Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (SIMUVIMA)

La contaminación atmosférica urbana

1973-1980

Publicado bajo el patrocinio conjunto del
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
y de la Organización Mundial de la Salud

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD GINEBRA

La Organización Mundial de la Salud es un organismo especializado de las Naciones Unidas que se ocupa fundamentalmente de asuntos sanitarios internacionales y salud pública. Por conducto de esta organización, creada en 1948, los profesionales de la salud de unos 160 países intercambian sus conocimientos y experiencias con objeto de que todos los ciudadanos del mundo puedan alcanzar en el año 2000 un grado de salud que les permita llevar una vida social y económicamente productiva.

Mediante la cooperación técnica directa con sus Estados Miembros y el fomento de dicha cooperación entre éstos, la OMS promueve el establecimiento de servicios completos de salud, la prevención y la lucha contra las enfermedades, el mejoramiento de las condiciones ambientales, la formación de personal de salud, la coordinación y el desarrollo de las investigaciones biomédicas y sobre servicios de salud, y la planificación y ejecución de programas de salud.

Un programa tan vasto comprende actividades muy variadas, entre las que cabe destacar el establecimiento de sistemas de atención primaria de salud que alcancen a todas las poblaciones de los Estados Miembros; el mejoramiento de la salud de la madre y el niño; la lucha contra la malnutrición; la lucha contra el paludismo y otras enfermedades transmisibles, como la tuberculosis y la lepra; conseguida ya la erradicación de la viruela, el fomento de la inmunización en masa contra cierto número de otras enfermedades evitables; el mejoramiento de la salud mental; el abastecimiento de agua potable; y la formación de personal de salud de todas las categorías.

El mejoramiento de la salud en todo el mundo requiere también la colaboración internacional en ciertas actividades como el establecimiento de patrones internacionales para sustancias biológicas y de normas sobre plaguicidas y preparaciones farmacéuticas, la formulación de criterios de higiene del medio; la recomendación de denominaciones comunes internacionales para medicamentos; la administración del Reglamento Sanitario Internacional; la revisión de la Clasificación Internacional de Enfermedades, Traumatismos y Causas de Defunción; y la compilación y difusión de estadísticas de salud.

En las publicaciones de la OMS pueden encontrarse más datos sobre numerosos aspectos de la labor de la Organización.

Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente

La contaminación atmosférica urbana, 1973-1980

Publicación preparada en colaboración
con el Centro de Estudios
de Vigilancia y Evaluación,
Chelsea College, Universidad de Londres,
Londres, Inglaterra

Organización Mundial de la Salud
Ginebra
1984

P.d
QUH/495

ISBN 92 4 356082 4

© Organización Mundial de la Salud 1984

Las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones sobre reproducción de originales del Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Las entidades interesadas en reproducir o traducir en todo o en parte alguna publicación de la OMS deberán solicitar la oportuna autorización de la Oficina de Publicaciones, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. La Organización Mundial de la Salud dará a esas solicitudes consideración muy favorable.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o del nombre comercial de ciertos productos no implica que la OMS los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las marcas registradas de artículos o productos de esta naturaleza se distinguen en las publicaciones de la OMS por una letra inicial mayúscula.

TYPESET IN SPAIN
PRINTED IN SWITZERLAND

84/6043-FER/PCL-1800

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

LA CONTAMINACION ATMOSFERICA URBANA 1973-1980

CORRIGENDUM

Página 69, Anexo 3, Centros colaboradores de la OMS para la vigilancia de la contaminación del aire.

Substitúyase la lista de «Organismos e instituciones nacionales» por la siguiente:

Alemania, República Federal de: Instituto Universitario de Meteorología y Geofísica, Francfort
Argelia: Instituto Nacional de Salud Pública, El Madania, Argel
Australia: Environmental Protection Agency of Victoria, Melbourne, Victoria;
State Pollution Control Commission, Sydney, Nueva Gales del Sur
Bélgica: Instituto de Higiene y Epidemiología, Bruselas
Brasil: Fundación Estatal de Ingeniería Ambiental (FEEMA), Rio de Janeiro;
Centro Estatal de Tecnología Ambiental y Sanitaria (CETESB), São Paulo
Canadá: Air Pollution Control Directorate, Environment Canada, Ottawa
Colombia: Departamento Municipal de Salud, Bogotá;
Servicio de Salud de Antioquia, Cali;
Departamento de Salud del Distrito, Medellín
Cuba: Dirección General de Higiene, Ministerio de Salud Pública, La Habana
Checoslovaquia: Instituto de Higiene, Praga
Chile: Instituto de Salud Ocupacional y de la Contaminación Atmosférica, Santiago
China: Instituto de Salud, Academia China de Ciencias Médicas, Beijing
Dinamarca: Laboratorio Nacional de Contaminación Atmosférica, Roskilde
Egipto: Departamento de Salud Industrial, Ministerio de Salud, El Cairo
España: Sección de Higiene del Medio, Escuela Nacional de Sanidad, Madrid
Estados Unidos de América: Environmental Monitoring Systems Laboratory, US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, Carolina del Norte
Fiji: Ministerio de Salud, Suva
Filipinas: Comisión Nacional de Lucha contra la Contaminación Atmosférica, Ministerio de Asentamientos Humanos, Manila
Finlandia: Departamento Nunicipal de Salud, Helsinki
Francia: Ministerio del Medio Ambiente y de la Calidad de la Vida, Neuilly-sur-Seine

Ghana: Consejo de Protección del Medio Ambiente, Accra
Grecia: Proyecto de Lucha contra la Contaminación del Medio, Atenas
Hong Kong: Air Pollution Control Unit, Department of Labour, Hong Kong
India: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Ingeniería del Medio, Nagpur
Indonesia: Instituto Nacional de Investigaciones Sanitarias y Desarrollo, Ministerio de Salud, Yakarta
Irán (República Islámica del): Dirección de Higiene del Medio, Ministerio de Salud y Asuntos Sociales, Teherán
Iraq: Ministerio de Salud, Bagdad
Irlanda: Departamento del Medio Ambiente, Dublín
Israel: División de Lucha contra la Contaminación Atmosférica y las Radiaciones, Ministerio de Salud, Tel Aviv
Italia: División de Contaminación Atmosférica, Ministerio de Salud, Roma
Japón: Instituto de Salud Pública, Tokyo
Kenya: Laboratorio Nacional de Salud Pública, Nairobi
Kuwait: Departamento de Protección del Medio Ambiente, Al Shaab
Malasia: División del Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Kuala Lumpur
Nigeria: Ministerio Federal de Salud y Bienestar Social, Yaba
Nueva Zelandia: Sección de Lucha contra la Contaminación Atmosférica, Ministerio de Salud, Wellington
Países Bajos: Instituto Nacional de Salud Pública, Bilthoven
Pakistán: Instituto de Ingeniería de Salud Pública e Investigaciones, Universidad de Ingeniería y Tecnología, Lahore
Perú: Instituto de Salud Ocupacional, Lima
Polonia: División de Inspección Sanitaria, Ministerio de Salud y Bienestar Social, Varsovia
Portugal: Laboratorio de Higiene Industrial y Contaminación Atmosférica, Lisboa
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte: Warren Spring Laboratory, Stevenage, Hertfordshire
República de Corea: Oficina de Control de la Calidad del Aire, Departamento del Medio Ambiente, Seul
Rumania: Inspector General, Ministerio de Salud, Bucarest
Sri Lanka: División de Higiene del Trabajo, Secretaría de Trabajo, Colombo
Sudán: División de Higiene del Trabajo, Ministerio de Salud, Jartum
Suecia: Laboratorio de Protección Atmosférica, Consejo Nacional Sueco de Protección del Medio Ambiente
Suiza: Inspector de Salud de la Ciudad de Zurich, Zurich
Tailandia: División de Higiene del Medio, Ministerio de Salud Pública, Bangkok
Venezuela: Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas
Yugoslavia: Instituto de Investigaciones Médicas e Higiene del Trabajo, Zagreb

Indice

	Página
Prefacio	v
Nota	vii
Introducción	1
El proyecto OMS/PNUMA de vigilancia del aire	3
Evolución del proyecto	3
Sectores de vigilancia	6
Métodos de vigilancia	6
Ejecución del proyecto	7
Presentación de los datos	9
Recapitulaciones estadísticas	9
Obtención de datos completos y representativos	9
Series de datos para la red	11
Representaciones gráficas	11
Ejemplos de presentaciones logarítmicas normales	12
Análisis de las variables básicas	19
Variaciones mundiales	19
Distribución de los valores medios anuales	23
Distribución de los valores máximos	25
Distribución de la desviación geométrica estándar	25
Variación de la media por relación a los valores máximos	30
Comparación entre las determinaciones de partículas atmosféricas y de humo hechas por distintos métodos	30
Estudios de correlación	33
Las correlaciones entre sectores dentro de una ciudad	33
Las correlaciones entre contaminantes en el mismo sector	38
Comparaciones con los límites de exposición publicados por la OMS	41
Límites de exposición a largo plazo	42
Límites de exposición a corto plazo	43
Casos en que las concentraciones de SO_2 y de partículas rebasan simultáneamente los límites de exposición	43
Tendencias	47
Tendencias generales	47
Tendencias en sectores específicos	50
Tendencias para los límites propuestos por la OMS	56
Resumen y conclusiones	57
Bibliografía	59

