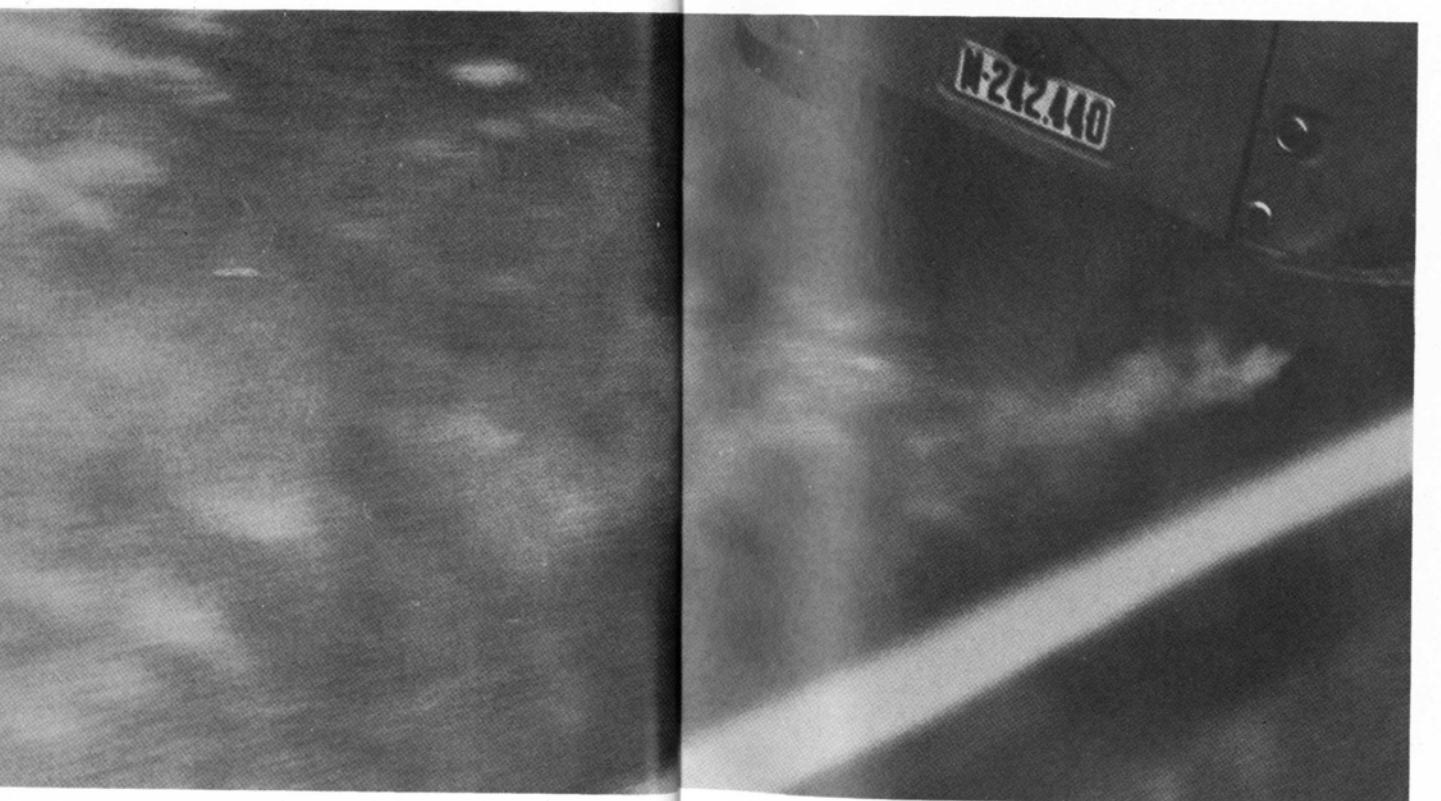
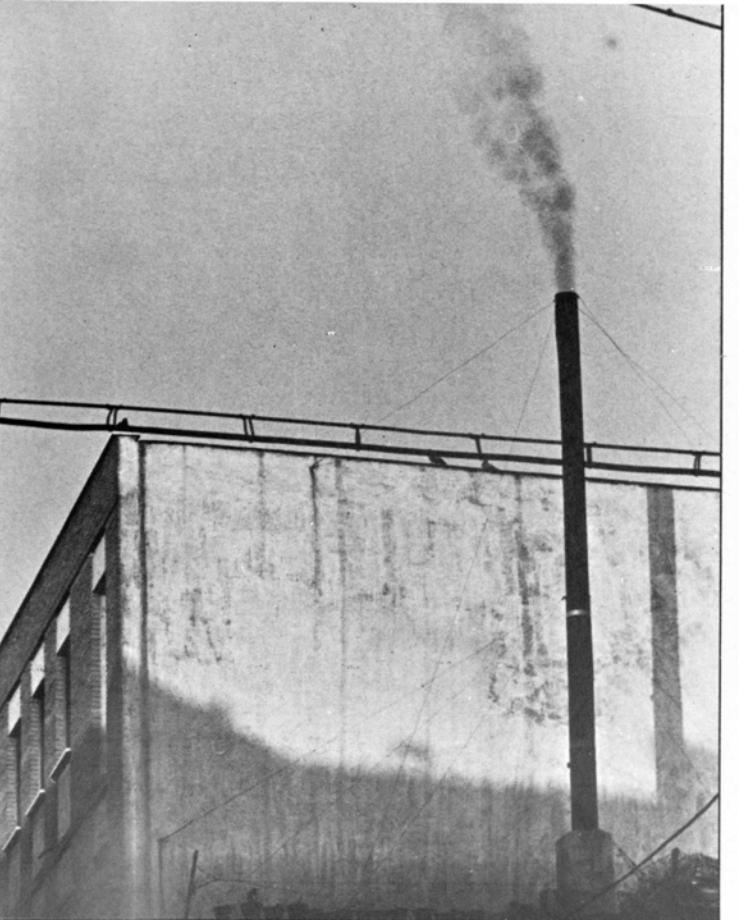
Antecedentes históricos

