

*Este informe recoge la opinión colectiva de un grupo internacional de especialistas y no representa necesariamente el criterio ni la política de la Organización Mundial de la Salud.*

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

SERIE DE INFORMES TECNICOS

Nº 157

# CONTAMINACION DE LA ATMOSFERA

## Quinto informe del Comité de Expertos en Saneamiento del Medio

	Página
1. Introducción . . . . .	3
2. Reconocimiento y evaluación de las condiciones potenciales o reales de la contaminación del aire . . . . .	4
3. Consecuencias de la contaminación del aire . . . . .	11
4. Medidas preventivas y de lucha contra la contaminación del aire . . . . .	15
5. Diversos aspectos de la organización de la lucha contra la contaminación del aire . . . . .	19
6. Resumen y recomendaciones . . . . .	24

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

PALAIS DES NATIONS

GINEBRA

1958

## COMITE DE EXPERTOS EN SANEAMIENTO DEL MEDIO

*Ginebra, 18-23 de noviembre de 1957*

### *Miembros :*

Dr. E. C. Halliday, Head, General Physics Division, National Physical Research Laboratory, Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria, Unión Sudafricana

Dr. Harry Heimann, Chief, Operational Research Section, Air Pollution Medical Program, US Public Health Service, Washington, D.C., Estados Unidos de América

Dr. E. Leclerc, Directeur du Centre belge d'Etude et de Documentation des Eaux, Université de Liège, Lieja, Bélgica

Dr. Louis C. McCabe, President, Resources Research Inc., Washington, D.C., Estados Unidos de América (*Relator*)

Dr. Albert Parker, anteriormente Director of Fuel Research, Department of Scientific and Industrial Research, Londres, Inglaterra (*Presidente*)

Dr. C. A. Ragazzi, Director de la Oficina Municipal de Higiene, Milán, Italia

Dr. M. N. Rao, Professor of Physiological and Industrial Hygiene, All-India Institute of Hygiene and Public Health, Calcuta, India

### *Representante de la Organización Meteorológica Mundial :*

Dr. M. A. Alaka, Funcionario técnico, Sección de Investigaciones, OMM, Ginebra

### *Secretaría :*

Sr. H. G. Baity, Director de la División de Saneamiento del Medio, OMS

Sr. R. N. Clark, Asesor principal de ingeniería sanitaria, División de Saneamiento del Medio, OMS (*Secretario*)

## CONTAMINACION DE LA ATMOSFERA

### Quinto informe del Comité de Expertos en Saneamiento del Medio \*

#### 1. INTRODUCCION

En la atmósfera, lo mismo que en las aguas superficiales de origen natural, se produce constantemente una contaminación por diversas impurezas que la acción autodepuradora del medio elimina sin cesar; pero, cuando el ritmo de la contaminación es demasiado rápido o el proceso de depuración pierde su eficacia, la concentración de impurezas puede hacerse excesiva y peligrosa para la salud.

En los cien años últimos, el rápido desarrollo de la industria, la formación de densos centros de población y la generalización de los transportes motorizados han provocado el aumento de las impurezas del aire, llegando en algunos lugares a concentraciones que han causado enfermedades graves y defunciones. La Organización Mundial de la Salud, consciente de la amenaza que la contaminación del aire representa para la salud y el bienestar de la población de todo el mundo y de la responsabilidad que le incumbe a este respecto, ha empezado a tomar disposiciones para reunir y ordenar informaciones concretas y recomendar a los Estados Miembros las medidas preventivas y curativas que pueden adoptar antes de que la salud de sus poblaciones sufra graves daños.

En un sentido estricto, puede decirse que la atmósfera está contaminada cuando contiene alguna sustancia extraña a ella, carente de función útil. Pero si nos atenemos a esta definición, es raro encontrar en la atmósfera terrestre aire no contaminado. Por consiguiente, conviene reservar el término contaminación de la atmósfera para los casos en que el aire ambiente contiene impurezas a concentraciones perjudiciales para el hombre o para su medio. Teniendo en cuenta esta definición y su propia responsabilidad, el Comité decidió ocuparse solamente de la contaminación atmosférica

---

\* En el curso de su 22ª reunión, el Consejo Ejecutivo adoptó la siguiente resolución :  
El Consejo Ejecutivo

1. TOMA NOTA del quinto informe del Comité de Expertos en Saneamiento del Medio (Contaminación de la atmósfera);

2. DA LAS GRACIAS a los miembros del Comité por la labor realizada; y

3. AUTORIZA la publicación del informe.

(Resolución EB22.R27, *Act. of. Org. mund. Salud*, 1958, 88, 11)

causada por las actividades humanas (contaminación artificial) y excluir de su examen los contaminadores de origen natural, como el polen, las sustancias de origen volcánico, los productos de la desintegración de las rocas y de la descomposición de la materia orgánica y los polvos de origen extraterrestre.

## **2. RECONOCIMIENTO Y EVALUACION DE LAS CONDICIONES POTENCIALES O REALES DE LA CONTAMINACION DEL AIRE**

### **2.1 Reconocimiento**

Por lo común, la contaminación del aire se manifiesta en primer lugar por una disminución de la visibilidad, por daños sobre la vegetación, por el deterioro de ciertas materias o por sus efectos sobre el hombre. En este último caso, puede tratarse de olores intensos o insólitos, de irritación de las mucosas, de una sensación de crepitación al pisar o de un sabor ácido en la boca. Estos fenómenos, aunque subjetivos, pues varían con el individuo, son sin embargo útiles indicios de que el aire está contaminado. Si bien la percepción sensorial puede ser el primer indicio de la presencia en la atmósfera de casi todos los contaminadores, es a menudo imposible descubrir directamente por los sentidos la presencia en el aire de indicios de numerosas sustancias tóxicas o radiactivas. La identificación de esas sustancias requiere la aplicación de mediciones físicas.

Para comprender el fenómeno de la contaminación del aire y combatirlo, es importante identificarlo y medirlo. Aparte el polen, la niebla y el polvo de origen natural, se han identificado unos cien contaminadores de los cuales el humo es quizá el más fácil de reconocer. El método más antiguo y mejor conocido para medir objetivamente la cantidad de humo fue ideado por Maximilian Ringelmann a fines del siglo pasado.

Los contaminadores del aire son naturales o artificiales y adoptan diversas formas en la naturaleza. Existen en estado gaseoso, líquido o sólido y pueden ser transportados por el movimiento del aire. El presente informe se ocupará sobre todo de los contaminadores atmosféricos producidos por las actividades humanas, entre los cuales figuran diversas sustancias, como compuestos de azufre, nitrógeno, carbono, oxígeno, halógenos, etc., en estado sólido, líquido o gaseoso. Esos contaminadores son de origen industrial o doméstico, y se producen durante periodos breves o prolongados.

Los contaminadores radiactivos del aire, que pueden encontrarse también en estado sólido, líquido o gaseoso, adquieren cada día mayor importancia. Hay en la atmósfera pequeñas cantidades de radón y torón y sustancias derivadas procedentes de las rocas uraníferas y toríferas que existen en la superficie terrestre. Los últimos adelantos científicos han agregado a

la atmósfera más elementos radiactivos, como, por ejemplo, las emanaciones de los reactores nucleares, de las instalaciones de tratamiento químico de productos nucleares, de los laboratorios radioquímicos y de las cámaras de incineración de los hospitales, así como las «lluvias radiactivas» consecutivas a los ensayos de armas atómicas.

### 2.1.1 *Naturaleza de los contaminadores*

Los contaminadores sólidos y líquidos pueden clasificarse con arreglo a su origen. Los polvos son partículas sólidas formadas en ciertas operaciones de desintegración, como la trituración, la pulverización o la demolición y cuyo tamaño suele ser superior a 2  $\mu$ , aunque puede descender a 0,1  $\mu$ . Los humos son partículas sólidas producidas por la condensación de vapores procedentes a su vez de sublimaciones, destilaciones o reacciones químicas. El tamaño normal de las partículas es inferior a 1  $\mu$ . Los humos contienen a menudo metales u óxidos metálicos y su composición puede ser muy distinta de las sustancias de que proceden. Por condensación se forman partículas líquidas de menos de 10  $\mu$  de diámetro. Las pulverizaciones están constituidas por partículas líquidas de mayor diámetro, obtenidas por algún proceso mecánico de desintegración. A diferencia de muchos de estos contaminadores sólidos y líquidos, la mayor parte de los contaminadores gaseosos de la atmósfera son invisibles.

