

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 271

CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA

Informe de un Comité de Expertos de la OMS

	<i>Página</i>
1. Introducción	3
2. Examen de los progresos en la lucha contra la contaminación del aire	3
3. Problemas de interés internacional relacionados con la contaminación del aire	8
4. Normalización internacional en materia de contaminación del aire: nomenclatura, unidades y métodos de medición	10
5. Criterios e índices aplicables a la pureza del aire	14
6. Evaluación de los trabajos e investigaciones recientes sobre contaminación atmosférica	16
7. Recomendaciones	18

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

GINEBRA

1964

COMITE DE EXPERTOS EN CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA

Ginebra, 15-21 de octubre de 1963

Miembros:

- Sr. W. Dümmer, Jefe, Sección de Terapia Ocupacional, Servicio Nacional de Salud, Santiago, Chile
- Dr. K. Horiuchi, Profesor de Medicina Preventiva y Salud Pública, Escuela de Medicina de la Universidad de Osaka, Japón
- Dr. P. J. Lawther, Director, Medical Research Council, Air Pollution Research Unit; Consultant Physician in Environmental Medicine, St Bartholomew's Hospital, Londres, Inglaterra (*Relator*)
- Sr. V. G. MacKenzie, Chief, Division of Air Pollution, United States Public Health Service, Washington, D. C., Estados Unidos de América (*Presidente*)
- Profesor V. A. Rjazanov, Director, Instituto de Higiene General y Municipal, Moscú, URSS (*Vicepresidente*)
- Profesor R. Truhaut, Directeur du Laboratoire de Toxicologie et d'Hygiène industrielle de la Faculté de Pharmacie de l'Université de Paris, Francia

Secretaría:

- Dr. E. C. Halliday, Head, General Physics Division, National Physical Research Laboratory, Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria, Sudáfrica (*Consultor*)
- Sr. R. Pavanello, Jefe de la Sección de Contaminación del Aire y del Agua, División de Higiene del Medio, OMS (*Secretario*)
- Dr. R. A. Prindle, Director, Division of Public Health Methods, United States Public Health Service, Washington, D. C., Estados Unidos de América (*Consultor*)

CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA

Informe de un Comité de Expertos de la OMS

1. INTRODUCCION

Un Comité de Expertos de la OMS en Contaminantes de la Atmósfera se reunió en Ginebra del 15 al 21 de octubre de 1963. El Dr. P. Dorolle, Director General Adjunto, abrió la reunión en nombre del Director General. El Comité eligió Presidente al Sr. V. G. MacKenzie, Vicepresidente al Profesor V. A. Rjazanov, y Relator al Dr. P. J. Lawther.

Varias reuniones de expertos patrocinadas por la OMS han puesto atención en la contaminación del aire, que ha sido objeto además de algunas publicaciones de la Organización.^{1, 2, 3, 4} El Comité ha tomado en particular nota del informe del reciente Simposio Interregional de la OMS sobre criterios para determinar la pureza del aire y métodos de medición que le ha sido muy útil en sus trabajos. Deseoso de evitar en lo posible una recapitulación de datos ya publicados, el Comité se remite para los antecedentes del caso a lo dicho en el quinto informe del Comité de Expertos de la OMS en Saneamiento del Medio.¹

El Comité, aunque en su mandato no se hubiera incluido el examen de los contaminantes radiactivos del aire, ha tomado nota con interés y satisfacción de los progresos que está haciendo actualmente la lucha contra esa contaminación.

2. EXAMEN DE LOS PROGRESOS EN LA LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION DEL AIRE

Para combatir la contaminación atmosférica hacen falta unas disposiciones legales que autoricen las operaciones de lucha, unos medios

¹ Comité de Expertos en Saneamiento del Medio (1958) *Contaminación de la Atmósfera*, Ginebra (Org. mund. Salud Ser. Inf. técn., N° 157).

² *Contaminación de la atmósfera*, por varios autores, Ginebra, 1962 (Organización Mundial de la Salud: Serie de Monografías, N° 46).

³ Lawther, P. J., Martin, A. E. y Wilkins, E. T. (1962) *Epidemiología de la contaminación atmosférica: informe de un simposio*, Ginebra, Organización Mundial de la Salud (Cuadernos de Salud Pública, N° 15).

⁴ Organización Mundial de la Salud (1963) *Air pollution: a survey of existing legislation*, Ginebra; *Rec. int. Lég. Sanit.—Int. Dig. Hlth Legis.*, 1963, 14, 187.

técnicos con que eliminar los contaminantes e impedir su emisión, un órgano encargado de que se haga todo lo necesario para conseguir ese resultado, y unos equipos de observación y vigilancia que lo comprueben. No ha de olvidarse además que la buena voluntad de la población y las buenas relaciones que mantenga con ella el servicio de inspección son otra condición indispensable del éxito.

2.1 Restricciones legales

En todo el mundo se han promulgado últimamente disposiciones legislativas para combatir la contaminación atmosférica o se han modificado las que ya estaban en vigor. En el caso de los Estados Unidos de América, no sólo son muchos Estados de la Unión los que lo han hecho, sino incluso algunas administraciones locales. El Gobierno Federal, por su parte, ha propuesto que se extiendan las atribuciones del Servicio de Salud Pública para que intervenga en situaciones en que, por extenderse a varios Estados, puede hacerse difícil aplicar la legislación de cada uno de ellos.

