

CUADERNOS DE SALUD PUBLICA

Nº 15

EPIDEMIOLOGIA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

Informe de un simposio

EPIDEMIOLOGIA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

Informe de un simposio

P. J. LAWThER, M. B., M. R. C. P.

*Director, Medical Research Council, Air Pollution Research Unit,
Londres, Inglaterra*

A. E. MARTIN, M. D., D. P. H.

Senior Medical Officer, Ministry of Health, Londres, Inglaterra

E. T. WILKINS, Ph. D., F. Inst. F.

*Principal Scientific Officer, Warren Spring Laboratory,
Stevenage, Herts., Inglaterra*
Consultor, Oficina Regional de la OMS para Europa



ORGANIZACION MONDIAL DE LA SALUD

GINEBRA

1963

PRINTED IN SWITZERLAND

INDICE

	Página
Prefacio	6
Introducción	7
Naturaleza de la contaminación atmosférica	9
Significación de las partículas gruesas	10
Acidos	11
Otros contaminantes	11
Medida de la contaminación atmosférica	13
Normalización de métodos y terminología	13
Técnicas de medida	14
Dióxido de azufre	14
Materias en suspensión	15
Muestreo	15
Estudios médicos	17
Dificultades que ofrecen las comparaciones internacionales	17
Nomenclatura de las enfermedades: encuestas sobre bronquitis	18
Efectos de la contaminación de la atmósfera	20
Estudios epidemiológicos	21
Dificultades que ofrecen los estudios comparativos	21
Indices de mortalidad	22
Indices de morbilidad	23
Métodos estadísticos	25
Resultados de algunos estudios epidemiológicos	28
Efectos inmediatos de una contaminación intensa	28
Efectos tardíos	28
Conclusiones	30
Anexo. Lista de participantes	34
Referencias bibliográficas	36

PREFACIO

Aunque la contaminación de la atmósfera afecta de una u otra forma a numerosas regiones del mundo, tiene especial importancia en Europa, donde grupos considerables de población viven expuestos al peligro de enfermedades y de pérdidas económicas que implica este mal de nuestra sociedad. Europa está además en una posición privilegiada para las investigaciones sobre esta materia ya que son muchos los países de la región que estudian el problema, con lo que se han conseguido avances importantes. En noviembre de 1957 la Oficina Regional de la OMS para Europa patrocinó en Milán una conferencia sobre los aspectos sanitarios de la contaminación de la atmósfera en Europa, que fue la primera de esta clase celebrada en el continente. Esta conferencia fue inmediatamente seguida de una reunión en Ginebra del Comité de Expertos de la OMS en Saneamiento del Medio, que examinó desde un punto de vista internacional muy diversos problemas de la contaminación de la atmósfera. En 1959 la Oficina Regional para Europa comenzó un estudio detallado de la cuestión con el concurso de las instituciones que en todos los países europeos se interesaban por la investigación sobre la contaminación de la atmósfera y la lucha contra ella. Se vió claramente que la epidemiología de la contaminación de la atmósfera despertaba interés universal, pero que éste carecía de coordinación, por lo que se decidió preparar una reunión internacional que trazase las directrices más convenientes para la investigación sobre epidemiología y materias afines. Consecuencia de esta decisión fue el simposio que se celebró en Copenhague del 13 al 16 de diciembre de 1960 y al que asistieron participantes de 14 países europeos, entre ellos los autores del presente informe.

INTRODUCCION

Se ha considerado que la contaminación de la atmósfera constituye unos de los factores mesológicos más nocivos a que están expuestos los pueblos europeos. Si bien existen zonas donde los métodos actuales de lucha están consiguiendo una purificación del aire, en otras la contaminación aumenta tanto en lo que respecta a la complejidad química de su composición como en la amplitud de las zonas afectadas. En muchos lugares la circulación motorizada es motivo de inquietud creciente a causa de la emisión de monóxido de carbono, de compuestos de plomo y de hidrocarburos policíclicos en los que se sospechan propiedades cancerígenas. Además son numerosas las fábricas de productos químicos y los establecimientos industriales de otros tipos que pueden dar lugar a gran variedad de contaminantes, que suscitan a veces de problemas locales de carácter especial. El simposio, sin embargo, se ocupó ante todo de la contaminación general de las zonas urbanas producida por los combustibles domésticos e industriales; los índices de esta contaminación que con más frecuencia se utilizan son la precipitación de polvo, las materias en suspensión y el dióxido de azufre.

Son muchos los países que en la actualidad realizan investigaciones sobre la contaminación de la atmósfera, pese a lo cual numerosos expertos creen que el esfuerzo científico que se efectúa es demasiado pequeño si se compara con la complejidad y urgencia de los problemas de que trata. Se ha indicado que una de las razones por las que no se ha dado a estas investigaciones toda la importancia que merecen es que todavía no se han reconocido totalmente los efectos nocivos de la contaminación. Con frecuencia esos efectos no aparecen como enfermedad característica de una atmósfera contaminada, sino como agudización de ciertos padecimientos muy extendidos. Hasta hace poco tiempo no se podía evaluar la importancia de las agudizaciones, pero numerosas técnicas epidemiológicas nuevas han permitido obtener resultados que algunos consideran verdaderamente revolucionarios. Uno

de los objetivos más importantes del simposio fue el estudio de estas nuevas técnicas y de sus posibilidades en relación con los problemas que plantea la contaminación de la atmósfera en Europa.

NATURALEZA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

La intensidad de la contaminación de la atmósfera a que están expuestas determinadas poblaciones no puede expresarse por un solo índice. La contaminación está formada en distintos lugares por mezclas de gran variedad de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, unas peligrosas para la salud y otras no. El estudio de las relaciones entre la contaminación y la enfermedad requiere, pues, una evaluación de las diversas impurezas.

La determinación y la valoración de esas impurezas exigen técnicas de muestreo y analíticas especializadas. En el planteamiento y ejecución de los estudios epidemiológicos sobre contaminación atmosférica es importante la cooperación de médicos, químicos y de otros expertos; se necesitan además los instrumentos y medios de análisis adecuados para que las observaciones médicas sobre los efectos de la contaminación estén en armonía con la obtención de datos fidedignos sobre la composición e intensidad de la contaminación que da lugar a esos efectos.

El interés que presentan para los estudios epidemiológicos las evaluaciones detalladas de la contaminación se ha puesto de manifiesto en unas experiencias efectuadas recientemente en el Reino Unido en las que, como se verá más adelante, se pudo demostrar una notable relación entre los datos de morbilidad y mortalidad de cada día y las concentraciones atmosféricas de dióxido de azufre y de materias oscuras en suspensión. Estas observaciones figuran entre las que hasta ahora más claramente han demostrado los efectos nocivos de la contaminación atmosférica sobre la salud. Todavía no es posible, sin embargo, sacar conclusiones claras en cuanto a la composición de la contaminación responsable de los efectos observados, pues las concentraciones de los distintos contaminantes tienden a aumentar o a disminuir simultáneamente; no obstante, los resultados de experiencias análogas efectuadas en otros lugares donde los contaminantes sean distintos pueden contribuir a la determinación de los factores causales. Serían especialmente interesantes las investigaciones comparadas en zonas con

concentraciones relativas muy distintas de materias suspendidas y de dióxido de azufre.