Al intensificarse la industrialización aumenta rápidamente el consumo mundial de combustible y con él la contaminación atmosférica. Las principales fuentes naturales de energía industrial son el carbón y el petróleo. Cualquiera de los dos puede producir humo si se queman en instalaciones deficientes o mal explotadas. Cuando se emplea petróleo en vez de carbón como fuente de calor y de energía, se reduce la contaminación por el humo y el polvo, pero no suele disminuir la producción de anhídrido sulfuroso.

Debido al aumento de la industrialización, así como a la mecanización de los transportes y de la agricultura, se está llegando a un punto en que las fuentes tradicionales de producción no bastarán para atender de manera práctica y económica las demandas de energía. Por ello se pone hoy tanto interés en el desarrollo y explotación de los recursos nucleares. Pero la utilización de la energía nuclear crea una nueva fuente, potencialmente más peligrosa de contaminación del aire.

La existencia en la atmósfera de contaminadores radiactivos de origen natural — radón, torón y sus derivados — tiene poca importancia. Hay sustancias, como el argón 4, que emana de los reactores refrigerados por aire, cuya importancia es efímera, pero no puede decirse lo mismo de otras muchas, como el carbono 14 que desprenden los reactores refrigerados por CO<sub>2</sub>, el yodo 131 y el criptón 85, procedentes de las fábricas que preparan productos químicos, o las emanaciones mixtas de los laboratorios radioquímicos.

Los óxidos de azufre se han estudiado durante más tiempo y más a fondo que ningún otro contaminador ; por ello, se conocen bastante bien sus efectos sobre las plantas y sobre ciertas materias. Las reacciones toxicológicas que provoca en los seres humanos la inhalación de esos óxidos no están perfectamente definidas como síndromes patológicos ; sin embargo, los síntomas descritos por las personas afectadas indican que los gases sulfurosos provocan una notable irritación de las mucosas superficiales.

Hasta hace poco no se ha reconocido la gran importancia que reviste la contaminación de la atmósfera por los compuestos orgánicos procedentes de la combustión incompleta de productos en la industria y en los motores de los vehículos automóviles, de la incineración de desechos y de la evaporación de la gasolina. Los compuestos orgánicos, particularmente las olefinas intermedias, son oxidados por reacciones fotoquímicas y forman una gran variedad de compuestos, muchos de ellos de vida corta, como los ozónidos, peroxácidos, peroxinitritos o nitratos, aldehidos y ácidos, así como polímeros que forman aerosoles y disminuyen la visibilidad. Las mezclas de humo y niebla (*smog*) de origen orgánico atacan las verduras de hoja, como las espinacas, las lechugas y las endibias, así como las remolachas de mesa, el cardo y el apio. En esas plantas se producen lesiones características que se manifiestan inicialmente por una coloración bronceada o plateada de la parte inferior de la hoja. Los conocimientos médicos sobre la acción farmacológica y toxicológica de muchas de esas sustancias son todavía muy escasos, pero se sabe que los síntomas provocados por ciertas combinaciones de esos productos varían desde un simple lagrimeo a un estado edematoso de los pulmones.

El ácido fluorhídrico y el tetrafluoruro de silicio son tóxicos para algunas plantas, incluso a concentraciones del orden de 0,1 partes por mil millones. Todos los fluoruros en estado gaseoso o de partículas pueden acumularse en el forraje, en el interior y el exterior de las hojas, hasta concentraciones de más de 50 partes por millón. La ingestión de forraje con cantidades excesivas de fluoruros ha provocado casos de fluorosis en ganado vacuno que pastaba en campos expuestos a la acción de fluoruros transmitidos por el aire y procedentes de la reducción del aluminio, la fundición del hierro y minerales no ferrosos, la fabricación de cerámicas, la reducción de fosfatos y la preparación de abonos fosfatados. No se dispone de datos suficientes sobre la intoxicación humana por la presencia de fluoruros en el aire. Se sabe, en cambio, que existe un riesgo potencial en la contaminación del agua y del suelo. El agua puede contaminarse como consecuencia de la formación de depósitos de fluoruros atmosféricos en las cuencas hidrográficas.

### 2.1.2 Factores meteorológicos y fisiográficos

La atmósfera es el medio en que la contaminación del aire se propaga desde el origen al receptor. Es también un agente difusor de los materiales

contaminadores. Por consiguiente, para una fuente contaminadora de intensidad dada, el estado de la atmósfera determina la frecuencia, duración y concentración de la contaminación atmosférica a que estará expuesto un receptor determinado.

#### 2.1.2.1 *Vientos*

Los parámetros fundamentales que determinan el transporte de contaminadores por la atmósfera son la velocidad y la dirección del viento. En general, la intensidad del viento aumenta durante el invierno, sobre todo en las zonas templadas y polares. Sin embargo, el movimiento del aire es a veces escaso o nulo durante periodos prolongados, en particular en el interior de los grandes continentes. Cuando los vientos son ligeros y variables, no sólo disminuye la velocidad de desplazamiento de los contaminadores, sino que puede ocurrir que los contaminadores vuelvan hacia su punto de origen. En los Estados Unidos de América la época más propicia para ese fenómeno es el final de la primavera y el principio del otoño, mientras que en Europa se produce con mayor frecuencia a fines del otoño y comienzos del invierno. Además de los cambios estacionales de la velocidad del viento, se producen cambios diurnos que pueden ser aún más pronunciados. Durante la noche, los vientos que soplan a baja altitud suelen ser más débiles que durante el día; por ello, el transporte de los contaminadores de las capas bajas de la atmósfera suele ser más intenso de día que de noche.

#### 2.1.2.2 *Torbellinos*

El torbellino o remolino de aire es el mecanismo atmosférico más eficaz para diluir los contaminadores. El torbellino consta esencialmente de dos elementos: uno mecánico y otro térmico. El primero varía con la intensidad del viento y las irregularidades de la superficie terrestre; el segundo depende de la estabilidad de la atmósfera.

La disminución del valor de un elemento meteorológico en función de la altitud suele designarse gradiente vertical de ese elemento. En una atmósfera normal o atmósfera tipo, el gradiente vertical de temperatura es de  $0,64^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ . Se dice que hay inversión cuando una capa de aire tiene un gradiente de temperatura invertido (positivo). Particularmente interesante es el gradiente vertical que permite a una masa de aire cambiar de nivel sin que varíe su densidad con relación a la del medio ambiente. Ese gradiente se denomina adiabático y corresponde a una disminución de  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  en el supuesto de que el aire no esté saturado. Cuando el gradiente vertical de temperatura de la atmósfera inferior es mayor que el gradiente adiabático, esa atmósfera es inestable, los movimientos verticales se acentúan y la dispersión del contaminador es rápida. En cambio, si la atmósfera inferior es estable, desaparece el movimiento vertical y se hace más difícil la dilución del contaminador.

### 2.1.2.3 *Inversiones*

Cuando hay una inversión de temperatura, la atmósfera se caracteriza por su extrema estabilidad. Los contaminadores liberados en esa atmósfera tienden a permanecer en una capa superficial. Muchas veces ese efecto se acentúa por la circunstancia de que las inversiones en las capas bajas de la atmósfera se acompañan en general de viento débil o nulo, lo que impide la dispersión lateral y vertical de la contaminación. Cuando la atmósfera está en completa calma, la contaminación puede alcanzar concentraciones suficientes para reducir sensiblemente las radiaciones solares que llegan a la tierra y favorecer con ello la mayor duración de la inversión. Los casos más graves de contaminación se han registrado siempre en condiciones atmosféricas caracterizadas por una inversión de temperatura próxima al suelo y por una escasa velocidad del viento. Las inversiones en las capas bajas son provocadas casi siempre por una radiación térmica nocturna del suelo a la atmósfera. En un día despejado, poco antes o después de ponerse el sol, el aire próximo a la tierra se enfría rápidamente y poco a poco se forma una inversión, cuya intensidad y profundidad aumentan durante la noche para alcanzar su grado máximo entre medianoche y el momento en que se registra en la superficie la temperatura mínima. Durante ese tiempo, los contaminadores liberados dentro o debajo de la capa de inversión quedan aprisionados en ella. En cambio, no vuelven al suelo los contaminadores liberados por las chimeneas altas por encima de la capa de inversión. Al llegar el día, empieza a calentarse el suelo, y la inversión desaparece progresivamente a partir de la superficie. La mezcla rápida que se produce después en las capas inferiores puede hacer que la contaminación descienda a ras de tierra. Ese fenómeno se conoce por el nombre de « fumigación ».