En el Reino Unido, en Francia y en Alemania las disposiciones legislativas aplicables a la lucha contra la contaminación del aire se han modificado y perfeccionado. La URSS y los países limítrofes han completado también la legislación sobre la materia. Australia, Nueva Zelandia, Chile y Japón han promulgado estos últimos años nuevas disposiciones legislativas y otros países están preparándolas.

Todas esas leyes nuevas aplican en lo esencial, con modificaciones adaptadas a las situaciones locales, los principios enunciados en el quinto informe del Comité de Expertos de la OMS en Saneamiento del Medio.¹ El resumen que ha hecho la OMS de la legislación vigente contra la contaminación del aire, aun siendo incompleto, enumera trece países en que se han promulgado disposiciones legislativas.

2.2 Medios técnicos para combatir la contaminación del aire

Durante los seis años transcurridos desde que se publicó el quinto informe del Comité de Expertos de la OMS en Saneamiento del Medio los procedimientos para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente han hecho considerables progresos. Sin propósito de enumerarlos todos, se mencionan algunos a continuación.

2.2.1 Dispositivos de retención

Se han emprendido muchas investigaciones técnicas para idear y perfeccionar dispositivos de separación por inercia, de precipitación

¹ *Org. mund. Salud Ser. Inf. técn.*, 1958, 157.

electrostática y de depuración por lavado o con filtros de tela. Las publicaciones técnicas han reproducido informes y estudios sobre esas innovaciones. Algunos centros nacionales distribuyen periódicamente resúmenes de los artículos. Los servicios de difusión de reseñas de trabajos sobre contaminación del aire aportan sin duda una importante contribución a la lucha contra los contaminantes.

2.2.2 *La lucha contra los contaminantes emitidos por vehículos automóviles*

Los vehículos automóviles contribuyen a la contaminación del aire con la emisión de hidrocarburos, de monóxido de carbono y de óxidos de nitrógeno que se produce por el tubo de escape y por el ventilador del cárter (o tubo de tiro inferior). En la atmósfera y bajo la acción de una intensa luz solar, algunos de estos hidrocarburos y de esos óxidos de nitrógeno pueden convertirse en contaminantes «fotoquímicos» con propiedades oxidantes. Los motores diesel además pueden emitir humos negros cuando se manejan mal o no están bien ajustados. Para evitar esas contaminaciones se han ideado varios medios.

Las emisiones del cárter pueden detenerse con un dispositivo que las devuelva a la toma de aire del motor. Para combatir la emisión de hidrocarburos por el tubo de escape están ensayándose otros dispositivos que permiten quemarlos en el sistema de escape del vehículo; los resultados no son todavía plenamente satisfactorios, a pesar de los progresos considerables que se han hecho ya. Las investigaciones se orientan ahora hacia el mejoramiento de las condiciones en que se alimenta el motor para reducir así la concentración de hidrocarburos en los gases de escape.

Otros trabajos en curso tienen por objeto el empleo en los motores de combustión interna de gas de petróleo líquido que reduce la emisión de hidrocarburos. El humo del motor diesel puede eliminarse con una regulación cuidadosa de las condiciones de utilización y entretenimiento del motor. En algunos países se han puesto en vigor disposiciones legislativas que especifican a esos efectos las condiciones deseables, y se ha implantado un sistema regular de vigilancia para comprobar el buen estado de entretenimiento de los vehículos que circulan por las carreteras.

2.2.3 *Instalaciones para el consumo de carbón*

En países donde por tradición o por razones económicas el humo de los fuegos domésticos es el principal contaminante atmosférico se ha hecho un gran esfuerzo para producir modelos de estufas en que el carbón se queme mejor. Se ha adelantado mucho también en la obtención de combustibles sólidos, y se ha conseguido producir coques reactivos para hogares abiertos. Hay pocas esperanzas, sin embargo, de eliminar la emisión de dióxido de azufre en las instalaciones domésticas que consumen combustibles sólidos. En todos los países donde se han emprendido programas

de lucha contra la contaminación del aire, la combustión sin humo del carbón en los hornos industriales ha hecho muchos progresos.

2.2.4 *Medios indirectos de reducir la contaminación del aire*

A continuación se indican algunas modificaciones e innovaciones técnicas que han contribuido a reducir la contaminación atmosférica causada por el humo y, en algunos casos, por el dióxido de azufre:

a) Mayor consumo de la energía producida en las centrales hidroeléctricas y termonucleares.

b) Suministro de calor a barrios enteros desde una central térmica por medio de conducciones de agua caliente o de vapor.

c) Empleo mucho mayor de gas natural, de electricidad y de petróleo bien refinado para la calefacción, la cocina y a veces el alumbrado e incluso, en algunos lugares, para la producción de energía eléctrica.

d) Empleo en la tracción de energía eléctrica y de motores diesel mejor construidos.

e) Edificación de ciudades satélites en que no se consume ningún combustible que pueda contaminar el aire.

f) Importancia creciente atribuida a las disposiciones para prevenir la contaminación del aire como factor del planeamiento urbano.

g) Establecimiento de «cinturones verdes» que separan las zonas industriales y las zonas residenciales en las ciudades de fundación reciente.

h) Uso de algún sistema de aviso meteorológico que permite aplicar medidas transitorias para reducir la emisión de contaminantes durante los periodos de más calma atmosférica.

i) Mejoramientos en la organización del tráfico que atenúan la contaminación procedente de los vehículos automóviles.