Unicamente queremos recordar que la contaminación del medio va unida a la actividad del hombre. Donde éste habita contamina. La diferencia entre lo que sucedía hace muchos años y hoy día, es únicamente de carácter cuantitativo y aditivo. En las zonas industriales, el fenómeno que hoy comentamos es bien conocido desde la época de la revolución fabril. En la monografía de la O.M.S. "Con-

taminación de la atmósfera", refieren Davenport y Morgis que ya en 1300 se promulgó en Londres un Edicto real prohibiendo el uso del carbón en esa ciudad. En España nosotros hemos transcrita lo que podíamos llamar primera piedra de una Reglamentación de Industrias incómodas, insalubres, nocivas y peligrosas.

Es una sentencia de Soleiman Ben Asuad, uno de los famosos jueces de Córdoba en el año 852, cuyo veredicto ante una reclamación vecinal fue "que debía colocarse un tubo en la parte superior del horno para que el humo saliera por la parte más alta y no perjudicase a la vecindad". Ya en aquella época se ve que las ciudades comenzaban a ser incómodas.

El interés colectivo universal por los efectos y prevención de la contaminación atmosférica, empiezan a partir de los desastres del Valle del Mosa (1930), Donora (1948) y sobre todo del famoso episodio del "smog" de Londres de 1952, en el que el Servicio Nacional de Sanidad, evaluó en 4.000 muertos los efectos de 4 días



La contaminación atmosférica: un problema en el que juegan factores económicos, sanitarios, sociológicos, técnicos...

de altos niveles de contaminantes. Posteriormente en 1957, 1958 y 1962 han surgido otros períodos con alta mortalidad. En Sheffield, un grupo de estudio del Medical Research Council, ha estudiado cuatro períodos de "smog" entre 1956 y 1959. Sus resultados demuestran que la frecuencia de bronquitis es doble que en períodos anteriores. Otros estudios de este tipo se han llevado a término en algunas ciudades como Hamburgo. Estos episodios de alta contaminación, ligados a una inversión de temperatura, son esporádicos y, por fortuna, la probabilidad de sufrirlos es pequeña. Han tenido no obstante la trascendencia de evidenciar de manera fehaciente los efectos nocivos de los contaminantes. Para los hombres que se ocupan de la salud pública, *lo importante es saber qué sucede cuando, como en lo normal, la contaminación no excede de límites pequeños a los que continuamente estamos sometidos; son los llamados efectos a largo plazo.*

Criterios de calidad del aire

Son los deducidos después de realizar pruebas y ensayos que permiten determinar y establecer la naturaleza y efectos de la contaminación sobre el hombre y su medio ambiente. Estos criterios sirven de fundamento a los índices de pureza del aire que son series de niveles o concentraciones y tiempos de exposición referidas a unos efectos específicos de grado variable que ejerce la contaminación sobre el hombre, sobre los animales, sobre la vegetación y en general sobre el medio ambiente. Algunos países como EE.UU. o Rusia han propuesto criterios de calidad del aire.

En los Estados Unidos, el aire es sanitariamente aceptable cuando cumple los siguientes criterios:

- 1) No debe afectarse la salud de los grupos de población más sensibles.
- 2) La concentración de contaminantes no debe causar molestias como malos olores o sabores.
- 3) No debe causar daño a los animales, plantas ni cosechas.
- 4) No debe reducirse la visibilidad.
- 5) No debe corroer los metales ni dañar otros materiales.
- 6) Los tejidos no deben ensuciarse, deteriorarse o ser afectados en sus colores.
- 7) No debe oscurecer el paisaje.