Existe otro tipo de inversión debido al enfriamiento de las capas inferiores de la atmósfera que pasan por encima de un mar frío. Eso ocurre, por ejemplo, a lo largo de la costa de California, donde el carácter persistente de ese fenómeno agrava considerablemente los problemas que la contaminación plantea en la región de Los Angeles.

### 2.1.2.4 *Precipitaciones*

La dispersión de los contaminadores en la atmósfera no elimina el material, sino que simplemente lo diluye. Si la mayor parte de los contaminadores no fueran eliminados finalmente por otros medios, las capas bajas de la atmósfera se volverían poco a poco insostenibles para el hombre. Los agentes purificadores más eficaces son quizá las precipitaciones (lluvia y nieve), que limpian realmente la atmósfera de contaminadores sólidos, líquidos y gaseosos.

### 2.1.2.5 *Influencia de la topografía*

Además de los factores meteorológicos, la topografía influye decisivamente en la concentración de contaminadores en la atmósfera. Excepción

hecha de los casos de contaminación grave registrados en Londres, todos los grandes desastres ocasionados por la contaminación del aire estudiados hasta ahora han ocurrido en zonas donde las condiciones topográficas restringían considerablemente las corrientes de aire, de tal modo que la contaminación era encauzada continuamente hacia una zona relativamente pequeña o quedaba circunscrita en ella. En un valle estrecho, el régimen cotidiano de vientos se caracteriza por un movimiento ascendente a lo largo de las pendientes, producido durante el día por el calor solar, y por un movimiento contrario de descenso después de ponerse el sol. Así los contaminadores liberados en el valle pueden permanecer durante mucho tiempo en una pequeña zona. Además, como el valle está en cierto modo protegido de la influencia de la circulación atmosférica general, los vientos a ras de tierra son más lentos de lo que serían en una zona despejada sometida a un régimen análogo.

## 2.2 Evaluación

La evaluación de la contaminación del aire comprende el estudio de medidas preventivas y de lucha contra ese fenómeno. Para evaluar la contaminación real de la atmósfera hay que aplicar métodos fidedignos de recogida de muestras de aire. Esas muestras, ya se recojan en la fuente de contaminación o en la atmósfera ambiente, deben ser representativas; es preciso también reducir al mínimo los errores en la toma de muestras, operación que sólo es satisfactoria si se efectúa constantemente o se repite con frecuencia, y en la que se obtienen los mejores resultados cuando se aplican métodos analíticos normalizados. Al estudiar los riesgos de contaminación atmosférica es preciso tener en cuenta la capacidad de dispersión de la atmósfera, lo que requiere estudios micrometeorológicos (meteorología de las capas inferiores).

### 2.2.1 Instrumentos y técnicas

El grado de contaminación atmosférica puede medirse por medio de alguno de los numerosos métodos que se emplean corrientemente en la industria para analizar el aire, si bien la sensibilidad de los métodos ha de ser mayor cuando se trata de muestras de aire atmosférico, pues la concentración de los contaminadores suele ser menos intensa, aunque más compleja, en la atmósfera exterior que en los lugares de trabajo. El Comité estima necesario que se establezcan normas internacionales, cuando menos para las técnicas utilizadas con más frecuencia para medir los contaminadores más comunes, como el humo, el polvo y el óxido de azufre, y subraya la necesidad de que se utilicen a ese fin métodos sencillos.

El humo es un contaminador atmosférico universal, cuyo grado de opacidad puede determinarse por el método de Ringelmann o por un

procedimiento análogo. A pesar de sus conocidas limitaciones, este método proporciona valiosas indicaciones para combatir el humo. Los instrumentos que recogen y registran automáticamente muestras de humo son útiles, sobre todo si se emplea un dispositivo normalizado.

El polvo es también un contaminador universal cuyos métodos de medida dependen de sus características físicas y de su concentración. Pueden utilizarse precipitadores térmicos y electrostáticos, aparatos recolectores de muestras de grandes volúmenes de aire, ciclones, filtros o simples dispositivos de choque. Conviene recordar que los valores obtenidos con diferentes instrumentos no son rigurosamente comparables, pero es de gran utilidad la toma repetida de muestras con un instrumento normalizado. El dispositivo más sencillo para evaluar los depósitos de polvo atmosférico es el bocal de sedimentación.

La evaluación de la contaminación de la atmósfera por aerosoles y gases químicos puede plantear problemas complejos, cuyo estudio requiere a veces la aplicación de métodos cuantitativos de análisis químico o la utilización de aparatos complicados. Los óxidos de azufre y de nitrógeno, los aldehidos y el ozono, por ejemplo, son contaminadores del aire que han de medirse por métodos gravimétricos o volumétricos normalizados o con instrumentos automáticos especiales.

La toma de muestras de las sustancias radiactivas de la atmósfera no difiere mucho de la toma de muestras de otros contaminadores. Se puede recoger la lluvia en vasijas y medir su radiactividad; el polvo radiactivo suspendido en el aire puede recogerse en aparatos recolectores de muestras de grandes volúmenes de aire provistos de un filtro adecuado, sobre el que se mide la radiactividad por medio de un contador de Geiger-Müller o un instrumento análogo. El Comité no ve inconveniente en que se recomiende el empleo de todos esos métodos en los programas de lucha contra la contaminación del aire, a condición de que las técnicas se normalicen y de que los resultados de su aplicación se interpreten por organismos técnicos competentes.

### *2.2.2 Evaluación de las condiciones potenciales o reales de la contaminación del aire*

La característica predominante de la atmósfera es su cambio continuo. Por ello, su capacidad para dispersar las concentraciones de contaminadores es extraordinariamente variable. Ciertas variaciones atmosféricas obedecen a leyes físicas bien conocidas. Otras, sobre todo las que dependen de parámetros estrechamente relacionados con la dispersión de los contaminadores en la atmósfera, como, por ejemplo, la turbulencia de los vientos y los gradientes de temperatura y de viento en las capas inferiores, son menos conocidas. No obstante, los datos meteorológicos corrientes permiten llegar a ciertas conclusiones respecto a la frecuencia de las condiciones

meteorológicas que favorecen la formación de grandes concentraciones de contaminadores del aire. Además, se dispone ya de fórmulas que permiten calcular la concentración debida a fuentes de contaminación aisladas y que dan resultados que coinciden bastante con las medidas efectuadas. La adecuada aplicación de esas fórmulas permitirá determinar las condiciones en las que una fuente dada puede provocar concentraciones excesivas, así como la posible repetición de los periodos de alta concentración.

### 2.3 Investigaciones

Hasta hace poco no se han reconocido los problemas más complejos que plantea la contaminación del aire, de manera que los conocimientos sobre esa materia se reducen a las informaciones científicas reunidas por algunos de los países más adelantados. Esos problemas son de carácter universal y por ello convendría mucho estimular las investigaciones en los Estados Miembros de la Organización Mundial de la Salud. Para ayudar en esa esfera a los países menos desarrollados se deberá insistir en la realización de programas de medida que sean al propio tiempo base de estudio.

Es necesario adoptar una terminología uniforme y, respetando los distintos sistemas de pesos y medidas, unificar los métodos de notificación de la presencia de contaminadores atmosféricos. Urge además normalizar los instrumentos y técnicas más sencillos que ya se utilizan en algunos países, por ejemplo, los métodos para determinar el humo, las precipitaciones de polvo y los óxidos de azufre. El Comité recomienda a la OMS que estimule esa normalización.

## 3. CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

El Comité se ocupó sobre todo de estudiar la relación entre la contaminación del aire y la salud humana.<sup>1</sup> Sin perjuicio de reconocer que la contaminación del aire ocasiona asimismo daños a la propiedad, el Comité estima que el estudio de esos daños sólo es de su incumbencia en cuanto interesen a la salud mental. Sin embargo, el Comité señala que toda reducción de la contaminación del aire, cualquiera que sea el móvil principal, surtirá generalmente efectos favorables en otros sentidos.