Página

Anexo 1. Resumen de los métodos de medición 61
Anexo 2. La garantía de calidad del SIMUVIMA 65
Anexo 3. Centros colaboradores de la OMS para la vigilancia de la contaminación del aire 69
Anexo 4. Resumen de datos del proyecto de vigilancia del aire, 1973-1980... 71

Prefacio

A raíz de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, la Organización Mundial de la Salud estableció un programa mundial de vigilancia del medio ambiente en relación con la salud. Ese programa comprende proyectos relativos al aire, el agua, los alimentos y las condiciones biológicas, que son parte del Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (SIMUVIMA) del PNUMA.

El proyecto mundial de vigilancia de la calidad del aire se realiza en colaboración con muchos Estados Miembros y comprende cooperación técnica para determinaciones de la contaminación atmosférica e intercambio de información. El proyecto tiene por objeto vigilar y valorar la calidad del aire en el medio urbano y mejorar el nivel general de la salud pública; los resultados se resumen en informes bienales.

La presente publicación representa, en cambio, un primer intento de análisis completo e interpretación de los datos obtenidos hasta 1980 sobre la contaminación atmosférica urbana. Se trata de informar a las altas autoridades y a la comunidad científica sobre la concentración en la atmósfera de los dos contaminantes más asociados con el uso de combustibles fósiles; a saber, el anhídrido sulfuroso y las partículas en suspensión. Se han hecho análisis lo más completos posibles para que el lector comprenda mejor los factores subyacentes de los fenómenos observados a escala mundial.

Las dos primeras secciones contienen información general sobre el proyecto de vigilancia mundial y sobre los datos disponibles cuando se preparó este informe. En las otras cuatro secciones se describen los resultados de los análisis, con estudios estadísticos detallados de todos los datos, así como de las condiciones imperantes en algunas zonas urbanas. Las comparaciones con los límites de exposición propuestos por la OMS y el análisis de las tendencias proporcionan una visión de conjunto de los rasgos más comunes de la contaminación atmosférica en muchas ciudades y, en ese sentido, tratan de ofrecer un cuadro de la situación mundial. La última parte del informe contiene un resumen y las conclusiones. En los anexos figuran los detalles de los métodos de medición, los procedimientos de garantía de la calidad y una recapitulación completa de los datos.

Nota

La Organización Mundial de la Salud desea manifestar su especial agradecimiento al Dr. J. G. Kretzschmar, del Centro de Estudios de Energía Nuclear, Mol (Bélgica), que preparó el borrador de este documento; al Sr. G. Akland, del Organismo de Protección del Medio Ambiente, Research Triangle Park, NC (Estados Unidos de América), que participó en el acopio y el análisis de los datos; y al Dr. B. G. Bennett, del Centro de Estudios de Vigilancia y Evaluación, Londres (Inglaterra), que, junto con el Dr. H. W. de Koning, de la OMS, preparó la versión definitiva.

Introducción

La contaminación atmosférica en las zonas urbanas proviene de muchas fuentes, cuyo tipo e importancia depende del emplazamiento y del clima. Por ejemplo, la calefacción doméstica contribuye mucho a la contaminación del aire en las regiones templadas pero muy poco en las tropicales. En cambio, la conversión fotoquímica de los escapes de automóviles en contaminantes con características acusadas de oxidación es mucho más notoria en las regiones tropicales que en las templadas. Ahora bien, independientemente de su emplazamiento, cualquier zona urbana tendrá en la atmósfera una mezcla de contaminantes de origen muy diverso, por ejemplo de instalaciones térmicas (industriales y domésticas), procesos industriales, incineradores de basura, automóviles y otros vehículos de transporte. El denominado perfil de contaminación atmosférica puede variar mucho de un lugar a otro.