Se consideró que experiencias de este tipo, como las que ponen de manifiesto la correlación diaria entre la morbilidad por bronquitis y determinados contaminantes, podrían muy bien servir de base a las medidas destinadas a mantener la contaminación a niveles que no lleguen a agudizar la enfermedad.¹ En cada zona se podrá determinar separadamente la concentración de dióxido de azufre, de materias oscuras en suspensión, etc. por encima de la cual existe correlación entre los datos de morbilidad y el contaminante y en cambio por debajo no. Ello no ha de significar necesariamente que los contaminantes medidos sean la causa directa de los efectos observados, sino que sus concentraciones han variado de la misma manera que las de otros contaminantes entre los cuales figuran los agentes patógenos.

SIGNIFICACION DE LAS PARTICULAS GRUESAS

Las partículas que contaminan la atmósfera pueden tener distintos tamaños. El polvo que se precipita, compuesto principalmente de partículas superiores a las 10-20 micras, constituye un tipo de contaminante que se puede observar a simple vista y medir con técnicas instrumentales sencillas. Por tanto, ciertos expertos han aceptado este aspecto como un índice general útil de la contaminación atmosférica. Pero durante la respiración normal la mayor parte de las partículas de más de 10-20 micras quedan retenidas en las fosas nasales y sólo las más pequeñas llegan hasta los pulmones, si bien las personas que respiran por la boca pueden inhalar una proporción mayor de partículas gruesas. Algunos de los participantes al simposio pusieron de relieve las ventajas que para las investigaciones epidemiológicas tendría el uso de técnicas de medición sencillas e indicaron que la precipitación de polvo es frecuentemente un índice de la actividad industrial y, en consecuencia, de la presencia probable de otros contaminantes. Otros participantes no aceptaron la precipitación de polvo como un índice de contaminación cuyas variaciones vayan a corresponder a las de las enfermedades respiratorias y después de algunos debates se convino que no se puede recomendar su adopción con esta finalidad.

Las microfotografías ponen de manifiesto el carácter heterogéneo de las materias suspendidas en el aire. En Londres, por ejemplo, en las muestras de aire se encuentran micropartículas de carbón — la mayor parte en forma de agregados y de cadenas — fragmentos de combustibles y ceniza, gotitas de alquitrán y de ácidos, y gran variedad de sustancias

¹ Wilkins, E. T. (1960) *Air pollution measurements and their use in epidemiological studies* (documento de trabajo inédito).

cristalinas. En otras zonas donde las fuentes de contaminación sean distintas, la composición de la mezcla y sus efectos variarán en consecuencia. A estas diferencias químicas y físicas entre los contaminantes de la atmósfera han de corresponder efectos patológicos distintos; es evidente la necesidad de llegar a conocer mejor la composición de las materias en suspensión, para lo cual se puede recurrir al microscopio común o al electrónico, al análisis microquímico o a otras técnicas.

ACIDOS

El dióxido de azufre es uno de los contaminantes de la atmósfera que más comúnmente se miden pero, aunque sin duda es causa de daños materiales, difieren las opiniones en cuanto a sus efectos patológicos a las concentraciones relativamente bajas que se encuentran en la atmósfera. Algunos especialistas atribuyen mayor importancia al efecto irritante de los aerosoles de ácido sulfúrico que pueden ser producidos directamente por la combustión del carbón o del aceite pesado, o por la oxidación del dióxido de azufre atmosférico; pero se sabe relativamente poco acerca de las concentraciones de esas sustancias en la atmósfera de las ciudades o sobre las dimensiones y grados de acidez de las gotitas.

Los óxidos de nitrógeno, especialmente el dióxido de nitrógeno y el óxido nítrico, pueden encontrarse en concentraciones apreciables entre los productos de la combustión; son químicamente activos y es posible que tengan una acción patológica.

Para justificar los efectos irritantes de concentraciones muy bajas de contaminantes se ha aventurado la teoría de que existe un efecto sinérgico entre los propios irritantes y las materias sólidas en suspensión relativamente inertes. Según esta teoría el dióxido de azufre, por ejemplo, es adsorbido en la superficie de partículas sólidas sobre las que se concentra en una capa de efectos más irritantes sobre las mucosas que el propio gas. Esta teoría podría tener consecuencias prácticas, ya que, si bien es técnicamente difícil limitar la emisión de dióxido de azufre a la atmósfera, resulta relativamente sencillo reducir la de partículas sólidas y de esta manera disminuir también los efectos nocivos de los ácidos de azufre. Hasta ahora no se ha podido comprobar la exactitud de esta teoría.

OTROS CONTAMINANTES

El monóxido de carbono, producido sobre todo por los vehículos motorizados, constituye un peligro cada vez mayor en muchos países y se han observado sus efectos tóxicos, especialmente en los policías del

tráfico. Algunos especialistas afirman que incluso concentraciones de este gas que normalmente se consideran inocuas para los trabajadores industriales pueden tener efectos nocivos sobre una parte de la población. En algunos países es motivo de preocupación la posibilidad de que los compuestos de plomo emitidos por los vehículos de motor puedan asimismo ser peligrosos para la salud de los habitantes de las ciudades. En muchos países se está estudiando el benzopireno y otros supuestos agentes cancerígenos que se encuentran en la atmósfera. Se pensó que los automóviles constituían una de las principales fuentes de benzopireno, pero se ha visto que puede dar lugar a cantidades muy superiores la combustión incompleta del carbón y de los aceites pesados.

MEDIDA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

En la mayor parte de los países de Europa se hacen mediciones de los contaminantes de la atmósfera, pero éstas suelen limitarse a zonas reducidas y en gran parte se refieren sólo a la precipitación de polvo. Los datos de que generalmente se suele disponer sobre dióxido de azufre y materias en suspensión son demasiado escasos para permitir una evaluación precisa del grado de exposición de las poblaciones europeas a esos contaminantes, pero en muchas zonas en las que se han medido las mencionadas impurezas sus concentraciones son indudablemente comparables a las que, según observaciones hechas en el Reino Unido, estaban relacionadas con las variaciones en la mortalidad y en la morbilidad. Así, pues, no se puede ignorar la posibilidad de que en muchos lugares de la Europa continental la contaminación de la atmósfera suponga para la salud un riesgo comparable al que implica en ciertas zonas del Reino Unido. Es preciso aumentar urgentemente el número de encuestas sobre contaminación atmosférica en distintos países europeos, coordinándolas en todo lo posible con proyectos paralelos de investigación epidemiológica.

NORMALIZACION DE METODOS Y DE TERMINOLOGIA

Todo el mundo está de acuerdo en la necesidad de normalizar los métodos de muestreo y de medición, así como de adoptar una terminología uniforme. Un grupo de trabajo de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, en el que están representados varios países de Europa occidental, está dedicado al estudio de los métodos de medición de la contaminación atmosférica y al de las técnicas de encuesta, con referencia especial a la normalización de métodos de evaluación de dióxido de azufre y de materias suspendidas. En Europa oriental también se está haciendo progresos hacia la normalización, y la OMS ha elaborado un programa minucioso para conseguir en todo

el mundo mayor uniformidad en lo que concierne a nomenclatura, instrumentos, técnicas de análisis y métodos de elaboración de datos relativos a la contaminación de la atmósfera.