Los efectos de la contaminación del aire pueden muy bien clasificarse en cuatro categorías: 1) efectos sobre la salud humana; 2) efectos sobre los animales; 3) efectos sobre la vegetación; y 4) efectos económicos y sociales.

---

<sup>1</sup> Según la Constitución de la Organización Mundial de la Salud, «la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades».

### 3.1. Efectos sobre la salud humana

Si bien nadie pone en duda que la contaminación del aire ha sido causa de enfermedades y defunciones cuando por una combinación de condiciones meteorológicas y topográficas especiales ha llegado a concentraciones excesivas, el Comité hace observar que la exposición del hombre a concentraciones más bajas de contaminadores del aire puede ser también perjudicial para la salud. Pese a que los datos de que se dispone sobre la contaminación por bajas concentraciones no son tan completos como los relativos a los episodios de contaminación grave, se han dado casos en que la irritación de las mucosas causada por productos químicos en concentraciones relativamente bajas ha sido suficientemente intensa para que sus síntomas provocaran en numerosas personas un estado de malestar que el Comité considera como un efecto nocivo para la salud. El Comité hace observar, además, que la irritación de las mucosas suele ser un efecto mucho más característico de la acción de los contaminadores del aire que las reacciones generales del organismo.

La exposición a acumulaciones anormales de aire fuertemente contaminado por sustancias irritantes puede ser nociva para la salud, pero ello no quiere decir que la exposición prolongada a concentraciones más bajas de las mismas o parecidas sustancias sea necesariamente nociva. En realidad, salvo en algunos casos aislados, no se ha demostrado epidemiológicamente que esa exposición resulte perjudicial para la salud. Ello no obstante, los conocimientos médicos y epidemiológicos parecen aconsejar que antes de llegar a conclusiones definitivas se lleven a cabo amplios estudios sobre la materia en distintos lugares adecuadamente escogidos.

El Comité estima que los conocimientos actuales son insuficientes para que puedan establecerse normas de concentraciones inocuas para el hombre en lo que respecta a los contaminadores nocivos para la salud o sospechosos de serlo.

Las anteriores consideraciones ponen de manifiesto la obligación de intensificar las investigaciones médicas y epidemiológicas con objeto de basar firmemente la lucha contra la contaminación del aire en la necesidad de proteger la salud humana. Se recomienda que esas investigaciones se efectúen por un personal competente y en muchos lugares convenientemente elegidos, orientándolas del siguiente modo :

a) Estudios epidemiológicos de carácter práctico sobre las enfermedades sospechosas de estar relacionadas corrientemente con la contaminación del aire. Entre esas enfermedades figuran la bronquitis crónica (en el sentido más amplio del término) y el cáncer primario del pulmón. Para facilitar el éxito de las investigaciones, conviene que los países se pongan de acuerdo sobre la definición de los estados clínicos que han de estudiarse a fin de que los epidemiólogos comparen las respectivas tasas de morbilidad y mortalidad.

b) Investigaciones de laboratorio debidamente comprobadas sobre sustancias sospechosas de contaminar el aire. Esas investigaciones deben comprender la exposición de diversas especies de animales y la inhalación de concentraciones que se alcanzan a menudo en el aire respirado por las colectividades. Si en esos estudios toxicológicos se utilizan gases, los experimentos deben comprender la exposición a una mezcla de gas con algunos aerosoles inertes. Cuando en los estudios toxicológicos participen voluntarios, deberán tomarse las debidas precauciones para que esas personas no sufran lesiones irreversibles.

### 3.2 Efectos sobre los animales

La contaminación del aire produce en los animales domésticos análogos efectos que en el hombre, como se pone de manifiesto en los informes sobre algunos episodios graves de contaminación atmosférica. Los efectos sobre los animales en algunos casos son importantes desde el punto de vista económico, pero quizá lo sean más por las indicaciones que proporcionan acerca de la orientación que deben seguir las investigaciones para precisar los efectos sobre el hombre.

La exposición de animales de laboratorio a los contaminadores atmosféricos ha facilitado datos sobre la susceptibilidad animal, que en algunos casos pueden aplicarse al estudio de ese fenómeno en los seres humanos. El Comité estima, por lo tanto, que una buena coordinación de las observaciones y experimentos sobre los animales, tanto sobre el terreno como en el laboratorio, será de gran utilidad para ampliar los conocimientos sobre los efectos de los contaminadores del aire en el hombre.

### 3.3 Efectos sobre las plantas

El principal interés que ofrecen los estudios acerca de los efectos de la contaminación del aire sobre las plantas es la posibilidad de establecer una correlación con los efectos sobre la salud humana. Indudablemente los daños ocasionados a los cultivos tienen una importancia intrínseca, pero su estudio no entra directamente en las atribuciones del Comité.

Los estudios de los efectos de la contaminación sobre la vegetación se hallan en una fase relativamente avanzada. Por eso, las observaciones hechas sobre determinadas especies vegetales expuestas a la contaminación pueden proporcionar informaciones no sólo sobre la naturaleza química de los contaminadores atmosféricos y su concentración, sino sobre la duración de la exposición a esos agentes. En muchos lugares es posible utilizar determinadas plantas como indicadores permanentes del grado de contaminación. Quizá sea factible dentro de poco utilizar especies de plantas que sirvan de señales de alarma ante un peligro para la salud, antes de que se manifiesten los síntomas clínicos. La observación de las plantas facilita

también indicaciones sobre los efectos acumulativos, incluso después de desaparecer la contaminación.

En las investigaciones sobre la contaminación del aire, los vegetales pueden servir también para estudiar los sistemas enzimáticos de las plantas cuando éstos son análogos a los del hombre. De esa manera pueden ampliarse los conocimientos acerca de los posibles efectos de la contaminación sobre el ser humano.

Convendría que un personal competente llevara a cabo en diversos países estudios de carácter botánico y zoológico sobre los efectos de determinados contaminadores del aire, de grupos de contaminadores y de la contaminación atmosférica natural con objeto de reunir informaciones útiles en el plazo más breve posible.

### 3.4 Efectos económicos y sociales

Está ya muy lejana la época en que la cantidad de humo que arrojaban las chimeneas de las fábricas y el grado de opacidad de la atmósfera constituían un índice de prosperidad. Se pensaba que la abundancia de humo en la atmósfera era indicio de que la industria local funcionaba a pleno rendimiento y de que todo iba bien en la colectividad. Hoy sabemos que ese humo, además de innecesario, es oneroso para la población.

Sobre las pérdidas ocasionadas por la contaminación del aire se han hecho varias estimaciones financieras que han dado siempre sumas cuantiosas ; pero en ninguno de esos cálculos se han tenido en cuenta los gastos que representan las enfermedades y defunciones debidas a la contaminación, aparte las tribulaciones y angustias que provoca. En el cálculo del quebranto económico que representan esas enfermedades y defunciones, habría que incluir los gastos de asistencia médica, la disminución de ingresos que traen consigo las ausencias del trabajo y el descenso de la productividad.

Entre las demás pérdidas financieras ocasionadas por la contaminación del aire, hay que citar las siguientes :

- a) el aumento de los gastos de viaje y del tiempo invertido en ellos, además de un mayor riesgo de accidentes como consecuencia de la disminución de la visibilidad ;
- b) el aumento de los gastos de alumbrado artificial ;
- c) el costo de las reparaciones de los daños ocasionados a los edificios y otras instalaciones ;
- d) el aumento de los gastos de limpieza ;
- e) los daños ocasionados a los cultivos y a las plantas de adorno ;
- f) los daños sufridos por los animales de importancia económica ;
- g) la disminución del valor de los bienes raíces ;
- h) los gastos suplementarios de fabricación que ocasiona la protección contra la contaminación de origen externo ;

i) la pérdida de polvos, vapores o gases que, de aprovecharse, tendrían un valor económico.

En el último apartado hay que incluir las enormes pérdidas causadas por la combustión generalmente incompleta de combustibles sólidos, líquidos e incluso gaseosos.