Los criterios rusos son más restrictivos y en lo que respecta a los efectos sobre la salud, al contrario que los EE.UU. que se basan en que no se produzcan efectos sobre los grupos más sensibles, en la URSS el criterio es que no debe haber cambio ninguno en los mecanismos de defensa o adaptación basados en técnicas muy sensibles fisiológicas, microtoxicológicas y bioquímicas. *Es decir, la persona no debe ser afectada en absoluto, lo cual constituye un criterio verdaderamente ideal pero excesivamente cerrado.*

Con arreglo a los conocimientos actuales, según la O.M.S. (1963), los índices de la pureza del aire pueden presentarse en cuatro categorías de concentraciones, tiempos de exposición y efectos correspondientes. Las cuatro categorías quedan definidas teniendo en cuenta las respuestas variables de diferentes grupos humanos, por unos valores límites que pueden variar para un contaminante determinado según el efecto perseguido o los criterios



aplicados, o según la relación en que esté con otros contaminantes también presentes o con factores físicos que intervengan.

Los niveles son los siguientes:

Nivel I.— Los valores de la concentración y del tiempo de exposición son iguales o inferiores a aquellos en que, dentro de los que actualmente se sabe, no se observa ningún efecto directo o indirecto ni se alteran los reflejos o las reacciones de adaptación o protección.

Nivel II.— Los valores de las concentraciones y de los tiempos de exposición son iguales o superiores a aquéllos en que haya probabilidades de observar irritación de los órganos sensoriales, efectos nocivos sobre la vegetación, reducción de la visibilidad y otros efectos perjudiciales en el medio.

Nivel III.— Los valores y las concentraciones de los tiempos de exposición son iguales o superiores a aquéllos en que haya probabilidades de observar desórdenes en las funciones fisiológicas vitales o alteraciones que puedan provocar enfermedades crónicas o acortar la vida.

Nivel IV.— Los valores de las concentraciones de los tiempos de exposición son iguales o superiores a aquéllos en que haya probabilidades de que se produzcan enfermedades agudas o defunciones en grupos vulnerables de la población.

En el caso de algunos contaminantes conocidos, no siempre será posible indicar los valores de las concentraciones y de los tiempos de exposición correspondientes a todos estos niveles: a) porque no se tenga conocimiento de que la sustancia de que se trata produzca los efectos correspondientes a uno o varios niveles; b) porque las exposiciones que a ciertos niveles produzcan los efectos correspondientes produzcan además otros efectos más graves, o c) porque el estado actual de los conocimientos no permita hacer una estimación cuantitativa suficientemente justificada (como, por ejemplo, la de los valores correspondientes al umbral de las sustancias carcinógenas).

En el Estado de California se adoptaron los tres niveles siguientes:

1) Nivel adverso aquél en el que se produce irritación sensorial, daños a la vegetación, reducción de la visibilidad o efectos similares.

2) Nivel grave en el que se produce alteración de la función del organismo o que es probable que provoque una enfermedad crónica.

3) Nivel urgente aquél en que es probable que se presenten enfermedades o defunciones en grupos sensibles de la comunidad. En Alemania Federal se consideran también tres niveles:

1) Nivel adverso en el que se produce irritación sensorial y daños a la vegetación.

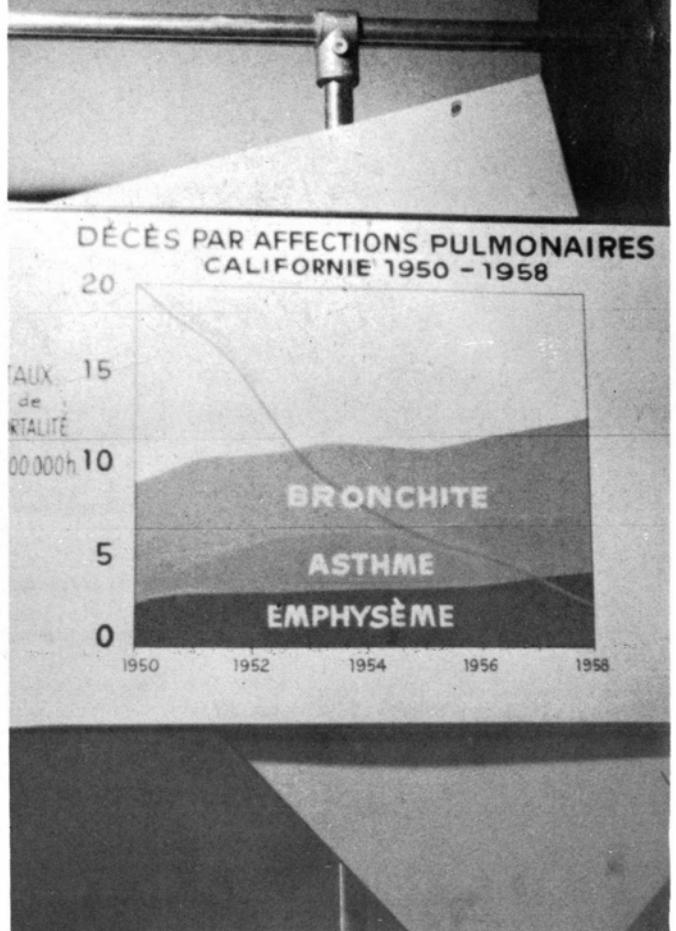
2) Nivel peligroso con alteraciones de la función fisiológica.