TECNICAS DE MEDIDA

Dióxido de azufre

Para determinar las concentraciones medias de la contaminación por dióxido de azufre se utilizan frecuentemente en Europa cuatro variantes de un sencillo método empírico basado en la absorción de dióxido de azufre por una sustancia química activa (dióxido de plomo o un álcali) que se deja al aire libre durante periodos comprendidos entre una y cuatro semanas, determinándose a continuación el contenido de esa sustancia en azufre. Este método se utiliza mucho, en atención a que los aparatos necesarios son poco costosos, no necesitan ninguna fuente de energía ni exigen cuidados durante el periodo de exposición. Sin embargo, los resultados que se obtienen están influidos también por factores ajenos a la concentración de dióxido de azufre, como la velocidad del viento, por ejemplo, y se han de expresar en unidades empíricas y no por su concentración atmosférica. Por desgracia no hay ningún otro método accesible que permita determinar los promedios durante largos periodos, excepto la obtención de la media de los valores diarios.

El método del agua oxigenada se utiliza frecuentemente en Europa para la determinación de concentraciones medias de dióxido de azufre durante periodos que varían entre algunas horas y uno o dos días. Este método consiste en aspirar el aire a través de una solución de peróxido de hidrógeno, y la cantidad de ácido sulfúrico que se forma se determina después por titulación acidimétrica o en algunos casos por valoración turbidimétrica de un precipitado de sulfato de bario. Aunque no es absolutamente específico del dióxido de azufre, este método apenas está sujeto a errores. Para periodos más breves de muestreo se ha comprobado que el método del tretracloromercurato da en general resultados satisfactorios y, además, es específico del dióxido de azufre.

Algunos de los participantes al simposio defendieron los métodos empíricos que utilizan dióxido de plomo o álcali, basándose en que los aparatos necesarios son poco costosos y fáciles de manejar. Otros consideraron que estos métodos están sujetos a errores importantes que les hacen inaceptables en epidemiología. Se convino en general que el método del agua oxigenada es el más adecuado para los estudios epidemiológicos. Subsiste la necesidad de métodos más precisos que permitan medir durante periodos muy breves el dióxido de azufre y otros contaminantes, sobre todo para descubrir los aumentos bruscos

de sus concentraciones; los dispositivos automáticos para el muestreo periódico y los aparatos de registro continuo son especialmente útiles para ello, pero se trata de instrumentos costosos y a veces delicados y hay que tener en cuenta que para la mayor parte de los estudios epidemiológicos en perspectiva varios buenos instrumentos de construcción sencilla han de dar en general informaciones más útiles por el mismo precio que un solo aparato complicado de registro.

Materias en suspensión

Los métodos actualmente utilizados para determinar las materias suspendidas se basan en la filtración de un volumen fijo de aire y en la medición directa o indirecta de las materias así recogidas. Cuando se toman muestras voluminosas y en corto tiempo, la determinación gravimétrica directa no ofrece dificultades. Para el muestreo continuo, que implica una circulación de aire generalmente más débil, los métodos gravimétricos presentan a veces dificultades, debidas al poco peso de las muestras y a las propiedades higroscópicas del filtro y de la propia muestra, aparte las manipulaciones delicadas que requieren. Otro método frecuentemente utilizado durante muchos años se basa en el hecho de que las muestras de materias en suspensión suelen ser casi negras y por consiguiente producen manchas grises en el papel de filtro blanco: consiste en la medición fotoeléctrica de la reflectividad de la mancha, expresándose la concentración resultante en función de un patrón previamente establecido. Así, pues, mientras el método gravimétrico directo permite determinar la cantidad total de sólidos suspendidos, el de reflexión pone de manifiesto sobre todo los compuestos oscuros de la muestra.

Por ahora no es posible proceder a una elección definitiva entre los dos métodos. Por lo regular se reconocen los inconvenientes del método de reflexión, que aún pueden acentuarse cuando la composición de las materias suspendidas varía como consecuencia de que se hayan tomado medidas de lucha contra el humo. Por otra parte, el valor de esta técnica para los estudios epidemiológicos se puso de manifiesto en las ya mencionadas investigaciones británicas sobre bronquitis, por lo que no conviene desecharla mientras no se hayan estudiado mejor otras que pudieran sustituirla con ventaja.

MUESTREO

Para determinar la composición de la contaminación heterogénea en una zona dada, ciertos investigadores utilizan gran número de instrumentos de muestreo. En otras encuestas destinadas a determinar

valores medios, el total de la región se divide en zonas cuya contaminación ofrezca características distintas y en cada una de ellas se utiliza un número reducido de instrumentos. Para facilitar la colaboración internacional en el campo de la investigación epidemiológica, habrá que conseguir mejores métodos de muestreo del aire, con los que se puedan efectuar comparaciones fidedignas de la importancia de la contaminación atmosférica a que están expuestas las distintas poblaciones consideradas.

ESTUDIOS MEDICOS

DIFICULTADES QUE OFRECEN LAS COMPARACIONES INTERNACIONALES

El informe sobre la quinta reunión del Comité de Expertos de la OMS en Saneamiento del Medio (1958), además de insistir en la necesidad de normalizar los instrumentos, los métodos analíticos y de muestreo, y las unidades de medición de la contaminación atmosférica, advirtió la necesidad de llegar a un acuerdo sobre los términos que se utilizan para designar las enfermedades asociadas, como la bronquitis crónica o el cáncer primario de pulmón. Esta normalización es evidentemente necesaria. Aun cuando todos los países europeos tienen servicios medicoestadísticos para el registro de datos de mortalidad, éstos no siempre están totalmente de acuerdo con la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades, Traumatismos y Causas de Defunción (Organización Mundial de la Salud, 1957). En muchos lugares las informaciones no se presentan en forma adecuada para la investigación epidemiológica. El estudio de la mortalidad relacionada con la contaminación de la atmósfera requiere una clasificación clara y precisa de las causas de fallecimiento con especificaciones en función de la edad, el sexo, la región y la fecha de defunción. También son útiles los datos sobre la clase social o la categoría laboral.

Ningún país europeo parece poseer estadísticas de morbilidad realmente satisfactorias; en algunos de ellos pueden proporcionar ciertos informes los datos tomados de los seguros sociales, los certificados médicos o los ingresos y altas de los hospitales, pero los índices derivados de estas fuentes son muy imperfectos. Se puede también obtener algunos datos estudiando a ciertos grupos especiales de población, como escolares, sujetos acogidos en hogares de ancianos, enfermos que acuden a ambulatorios y hospitales — especialmente a consultas de pulmón y corazón —, etc. Bien que útiles para estudios locales y regionales, estas informaciones no tienen gran valor para su comparación internacional. Es por tanto conveniente instar a los países a que perfeccionen sus

estudios de morbilidad, de forma que puedan conseguir en sus propios territorios índices adecuados para su utilización posterior en escala internacional.

NOMENCLATURA DE LAS ENFERMEDADES : ENCUESTAS SOBRE BRONQUITIS

Mientras los países no se pongan más de acuerdo en las cuestiones de nomenclatura de las enfermedades, no será posible ninguna comparación internacional satisfactoria. Con frecuencia la denominación que en un país se aplica a un síndrome, en otros se usa para designar a una entidad ligeramente distinta, lo cual da una idea errónea de su incidencia relativa. También existen diferencias considerables en cuanto a la importancia relativa que se atribuye a los componentes respiratorios o cardíacos en las afecciones cardiorrespiratorias. En algunos países los médicos tienden a designar el proceso cardiorrespiratorio de tal forma que suponga una lesión primaria cardíaca, mientras que el mismo padecimiento recibe en otros un nombre que lo clasifica entre las enfermedades respiratorias.