La importancia sociológica de la contaminación del aire procede en buena parte de las pérdidas económicas individuales. Si se redujeran los daños de carácter económico, se obtendrían grandes ventajas sociales, pues además de mejorar la salubridad del medio se frenaría el desarrollo de las barriadas de tugurios.

#### **4. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION DEL AIRE**

Conviene advertir desde un principio que, con los actuales conocimientos, no es posible atender sin gastos exagerados a las necesidades y comodidades cada vez mayores de la vida moderna sin provocar cierta contaminación de la atmósfera. Además, nunca se insistirá demasiado en que la contaminación que existe actualmente podría evitarse sin un coste excesivo y a veces incluso con beneficios si se procurase trazar cuidadosamente los planes de las fábricas y de las viviendas, se las situara adecuadamente, y se mejorase la concepción y explotación de los equipos mediante una formación racional del personal directivo, de los jefes de servicio y de los operarios.

##### **4.1 Fuentes de contaminación**

En la mayor parte de las comunidades industriales, la contaminación proviene principalmente de la producción y del empleo directo o indirecto de combustibles como el carbón, el coque y el petróleo para la obtención de gas y de electricidad, para la calefacción de las viviendas y otros edificios, para la alimentación de hornos y otras instalaciones industriales, para el transporte por ferrocarril y por carretera, así como para la navegación. También provocan a menudo una intensa contaminación atmosférica local ciertas actividades industriales como la refinación del petróleo, la fabricación de cemento, hierro y acero, metales no ferrosos, ácido sulfúrico, abonos químicos y numerosos productos químicos y de otra índole así como la eliminación de desechos domésticos e industriales por incineración.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> En diversas partes del mundo el empleo de la madera y otros productos vegetales, así como de los excrementos animales, como combustibles, provoca también una intensa contaminación.

#### 4.2 Reducción del grado de contaminación

Entre los contaminadores engendrados por los combustibles utilizados para la calefacción y para la producción de energía figuran el humo, la ceniza y el polvo, y además gases y vapores que contienen óxidos de azufre, óxido de carbono, óxidos de nitrógeno y muchas veces compuestos orgánicos o metálicos complejos, sobre todo en los gases que se escapan de los motores de combustión interna como los motores Diesel y los motores de gasolina de los vehículos automóviles.

No cabe duda de que los conocimientos actuales permitirían evitar en gran parte esa contaminación sin gastos excesivos. El humo, por ejemplo, es el signo visible de una combustión incompleta con el consiguiente desperdicio de combustible. Si se regulara mejor la entrada del aire en las calderas industriales y en otros hornos alimentados con carbón o aceite pesado, se reduciría e incluso se suprimiría el humo y además se ahorraría combustible. En las instalaciones más pequeñas de calefacción doméstica todavía no resulta económico quemar carbón bituminoso sin emitir mucho humo. En esos casos, la solución consiste en sustituir el carbón por la antracita, el coque, el aceite pesado, el gas o la electricidad, pero para ello habría que renovar en numerosas regiones todos los aparatos de calefacción doméstica.

La carbonilla y el polvo proceden de hornos industriales que consumen carbón o coque en grandes cantidades, especialmente en calderas de combustible en polvo. La eliminación de una buena parte de la carbonilla y del polvo requiere el empleo de aparatos especiales, como ciclones extractores, precipitadores electrostáticos, depuradores hidráulicos y filtros. Se está generalizando la instalación de esos aparatos en centrales térmicas que consumen grandes cantidades de combustible sólido.

Incluso cuando se logra impedir que las calderas y hornos industriales alimentados por combustible sólido o líquido desprendan humo y carbonilla, los gases de las chimeneas siguen contaminando el aire porque contienen óxidos de azufre procedentes del azufre de los combustibles, óxidos de nitrógeno producidos por la combustión, y posiblemente otras sustancias como, por ejemplo, ácido clorhídrico y compuestos complejos de carbono. Todavía no se ha encontrado ningún procedimiento económico para extraer del carbón o del petróleo; antes de la combustión, la mayor parte del azufre que contienen, ni existe tampoco un método económico y de aplicación general para eliminar los óxidos de azufre de los gases de chimenea. Sin embargo, conviene señalar que en las centrales térmicas inglesas se utilizan desde hace varios años dos procedimientos que permiten eliminar más del 90 % de los óxidos de azufre presentes en los gases de las chimeneas. En uno de ellos se recurre principalmente al empleo de grandes cantidades de agua fluvial alcalina, que, sometidas a la acción de los gases contaminadores, salen cargadas de sulfato de calcio. El costo del trata-

miento es elevado : unos 10 chelines (\$1,40) para depurar los gases producidos por la combustión de una tonelada de carbón. En el otro método se utiliza como álcali la cal apagada ; no se forma efluente líquido, pero sí una gran cantidad de lodo residual de sulfato de calcio y su costo total se eleva a 17 chelines (\$2,38) por tonelada de carbón. En varios países se han iniciado experimentos con objeto de encontrar un sistema más económico y satisfactorio.

Los gases de escape de los motores de combustión interna no contienen cantidades considerables de humo visible si los motores se mantienen en buen estado y se utilizan bien, cosa que no siempre ocurre. Ahora bien, con las técnicas actuales, los gases de escape contienen óxido de carbono, óxidos de azufre (en los motores Diesel), óxidos de nitrógeno y compuestos complejos de carbono producidos por una combustión incompleta, y a veces compuestos metálicos. Es evidente que, si los motores se conservan y utilizan bien, la cantidad de contaminadores expulsados es menor pero, así y todo, es preciso efectuar investigaciones para mejorar la combustión, sin perjuicio de que los motores de los vehículos automóviles conserven la flexibilidad de funcionamiento necesaria.

Hay operaciones industriales, como la fabricación de cemento y la elaboración de metales y productos químicos que merecen cada una capítulo aparte. Con las técnicas actuales, en muchas de ellas es inevitable la emisión de humo y la producción de grandes cantidades de carbonilla, y polvo, así como gases y vapores tóxicos que desprenden a veces un olor nauseabundo. Ello no obstante, conviene adoptar las medidas más eficaces de que se disponga para reducir cuanto sea posible las cantidades de contaminadores expulsados. Esas medidas comprenden la inspección de los procedimientos fabriles y el tratamiento de los productos de evacuación para eliminar de ellos, antes de que pasen a la atmósfera, una buena parte de la carbonilla, del polvo y demás componentes. Hay que tomar también disposiciones especiales respecto a ciertos desechos industriales, como, por ejemplo, los procedentes de las operaciones de extracción y lavado del carbón.

#### **4.3 Mitigación de los efectos**

Es posible que, después de aplicar todas las medidas económicamente permisibles para reducir la cantidad de contaminadores arrojados a la atmósfera, el aire siga estando bastante contaminado para perjudicar a la salud, si no se toman otras medidas para limitar la acumulación de contaminadores en una zona o para dispersarlos y diluirlos rápidamente en el aire.

Al salir de una chimenea, el polvo y los gases son arrastrados por el viento y dispersados ; pero la eficacia y la dirección de esa dispersión dependen de condiciones meteorológicas que varían mucho no sólo según los

lugares sino de un momento a otro. La topografía, así como la densidad, el tamaño y la disposición de los edificios próximos influyen también sobre la velocidad de la dispersión y la dirección de los vientos, así como sobre la frecuencia, amplitud y estructura de la inversión de temperatura, que en muchas zonas determina a menudo la formación de una capa de aire estacionario en la que pueden acumularse los contaminadores durante horas e incluso días.

Para lograr una dispersión suficiente, la altura efectiva de la chimenea debe ser tal que impida que la concentración de contaminadores atmosféricos cerca del suelo tenga, en las condiciones meteorológicas menos favorables, graves consecuencias para la salud. La altura efectiva de la chimenea puede ser superior a la de su propia estructura debido a la velocidad y fuerza ascensional de la materia expulsada. Ahora bien, si hay cerca un edificio bastante alto, puede producirse al socaire una corriente descendente que arrastre hasta cerca del suelo las sustancias expulsadas por la chimenea, antes de que se haya operado una dilución suficiente. Factores análogos intervienen en las fábricas situadas en valles, donde se ponen bien de manifiesto la influencia de la topografía.