2.2.5 *Reducción de las concentraciones de dióxido de azufre*

No se han encontrado todavía métodos bastante satisfactorios para prevenir la emisión de dióxido de azufre en la combustión de sustancias que contienen azufre. Los grandes consumidores industriales de esos combustibles utilizan, por esa razón, chimeneas muy altas que permiten una mayor dispersión del dióxido de azufre y disminuyen suficientemente las concentraciones al nivel del suelo. Algunos países para dar una garantía más a la salud pública han recurrido al expediente, cuando las circunstancias lo permiten, de establecer las centrales de producción de energía en campo abierto, lejos de las ciudades. Se han emprendido asimismo estudios para encontrar métodos de absorber el dióxido de azufre de los gases de chimenea sin enfriarlos (de manera que no se rebaja la elevación del humo), convirtiendo el dióxido en ácido sulfúrico o en azu-

fre. En los informes sobre esos trabajos se da cuenta de los progresos realizados, pero todavía queda mucho por hacer.

2.3 Vigilancia de las concentraciones de contaminantes atmosféricos

El éxito de cualquier programa destinado a suprimir o a reducir la emisión de contaminantes requiere que se ejerza vigilancia sobre la concentración de los contaminantes emitidos o sobre la concentración de los contaminantes presentes en el aire o sobre las dosis. Durante los seis años últimos se han hecho progresos considerables en el empleo de instrumentos para medir la concentración en las chimeneas, lo que facilita las operaciones de lucha. Con respecto a las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente, las investigaciones han permitido ya recurrir en número creciente a nuevos métodos cada vez más seguros y adecuados. Se dispone además de instrumentos indicadores o registradores relativamente baratos. Esos adelantos facilitan la labor de los servicios dedicados a combatir la contaminación y son un medio auxiliar para el investigador que se propone estudiar en detalle el comportamiento de los contaminantes.

2.4 Resultado de los esfuerzos desplegados para reducir la contaminación del aire

En muchas ciudades y zonas urbanas donde estaban manifiestamente planteados graves problemas de contaminación atmosférica la aplicación de medidas de lucha ha permitido en el curso de los seis años últimos mejorar considerablemente la calidad del aire, a juzgar por la reducción de los depósitos en los colectores, por la menor opacidad de los papeles de filtro o por la masa menor de partículas recogida con los aparatos de muestreo en gran volumen. No siempre ha sido fácil demostrar con las mediciones corrientes el mejoramiento obtenido en lugares donde el grado de contaminación era ya moderado, lo que puede explicarse por tres causas, cuando menos: primero, posibilidad de que se hayan producido modificaciones duraderas de las condiciones meteorológicas y de que por efecto de ellas se mantengan invariables en el aire ambiente las concentraciones de contaminantes a pesar de haberse reducido la emisión; segundo, necesidad de emplear, según la ley del rendimiento decreciente, unos esfuerzos para pasar de una concentración moderada a una concentración baja que son proporcionalmente mayores que los requeridos para que una concentración fuerte pase a ser moderada; tercero, posibilidad de que, paralelamente a la reducción de las emisiones por cada fuente, el crecimiento demográfico haya determinado un aumento del número total de las fuentes. Es probable, pues, que una serie relativamente corta de mediciones corrientes no refleje bien en muchas ciudades el éxito de los esfuerzos desplegados por los servicios locales para reducir la contaminación del aire.

3. PROBLEMAS DE INTERES INTERNACIONAL RELACIONADOS CON LA CONTAMINACION DEL AIRE

A juicio del Comité, la OMS podría contribuir a organizar las actividades internacionales contra la contaminación del aire en los siguientes sectores:

3.1 Contaminantes emitidos por vehículos automóviles

En la gran mayoría de las situaciones locales la presencia en el aire de fuertes concentraciones de hidrocarburos y de contaminantes de origen fotoquímico formadas por las emisiones de los vehículos automóviles no parece plantear todavía un problema serio; pero con la prosperidad económica, el número de los vehículos automóviles en circulación tiende a aumentar, lo que lleva consigo en las ciudades el aumento del volumen diario de los combustibles quemados en motor por unidad de superficie y el peligro consiguientemente mayor de que esas emisiones contaminen el aire. Conviene, pues, vigilar los cambios en las concentraciones atmosféricas de las sustancias ya mencionadas. Hay que considerar además que el aumento de la concentración de monóxido de carbono en el aire de la calle puede representar un peligro serio. También necesita estudio constante la contaminación originada por las sustancias que a veces se añaden al combustible; y es urgente emprender investigaciones sobre otros muchos compuestos emitidos por los vehículos automóviles y, en particular, sobre los hidrocarburos policíclicos.

3.2 Eliminación del dióxido de azufre en los gases de chimenea

En la sección 2.2.5 se ha hecho referencia a los trabajos emprendidos con objeto de encontrar métodos que permitan eliminar el dióxido de azufre en los gases de chimenea. Hay muchos motivos para orientar las investigaciones hacia los medios de extraer el azufre que puedan contener el carbón y el petróleo de manera que en los gases de chimenea procedentes de su combustión no haya dióxido de azufre. El problema es difícil y conviene, por lo mismo, organizar la cooperación de los esfuerzos para resolverlo; en atención a la evidente importancia internacional del asunto, la ayuda de la OMS podría hacerse necesaria.

3.3 Factores meteorológicos

La meteorología puede aportar dos contribuciones importantes a la lucha contra la contaminación del aire. Una es la previsión de los períodos de gran calma atmosférica (véase la sección 2.2.4); y otra, los estudios

locales de la circulación del aire y la construcción de modelos para determinar los efectos de la instalación de industrias en diferentes partes de una zona poblada. Los conocimientos adquiridos hasta ahora no son bastantes para hacer bien ni lo uno ni lo otro, por lo que recomienda el Comité que se procure estimular la labor emprendida para resolver esos problemas en diferentes países Miembros y que se difunda la información sobre los resultados obtenidos.