Entre las enfermedades que con mayor frecuencia se asocian a la contaminación de la atmósfera, merece destacarse la bronquitis, cuya definición es notoria por su vaguedad. No solamente surgen dificultades ante la definición, sino también cuando se trata de decidir a partir de qué momento evolutivo habrá que considerarla « crónica ». Algunos clínicos consideran que la fase crónica comienza ya, por ejemplo, en un niño que se está recuperando de la tos ferina. Otros piensan que la forma crónica empieza en el sujeto joven o de media edad que alcanza la fase de hipersecreción mucosa, que da lugar a tos habitual productiva, aun cuando el esputo no sea todavía purulento. Y no faltan especialistas que solo diagnostican de crónico a un bronquítico cuyo esputo se ha hecho purulento o a un sujeto que ha pasado por una serie de agudizaciones, e incluso hay quien reserva ese diagnóstico para el enfermo que presenta una combinación de la tos habitual y el esputo purulento, que sufre frecuentes exacerbaciones invernales y que tiene disnea evidente. En los casos ya establecidos no hay lugar a discusión sobre la naturaleza de la enfermedad, pero en algunos países se denomina asma a los estadios primeros, que con frecuencia cursan con espasmos bronquiales asociados, y a los tardíos — cuando la disnea domina el cuadro clínico — se les clasifica como enfisema.

En razón de estas dificultades terminológicas, el Medical Research Council de la Gran Bretaña ha procedido a un estudio sobre la bronquitis y ha compilado un cuestionario detallado para su utilización en los

estudios sobre el terreno (Gran Bretaña, 1960). De acuerdo con este método, se visita a cada enfermo y se le interroga sobre sus síntomas. Los encargados de las entrevistas han de poseer la formación adecuada y contar con instrucciones precisas para que el método utilizado sea uniforme en todos los países. Se analizan estadísticamente los resultados y de esta manera se obtiene una base para los estudios comparativos sobre epidemiología de los diversos síndromes englobados bajo la denominación de bronquitis.

El valor de este cuestionario se ha puesto de manifiesto en un estudio comparativo sobre enfermedades respiratorias que se efectuó en Inglaterra y Noruega.¹ Este estudio se proponía determinar: 1) si existían verdaderas diferencias nacionales en la prevalencia de síntomas respiratorios y si la función pulmonar variaba en consecuencia, y 2) si en el caso de existir tales diferencias, éstas se podrían explicar por variaciones en los hábitos personales, en el medio, en los antecedentes o en ciertas características antropométricas. Además de las informaciones obtenidas con el cuestionario, se midió la capacidad vital, la presión arterial, el peso y la talla del sujeto sentado y se recogieron asimismo muestras del esputo matutino. Los resultados demostraron que realmente existen diferencias en la incidencia de síntomas respiratorios importantes entre la población de los dos países, diferencias que no son atribuibles a factores laborales, sociales, económicos o antropométricos. No se observaron variaciones en la prevalencia de tos matutina, de respiración ocasionalmente sibilante o en los antecedentes pulmonares, pero en cambio el hábito de fumar sí puede tener cierta importancia, pues los estudios que se hicieron parecen sugerir que determinan los síntomas respiratorios de menor importancia (tos y secreción mucosa), independientemente de otros factores mesológicos, como puede ser la contaminación atmosférica. El autor del estudio aventuró la hipótesis (según él corroborada por otros investigadores) de que los factores del medio, incluida la contaminación de la atmósfera, pueden tener gran importancia en el desarrollo del síndrome del fumador y de la enfermedad respiratoria consecutiva, incapacitante y frecuentemente crónica y mortal.

Es indudable que el cuestionario del Medical Research Council constituye un método valioso de registro de síntomas respiratorios que se puede usar en todos los países y que ha de proporcionar datos útiles, sin que le afecten las diferentes nomenclaturas o las distintas fuentes de estadísticas de mortalidad y morbilidad.

¹ Mork, T. (1960) *A comparative study of respiratory diseases in England & Wales and Norway* (documento de trabajo inédito).

EFECTOS DE LA CONTAMINACION DE LA ATMOSFERA

Los efectos biológicos de la contaminación atmosférica se pueden estudiar en el laboratorio o sobre el terreno, complementándose mutuamente ambos métodos.

Los estudios de laboratorio se han efectuado en numerosos países siguiendo los métodos clásicos de investigación toxicológica. Como otros estudios toxicológicos, están sujetos a las limitaciones inherentes a la aplicación al hombre de los resultados obtenidos en los experimentos animales y las experiencias humanas han de limitarse a la observación de los efectos de dosis inocuas. Todavía se presentan mayores dificultades cuando se trata de estudiar los efectos de sustancias tóxicas sobre personas que padecen determinadas enfermedades. Pese a ello, se han llevado a cabo interesantes trabajos sobre emisiones industriales, frecuentemente destinados a determinar los límites de tolerancia en trabajadores de fábricas y de proteger la salud de los habitantes de la vecindad. Este tipo de estudios suele limitarse a los efectos de sustancias químicas consideradas aisladamente.

Mayores dificultades ofrece la investigación de laboratorio sobre contaminación general de la atmósfera en las ciudades, por la complejidad de las sustancias que se desprenden del uso doméstico e industrial de los combustibles y de los productos de escape de los motores de combustión interna, así como de otros efluentes industriales. A pesar de todos estos obstáculos, se están haciendo considerables progresos en el estudio de los productos de la combustión del carbón, del coke y de los aceites pesados. De esta manera se conseguirán para los estudios epidemiológicos en curso unos útiles conocimientos básicos, esenciales para evaluar con precisión los efectos de la contaminación de la atmósfera.

ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS

Los estudios epidemiológicos pueden estar destinados a poner de manifiesto los efectos a largo plazo de la contaminación atmosférica — consecutivos a vivir durante muchos años en una zona contaminada — los efectos a plazo medio — que se presentan a las semanas o meses de exposición a una contaminación determinada — o los inmediatos, que surgen en el primer día o en los dos días que siguen a un aumento de la contaminación. También pueden clasificarse los estudios según se ocupen de los efectos de la contaminación sobre la mortalidad o sobre la morbilidad y estos últimos pueden además subdividirse en función de que el sujeto sea la población total o determinado grupo de ella, diferenciado por la edad, clase económica, situación laboral o porque englobe a sujetos que padecen ciertas enfermedades, como la bronquitis.

DIFICULTADES QUE OFRECEN LOS ESTUDIOS COMPARATIVOS

El empleo de métodos epidemiológicos para determinar los efectos de la contaminación atmosférica tropieza con múltiples dificultades. Los datos que antes se obtenían se referían en su mayor parte a promedios mensuales, por lo que las investigaciones epidemiológicas se dirigieron hacia el estudio de los efectos a largo plazo; en consecuencia, surgió la necesidad de comparar el estado de salud de las poblaciones urbanas con el de poblaciones testigo que habitasen zonas relativamente incontaminadas. Hace poco tiempo, y gracias a la adopción de sistemas más precisos de medir la contaminación, se ha podido iniciar el análisis de los efectos inmediatos y en este caso son innecesarios los testigos, ya que los trabajos de este tipo permiten determinar las consecuencias de contaminaciones de grado variable sobre la misma población.

La evaluación de los efectos de la contaminación atmosférica mediante la comparación de diversas colectividades sometidas a muy

intensa o a escasa contaminación ofrece muchas dificultades, pues es casi seguro que entre las colectividades en cuestión habrá otras muchas diferencias, dejando aparte su atmósfera. Aun cuando se comparen dos ciudades casi idénticas, el hecho de que los habitantes de una de ellas estén sometidos a una contaminación más intensa implica que además viven en una situación social y laboral distinta; también pueden ser diferentes los efectos ambientales, climáticos, antropométricos, sociales, nutritivos y profesionales. El consumo de tabaco puede ser muy importante a este respecto; además, entre los factores mesológicos hay que considerar el modo habitual de construcción de las viviendas y los sistemas de calefacción más usuales. Es evidente, pues, que los estudios comparativos entre dos o más colectividades han de acompañarse de minuciosas investigaciones sobre la situación social y económica de sus habitantes.