#### **4.4 Delimitación de zonas**

La construcción sin discernimiento de viviendas junto a fábricas que expulsan contaminadores ha dado lugar a que muchas veces la población esté expuesta a concentraciones nocivas que hubieran podido evitarse con una planificación inteligente. Al delimitar las zonas y fijar la situación de las viviendas y las fábricas hay que tener en cuenta las condiciones meteorológicas y, en particular, las micrometeorológicas. Al propio tiempo, el industrial que escoge un lugar para su fábrica ha de tener en cuenta otros factores como, por ejemplo, la facilidad de aprovisionamiento de materias primas, la mano de obra, los medios de transporte y las posibilidades de venta de sus productos. Las servidumbres que se impongan deben ser razonables, pues de otro modo se entorpecería la explotación de muchas industrias con el consiguiente detrimento del nivel de vida general.

Podrían crearse «zonas testigo», donde estaría prohibida la emisión de humo; en estas zonas sería obligatorio utilizar aparatos capaces de consumir combustible sin producir humo, o recurrir solamente al empleo de la electricidad o de los combustibles que arden sin humo, como el coque o el gas.

#### **4.5 Instrumentos**

Toda instalación susceptible de emitir cantidades excesivas de contaminadores cuando las condiciones de funcionamiento no son satisfactorias

debe estar provista de los instrumentos de inspección y de alarma adecuados para orientar a los operarios y advertir a la dirección.

#### **4.6 Formación profesional**

En muchos países urge la necesidad de adiestrar al personal directivo y a los operarios en la aplicación de métodos que permitan reducir la emisión de contaminadores procedentes de las operaciones industriales.

### **5. DIVERSOS ASPECTOS DE LA ORGANIZACION DE LA LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION DEL AIRE**

La realización de un programa de lucha contra la contaminación del aire en una comunidad debe inspirarse en el principio de que es posible conseguir un aire limpio (y no necesariamente « puro ») y de que la población respirará aire limpio en la medida en que esté dispuesta a sufragar los gastos necesarios. El Comité reconoce, además, que el movimiento de las masas de aire (y de los contaminadores atmosféricos) no respeta límites de ciudades, distritos, provincias ni estados ; por consiguiente, para garantizar la eficacia de un programa de lucha contra la contaminación del aire puede ser necesario extender la aplicación de la medidas más allá de la jurisdicción administrativa. Por último, sin dejar de reconocer que la lucha contra la contaminación del aire no es más que un aspecto de un problema muy complejo, el Comité entiende que esa actividad merece por el momento cierta prioridad.

#### **5.1 Legislación**

El Comité estima necesario y conveniente que, siempre que las condiciones existentes en una colectividad puedan poner en peligro la salud de sus miembros como consecuencia de una contaminación atmosférica presente o previsible, deben adoptarse medidas legislativas especialmente destinadas a hacer de la lucha contra la contaminación del aire (por actividades domésticas, comerciales, industriales y de cualquier otro carácter) una tarea administrativa eficaz.

##### *5.1.1 Legislación nacional*

El procedimiento más eficaz para incorporar a la legislación nacional un sistema de lucha contra la contaminación atmosférica, basado en la aplicación de medidas administrativas, sería nombrar un comité formado por representantes de la administración sanitaria, de los consumidores de combustible, de los servicios de higiene industrial, agricultura, ciencias,

industria y urbanismo. Ese comité se encargaría de recomendar la adopción de las disposiciones legislativas conformes a las necesidades del país y podría pedir asesoramiento a la OMS.

En otras secciones del presente informe se ha demostrado que la contaminación atmosférica puede reducirse evitando en lo posible la emisión de contaminadores (humo, polvo, vapores, gases tóxicos, etc.) por las instalaciones industriales, edificios públicos y viviendas: 1) mediante la adopción de medidas de urbanización que permitan situar las industrias y otras fuentes de contaminación de tal modo que se logre el mayor grado de dispersión de los contaminadores atmosféricos antes de que el aire los arrastre a las zonas habitadas, y 2) mediante el cambio radical del combustible o de los dispositivos de combustión de algunos de los aparatos utilizados, por ejemplo, para la calefacción doméstica o los motores de automóviles. Por lo tanto, parece que las disposiciones legislativas deben tender hacia los siguientes objetivos:

a) la inspección de las fuentes de contaminación, a cuyo fin habrá que especificar las operaciones industriales y de otra índole que deben ser objeto de vigilancia por parte de las autoridades, así como los tipos de emisión, que deben mantenerse al nivel más bajo posible;

b) la adopción de normas de urbanismo en las que, al trazar los planos de las ciudades y delimitar las zonas industriales, se tenga muy en cuenta la necesidad de reducir la contaminación del aire, sin imponer por ello a la industria servidumbres demasiado gravosas o imposibles de respetar;

c) la adopción de reglamentos para fijar los tipos de combustibles que han de utilizarse en las instalaciones donde no sea posible vigilar por otros medios la emisión de los desechos de la combustión.

En los países donde sea posible, la legislación nacional contendrá disposiciones en virtud de las cuales el gobierno central confíe a las autoridades locales la vigilancia de la emisión de contaminadores por las instalaciones domésticas y comerciales y por las diversas industrias; el gobierno central establecerá una lista de los procesos que deban someterse a esa vigilancia y definirá las atribuciones de las autoridades locales en el ejercicio de su misión. Otra solución consiste en que la ley confiera a la administración central todas las funciones de inspección y, como en el caso anterior, determine las operaciones que han de inspeccionarse y las atribuciones de los funcionarios encargados de esa labor.

Es posible también, y a veces muy conveniente, adoptar una legislación en la que se combinen esas dos modalidades, con objeto de que las autoridades locales que dispongan de medios suficientes puedan desempeñar algunas de esas funciones de inspección y que la administración central se encargue de esa labor en los casos en que las autoridades locales carezcan de los medios técnicos o administrativos necesarios. Ese tipo de legislación

es flexible y permite adaptar las medidas administrativas de lucha contra la contaminación del aire al desarrollo técnico y demográfico del país.

#### 5.1.2 *Acción de la OMS*

En todos los puntos antes examinados sería muy útil un programa de la OMS que tuviera por objeto :

*a)* analizar los diversos textos legales adoptados en los Estados Unidos, en el Reino Unido y en algunos países europeos, con objeto de reunir datos que permitan a otros países tomar con conocimiento de causa decisiones adaptadas a las circunstancias particulares en que ha de iniciarse la lucha contra la contaminación ;

*b)* organizar consultas entre las personas encargadas de organizar la lucha contra la contaminación del aire en nuevos países y los administradores ya familiarizados con los aspectos legislativos de esa lucha en los países más desarrollados ;

*c)* mantener contacto con el personal superior de los servicios de lucha contra la contaminación atmosférica de los Estados Miembros a fin de que todos ellos puedan ser informados rápidamente de los progresos realizados en los métodos de lucha contra la contaminación, de asesorarles sobre la existencia de nuevas formas de contaminación hasta entonces insospechadas, o sobre métodos que les permitan evaluar mejor los peligros de la contaminación.

#### 5.1.3 *Normas*

Cuando entran en vigor disposiciones legislativas destinadas a impedir la evacuación de contaminadores en la atmósfera, es natural que tanto los funcionarios encargados de velar por su aplicación como los industriales cuenten con la existencia de normas relativas a la emisión de contaminadores ; los primeros como criterio para comprobar si se cumplen dichas disposiciones y los segundos para saber si su fábrica funciona en las condiciones de seguridad fijadas. Pese a ese natural deseo y a la necesidad de especificar con precisión el alcance de la ley (a fin de que no haya dudas respecto a las emisiones y al grado de contaminación atmosférica tolerados), llegado el momento de fijar normas, es contraproducente hacer figurar cifras en los textos legislativos por dos razones : *a)* porque las técnicas y los rendimientos industriales evolucionan constantemente y hacen que las normas queden anticuadas, y *b)* porque puede ocurrir que una norma fija aplicable a las operaciones industriales no tenga en cuenta la complejidad del desarrollo industrial, de tal forma que la aplicación de una disposición legal rígida impida en ciertos casos, por una simple cuestión de procedimiento, un progreso industrial conveniente. Supóngase, por ejemplo, que en una industria se aplica un procedimiento de fabricación que provoca al principio una emisión de contaminadores superior a la que prescribe la

norma. La legislación podría impedir en ese caso que la industria perfeccione el procedimiento hasta reducir la emisión al grado tolerable, con lo cual interrumpiría un progreso útil.