3.4 Pérdidas en el rendimiento de la mano de obra por efecto de la contaminación atmosférica

Las encuestas de morbilidad que se organicen en lo sucesivo deben proponerse, entre otros objetivos, la evaluación de las pérdidas que representan para la colectividad las enfermedades que causa o que prolonga la contaminación del aire. En tales encuestas puede ser útil la ayuda de la OMS.

3.5 Combustión de carbón en los países en vías de desarrollo

En los países en vías de desarrollo donde hay yacimientos poco profundos de carbón, no es difícil obtener carbón (a veces de mala calidad); su empleo doméstico produce una contaminación por humos. Las técnicas actuales para preparar combustibles sin humo son caras y técnicamente muy complicadas, por lo que hace falta encontrar métodos más baratos de tratamiento que, aun cuando no den un combustible ideal, permitan reducir las concentraciones de humo y resolver provisionalmente el problema.

3.6 Servicio de información para el personal encargado de combatir la contaminación atmosférica

Desde hace seis años, se ha iniciado en varios países la lucha contra la contaminación del aire en las ciudades. El personal encargado de esas operaciones tiene todavía relativamente poca experiencia y encuentra dificultad para afrontar todos los problemas técnicos que se le plantean. La publicación periódica de trabajos y estudios sobre diferentes aspectos concretos de la lucha contra la contaminación atmosférica, en que se delimitara el planteamiento de los problemas técnicos que pueden presentarse, se describiera la manera de afrontarlos y se indicaran las publicaciones técnicas más completas sobre el caso podría prestar un servicio internacional muy valioso.

4. NORMALIZACION INTERNACIONAL EN MATERIA DE CONTAMINACION DEL AIRE: NOMENCLATURA, UNIDADES Y METODOS DE MEDICION

Con objeto de que los resultados de las investigaciones practicadas en distintos países sean comparables, conviene mucho llegar a un acuerdo sobre la nomenclatura y los métodos de medición de la contaminación del aire.

Es necesario lo antes posible eliminar de las publicaciones técnicas unos términos tan vagos como « *smog* » y « *smaze* »; los expertos científicos tienen el deber de describir la contaminación atmosférica en las diferentes partes del mundo con indicaciones precisas sobre su origen y constitución. Importa prescindir de una palabra híbrida como « *smog* », que da a veces una impresión errónea sobre la naturaleza de la contaminación.

También se inconveniente el empleo impreciso de los términos meteorológicos « inversión de temperatura », « base de inversión » y « techo de inversión », que se refieren a fenómenos de tipos y magnitudes diferentes que pueden coexistir y que necesitan ser definidos con exactitud.

Para dar cuenta de la concentración y dimensiones de los contaminantes hay que emplear el sistema métrico e indicar las temperaturas en grados centígrados. Las concentraciones de partículas y gases deben expresarse con referencia a la masa y al volumen, lo que requiere una normalización de las mediciones de la temperatura y de la presión por unidad de volumen.

Pero el deseo de normalizar las unidades de concentración no debe ser pretexto para simplificar con exceso la descripción de la contaminación atmosférica. Otras dimensiones y propiedades de los contaminantes han de ser descritas con toda la exactitud posible; la indicación de la masa de las partículas por unidad de volumen sólo basta cuando se conoce su naturaleza física y química, de la que pueden casi enteramente depender sus efectos biológicos.

Es importante dar indicaciones sobre los periodos en que se han tomado las muestras, los cuales variarán naturalmente según la finalidad que se persiga: las muestras « instantáneas » son útiles para ciertos efectos (como, por ejemplo, para hacer al azar comprobaciones de la contaminación en muchos lugares), pero su valor es más limitado cuando se trata de definir el medio en una encuesta epidemiológica. Siempre que sea apropiado, conviene usar instrumentos de registro continuo que permitan observar las concentraciones máximas (la precisión de los valores máximos

dependerá de la constante de tiempo del instrumento) y calcular las concentraciones medias durante periodos determinados. El uso de esos instrumentos requiere cuidados especiales, porque su falta de especificidad obliga a someter los resultados que arrojan a frecuentes exámenes críticos y a confirmarlos con distintos métodos de análisis.

Otro factor que ha de influir en la selección del periodo de muestreo es la naturaleza del contaminante estudiado. Algunos compuestos, en efecto, como los hidrocarburos policíclicos, tienen una estabilidad variable y pueden ser oxidados o destruidos por la luz o por otros contaminantes, circunstancia que ha de tenerse presente cuando se planea una encuesta, porque si se recogen las muestras durante un periodo demasiado largo, los componentes menos estables se perderán sin que los resultados de la observación acusen su presencia.

A los efectos de la comparación internacional de las mediciones corrientes podría definirse la muestra corta como la recogida durante un periodo de 30 minutos, y la muestra larga como la recogida durante un periodo de 24 horas. Sin desconocer que en ciertas circunstancias serán más convenientes otros periodos, se recomienda el uso de los mencionados siempre que sea posible.

Después de haber resumido los principios que deben aplicarse a la recogida y descripción de los contaminantes del aire, el Comité ha considerado indispensable poner de relieve la importancia de situar bien los lugares en que se hagan las operaciones de recogida para que las muestras sean verdaderamente representativas del aire que respira la población, puesto que, a falta de ello, de nada servirían los cuidados que se pusieran en la medición.