INDICES DE MORTALIDAD

En todos los países la mortalidad se registra con mayor precisión que la morbilidad, y los estudios basados en el número de fallecimientos permiten atacar el problema de la contaminación de un modo más directo que los que se basan en la morbilidad. Pero no ofrecen un cuadro completo de la situación, ya que no registran los efectos más leves de la contaminación atmosférica. Además, sólo en grandes ciudades se pueden estudiar los efectos inmediatos de la contaminación basándose en los datos de mortalidad. Durante la gran niebla de Londres, en diciembre de 1952, cuando más de ocho millones de personas estuvieron sometidas a una contaminación extraordinariamente intensa, se pudo calcular que el exceso de defunciones atribuibles a este fenómeno fue aproximadamente de 4000, o sea una tasa diaria de 12,2 por cada 100 000 habitantes. Se ha podido comprobar que incluso en esta inmensa urbe las variaciones diarias en la contaminación se asocian a variaciones relativamente pequeñas en el número de fallecimientos. Por consiguiente, está claro que, exceptuadas las grandes ciudades, los efectos sobre la mortalidad serán muy difíciles de determinar; en poblaciones pequeñas sólo los episodios más graves pueden producir un aumento significativo del número de defunciones. Incluso en una ciudad de medio millón de habitantes el número de fallecimientos en invierno raramente pasa de 40. Sólo en circunstancias excepcionales los incidentes causados por una intensificación de la contaminación de la atmósfera pueden llegar a producir un aumento estadísticamente significativo del número de muertes y aun en esos casos sólo una larga serie de observaciones permitiría establecer una relación entre ambos fenómenos.

INDICES DE MORBILIDAD

Cabría esperar mejores informaciones de los índices de morbilidad que de los de mortalidad ya que aquéllos son más sensibles a las variaciones del estado de salud. Por lo tanto, los índices de morbilidad habrán de poner de manifiesto los efectos de la contaminación atmosférica sobre los sujetos normales y no sólo sobre los que ya sufren algún padecimiento grave. Como los casos de enfermedad son más frecuentes que los de defunción, los índices de morbilidad pueden basarse en números menores y por lo tanto estarán menos sujetos a variaciones aleatorias.

Pero por desgracia es más difícil evaluar la morbilidad que la mortalidad y en muy pocos países existen estadísticas fidedignas a este respecto. Los datos disponibles suelen proceder de :

1. *Ausencias del trabajo.*

2. *Certificados médicos por los que los enfermos se pueden beneficiar de los seguros o de los servicios de asistencia social.* Mas en estos casos las cifras diarias de morbilidad que se refieren a los domingos y días festivos no son comparables a las de los días laborables e, incluso dentro de éstos, las cifras correspondientes son muy sensibles a influencias sociales. Por ejemplo, las tasas de ausencias por enfermedad disminuyen al acercarse las Navidades y vuelven a aumentar inmediatamente después. En ciertos días de la semana es mayor el absentismo, por lo que se puede observar un claro ciclo semanal. Algunas de estas variaciones llegan a ser tan firmes que se pueden calcular los factores de corrección apropiados. Además, las cifras relativas a las faltas al trabajo y a los certificados médicos se refieren sólo a los grupos de edad más sanos de la colectividad y quedan excluidos los grupos de menor edad, los ancianos y muchos de los enfermos crónicos. Así, pues, estos datos no proporcionan un indicador muy sensible del estado de salud de la colectividad.

3. *Ingresos en los hospitales.* Se ha observado que en Londres el número diario de solicitudes de ingreso en los hospitales constituye un índice muy útil de la morbilidad relacionada con la contaminación de la atmósfera. Por su propia naturaleza, este índice refleja sólo el número de casos de enfermedades más graves, pues en general ante los casos benignos no se piensa en la hospitalización. Se pudo ver en esa ciudad que las cifras diarias seguían también un marcado ciclo semanal, disminuyendo los fines de semana para aumentar de nuevo los lunes; esta fuente de error puede eliminarse aplicando los factores de corrección adecuados. Como sucede con el número diario de fallecimientos,

en este caso también las cifras totales son relativamente pequeñas, por lo que este método sólo es aplicable a las grandes ciudades.

4. *Morbilidad en niños.* Muchos autores consideran que la evaluación de la morbilidad en niños proporciona un buen índice de los efectos producidos por los factores mesológicos, la contaminación de la atmósfera entre ellos. Los niños constituyen un grupo de población relativamente uniforme en el que no influyen factores como la actividad profesional o el consumo de tabaco y sobre el que se pueden obtener informaciones con relativa facilidad haciendo uso de los servicios sanitarios escolares o preescolares. Por estas razones, se han realizado varios estudios sobre niños con objeto de determinar los efectos patológicos de la contaminación atmosférica. En algunos de combinaron las observaciones sobre el estado general con determinaciones de hemoglobina, valor globular, fosfatasa alcalina, calcio, fósforo, y proteínas plasmáticas (Faerber, Hoffmann y Schmitz, 1959; Trüb y Posch, 1959). En su mayor parte estos estudios se han ocupado de los efectos a largo plazo de la contaminación, por lo que se necesitan comparaciones con poblaciones infantiles de otras zonas. Así, pues, las conclusiones de estos trabajos han de interpretarse en función del contexto sobre nutrición y economía de las poblaciones en cuestión. Sin embargo, existen muy distintas opiniones en cuanto al valor de los estudios comparativos sobre población infantil. Los niños constituyen en general una parte sana de la población y la minoría que padecen malnutrición o los efectos de enfermedades previas, como sarampión o tos ferina, han de ser más susceptibles a los efectos nocivos de la contaminación atmosférica que el resto. Es, pues, difícil decidir en qué medida cierta tasa de morbilidad infantil está causada por la contaminación atmosférica o hasta qué punto se debe a una debilidad anterior o a enfermedad.

5. *Morbilidad en ancianos.* A causa de su mayor sensibilidad a la contaminación de la atmósfera, los grupos de población de mayor edad constituyen un material de estudio interesante. El número de estos sujetos raramente basta para basar en ellos análisis epidemiológicos o estadísticos precisos, pero se pueden recoger informaciones útiles observando a ciertos grupos, como los que habitan en residencias de ancianos.

6. *Personal del ejército.* Los soldados forman un grupo de adultos sanos que viven en condiciones relativamente uniformes en cuanto a su medio ambiente, ocupación y nutrición. Su buena salud, sin embargo, puede reducir al mínimo los efectos de la contaminación atmosférica.