La concentración de contaminantes depende no sólo de las cantidades emitidas, sino también de la medida en que la atmósfera puede absorber o dispersar el exceso. A ese respecto, las zonas urbanas presentan características especiales. Por ejemplo, pueden estar situadas en una cuenca fluvial, en litorales, cerca de un lago o en el fondo de un valle. Todos esos emplazamientos pueden influir mucho en la dispersibilidad y producir tipos específicos de contaminación. En las ciudades hay también numerosos factores que influyen en la concentración de los contaminantes del aire. Cabe citar como ejemplos la escasa ventilación del centro urbano donde se concentran los edificios, y la agrupación de fuentes contaminantes en los sectores industriales y comerciales, cerca de las carreteras, etc.

La distribución desigual de las fuentes de contaminación, unida a los factores meteorológicos y topográficos, determina la variación de las concentraciones en el mapa de una zona urbana. Existen además variaciones temporales importantes de la intensidad de las fuentes y de las condiciones meteorológicas, responsables de que las características de la contaminación del aire cambien según la hora del día, la semana o el año. Para medir la variación de las concentraciones de contaminantes atmosféricos en una ciudad es preciso repartir las estaciones por toda la zona y hacer determinaciones frecuentes o continuas. Para que una muestra sea representativa de un sector, el aire a proximidad de la esta-

ción no debe estar excesivamente afectado por una fuente cercana. Según dónde se encuentren las estaciones, los sectores o zonas correspondientes pueden clasificarse como industriales, comerciales o residenciales.

De lo que antecede se deduce que, en sus desplazamientos cotidianos, una persona pasará por zonas con diferentes concentraciones de contaminantes atmosféricos. El total de contaminantes inhalados al cabo del día constituye la exposición total. Si ésta es suficientemente alta puede producir efectos agudos o inmediatos; y si es más baja o persistente, efectos crónicos.

La exposición de las poblaciones urbanas de distintas partes del mundo variará considerablemente a causa de los factores precitados (topografía, clima, tipo de fuentes, etc.). Los distintos estilos de vida y condiciones asociadas también contribuirán a la gran diversidad de la exposición humana a la contaminación atmosférica.

El proyecto OMS/PNUMA de vigilancia del aire se ha concebido para determinar las condiciones de contaminación atmosférica a escala mundial, observar sus tendencias e iniciar el análisis de las relaciones entre la contaminación y la salud humana. Indudablemente, el logro de esos objetivos tan amplios presenta problemas. Sin embargo, es de esperar que una perspectiva mundial de la contaminación atmosférica urbana permita comprender mejor ese destacado elemento del medio humano y mejorar la salud pública general.

El proyecto OMS/PNUMA de vigilancia del aire

El proyecto OMS/PNUMA de vigilancia del aire se formuló para facilitar a los países las operaciones de control de los contaminantes atmosféricos, mejorar la aplicación práctica de los datos a la protección de la salud humana y promover el intercambio de información. Los datos obtenidos por la red de estaciones permiten evaluar la calidad del aire en las zonas urbanas de todo el mundo y estudiar las tendencias de los niveles de contaminación atmosférica. En este informe se hace un análisis de los datos obtenidos durante el periodo 1973-1980.

Evolución del proyecto

La OMS inició el proyecto de vigilancia de la calidad del aire en 1973. De 1973 a 1975 tuvo carácter experimental, y entonces se elaboraron y perfeccionaron los procedimientos de notificación y manipulación de datos. También recibió especial atención la armonización de los métodos y técnicas de elección de emplazamientos, muestreo y medición, y se preparó un manual de métodos de determinación de contaminantes atmosféricos (*16*). En esa primera fase, 15 países aportaron datos sobre anhídrido sulfuroso (SO_2) y sobre partículas en suspensión, tomados en ciertos puntos de sus redes nacionales. Cada país obtuvo información sistemática en tres sectores de carácter principalmente industrial, comercial y residencial pertenecientes a, por lo menos, una zona urbana importante.

En 1976 se amplió el proyecto de vigilancia del aire y se incorporó al Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (SIMUVIMA). Desde entonces, gracias al apoyo económico del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se ha podido extender la red de estaciones a países en desarrollo, obtener datos más fidedignos y armonizar mejor la vigilancia y el análisis e interpretación de los datos. En ese mismo año, la Organización Meteorológica Mundial pasó a ser organismo colaborador y desde entonces ha participado en la preparación de pautas y en la organización de talleres para formar personal de países en desarrollo (*5*). Entre otros organismos internacionales participantes está la Comisión de las Comunidades Europeas (*3*), que aporta al

SIMUVIMA datos de unas 40 estaciones de vigilancia del aire pertenecientes a Estados Miembros.