La contaminación del aire puede consistir en partículas o en gases. Un caso frecuente de lo primero está en el humo, que es un aerosol formado por la combustión incompleta de materias carbonosas. En las colectividades que hacen gran consumo de dichos combustibles esa mezcla compleja de carbón, cenizas, cristales y alquitrán es el contaminante que se ha de medir con más frecuencia. Las concentraciones de humo (o de «materia en suspensión permanente») suelen expresarse en unidades de masa por unidad de volumen, pero la cifra se obtiene en general midiendo la opacidad de un papel de filtro y refiriendo el resultado a una curva de valoración que permite estimar la concentración de la masa. Para poner confianza en las mediciones gravimétricas del humo hace falta que se comprueben con frecuencia las curvas de valoración según la estación del año, el tiempo que haga y las condiciones cambiantes en que usualmente se consume el combustible. Es evidente que la valoración óptica de la opacidad del filtro ha de hacerse antes de llegar al ennegrecimiento máximo. En la recogida de las muestras ha de procurarse que la velocidad lineal en la cara del filtro sólo permita medir las partículas bastante pequeñas para que puedan ser inhaladas. El método de evaluar la con-

taminación por partículas graduando la opacidad del papel de filtro tiene ventajas ciertas, porque es técnicamente sencillo y no requiere aparatos costosos y porque además en algunos países la correlación de la morbilidad con el ennegrecimiento del filtro puede ser más estrecha que con la simple masa de las partículas recogidas en un colector; pero también tiene muchos inconvenientes, porque algunas contaminaciones ennegrecen menos que antes y porque la opacidad de otros contaminantes como, por ejemplo, el humo de los motores diesel es mucho mayor por unidad de peso que la del humo de carbón. Esos problemas no tienen solución fácil si no se ha definido cuidadosamente la finalidad del muestreo según que tenga por objeto medir la opacidad, la masa o la superficie de proyección de las partículas. El empleo de filtros de membrana o de fibra de vidrio permite pesar las partículas o calcular la superficie de su proyección, pero sigue siendo necesario encontrar un material filtrante químicamente inerte, que no sea friable ni higroscópico y que oponga poca resistencia al aire para que puedan recogerse adecuadamente las muestras.

La investigación de los efectos que pueda tener la contaminación por partículas requiere el empleo de muchas técnicas de examen microscópico, pero como en este otro caso se trata de investigaciones, la necesidad de normalizar los instrumentos o las observaciones es menos urgente.

El dióxido de azufre es probablemente el principal contaminante gaseoso en las aglomeraciones que consumen carbón o petróleo. Actualmente se emplean muchos métodos para evaluar su concentración. Uno de los más corrientes consiste en que el aire, después de separado el humo por filtración, pasa en burbujas a través de una solución de peróxido de hidrógeno para determinar el ácido sulfúrico resultante por titulación con un álcali tipo. El método es sencillo; y aunque le falte especificidad porque la medición se refiere a los gases ácidos más que al dióxido de azufre, como este último es con mucho el contaminante ácido que predomina en la mayor parte de las ciudades que consumen carbón y petróleo, los resultados obtenidos reflejan con bastante fidelidad la concentración de dióxido de azufre en el aire. Hay métodos colorimétricos que son precisos; ciertos investigadores prefieren evaluar la cantidad total de sulfatos porque trabajan en lugares donde las concentraciones de dióxido de azufre en el aire están estrechamente relacionadas con esos valores. El aumento de la conductibilidad de las soluciones acuosas y la decoloración de las soluciones de iodo son fenómenos corrientemente aprovechados en los aparatos de registro automático que permiten comprobar con suficiente aproximación si la composición de los contaminantes se mantiene más o menos constante. Pero las variaciones frecuentes de la contaminación gaseosa desvirtúan a veces la precisión de las observaciones; el amoníaco, por ejemplo, puede aumentar la conductibilidad de una solución y valorarse como dióxido de azufre; los óxidos de nitrógeno, por su parte,

alteran algunas reacciones colorimétricas. Es indispensable, pues, ejercer una vigilancia constante.

Ciertos tipos de contaminación atmosférica son muy oxidantes, carácter que con frecuencia ha sido exclusivamente atribuido al ozono. Las investigaciones practicadas en los diez años últimos han demostrado que el ozono está lejos de ser el único oxidante que pueda tener el aire contaminado y que no debía atribuirse al ozono todo el potencial de oxidación observado más que cuando la medición se hubiera hecho con un específico para esa sustancia. Las concentraciones de oxidante deberían expresarse, por lo tanto, en términos más absolutos.

Es indispensable tener siempre muy presente que en cualquier método de evaluación que lleve consigo la disolución de los contaminantes, hay riesgo de no medir nada más que la suma algebraica de unas propiedades químicas dispares: el amoníaco libre y el dióxido de azufre, por ejemplo, pueden estar simultáneamente en el aire; pero cuando la muestra recogida pasa por aspiración a través de un reactivo acuoso, dichas sustancias se encuentran en condiciones de reaccionar y lo que se mide entonces con los métodos de titulación no es nada más que el equilibrio acidobásico resultante. La evaluación exacta de un oxidante se hace más difícil cuando hay en el aire materias reductoras a no ser que se haya empleado un método específico. No puede olvidarse que el aire se contamina con cantidades ínfimas de gases y de partículas y que la mera aplicación de las leyes de la equivalencia química no cuadra a unos compuestos tan sumamente diluidos como los que contiene la atmósfera.