3) Nivel de urgencia con enfermedades agudas y casos mortales.

La aplicación de los criterios de la calidad del aire con la adopción de diferentes niveles de contaminación, permite expresar en cifras la relación entre la *concentración* y el *tiempo de exposición* de los contaminantes y sus efectos. Esta es la única manera para obtener una base científica en la selección de normas o *standards* de calidad del aire.

Bases epidemiológicas y experimentales de los efectos de la contaminación atmosférica

¿Cómo podemos poner en evidencia la relación causal entre contaminantes y efectos sobre la salud? Los estudios epidemiológicos pueden estar destinados a poner de manifiesto los *efectos a largo plazo*, consecutivos a vivir durante muchos años en una zona contaminada; los *efectos a plazo medio* que se presentan en las semanas o meses de exposición a una contaminación determinada o los *efectos inmediatos* que siguen a un aumento de la contaminación. Los métodos epidemiológicos tropiezan con múltiples dificultades y se referían sobre todo a los efectos a largo plazo, ya que se trabajaba con promedios mensuales. Esto exigía el tener una población testigo. Hoy día, las técnicas de análisis diario de contaminantes mucho más finas, permiten prescindir de la misma y determinar las consecuencias de contaminaciones de grado variable sobre la población. Los efectos sobre la mortalidad, bien precisos,



Avance técnico, mediciones exactas y consecuencias . . .



Contaminación Atmosférica y Salud Urbana

solo se pueden evaluar en las grandes ciudades. La morbilidad general y específica sería un buen reactivo si existiesen las estadísticas basadas en las declaraciones de enfermedad. Esto sabemos que sólo es posible para un pequeño grupo de enfermedades. No creemos sea momento de exponer aquí las técnicas epidemiológicas para llevar a efecto la recogida de estos datos, sino de exponer a continuación, de una manera general, cuales son los resultados de estos estudios que nos darán la posibilidad de relacionar causa-efecto.

Bronquitis

En principio estos estudios se han realizado sobre la mortalidad por bronquitis. Como todos sabemos, el concepto de esta enfermedad varía algo de unos países a otros, pero para el estudio de los efectos de la contaminación, según el cuestionario del British Council, el diagnóstico debe basarse en tos y esputo, al menos durante tres meses al año. Las primeras observaciones de Pember-

ton, en 1953, señalan las diferencias de mortalidad por bronquitis entre zonas industriales (7,9), zonas semiindustriales (5,4) y no industriales (5,6). El análisis detallado de las cifras da paso a interesantes consideraciones sobre la influencia de otros factores, como las condiciones sociales, densidad de población, alimentación, relacionadas con la ciudad y que nosotros no podemos analizar en este momento. El mismo Pemberton demuestra una correlación entre la mortalidad por bronquitis en las personas de más de cuarenta y cinco años y la contaminación en cada zona investigada. Los interesantísimos estudios del profesor Reid, sobre la mortalidad por enfermedades respiratorias del personal civil residente en diferentes regiones en relación con la niebla, la densidad de población o la densidad de habitación, han podido demostrar que la bronquitis y la neumonía están más ligadas a la contaminación, mientras que otras enfermedades respiratorias se relacionan más con la densidad de población o habitación. Stock, estudiando en localidades la correlación entre el polvo y las tasas estandarizadas de mortalidad por bronquitis, también encuentra una relación importante.

Podríamos citar otros muchos estudios, de Molitor, Pastega, Pettrilli, etc., algunos inclusive contradictorios, pero en general se deduce la relación evidente de la influencia sobre la mortalidad en





los sujetos que previamente padecen una enfermedad cardio-respiratoria igual que sucedía con los episodios esporádicos de grandes concentraciones.