La red de vigilancia fue ampliándose durante varios años. Se estableció contacto con unos 100 países, 50 de los cuales fueron visitados por personal o consultores de la OMS para organizar la participación, elegir los puntos de vigilancia e impartir instrucción práctica sobre técnicas de muestreo y análisis. Además de adiestrar a personal local, los expertos instalaron 60 unidades de vigilancia con las piezas de repuesto, los filtros y las sustancias químicas imprescindibles para un año de operación.

Después de la activa ampliación y el perfeccionamiento de la red en 1976-1978, los cambios anuales han sido mínimos. El Cuadro 1 muestra el crecimiento de la red desde 1973 hasta 1980. Durante ese periodo, el número de países participantes aumentó a más del doble y el de puntos de vigilancia se triplicó. Ahora, todos los años se incorporan entre 25 000 y 30 000 valores diarios al fichero de cada contaminante. No todas las estaciones informan a diario, ya que en algunas de ellas se utilizan sistemas de muestreo discontinuo. En general puede decirse, sin embargo, que la representatividad de los datos de la red ha mejorado con el tiempo.

Cuadro 1. Número de países, estaciones y valores para 24 horas durante 1973-1980 del proyecto OMS/PNUMA de vigilancia del aire

Año	Número de países	Número de estaciones	Valores para 24 horas[a]	
			Partículas	SO_2
1973	14	42	7 446	9 936
1974	14	42	7 263	8 833
1975	15	44	10 839	13 831
1976	23	97	20 773	24 874
1977	27	101	27 525	31 448
1978	30	106	25 651	27 760
1979	34	146	29 986	33 770
1980	33	136	25 408	29 135

[a] Los valores horarios se sumaron para formar promedios de 24 horas en los casos apropiados.

En la Figura 1 se indica la cobertura geográfica de la red a finales de 1980. Como se observará, dicha cobertura es más completa en el hemisferio norte, donde muchos países industrializados aportan datos abundantes tomados por sus redes nacionales, regionales y locales. Como la mayoría de las estaciones de los países en desarrollo no empezaron a funcionar hasta 1976, los datos de esa procedencia son más escasos.