En cuanto antecede sólo se ha hecho referencia a la medición de tres clases de contaminantes; pero hay otros muchos compuestos que pueden estar presentes en el aire y que son objeto de estudio por investigadores de varios países. Algunos de los métodos empleados en esos estudios se han publicado ya.

Nunca se insistirá bastante en la necesidad de que la mención de las concentraciones, las propiedades o la composición de un contaminante, vaya acompañada de la descripción detallada de los métodos que hayan servido para obtener los resultados. Actualmente, muchas organizaciones nacionales e internacionales hacen un esfuerzo para normalizar los métodos corrientes de medición; conviene seguir con atención esas tentativas y darles apoyo; conviene también llevar adelante los experimentos encaminados a establecer otros métodos mejores.

Es urgente llegar a un acuerdo internacional que permita comparar los datos sobre morbilidad y mortalidad. En los estudios de morbilidad, las encuestas sobre la prevalencia de unos síntomas y unos síndromes puntualmente definidos son preferibles con mucho a las comparaciones de enfermedades, cuya definición depende de unos criterios diagnósticos que pueden variar considerablemente de un país a otro. El empleo de cuestionarios uniformados y bien preparados (como los que describen

Lawther y colaboradores ¹⁾ es muy útil en las encuestas epidemiológicas. Al estudiar la mortalidad, hay que poner mucho cuidado en cerciorarse de que se conocen con razonable seguridad las causas de defunción. Es sabido que los certificados de defunción no siempre son fidedignos; en lo posible conviene obtener datos necrópicos y hacer exámenes histológicos de piezas.

5. CRITERIOS E INDICES APLICABLES A LA PUREZA DEL AIRE

Al estudiar esta cuestión, el Comité ha examinado cuidadosamente el informe del Simposio Interregional de la OMS sobre Criterios para determinar la Pureza del Aire y Métodos de Medición, reunido en Ginebra del 6 al 12 de agosto de 1963, y ha dado su aprobación a las explicaciones generales que contiene y a los principios y definiciones que se transcriben a continuación:

« 1. Los criterios que han de servir de fundamento a los índices de la pureza del aire son los que resulten de las pruebas y ensayos que permitan determinar la naturaleza y la magnitud de los efectos que la contaminación del aire tenga en el hombre y en su ambiente.

« 2. Los índices de la pureza del aire consisten en series de concentraciones y de 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.

« 3. Con arreglo a los conocimientos actuales, 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 límite 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 los factores físicos que intervengan. En el Simposio se tomó el acuerdo de definir las cuatro categorías con referencia a los niveles siguientes:

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

¹ Lawther, P. J., Martin, A. E. y Wilkins, E. T. (1962) *Epidemiología de la contaminación atmosférica: informe de un simposio*, Ginebra, Organización Mundial de la Salud (Cuadernos de Salud Pública, N.º 15).

« 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 de las concentraciones y 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 y 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 esos niveles: *a*) porque no se tenga conocimiento de que la sustancia de que se trate produzca los efectos correspondientes a uno o a 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).

« También hay que pensar en la posibilidad de que algunos contaminantes tengan efectos mutagénicos; pero hasta ahora lo que se sabe sobre la materia es demasiado poco para clasificar esos contaminantes en las categorías mencionadas. »

El Comité ha puesto de relieve la necesidad de que se haga todo lo posible para evitar la contaminación del aire con sustancias biológicamente nocivas a consecuencia de operaciones practicadas por el hombre.

El Comité ha estado de acuerdo en considerar conveniente la aplicación internacional de los principios que acaban de enunciarse como criterios de la pureza del aire y el pronto establecimiento de los índices correspondientes. A su juicio podrán establecerse enseguida los que se refieren a los contaminantes que han sido objeto de más estudio y atención y cuya difusión está más extendida, como ocurre con los óxidos de azufre. La OMS podría tomar disposiciones con ese objeto. El Comité ha reconocido que entre el nivel I y el nivel II hay una franja de concentraciones y de tiempos de exposición en la que algunos contaminantes pueden producir efectos observables, cuya significación es todavía incierta.

Los valores de la emisión están evidentemente relacionados con los de las concentraciones de contaminantes presentes en el aire ambiente, pero como en la relación influyen mucho también los factores meteoroló-

gicos y otros factores locales, sería prácticamente imposible establecer unas normas internacionales para la emisión de contaminantes, por lo que la reglamentación correspondiente debe quedar a discreción de las autoridades nacionales o locales competentes.

Aunque los problemas que necesitan ser investigados y los programas correspondientes se examinan en otro lugar de este informe (véanse las secciones 6 y 7), el Comité entiende que sería útil emprender un programa de asistencia técnica y financiera para facilitar el intercambio de informaciones y fomentar los estudios internacionales relacionados con el establecimiento y la comprobación de los índices de la pureza del aire.

6. EVALUACION DE LOS TRABAJOS E INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE CONTAMINACION ATMOSFERICA

Durante los diez años últimos ha aumentado mucho el volumen de las investigaciones emprendidas en casi todos los países del mundo sobre contaminación atmosférica. La mayoría de ellas tienen por objeto descubrir y medir los contaminantes presentes en la atmósfera y determinar sus efectos médicos y biológicos. Se han hecho también algunos estudios sobre la posibilidad de prevenir y combatir la contaminación atmosférica eliminando los contaminantes en su origen. Sobre los aspectos meteorológicos y económicos de la contaminación atmosférica se han publicado menos trabajos.