Se recomienda, pues, que en vez de incluir en la legislación normas relativas a la regulación de la emisión de contaminadores, se reúnan esas normas en reglamentos que puedan ser modificados por las autoridades administrativas sin necesidad de que intervenga el poder legislativo. La fórmula « use of the best practicable means » (empleo de los mejores medios practicables), que figura en las disposiciones inglesas relativas a la lucha contra la emisión de contaminadores en las fábricas, parece establecer un principio muy importante, pues implica que, desde el momento en que se compruebe que es posible reducir en un determinado proceso industrial la emisión de contaminadores, las normas de emisión relativas a ese proceso descenderán automáticamente al nuevo nivel cuya posibilidad de obtención se haya demostrado.

Para evaluar la concentración de los humos negros, se emplea desde hace muchos años un método que consiste en calcular el porcentaje de negrura del humo. Ese porcentaje de negrura, calculado por comparación con la tabla de Ringelmann o por medio de un fotómetro que permite evaluarlo y convertir la lectura a las cifras 0 a 5 en la tabla de Ringelmann, es una norma que probablemente utilizará durante mucho tiempo el personal encargado de combatir la contaminación; pero no es una norma ideal y, sobre todo, no es aplicable a los humos coloreados, al humo emitido por hornos de baja temperatura, ni a los humos con un alto contenido de cenizas ligeramente teñidas. Por eso, al legislar conviene tener en cuenta la posibilidad de que haya que modificar esa norma. La OMS podría intervenir a este respecto y tomar disposiciones para tener a sus Estados Miembros al corriente de la situación en lo que concierne a las normas relativas a la emisión de humos.

## 5.2 Administración

La principal razón para reducir la contaminación atmosférica es de orden sanitario, pero las actividades que producen esa contaminación son metalúrgicas, químicas y técnicas. Por tanto, si bien corresponde al servicio de salud pública velar por la limpieza del aire, la realización de un programa de salubridad de la atmósfera es de carácter técnico y requiere la más estrecha colaboración entre los funcionarios de sanidad, los ingenieros y los investigadores, con lo que se plantea la cuestión de decidir qué tipo de organización conviene más a la ejecución del citado programa.

Tanto en el plano gubernamental como en el local, lo mejor sería formar un grupo administrativo independiente que se encargara exclusivamente de estudiar la contaminación del aire. Pocas son, sin embargo, las veces que puede adoptarse esa solución y generalmente es preciso incluir la dirección de la lucha contra la contaminación del aire en algún servicio de una admi-

nistración existente. A juicio del Comité convendría que asumiera esa responsabilidad el departamento de sanidad, en cuyo caso habría que velar porque todo el personal encargado de esa labor, cualquiera que fuere su categoría, poseyera la competencia técnica necesaria.

Además, ha de tenerse en cuenta que, si el funcionario encargado de velar por la aplicación de las medidas de lucha contra la contaminación del aire no conoce muy bien las operaciones causantes de esa contaminación, acaso tienda a adoptar, respecto a los industriales sobre los que ejerce su autoridad, una actitud puramente represiva, que no siempre es favorable al mejoramiento de los métodos de fabricación normalmente necesario para que disminuya la emisión de sustancias contaminadoras.

Naturalmente, la ley debe prever la imposición de sanciones a los industriales recalitrantes, pero en muchos casos la experiencia ha demostrado que el industrial ignora los métodos que debe aplicar para reducir la contaminación; por ello hay que advertirle primero que infringe la ley, y darle después oportunidad de estudiar el estado de su fábrica y de examinar las medidas que puede tomar para reducir la contaminación. Varios organismos de inspección han llegado a la conclusión de que entre sus funciones figura la de informar a un industrial (con el consentimiento de los interesados, naturalmente) de los métodos ideados por otro para reducir la emisión de contaminadores. Así, el inspector que por sus conocimientos técnicos inspira respeto a los industriales sobre los que ejerce su autoridad puede hacer las veces de consultor al mismo tiempo que las de inspector oficial, y obtener excelentes resultados en la lucha contra la contaminación.

#### 5.2.1 *Evaluaciones*

Todo organismo de inspección que desee reducir sensiblemente el grado de contaminación atmosférica tiene la obligación de medir periódicamente la densidad de la contaminación en la zona a su cargo. Es bien sabido que las variaciones de las condiciones meteorológicas en el curso de un año, o incluso de un año para otro, pueden provocar en la densidad de la contaminación fluctuaciones más importantes que las reducciones conseguidas merced al programa de lucha. Por consiguiente, si no se efectúan evaluaciones periódicas, el personal encargado de combatir la contaminación del aire puede hacerse una idea muy equivocada de la utilidad de su labor y ser además objeto de críticas desfavorables por parte de una población para la que no son manifiestos los resultados de esos trabajos.

#### 5.3 **Educación popular y trabajos de investigación**

Para que sean eficaces las disposiciones legislativas destinadas a reducir la contaminación del aire necesitan el apoyo de la opinión pública, y ello supone la existencia de una población bien informada. Por consiguiente, es preciso que la autoridad central organice un programa de educación popular para dar a conocer la naturaleza general de la contaminación del aire, sus

efectos nocivos para la salud, los medios por los que la población puede contribuir a reducir la contaminación y las dificultades con que tropieza la ejecución de cualquier programa de purificación del aire. La realización eficaz de un programa educativo de ese género facilita mucho la labor de las autoridades inspectoras.

Importa también que se llegue al convencimiento de que toda administración encargada de ejecutar un programa de reducción de la contaminación del aire debe intervenir directamente en el estudio de ciertas modalidades del problema. Se observa con frecuencia que los administradores estiman que basta con adoptar una ley para garantizar la pureza del aire. La realidad es que una ley cuya aplicación depende de la adopción de medidas técnicas sólo es eficaz si se conoce a fondo la situación científica y técnica en general. Por eso es probable que no se consiga nada con establecer un sistema de inspección administrativa si no se emprenden también ciertos estudios científicos.

#### **5.4 Consejo consultivo**

Al organizar un servicio nacional de lucha contra la contaminación del aire, conviene crear un consejo consultivo que se encargue de inspeccionar las diversas actividades realizadas en el país con ese fin.

Ese consejo — compuesto de funcionarios de salud pública, directores de industrias, investigadores, ingenieros y personas con experiencia en administración pública — debe examinar de vez en cuando los resultados de las medidas sistemáticas de la contaminación del aire; asesorar a las autoridades del país sobre las investigaciones que han de emprenderse, así como sobre los trabajos que deben financiarse; prestar asesoramiento acerca de la realización de programas de educación popular y, en general, colaborar, mediante esos y otros medios, con la administración central.

Conviene que el Consejo mantenga estrechas relaciones con otros servicios administrativos, como los de higiene industrial, transportes, vivienda, minería e industria, pues la lucha contra la contaminación del aire interesa a todos esos departamentos y se ve afectada por sus actividades. Ese organismo podría apreciar con carácter gratuito el problema de la contaminación atmosférica en su conjunto y en sus justas proporciones.

## **6. RESUMEN Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Normalización**

1. Tanto en la terminología como en las unidades de medida utilizadas en diversos países para evaluar la contaminación del aire, su dispersión y sus efectos, existen actualmente grandes diferencias que dificultan considerablemente la comprensión e interpretación de los resultados obtenidos

por los diversos investigadores. Es, pues, muy de desear que se normalicen la nomenclatura y las unidades de medida utilizadas corrientemente para determinar la contaminación del aire.

2. Una de las primeras disposiciones que conviene tomar para reducir la contaminación del aire es la evaluación objetiva de su concentración. Mucho puede lograrse mediante el empleo de instrumentos y métodos sencillos para medir las precipitaciones de polvo, los humos y los contaminadores gaseosos corrientes pero, para obtener con la mayor economía posible resultados precisos y comparables, es necesario establecer una normalización internacional de los instrumentos, de los métodos de análisis y de la recogida de muestras.

3. Es preciso poner en claro los términos utilizados corrientemente para designar los estados patológicos que se consideran producidos o agravados por la contaminación del aire. Entre esos estados patológicos figuran la bronquitis crónica y el cáncer primario del pulmón.