Por no alargar la exposición de numerosos datos, diremos únicamente que una de las razones demostrables del efecto real de la contaminación atmosférica se debe a Lawther, que ha seguido 180 pacientes con bronquitis crónica diariamente, y ha demostrado una correlación estrecha entre la contaminación y el estado de los pacientes. Los estudios sobre bronquitis han demostrado un "factor urbano" en su etiología. No obstante esta posición se complica a causa de la asociación establecida entre esta enfermedad y el consumo de cigarrillos. Por otra parte los estudios de laboratorio, clínicos y epidemiológicos, no han demostrado hasta ahora que un solo contaminante sea la causa de la enfermedad. Cada día se da mayor importancia a las sustancias irritantes que podrían actuar de mediadores.

Cáncer

Siempre es interesante y discutida la posibilidad de atribuir el cáncer a la contaminación atmosférica. No conociéndose la etiología verdadera del mismo mal, podemos afirmar que existe una verdadera relación entre la contaminación del aire y el cáncer de pulmón, constituyendo uno de los aspectos del problema mejor conocidos en razón al interés de contradecir la hipótesis de la relación positiva entre consumo de tabaco y mortalidad por cáncer bronquial. Stock, a quien se deben estudios muy importantes sobre estas cuestiones, ha demostrado con cierta regularidad la coincidencia entre las cifras de mortalidad y urbanización, y después entre índice de polución atmosférica y mortalidad por cáncer de pulmón, empleando índices de mortalidad estandarizados para varias poblaciones. Esta correlación es positiva aun teniendo en cuenta la densidad de población. Otros autores, Burn y Pemberton en 1963 y Gorham en 1959, han confirmado los estudios anteriores.

Queremos resaltar otro trabajo de Stock y Campbell (1955), porque es uno de los fundamentales basamientos en los que se apoya la posible demostración de una relación entre contaminación y cáncer de pulmón. Precisamente, queriendo diferenciar el factor urbano o rural, han evaluado los índices de mortalidad por cáncer de

pulmón entre los habitantes de una zona rural, en el Norte de Gales, y una ciudad importante como Liverpool, distribuidos según los hábitos de fumar. Demostraron una elevación constante de cifras de cancerosos desde los fumadores "normales" a los grandes fumadores, pero además una diferencia sensible y constante entre los habitantes de la ciudad y los de la zona rural, desfavorablemente para aquéllos.

Calculando la cantidad de 3-4 benzo-pireno, probablemente absorbido por la contaminación del aire y el tabaco, han obtenido una tal concordancia de cifras entre este hidrocarburo policíclico y la mortalidad por cáncer, que les lleva a considerar que el benzo-pireno es la causa esencial de la enfermedad. Naturalmente que otros trabajos epidemiológicos no son tan concluyentes, pero en casi todos se puede demostrar una *correlación parcial*. Agnese considera que el riesgo imputable al tabaco es del 75 % y a la contaminación el 25 %. No obstante, hemos de destacar que los recientes estudios realizados en Dinamarca ponen de manifiesto que aún no está demostrado que las pequeñas cantidades de 3-4 benzo-pireno en la atmósfera tengan influencia decisiva en la producción de cáncer de pulmón. Nosotros pensamos como Doll que la contaminación atmosférica en este sentido puede ser un factor coadyuvante o promotor en el desarrollo del cáncer.

Monóxido de carbono

Según Chovin y Trufert, en las ciudades las concentraciones observadas dependen de ciertos factores, a saber: a) el emplazamiento del instrumento detector; los valores observados dependen de que el instrumento se sitúe en el centro o en el borde de la calzada, cerca de un punto donde los automóviles se detengan y arranquen con frecuencia, etc.; b) la altura del instrumento sobre el suelo (los gases de escape se suelen emitir a menos de un metro del suelo); c) la velocidad del viento (la distribución se afecta notablemente por los vientos de una velocidad superior a dos metros por segundo a nivel del suelo en una calzada limitada por casas; y d) la velocidad a que los vehículos pasan por el instrumento de medida; los vehículos que se desplazan rápidamente establecen corrientes de aire que aumentan la tasa de dispersión del monóxido de carbono, mientras que los vehículos estacionarios no sólo no provocan esas corrientes

Contaminación Atmosférica y Salud Urbana

sino que son mayores las cantidades de monóxido de carbono producidas, a causa de las mezclas más ricas usadas en esas condiciones y en razón de que los carburadores están a menudo mal ajustados.

En París, la zona de la ciudad ha sido dividida en 317 cuadrados, en cada uno de los cuales se ha situado un lugar de muestreo en un punto de máximo riesgo para los peatones y otras personas particularmente expuestas a la acción de los gases de escape, tales como la policía y las personas que viven en los pisos bajos de las casas lindantes con la calzada en cuestión. En cada lugar se toman cada mes cuatro muestras instantáneas, lo que da un total de algo más de 15.000 muestras al año. Sobre la base de los resultados obtenidos, pueden levantarse mapas que muestran la distribución del monóxido de carbono sobre la zona de la ciudad.