La detección, identificación y medición de los contaminantes han hecho muchos progresos. El problema principal, que consiste en determinar con precisión el estado en que pueden encontrarse los contaminantes presentes, va esclareciéndose poco a poco gracias a la aplicación de nuevos métodos de análisis físico. La información obtenida con los métodos químicos suele limitarse al último estado de las sustancias, y las reacciones secundarias que se producen en el medio empleado para recoger la muestra alteran frecuentemente el resultado. Los métodos físicos como la espectroscopia de rayos infrarrojos, la espectroscopia de masas, la difracción de los rayos X y la cromatografía, han permitido recoger muchos datos sobre el estado físico exacto de los contaminantes y sobre las fases intermedias por las que pasan en el curso de las reacciones químicas. Su utilidad ha sido muy grande, por ejemplo, para descubrir la formación de radicales libres y las reacciones con que los radicales libres contribuyen a la producción de ozono en las contaminaciones oxidantes o fotoquímicas del aire. A juicio del Comité, esos métodos adquirirán gran importancia no sólo para el estudio de las reacciones fotoquímicas, sino para el análisis de la contaminación ácida y de otros tipos de contaminación.

Los estudios sobre los efectos de la contaminación del aire en el hombre y en la vegetación son quizá los que más atención reciben actualmente. Salvo muy pocas excepciones, los estudios en animales tienen por objeto esclarecer un aspecto u otro de la acción de los contaminantes en el hombre. Los estudios en plantas se justifican sobre todo por las consecuencias económicas de la contaminación en las cosechas.

En el campo de la biología, los trabajos en marcha comprenden estudios epidemiológicos en gran escala, estudios sobre la acción de los contaminantes en el sistema nervioso central y en el sistema nervioso autónomo e investigación de las respuestas bioquímicas e inmunoquímicas a los estímulos. De todos esos trabajos pueden esperarse resultados de interés.

Los estudios hechos en la mano de obra industrial han permitido recoger mucha información sobre la respuesta del hombre expuesto a la acción de sustancias, cuya concentración en los lugares de trabajo es mayor que en el aire ambiente. Tales investigaciones deben continuarse y extenderse porque aportan un complemento de interés a las experiencias de laboratorio con sustancias tóxicas.

Se está poniendo cada vez más atención en los efectos de las combinaciones de contaminantes que puedan estar simultánea o sucesivamente en el aire. Su acción no siempre se limita a ser aditiva; puede haber también sinergia o antagonismo. Otros trabajos en curso tienen por objeto el estudio de las propiedades carcinógenas de sustancias distintas de los hidrocarburos policíclicos.

Pero es necesario, además, estimular las investigaciones en algunos sectores. Pueden mencionarse, por ejemplo, los aspectos meteorológicos y económicos de la contaminación del aire. Las informaciones sobre el tiempo que ha hecho o que va a hacer en una ciudad suelen referirse a la meteorología general del lugar relacionada con la del país en su conjunto; y los datos se recogen sobre todo para establecer las previsiones del tiempo; pero, como el factor meteorológico es uno de los que generalmente tienen influencia más directa en la presencia o ausencia de los contaminantes, sobre todo cuando su dilución o dispersión se ve entorpecida por unas condiciones geográficas o topográficas desfavorables, el Comité atribuye mucha importancia a las particularidades de la meteorología local y del movimiento de las masas de aire en las ciudades y en sus inmediaciones y entre ciudades y considera que deben ser objeto de estudio urgente.

La investigación sobre las consecuencias económicas de la contaminación atmosférica ha tenido también hasta ahora muy poca amplitud, a pesar de lo mucho que la contaminación puede influir en la economía de toda una comarca. En ese aspecto, las investigaciones no deben limitarse a evaluar las pérdidas causadas, sino que han de extenderse a los efectos económicos que podría tener la aplicación de normas de pureza atmosférica, porque no ha de excluirse la posibilidad de que unas normas

demasiado rigurosas paralicen la vida económica local. También es interesante estudiar desde el punto de vista económico las instalaciones y equipos destinados a combatir la contaminación del aire.

Con respecto a esa clase de material, el Comité se ha extrañado mucho de que sea tan escasa la información seria sobre la eficiencia relativa y los costos de funcionamiento de los distintos aparatos empleados para disminuir la emisión de contaminantes en su origen. Apenas se ha publicado nada sobre el asunto. Para los ingenieros encargados de combatir la contaminación, esa carencia dificulta mucho la selección que han de hacer entre las ofertas de modelos nuevos y la evaluación acertada de sus ventajas respectivas.

Aunque las investigaciones epidemiológicas retrospectivas sobre morbilidad y mortalidad desde el punto de vista de la contaminación atmosférica hayan dado y sigan dando resultados valiosísimos, el Comité ha considerado que conviene atribuir preferencia y favorecer las encuestas prospectivas, que permiten prever y tener en cuenta las modificaciones del medio; y ha recomendado especialmente que se lleven adelante los estudios internacionales en curso sobre la prevalencia de la bronquitis crónica y del cáncer del pulmón.

7. RECOMENDACIONES

7.1 Estudios

Una parte del quinto informe del Comité de Expertos en Saneamiento del Medio ¹ está dedicada al reconocimiento y la evaluación de situaciones potenciales o reales de contaminación atmosférica, cuestiones que plantean, por supuesto, un problema fundamental en cualquier país. Son varios los Estados Miembros que han pedido ya la asistencia de la OMS para resolverlo. Un estudio de la situación actual en el territorio de los Estados Miembros que hiciera la OMS para evaluar el potencial de contaminación atmosférica y su gravedad, sería útil porque permitiría prever el grado de asistencia que probablemente hará falta prestar en los años que vienen.