## 6.2 Investigaciones

1. La aptitud de la atmósfera para dispersar concentraciones de contaminadores está sujeta a grandes variaciones, algunas de las cuales obedecen a leyes físicas bien conocidas. Es preciso, sin embargo, intensificar las investigaciones a fin de obtener más datos sobre los factores que influyen en el movimiento del aire en lugares de diversas características ; por ejemplo, sobre la turbulencia del viento y los gradientes de temperatura y viento en las capas bajas de la atmósfera.

2. Con los conocimientos hoy disponibles, la contaminación del aire podría evitarse en buena parte sin desembolsos excesivos de capital. Hay, sin embargo, ciertas emisiones producidas por operaciones especiales que, al parecer, son inevitables con las actuales técnicas, y otras que sólo podrían reducirse con grandes gastos. Hace falta, pues, intensificar las investigaciones para obtener más datos sobre métodos que permitan reducir la cantidad de contaminadores emitidos por esas operaciones especiales.

3. Es preciso también intensificar las investigaciones a fin de disponer de datos más numerosos sobre la interacción y la suerte final de los contaminadores, sobre todo durante los periodos de inversión de temperatura y de niebla, en los que tiende a alcanzar su máximo la concentración de contaminadores.

4. El efecto de los contaminadores del aire sobre la salud humana depende de varios factores importantes, entre los que cabe citar el clima, el modo de vida y otras circunstancias que difieren de un lugar a otro. Por ello, es necesario efectuar estudios conjuntos sobre las tasas de morbilidad y de mortalidad por bronquitis crónica y cáncer primario del pulmón en los países donde sea posible estudiar separadamente la acción de las variables más importantes y proceder a una normalización.

5. Conviene intensificar tanto en el laboratorio como sobre el terreno los estudios epizootiológicos acerca de la acción de los contaminadores del aire sobre los animales.

6. Es preciso crear nuevos centros para efectuar estudios de laboratorio sobre la toxicidad de determinados contaminadores, de grupos de contaminadores y del aire ambiente muy contaminado.

7. La contaminación del aire plantea numerosos problemas que por su complejidad no pueden recibir una solución fácil e inmediata, pues para ello hace falta un equipo costoso y un personal muy competente. Conviene, pues, estimular a los centros de enseñanza superior y a los organismos internacionales y nacionales competentes para que emprendan investigaciones con objeto de resolver los problemas más arduos.

8. Deben intensificarse las investigaciones sobre el empleo de plantas indígenas y de otros seres vivos como indicadores de la presencia de contaminadores del aire.

### **6.3 Reunión y difusión de datos**

1. Los conocimientos actuales sobre los contaminadores del aire cuya nocividad para la salud se conoce o se sospecha no son suficientes para establecer normas que determinen los grados de concentración inocuos para el hombre. Hace falta, pues, reunir y cotejar informaciones sobre los diversos valores recomendados como concentraciones máximas admisibles en el aire que se respira, así como obtener nuevos datos basados en estudios más detenidos sobre las concentraciones admisibles.

2. Conviene fomentar la reunión y difusión de datos sobre los límites de la concentración de determinados contaminadores liberados en la atmósfera.

3. Aunque ya se han publicado numerosas informaciones sobre muchos aspectos del problema de la contaminación del aire, es preciso dar mayor difusión a los resultados obtenidos sobre la influencia de la situación de las zonas industriales y de la traza de las plantas, de la altura de las chimeneas y de la velocidad de emisión, en relación con las condiciones meteorológicas y topográficas y con la densidad y el tipo de las fábricas y viviendas.

4. Como el medio en que se dispersa y propaga la contaminación atmosférica es el aire, siempre que se trate de organizar la lucha contra ella, importará estudiar a fondo las condiciones meteorológicas locales. Asimismo, cuando se tracen planes de desarrollo industrial y comunal, ese análisis será igualmente necesario para prevenir la contaminación. La toma sistemática de muestras en una zona de contaminación real o potencial debe coordinarse con el estudio de las condiciones meteorológicas.

5. Conviene reunir y difundir informaciones sobre los gastos que la contaminación del aire ocasiona en determinados lugares del mundo.

#### **6.4 Administración y legislación**

1. Con objeto de poderlos aplicar a colectividades de importancia y recursos presupuestarios diferentes, deberán elaborarse diversos tipos de programas y métodos uniformes (con especificación de los instrumentos recomendados) para la ejecución de programas de lucha contra la contaminación del aire.

2. La experiencia ha demostrado la necesidad de una legislación especial sobre contaminación del aire para organizar servicios eficaces, conocer bien las condiciones que han de evitarse o mejorarse y disponer de una base para aplicar las medidas necesarias. Como primer paso para redactar leyes y reglamentos se recomienda la organización de comités nacionales compuestos de representantes de diversos sectores, y en particular del servicio de salud pública, de los consumidores de combustible, de los servicios de higiene industrial, agricultura, ciencia, industria y urbanismo, que se encarguen de dar asesoramiento sobre la forma y el alcance de la legislación.

3. La lucha contra la contaminación del aire necesita estar respaldada por sanciones jurídicas, pero será más eficaz si se definen con precisión sus objetivos y se dan a los industriales las orientaciones necesarias. En consecuencia, se recomienda que los inspectores y agentes encargados de vigilar las fuentes de contaminación empleen en primer lugar métodos educativos.

4. Merece particular atención la conveniencia de establecer consejos consultivos nacionales en contaminación atmosférica, que se encarguen de evaluar el problema en su conjunto y de inspeccionar las diversas actividades que se emprendan en el país para resolverlo.

#### **6.5 Formación profesional**

1. En todas las fases y escalas de la lucha contra la contaminación del aire han de emplearse los medios necesarios para dar una formación adecuada y completa a los funcionarios, inspectores, técnicos y operarios. Esta formación puede darse por medio de cursos especializados, reuniones técnicas, instrucción individual y adiestramiento en el servicio.

2. Hay muchos procedimientos industriales, como los utilizados en las fábricas de productos químicos, que sólo pueden ponerlos en práctica, con la mínima emisión de contaminadores, los expertos que conocen muy a fondo dichos procedimientos así como los diversos aspectos del problema de la contaminación del aire. A ese respecto, se recomienda que en los países industrializados donde se apliquen esos procedimientos se organicen cursos para graduados u otro tipo de enseñanzas. Convendría también incitar a esos países a que procedieran al intercambio de datos sobre esos problemas especiales.

3. El grado de contaminación del aire que el humo, la carbonilla y el polvo producen hoy en numerosas regiones podría reducirse considerable-

mente aplicando los conocimientos existentes a la construcción y funcionamiento de las instalaciones, sobre todo de las calderas y hornos industriales alimentados por combustible sólido y líquido, con lo que se lograría simultáneamente una economía de combustible para un mismo efecto calorífico o energético. Sin embargo, esos conocimientos no podrán aplicarse plenamente mientras no reciban una formación más completa el personal de dirección, los jefes de servicio y los operarios, y no se dé mayor difusión a las informaciones relativas a esos problemas.

Se recomienda, en consecuencia, que se organicen cursos sistemáticos de formación profesional o se amplíen los ya existentes, y se adapten a las diversas categorías de personal administrativo y de operarios. Conviendría, además, que los encargados de esos cursos en los diversos países tuvieran ocasión de visitarse mutuamente y asistir a reuniones de expertos. Debería ofrecerse también al personal superior encargado de los programas de lucha contra la contaminación del aire en los Estados Miembros, y sobre todo en los países donde esos programas no están enteramente terminados, la posibilidad de adquirir una formación profesional completa. En este aspecto la colaboración de la OMS podría ser muy útil.

#### **6.6 Educación popular**

Para ser eficaz, todo programa de lucha contra la contaminación del aire debe contar con el apoyo de la opinión pública. A tal fin, es necesario tomar disposiciones para organizar un programa en el que se explique a la población la naturaleza general de la contaminación del aire, sus efectos nocivos para la salud, las dificultades con que tropieza la ejecución de un programa de purificación del aire y los medios con que la población puede contribuir a reducir la contaminación de la atmósfera.

#### **6.7 Publicación de una monografía**

El Comité recomienda, por último, que la OMS estudie la posibilidad de publicar una monografía sobre la contaminación del aire, teniendo en cuenta la documentación preparada para el Comité y las informaciones de otras procedencias.