Además de la vigilancia de las concentraciones de monóxido de carbono mencionada anteriormente, se han llevado a cabo en París pruebas sobre el contenido de carboxihemoglobina en la sangre de 331 agentes del tráfico, cada uno de los cuales permanecía en servicio durante 5 horas en el centro de un cruce donde era muy elevada la contaminación. En los no fumadores se observó que el contenido era alrededor de la mitad del correspondiente al equilibrio entre la sangre y el monóxido de carbono del aire. Por medio de un método establecido por el Servicio de Investigación de la Contaminación del Aire del Consejo de Investigaciones Médicas de la Gran Bretaña, que sólo requiere una muestra de sangre de 0,1 ml. se han llevado a cabo también pruebas sobre los policías londinenses destinados a la regulación del tráfico, los aduaneros y otras personas que trabajan en transportes de automóviles, todos ellos expuestos a elevadas concentraciones de monóxido de carbono. Para los no fumadores las pruebas mostraron valores de carboxihemoglobina generalmente inferiores al 2 % de saturación, mientras que para los fumadores, las cifras se situaron principalmente en el orden del 4-6 %.

La afinidad del CO es 210 veces mayor que para el SO₂. Las cantidades que se fijan dependen de la presión parcial del gas en el aire inhalado y de la ventilación pulmonar. Cuando se prolonga la exposición se llega a un equilibrio donde para una concentración en el aire se encuentra un porcentaje de hemoglobina. La Cinética permite calcular la tasa de hemoglobina si se conoce la concentración inicial, contenido en CO en el aire, ventilación pulmonar y tiempo de exposición.

Existe, pues, un margen entre el contenido de carboxihemoglobina observado en la sangre de las personas expuestas a los gases de escape de los vehículos y el 66 % de saturación que puede conducir a la muerte. Esta última cifra correspondería de hecho a una concentración atmosférica de 1500-2000 p.p.m. mientras que las concentraciones de la calle rara vez exceden de 30 p.p.m. si bien pueden producirse máximos de 360 p.p.m. El problema radica, por consiguiente, en conocer si esas pequeñas concentraciones de monóxido de carbono pueden tener algunos efectos fisiológicos apreciables. Se han descrito muchos de estos efectos, entre los que figuran perturbaciones de la agudeza visual, disminuciones del campo retiniano de visión y de la sensibilidad retiniana para el rojo y el verde, cambios de actividad refleja, olvido de la conducta aprendida y disminución de la capacidad de hacer mediciones precisas. Gran parte de los primeros trabajos en este campo se consideran ahora insatisfactorios, ya que fueron llevados a cabo en condiciones insuficientemente rigurosas. En el Servicio de Investigación de Contaminación del Aire del Consejo de Investigaciones Médicas se están realizando una serie de experimentos cuidadosamente com-

probados. Los resultados preliminares no arrojan ninguna disminución de la capacidad para distinguir sonidos confusos o luces fluctuantes para un contenido sanguíneo de carboxihemoglobina del 10 % de saturación.

A parte de la sangre, podrían afectarse también por el monóxido de carbono otros tejidos corporales. Así, la inhalación de una boquilla de humo de cigarrillo da lugar a que el epitelio bronquial se ponga en contacto con una concentración de alrededor del 2 % de monóxido de carbono, lo que sería mortal se inhalara continuamente de la atmósfera durante un corto período. Por consiguiente, además del estudio de los efectos fisiológicos de bajas concentraciones de monóxido de carbono en la sangre, deberán investigarse los efectos sobre otros tejidos.

Influencia sobre la salud de otros gases desprendidos por los vehículos de motor

La toxicidad de los gases de escape de los vehículos ha sido estudiada en el laboratorio por Murphy. Se conoce y se investiga sobre las transformaciones químicas de los contaminantes que se producen en la atmósfera favorecidos por la irradiación solar. Esta influencia puede ser tal, que una emisión de gases, en teoría no tóxica, puede convertirse en un peligro por la conversión, dentro de la atmósfera, en otros productos más irritantes, tal como sucede con las nitrolefinas o los compuestos de peroxyacilo. Este autor ha sometido a ratas, durante un período de seis horas, a diferentes atmósferas contaminadas por los gases de escape de los vehículos y ha hecho una diferencia entre aquellas atmósferas contaminadas a las que ha sometido a una irradiación de 3.000 a 4.500 amstrongs como la solar, y las que no lo han sido, y ha encontrado que las que han sido irradiadas tienen efecto mayor en cuanto a la resistencia en la respiración, un enlentecimiento del ritmo inspiratorio y un aumento del volumen respiratorio.