7. *Estudios en sujetos que padecen determinadas enfermedades.* Los efectos de la contaminación atmosférica resultan especialmente evidentes

en sujetos con padecimientos cardiacos o pulmonares, por lo que estos grupos de enfermos constituyen un objeto de estudio muy interesante. Basándose en estas consideraciones, el servicio de investigaciones sobre contaminación de la atmósfera del Medical Research Council de Gran Bretaña ha puesto a punto un método para poner de manifiesto los efectos de distintas intensidades de contaminación atmosférica sobre pacientes con bronquitis crónica (Lawther, 1959).¹ Se pidió a los enfermos que asisten a las clínicas hospitalarias de Londres que llevaran diarios personales en los que hicieran constar su opinión sobre su estado de cada día utilizando cuatro notaciones: « mejor que de costumbre », « lo mismo », « peor que de costumbre » o « mucho peor ». En un estudio posterior se cambiaron las mencionadas expresiones por: « mejor », « igual » o « peor » en comparación con el día anterior. La transcripción numérica de las respuestas permitió trazar curvas de tolerancia en las que se ponía de manifiesto cada día la situación del conjunto de los enfermos. Los análisis de los resultados indicaron que los enfermos no se dejaban influir por su concepto sobre el tiempo que hacía en el momento de escribir sus diarios. El índice de esta manera obtenido demuestra ser uno de los más sensibles de que se puede disponer en la actualidad. Es independiente de cualquier forma de registro de mortalidad o de morbilidad y adecuado para su uso en colectividades relativamente pequeñas.

METODOS ESTADISTICOS

Los estudios epidemiológicos sobre la contaminación de la atmósfera exigen ante todo que se demuestre una relación entre índices de contaminación y algún índice de mortalidad o de morbilidad. En episodios aislados puede bastar la observación de que a un aumento de la contaminación corresponde otro de la mortalidad o de la morbilidad, como pasó en la gran niebla de Londres de 1952. Puede ser útil el registro gráfico cuando se trata de demostrar esta asociación durante largos periodos, como en el caso mencionado de los estudios que se basaban en las anotaciones diarias de los enfermos. Cuando el número de fallecimientos o de enfermedades por día es escaso, se ha sugerido el uso de totales diarios acumulativos, que se señalan en unos gráficos en función del tiempo. Si el incremento — por ejemplo, de los totales de fallecimientos — es regular, el resultado será una línea recta; si el aumento cesa de ser regular, cambia la pendiente de la gráfica; por ejemplo, la aparición de una epidemia se reflejará en un aumento de la pendiente

¹ También: Lawther, P. J. (1960) *Some morbid effects of British air pollution* (documento de trabajo inédito).

de la línea. Una determinada causa de mortalidad, como un accidente de ferrocarril, dará lugar a una subida brusca y después la línea volverá a tomar la inclinación anterior. Un incidente que se limite a acelerar los fallecimientos de las personas que estuvieran gravemente enfermas producirá también una inclinación hacia arriba de la línea, pero después su curvatura irá disminuyendo hasta volver al camino que hubiese llevado si no hubiera intervenido el factor de mortalidad en cuestión. Este método tiene la ventaja de que se puede utilizar con un pequeño número de casos, incluso cuando el número de defunciones es inferior a una diaria.

Ahora bien, todos estos métodos exigen que se tenga en cuenta el significado verdadero de las cifras utilizadas. En algunos estudios la relación puede ser tan clara que sea inútil proceder a pruebas de significación; en otros, un gráfico a primera vista impresionante, puede disimular el carácter ilusorio de las cifras en cuestión.

La mayor parte de los estudios epidemiológicos sobre la contaminación de la atmósfera se han llevado a cabo con las técnicas estadísticas clásicas, como el cálculo de coeficientes de correlación, y los resultados obtenidos se han sometidos después a pruebas de significación. Los efectos a largo plazo de la contaminación atmosférica son difíciles de estudiar en atención a los múltiples factores que pueden influir sobre la mortalidad o la morbilidad durante ese tiempo. Por esa razón numerosos autores han utilizado técnicas de análisis como la de correlación parcial o de regresión múltiple, para averiguar la influencia relativa de esos distintos factores. También con este objeto se ha sugerido el uso del análisis discriminatorio.

Casi todos los estudios epidemiológicos sobre contaminación atmosférica, se hayan basado en el cálculo de coeficientes de correlación o en cualquier otra técnica estadística parecida, o bien se hayan proyectado para demostrar por algún procedimiento sencillo una asociación entre dos a más índices, adolecen del defecto común siguiente: que la demostración de que la relación existe no prueba que ésta sea de causa a efecto. Por lo tanto, habrá que interpretar los resultados con gran cuidado.

El uso cada vez más frecuente de registros diarios de la contaminación atmosférica ha facilitado los estudios sobre los efectos de ésta a corto plazo y ha sido preciso emplear diversos métodos estadísticos para adaptar las cifras a los estudios de correlación. Así, pues, algunos observadores, que estudiaban los efectos inmediatos de la contaminación han utilizado promedios móviles de mortalidad y morbilidad, con objeto de reducir las variaciones diarias debidas al azar. En los estudios de mortalidad, este método amortigua las elevaciones súbitas que pueden presentarse inmediatamente después de un aumento marcado de la

contaminación que, al tender a nivelar los máximos con los periodos ulteriores de mortalidad débil, puede a veces indicar mejor el verdadero número de fallecimientos en exceso que las cifras de éstos, en las que probablemente van incluidas las defunciones anticipadas de personas que indefectiblemente habían de morir pocos días después.

Antes de utilizar las cifras de mortalidad y morbilidad para cálculos de coeficientes de correlación, es necesario corregir las variaciones estacionales o las variaciones causadas por epidemias, por ejemplo, de infecciones respiratorias. Para ello se han utilizado las desviaciones diarias respecto a una curva regularizada, como la que dan las medidas móviles durante 15 días. Como ya se indicó, algunos índices — por ejemplo, los basados en certificados médicos o en los ingresos en los hospitales — pueden manifestar un ciclo regular semanal que puede ser suficientemente consistente para que permita calcular factores de corrección correspondientes a cada día de la semana. De esta manera se eliminan los efectos de esas variaciones cíclicas.

RESULTADOS DE ALGUNOS ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS

EFFECTOS INMEDIATOS DE UNA CONTAMINACION INTENSA

Salvo uno o dos episodios que se han producido en otros lugares, el Reino Unido es hasta ahora el único país donde se han podido demostrar los efectos inmediatos de los cambios de intensidad de la contaminación atmosférica. Las concentraciones diarias de materias oscuras en suspensión y de dióxido de azufre se han puesto en relación con los índices de mortalidad y de morbilidad y han demostrado una asociación mucho más estrecha de lo que se había supuesto hasta el momento. En sujetos con enfermedades cardíacas o respiratorias, esos efectos se pueden observar en las primeras horas del aumento de la contaminación y a veces se producen incluso con aumentos débiles. Los máximos de mortalidad van frecuentemente seguidos de disminuciones bruscas, lo que parece indicar que el aumento de la contaminación atmosférica no ha hecho más que precipitar el fallecimiento de sujetos que de otra manera hubieran durado solamente 24 ó 48 horas más. Los efectos de la contaminación atmosférica se producen solamente en los meses de invierno y, cuando llega la primavera, desaparece esta asociación con la morbilidad y la mortalidad (Lawther, 1958; Martin y Bradley, 1960; Martin, 1961).

EFFECTOS TARDIOS

Los efectos tardíos de la contaminación atmosférica resultan difíciles de medir y con frecuencia son simples suposiciones. Por ejemplo, a raíz de la niebla de Londres de 1952 se consideró que gran número de los episodios respiratorios observados durante el resto del invierno, e incluso quizá en los inviernos siguientes, podrían ser en mayor o menor medida consecuencia de aquel accidente atmosférico. Más recientemente se ha podido establecer en Londres una correlación entre la mortalidad

por enfermedades cardiacas o respiratorias y el grado de contaminación durante las semanas precedentes.