Otro estudio que convendría emprender es el de la demanda probable de formación de profesionales especialistas para los países donde se está proyectando o se ha puesto recientemente en marcha un programa destinado a combatir la contaminación atmosférica.

En diferentes lugares las fronteras entre Estados Miembros cortan zonas muy industrializadas o de gran densidad demográfica. Cualquier programa que se emprenda para combatir allí la contaminación atmosférica hará indispensable la cooperación de los esfuerzos que se desplie-

¹ *Org. mund. Salud Ser. Inf. técn.*, 1958, 157.

guen a ambos lados de la frontera; y está indicado hacer un estudio sobre esas zonas especiales para poder formular sugerencias útiles, cuando proceda hacerlo.

7.2 Mejoramiento de la competencia del personal

Convendría organizar reuniones en que los funcionarios de los países donde se han iniciado o se van a iniciar programas para combatir la contaminación atmosférica puedan encontrar a los funcionarios competentes de otros países que tienen ya experiencia considerable en la materia, sin perjuicio de los cambios de visitas que conviene organizar también entre los funcionarios superiores de distintos países.

Es sabido que en varios Estados Miembros se han emprendido amplios estudios sobre los problemas técnicos que plantea la prevención de las emisiones procedentes de diversos tratamientos químicos industriales. Las informaciones obtenidas en estos estudios tienen valor inapreciable para otros Estados Miembros, y conviene, siempre que sea posible, difundirlas por mediación de la OMS, para lo cual bastará con que de vez en cuando se distribuyan reseñas bibliográficas de los trabajos recientes con indicación del título, del contenido, del editor y del precio.

En algunos Estados Miembros se han publicado textos educativos para enterar a la población de las consecuencias de la contaminación atmosférica y de los medios de combatirla que pueden obtenerse en centros oficiales o en asociaciones constituidas especialmente para luchar contra la contaminación del aire. En los países donde van a iniciarse programas contra la contaminación del aire, los funcionarios que los tienen a su cargo desconocen muchas veces la existencia de ese material, que comprende impresos, películas, fotografías, diagramas, etc., o no saben cómo adquirirlo. Sería conveniente, pues, que la OMS recogiera también informaciones sobre la documentación de esa clase y que las distribuyera entre los Estados Miembros.

El Comité recomienda además que la OMS examine la posibilidad de organizar con carácter internacional la difusión de informaciones que ayuden al personal encargado de combatir la contaminación atmosférica a aumentar sus conocimientos técnicos (véase la sección 3.6), y que procure facilitar el intercambio de sustancias químicas raras, patrones espectroscópicos y equipos de medición para facilitar las comparaciones entre países.

7.3 Investigaciones

La OMS debería hacer periódicamente una revisión de los problemas planteados en la investigación para tener al corriente a los especialistas de distintas disciplinas que trabajan en cuestiones relacionadas con la

contaminación atmosférica de los progresos que van haciéndose en un campo de estudios tan amplio y complejo como éste. La colaboración de los investigadores de diferentes países sería muy útil en la preparación de esas revisiones.

Las visitas para mantener el contacto entre investigadores dedicados a estudios conexos sobre contaminación del aire son necesarias lo mismo que las estancias más prolongadas en laboratorios de otros países. Deberá mantenerse la asistencia que presta la OMS a esos efectos.

En ciertos sectores de la investigación, como ocurre por ejemplo en epidemiología, los trabajos en cooperación entre dos o más países son muy provechosos. La OMS debe seguir favoreciéndolos.

La dotación de becas de la OMS para el personal de operaciones, iniciada desde hace tiempo con objeto de organizar periodos relativamente largos de trabajo en uno o dos laboratorios, es una ayuda muy apreciada que debe mantenerse.

El Comité recomienda la preparación de un glosario de los términos y expresiones que se usan para describir los trabajos y actividades contra la contaminación atmosférica a fin de facilitar la comunicación de informaciones entre los países.

El Comité recomienda que la OMS siga estudiando la posibilidad de establecer unos índices de pureza del aire internacionalmente aceptables ajustándose a los principios enunciados en la sección 5 del presente informe y en colaboración con otras organizaciones competentes.

El Comité recomienda que en los Estados Miembros se lleven adelante los trabajos para encontrar métodos que permitan eliminar el azufre de los combustibles y el dióxido de azufre de los gases emitidos (véanse las secciones 2.2.5 y 3.2).

El Comité recomienda que se organice entre los Estados Miembros el intercambio de información científica sobre los estudios meteorológicos relacionados con la contaminación atmosférica (véanse las secciones 3.3 y 6).

El Comité recomienda que en los Estados Miembros que tengan los medios adecuados se investigue la posibilidad de producir a bajo precio combustibles sólidos que no emitan humo para su empleo doméstico en los países en vías de desarrollo (véase la sección 3.5).

El Comité recomienda que se emprendan investigaciones sobre las consecuencias económicas de la contaminación atmosférica y de la aplicación de medidas para combatirla (véase la sección 6).

7.4 Normalización de los métodos de muestreo, de la nomenclatura y de las unidades

El Comité señala a la atención de los Estados Miembros las recomendaciones sobre métodos de muestreo, nomenclatura y unidades de medición formuladas en la sección 4 del presente informe.