Lo más interesante es que si se ha provocado previamente en un grupo de animales un edema pulmonar con la naftilurea, la mortalidad en ellos es más elevada en el grupo control con una probabilidad menor de 0,02. Esto confirmaría en el laboratorio la posibilidad de un desastre potencial entre las personas que previamente sufren trastornos respiratorios, hechos comprobados en los grandes episodios antes descritos. En general, todos los productos irritantes por inhalación producen síntomas del mismo tipo. La sugerición de que la acroleína es uno de los factores que contribuyen a la irritación de las mucosas durante los períodos de alta contaminación, ha sido comprobada en el laboratorio también por la Escuela Murphy, igual que para determinados tipos de nitrolefinas, como el 2-nitro-2-buteno, el 3-nitro-3-hexeno y el 4-nitro-4-noneno.

La efectividad de la función pulmonar está disminuida proporcionalmente a la longitud de la cadena de la olefina y el efecto de ella puede ser prevenido por la inyección previa de atropina, lo que sugiere un mecanismo neutro reflejo para la respuesta del pulmón a los gases irritantes.

La acción específica de atmósferas oxidantes que dan lugar al "smog" fotoquímico se ha demostrado sobre animales y personas voluntarias, y aunque no es éste el momento de profundizar aquí, en la composición de las mismas, diremos que se conocen ya muchas realidades de la acción del ozono y de los peroxyacetilnitratos. Por ejemplo, se sabe que personas sanas, respirando una

Contaminación Atmosférica y Salud Urbana

atmósfera que contenga 0,30 p.p.m. de los últimos, incrementan el consumo de oxígeno con respecto al grupo testigo y causa irritación ocular. Los óxidos de nitrógeno experimentalmente producen edema pulmonar, posiblemente por bajada del tono del sistema nervioso simpático. En general, la compleja contaminación oxidante que se produce por reacción fotoquímica, no sólo causa irritación ocular, sino que también existe una relación entre las concentraciones de oxidantes y la frecuencia de ataques de asma.

Plomo

El plomo que se añade en forma orgánica para impedir la explosión prematura del carburante es emitido en gran parte como un aerosol de sales y óxidos inorgánicos; la mayor parte de las partículas tienen un diámetro inferior a 1 micrón. Al inhalar esos aerosoles se puede absorber del 25 % al 50 % del plomo que contienen. Caso todos los alimentos, muchas aguas potables y el humo del tabaco contienen también plomo en cantidades variables. Numerosas investigaciones han revelado que el contenido de plomo de la atmósfera de las calles suele ser de 1-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Algunos investigadores han llegado a encontrar concentraciones de hasta 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pero la media es de 2-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Basándose en esas cifras, se calcula que la absorción de plomo por inhalación de aire en las calles es de 20-80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por día.

Las frutas y las legumbres que crecen al lado de las grandes carreteras pueden ser contaminadas por los gases de escape de los vehículos de motor y contener plomo en proporción de varias partes por millón, pero es dudoso que esta contaminación sea importante comparada con la que proviene de otros alimentos.

En muchos países se han hecho amplios estudios y encuestas sobre los efectos de la inhalación del plomo en suspensión de la atmósfera, que han comprendido la determinación de las concentraciones de plomo en la sangre y en la orina. En 100 individuos que viven en una ciudad moderna y que no están especialmente expuestos por razones profesionales, es corriente encontrar concentraciones sanguíneas de 15-40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Según los resultados de ciertas encuestas, los habitantes de las ciudades presentan concentraciones sanguíneas de plomo ligeramente superiores a las que se encuentran en los habitantes de las zonas rurales, pero la mayoría de los autores han sido incapaces de demostrar la existencia de una relación significativa entre las concentraciones observadas y la exposición a los gases de escape. Otras encuestas no han revelado aumento alguno de la excreción urinaria de coproporfirina III o de ácido delta-aminolevulínico en las personas que viven en grandes ciudades. La excreción urinaria de esos compuestos es también normal en los policías de tráfico que trabajan todo el día en las calles. Ello no quiere decir que la absorción de plomo no puede provocar trastornos metabólicos de otra índole.

Los resultados de los estudios antes citados parecen indicar que, por el momento, no está demostrado que el plomo de los gases de escape tenga efectos nocivos para la salud. No obstante, es bien sabido que la exposición a ésa y a otras muchas sustancias contaminantes puede acarrear su acumulación en el organismo sin que haya señales apreciables de toxicidad. En ciertos casos, esos contaminantes acumulados pueden quedar liberados a causa de una infección o de condiciones bioquímicas anormales y producir síntomas manifiestos. En otros casos, las consecuencias de esa acumulación se conocen mal y es preciso prolongar las observaciones para descubrir posibles efectos a largo plazo. Por último, no hay que olvidar que las cantidades de plomo absorbidas a causa de la con-



Contaminación Atmosférica y Salud Urbana

taminación del aire no son las únicas: es preciso tener en cuenta las cantidades ingeridas con los alimentos o procedentes de otras fuentes.