Cuando se trata de determinar efectos a largo plazo, la influencia de la contaminación atmosférica es más difícil de demostrar, pues es necesario establecer comparaciones con otra población situada en una zona sin contaminar. Se han hecho estudios de este tipo en varios países, entre ellos Alemania, Checoslovaquia y el Reino Unido. En Checoslovaquia,¹ y en Alemania (Faerber, Hoffmann y Schmitz, 1959: Trüb y Posch, 1959),² se comparó el estado de salud de niños que vivían en zonas contaminadas y sin contaminar, y se pudieron observar diferencias en la incidencia de enfermedades, así como en su estado físico y de nutrición. Se dió gran importancia a los estudios hematológicos, en los que se encontraron variaciones respecto de la hemoglobina, el valor globular, la fosfatasa alcalina y las concentraciones séricas de calcio y fósforo. En Alemania se observaron signos de raquitismo en algunos niños que habitaban zonas contaminadas. En el Reino Unido se ha hecho un estudio sobre carteros que, tanto si viven en zonas contaminadas como libres de contaminación, proceden de una clase social relativamente homogénea y tienen unas condiciones de trabajo similares. Se observó mayor incidencia de bronquitis entre los que vivían en zonas de intensa niebla contaminada, morbilidad que se pudo relacionar con bastante precisión al grado de contaminación atmosférica (Fairbairn y Reid, 1958). En otra encuesta efectuada en el Reino Unido, se ha considerado la importancia de la contaminación atmosférica y del consumo de cigarrillos en la etiología del cáncer de pulmón (Stocks, 1952 y 1959). En Londres se estudiaron las influencias de la clase social, la profesión, la vivienda y la densidad de población, y se encontró que la incidencia máxima del cáncer de pulmón correspondía a los barrios situados al noreste de la ciudad, adonde los vientos dominantes — del centro y el sur — arrastraban los contaminantes atmosféricos. En otro estudio ha llevado a cabo en las comunidades urbanas, rurales y mixtas de Gales y del noroeste de Inglaterra, se compararon las circunstancias ambientales y sociales de los cancerosos de pulmón con una serie testigo cuidadosamente seleccionada de sujetos con otros padecimientos (Stocks y Campbell, 1955). Los autores de esta investigación llegaron a la conclusión de que el 3,4-benzopireno y otros hidrocarburos policíclicos influyen doblemente en la etiología del cáncer de pulmón, por su presencia en la atmósfera y en el tabaco.

¹ Srdan, S. (1960) *Air pollution in Slovenia*; Symon, K. (1960) *Air pollution in Czechoslovakia* (documento de trabajo inédito).

² También: Heller, A. (1960) *Current air pollution problems and some recent on the effects of air pollution on health carried out in the Federal Republic of Germany* (documento de trabajo inédito).

CONCLUSIONES

La contaminación de la atmósfera es en Europa uno de los factores mesológicos más nocivos y causa muchas enfermedades que podrían prevenirse y numerosos fallecimientos prematuros. En muchos lugares del continente donde se han hecho mediciones de dióxido de azufre y de materias en suspensión, la contaminación por estos agentes ha resultado comparable a la que se observa en el Reino Unido, donde ha quedado claramente establecida la relación entre las concentraciones de estos contaminantes y las enfermedades respiratorias. Es pues posible, e incluso probable, que la salud de las poblaciones urbanas de muchos países europeos se encuentre igualmente amenazada. En todos estos países hay que intensificar las investigaciones para determinar la naturaleza y extensión de la contaminación atmosférica a que están expuestos los individuos; sobre todo habrá que determinar, además de los contaminantes más comúnmente estudiados, la concentración atmosférica de óxido de carbono, de ácido sulfúrico, de compuestos de plomo, de óxidos de nitrógeno y de benzopireno.

Actualmente son las técnicas epidemiológicas las que ofrecen mejores posibilidades para estudiar la influencia de la contaminación atmosférica sobre la salud. En la preparación y ejecución de los estudios necesarios es importante obtener la cooperación entre expertos en medicina y en química, a fin de que las observaciones referentes a los efectos patológicos avancen a la par que se obtienen observaciones completas sobre la concentración en el aire de los contaminantes más claramente asociados a los efectos que se consideren. En varios países europeos ya se han obtenido resultados importantes gracias a los recientes experimentos epidemiológicos. Las nuevas técnicas basadas en la observación de los efectos de las variaciones diarias de la contaminación atmosférica sobre el estado de salud de la población de determinada zona tienen especial interés porque eliminan la dificultad que supone el tener que trabajar con dos poblaciones idénticas en todos los aspectos excepto en el grado de contaminación a que están expuestas. Las investigaciones interna-

cionales coordinadas llevadas a cabo en las más diferentes condiciones climáticas y ambientales pueden suministrar datos convincentes sobre los efectos de cada uno de los contaminantes atmosféricos.

Los resultados de las investigaciones epidemiológicas tendrán una aplicación importante en la lucha contra los contaminantes nocivos. La relación diaria observada entre las enfermedades e índices de contaminación como la concentración de dióxido de azufre o de materias en suspensión sugieren la posibilidad de definir unas normas mínimas de pureza de la atmósfera. El límite admisible se fijaría en la concentración del contaminante en cuestión por debajo de la cual ya no existiría una relación demostrable entre sus variaciones y las de la mortalidad y morbilidad.

No todas las formas de medir la contaminación atmosférica son igualmente adecuadas para los estudios epidemiológicos. Las mediciones de la precipitación de polvo o del dióxido de azufre usando el dióxido de plomo y métodos empírico similares es improbable que den resultados útiles por lo que no se recomiendan. Por otra parte, ha demostrado su valor la determinación de dióxido de azufre por medio del agua oxigenada y de sólidos en suspensión por gravimetría u otros métodos cuantitativos. En función de su procedencia y de otros factores la composición de las materias suspendidas varía mucho de unos lugares a otros y aún queda mucho por averiguar sobre las distintas propiedades físicas y químicas de esos materiales y sobre sus efectos patogénicos. Para la determinación de materias suspendidas en el aire están actualmente en uso dos métodos: la valoración gravimétrica del total de materias en suspensión, preferida por algunos expertos, y la determinación fotoeléctrica de las materias oscuras en suspensión (humo), que también se utiliza con frecuencia, pero cuyos resultados dependen en parte de la densidad óptica de los contaminantes suspendidos. Es importante tener en cuenta dos hechos: la gran calidad del método gravimétrico y el hecho de que la medición diaria de la luz reflejada ya ha pasado a formar parte de la metodología habitual en los estudios epidemiológicos. Es necesario elaborar factores de corrección que hagan comparables los resultados obtenidos en zonas con contaminantes y características diferentes. El estudio de estos dos métodos prosigue activamente.

La variedad de instrumentos y métodos constituye un elemento importante. Los dispositivos de registro continuo y los de muestreo periódico son útiles para descubrir los aumentos bruscos de las concentraciones, pero para la mayor parte de las investigaciones epidemiológicas los aparatos más sencillos que determinan concentraciones medias durante periodos algo más largos — de 24 horas, por ejemplo — es más probable que reciban la aceptación general. Es necesario normalizar

instrumentos, unidades de medida, métodos analíticos y de muestreo, y terminología. En Europa occidental actúa en ese sentido la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, en algunos países de Europa oriental otras instituciones y organismos nacionales y, desde un punto de vista internacional, la Organización Mundial de la Salud. Para las necesidades especiales de la investigación epidemiológica convendría poner a punto métodos adecuados para su aplicación universal. La mayor parte de las investigaciones epidemiológicas sobre la contaminación de la atmósfera exigen una normalización de la terminología médica, a fin de evitar que los médicos empleen criterios diagnósticos diferentes. En la actualidad las variaciones entre unos países y otros son tan importantes que invalidan casi todas las comparaciones internacionales.