Dióxido de azufre

Aunque la mayor parte del SO₂ en las ciudades proviene de calefacciones y hogares domésticos, hacemos mención especial en esta exposición de conjunto por razón de ser quizás el único contaminante del que se tienen datos de la relación dosis-efecto. El Servicio de Sanidad de EE.UU. ha publicado un libro sobre criterios de calidad del aire en el que se recogen numerosas referencias de concentraciones alcanzadas en algunas ciudades y su influencia sobre la salud humana. Por ejemplo, *715 µg/m³ de SO₂ con 750 µg/m³ de humo aumenta la media diaria de muertes; de 300-500 µg/m³ de SO₂ con bajas concentraciones de partículas en suspensión aumentan el número de admisiones en el hospital y el absentismo del trabajo; a concentraciones de 600 µg/m³ de SO₂ con 300 µg/m³ de humo, los pacientes con bronquitis crónica tienen una acentuación de los síntomas.*

Hemos transcrita aquí algunas cifras de SO₂ acompañadas de las correspondientes de humo, porque es bien conocida la posible potenciación y el sinergismo de acción cuando se juntan dos sustancias (contaminantes) aunque una de ellas no fuese activa.

El humo, en el mejor de los casos, actuaría como coadyuvante de la acción del SO₂.

Standards

Según la Organización Mundial de la Salud, son "los índices que han sido adoptados por un país y establecidos con carácter obligatorio". Las normas estarán pues referidas a las disposiciones legales con las concentraciones máximas admisibles que rigen en una nación o lugar determinado. Las normas serán siempre fundadas en los criterios y en consideraciones geográficas, económicas, meteorológicas, etc. Los criterios son descriptivos, mientras que las normas son prescriptivas y constituyen el lenguaje de acción dando los límites de "inmisión" que no deben sobrepasarse. Como las

normas están basadas en los criterios, dependerán las diversas legislaciones de los fines que con ellas se propongan. Por ejemplo, en la aplicación rusa muy restrictiva, las concentraciones máximas permitidas momentáneamente tienen un valor más bajo que el umbral del olor o el de reacciones subsensoriales capaces de causar cambios en la actividad funcional del cerebro. Para las concentraciones medias diarias permisibles, han estudiado experimentalmente efectos a largo plazo y han puesto unos niveles en los que no debe haber cambios en el óptimo fisiológico o en la movilización de mecanismos defensivos, lo cual quiere decir que no debe haber influencia alguna sobre el organismo. Esto corresponde a un concepto en acuerdo con la definición de salud de la O.M.S. en el sentido de que aquella no es sólo la ausencia de enfermedades, sino un estado de bienestar físico, mental y social.

Los mismos rusos reconocen que es difícil asegurar estas concentraciones tan bajas y entonces se permiten concentraciones ligeramente superiores durante un corto período de tiempo. *Se establece de hecho la distinción entre "normas higiénicas" que se basan en criterios puramente científicos, médicos o fisiológicos y "normas sanitarias" que tienen en cuenta las dificultades prácticas de conseguir la norma higiénica en una zona determinada.* Un modo de actuar en este sentido completamente opuesto, es por ejemplo el de Inglaterra, que se acoge a un sentido pragmático y legisla no sobre valores máximos permisibles de inmisión, sino sobre los de emisión obligando a las industrias a utilizar el procedimiento técnico más útil en ese momento para reducir los valores de emisión.

La imposición de unas normas deben basarse en el conocimiento de un gran número de observaciones y además desde el ángulo sanitario hay que hacerse según Joosting varias preguntas antes de dar el paso definitivo. La primera es de carácter cualitativo: ¿Qué efecto queremos prevenir? Por ejemplo, ¿la influencia sobre la mortalidad o una pequeña deterioración de la función respiratoria? Después vendría el aspecto cuantitativo. Hace falta precisar el grado del efecto que se quiere prevenir. Finalmente la decisión debe tomarse sobre el aspecto de tolerancia. ¿Es aceptable que el 10 % de una población presente una función respiratoria correspondiente al 80 % del valor medio de la población? Hay que conocer los efectos del contaminante en una exposición corta pero con concentración elevada que jamás debe sobrepasarse y aún dar un margen de seguridad por encima de él. Para tenerlos con una base científica, hacen falta más estudios y el esfuerzo de todos los que se ocupan de la contaminación atmosférica.