La experiencia que, gracias al cuestionario del Medical Research Council del Reino Unido, se ha podido obtener en estudios comparados sobre la bronquitis podrá constituir un excelente punto de partida. Los estudios de laboratorio y los estudios sobre el terreno son en gran medida complementarios, ya que los datos obtenidos en los primeros se confirman con observaciones de los clínicos y viceversa.

El valor de los estudios epidemiológicos depende en gran parte de la calidad de las estadísticas médicas. Si bien es cierto que en todos los países hay estadísticas de mortalidad, éstas son de precisión inconstante y sólo respecto a las grandes poblaciones proporcionan datos utilizables en las investigaciones sobre contaminación de la atmósfera. Los índices de morbilidad parecen ser más sensibles a los efectos de la contaminación, pero ninguno de los países representados en el simposio ha podido proporcionar datos realmente satisfactorios en ese terreno. En consecuencia, sería conveniente prestar más atención a los estudios de morbilidad, a fin de llegar a calcular índices que se presten mejor a las comparaciones internacionales. A falta de índices detallados de morbilidad para investigaciones locales o regionales, pueden obtenerse datos útiles en los estudios actuariales y en los registros de ingresos en hospitales, así como en los estudios de grupos de población especiales, como escolares o pacientes que visitan ambulatorios de enfermedades del tórax.

Puede ser conveniente el estudio de los efectos de la contaminación atmosférica en tres momentos distintos:

a) efectos inmediatos, es decir los que se presentan en las 24-48 primeras horas de la aparición de una contaminación atmosférica grave;

b) efectos intermedios, que se producen en el curso de varias semanas o meses de sufrir una contaminación intensa, y

c) efectos crónicos, tardíos o a largo plazo, debidos a una exposición de muchos años.

Pueden emprenderse estudios sobre los efectos inmediatos cuando se dispone de valores diarios fidedignos de contaminación atmosférica y datos adecuados de mortalidad y morbilidad. Del mismo modo que en todos los estudios de correlación, habrá que interpretar los resultados con gran cuidado; por lo general no se ha podido determinar cuál de los constituyentes de una atmósfera contaminada es el causante de los efectos que se observan. Los estudios sobre efectos intermedios y crónicos ofrecen mayores dificultades. Generalmente exigen investigaciones comparadas entre poblaciones de zonas contaminadas y libres de contaminación. Para interpretar los resultados de esas comparaciones hay que proceder con la máxima cautela, pues entre las poblaciones en cuestión pueden existir numerosas diferencias sociales, económicas o de cualquier otro tipo que invaliden los datos obtenidos.

La ciencia estadística está actualmente en rápida evolución y, a medida que se vayan produciendo nuevos adelantos, aumentarán las posibilidades de emplear métodos más precisos de análisis. En este terreno conviene sacar el máximo partido del asesoramiento que puedan prestar las universidades, los institutos de investigación y otras organizaciones que se ocupan de estos problemas. Importa asimismo fomentar la comunicación y los intercambios de informaciones entre médicos, epidemiólogos, químicos, físicos, ingenieros sanitarios, estadígrafos, meteorólogos, administradores y demás especialistas interesados por la contaminación atmosférica, pues en este campo es esencial trabajar en equipo. Es también necesario mejorar los medios de formación a nivel internacional.

LISTA DE PARTICIPANTES

<i>Alemania</i> (Berlín Occidental)	Profesor A. Heller Instituto de Higiene del Agua, del Suelo y de la Atmósfera, Berlín-Dahlem.
<i>Bélgica</i>	Dr. A. E. de Wever Directeur de l'Administration de l'Hygiène publique, Ministère de la Santé, Bruxelles.
<i>Checoslovaquia</i>	Dr. Karel Symon (Vicepresidente) Director del Instituto de Higiene, Praga.
<i>Dinamarca</i>	Profesor Poul Bonnevie Instituto Universitario de Higiene, Copenhague.
<i>Francia</i>	Dr. L. Coin Laboratoire municipal d'Hygiène, París.
<i>Italia</i>	Profesor A. Giovanardi Director del Instituto de Higiene, Universidad de Milán. Profesor L. Petrilli Director del Instituto de Higiene, Universidad de Génova.
<i>Noruega</i>	Dr. T. Mork Hospital Radiológico de Noruega, Oslo.
<i>Países Bajos</i>	Profesor J. W. Tesch (Presidente) Director del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Ingeniería Sanitaria, TNO, La Haya.
<i>Polonia</i>	Sr. Jerzy Zwolinski Instituto Nacional de Higiene, Varsovia.
<i>Reino Unido</i>	Dr. J. L. Burn Medical Officer of Health, Salford, Lancashire. Dr. P. J. Lawther Director, Medical Research Council Air Pollution Research Unit, St Bartholomew's Hospital, Londres. Dr. A. E. Martin Senior Medical Officer, Ministry of Health, Londres, Inglaterra.

- Suecia* Dr. R. Spaak
Jefe de los Servicios Municipales de Salud Pública,
Gotemburgo.
- Suiza* Profesor D. Hogger
Jefe del Departamento de Medicina del Trabajo, Oficina
Federal de la Industria, del Comercio y del Trabajo,
Zurich.
- Yugoslavia* Dr. D. Hrovat
Instituto Central de Higiene, Ljubljana.
- OFICINA DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS Sr. D. W. Slimming
Warren Spring Laboratory,
Department of Scientific and Industrial Research,
Stevenage, Inglaterra.
- SECRETARÍA DE LA OMS Sr. R. Pavanello
Funcionario Regional de Saneamiento del Medio,
Oficina Regional de la OMS para Europa, Copenhague.
Dr. E. T. Wilkins
Consultor, Oficina Regional de la OMS para Europa,
Copenhague.
Sr. J. O. Buxell
Jefe del Servicio de Contaminación del Aire y del Agua,
División de Higiene del Medio, Organización Mundial
de la Salud, Ginebra.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS



- Færber, K. P., Hoffmann, A. & Schmitz, G. (1959) *Öff. Gesundheits-Dienst.*, **12**, 493
- Fairbairn, A. S. & Reid, D. D. (1958) *Brit. J. prev. soc. Med.*, **12**, 94
- Gran Bretaña, Medical Research Council (1960) Short questionnaire on respiratory symptoms, *Brit. med. J.*, **2**, 1665
- Lawther, P. J. (1958) *Proc. roy. Soc. med.*, **50**, 262
- Martin, A. E. (1961) *Mth. Bull. Minist. Hlth Lab. Serv.* **20**, , 42
- Martin, A. E. & Bradley, W. H. (1960) *Mth. Bull. Minist. Hlth Lab.*, **19**, 56
- Organización Mundial de la Salud (1957) *Manual de la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades, Traumatismos y Causas de Defunción*, Ginebra
- Organización Mundial de la Salud, Comité de Expertos en Saneamiento del Medio (1958) *Org. mund. Salud Ser. Inf. técn.*, **157**
- Stocks, P. (1952) *Brit. J. Cancer*, **6**, 99
- Stocks, P. (1959) *Brit. med. J.*, **1**, 74
- Stocks, P. & Campbell, J. M. (1955) *Brit. med. J.*, **2**, 923
- Trüb, C. L. P. & Posch, J. (1959) *Zbl. Bakt. Hyg.*, **176**, I, 3/6, 207