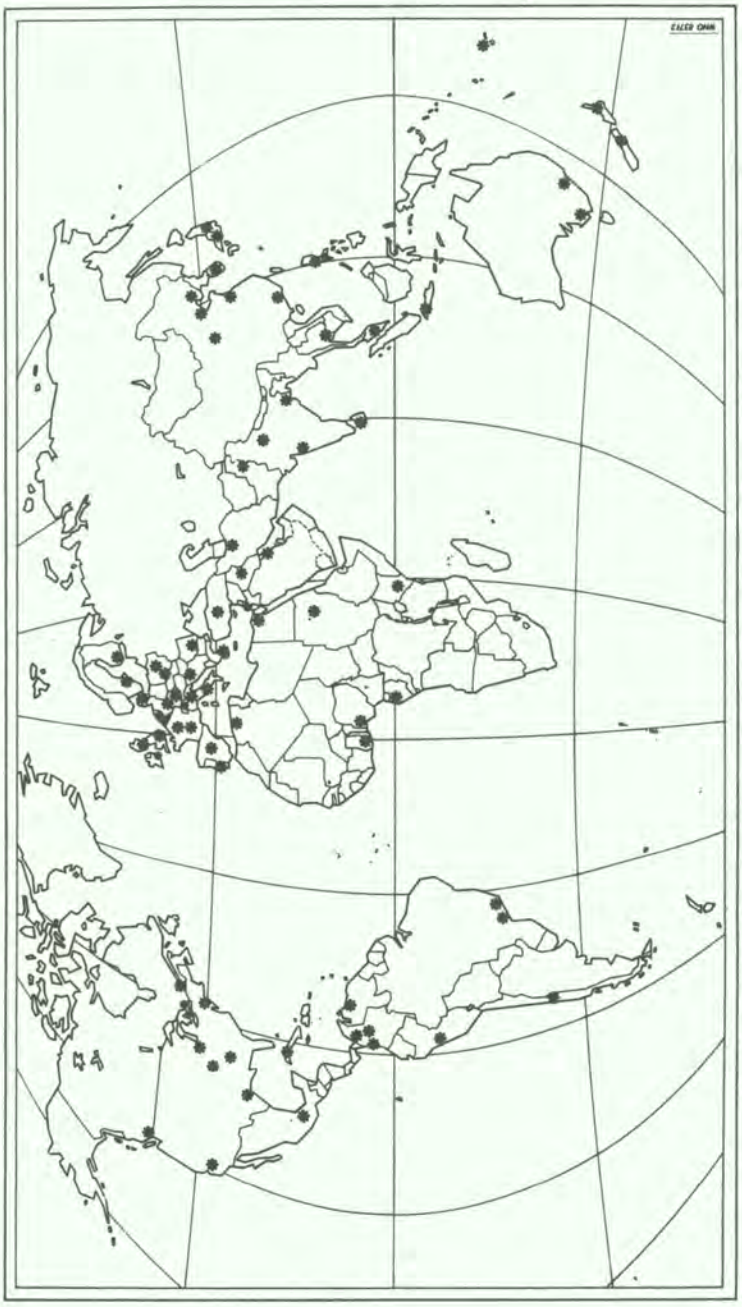


Figura 1. Estaciones del proyecto OMS/PNUMA de vigilancia del aire a fines de 1980.

Sectores de vigilancia

Los sectores de vigilancia pueden ser urbanos (U) o suburbanos (S) y también se clasifican como comerciales (C), industriales (I) o residenciales (R). Esta clasificación corresponde a la clave SAROAD (*23*), que se basa en el uso del terreno situado en torno a las estaciones de vigilancia. Ha de destacarse que varios lugares incluidos en la misma clase por su tipo pueden tener características completamente diferentes desde el punto de vista de la contaminación local de la atmósfera.

En las ciudades donde ya existían sectores de vigilancia se escogieron tres estaciones principales, de tipo comercial, industrial y residencial, para su inclusión en la red. En las ciudades donde no existían dichos sectores sólo se establecieron dos estaciones, una industrial y otra residencial. Eso se hizo para economizar recursos y para que participasen más ciudades en el proyecto.

La red consta ahora de alrededor de 60% de sectores urbanos y 40% de sectores suburbanos. De los primeros, aproximadamente 50% son comerciales (UC), 25% industriales (UI) y 25% residenciales (UR). En la categoría de los suburbanos, más o menos 50% son industriales (SI) y 50% residenciales (SR), ya que apenas existen sectores suburbanos comerciales (SC).

Métodos de vigilancia

Hasta ahora, las operaciones de la red se han limitado al uso de las concentraciones de anhídrido sulfuroso (SO_2) y de partículas atmosféricas en suspensión como indicadores de la contaminación del medio urbano. Para la vigilancia de esos contaminantes existen métodos distintos, todos ellos de reconocida eficacia. En el Anexo 1 figura una breve descripción de los utilizados en el proyecto. La OMS (*16*) ha publicado una descripción más completa, así como un análisis de las posibilidades de opción.

El método más frecuente para determinar los niveles de SO_2 es el de valoración acidimétrica o del agua oxigenada (36%), seguido del colorimétrico con para-rosanilina o método de West-Gaeke (27%); a continuación figuran el método amperométrico o coulimétrico (21%) y el conductimétrico (12%). Unas pocas estaciones usan la fotometría de llama o detección por fluorescencia en impulsos. Para las determinaciones de partículas atmosféricas se emplea el método gravimétrico en 50% de las estaciones (46% de ellas usan el tomamuestras de alto volumen y 4% el tomamuestras de membrana). El método de la mancha de humo predomina en 43 % de los sectores para las determinaciones de partículas. Sólo unas pocas estaciones (7 %) son totalmente automáticas y pueden usar métodos de medición continua como la nefelometría o la absorción de radiaciones beta.

La complejidad y el refinamiento de las técnicas de vigilancia empleadas en la red varían mucho. Los dispositivos automáticos de medi-

ción continua, como el detector fotométrico de llama para el SO_2 y el nefelómetro para las partículas atmosféricas, proporcionan una información muy detallada, con lecturas del nivel de contaminación cada hora o cada media hora. Las técnicas manuales comunes, como el método del agua oxigenada para el SO_2 y la técnica de la mancha de humo para las partículas atmosféricas, no proporcionan esa resolución temporal, ya que integran las tomas de muestras realizadas en 24 horas. Sin embargo, responden a las necesidades de la red y son muy útiles para estudiar los ciclos semanales y las influencias y tendencias estacionales, y para hacer comparaciones con criterios o normas de calidad del aire.

Para vencer las dificultades de interpretación de los datos obtenidos por distintas técnicas se han instalado estaciones de comparación en varios puntos de la red, con empleo paralelo de diferente equipo por periodos limitados. Además, se han emprendido estudios comparativos entre laboratorios respecto al SO_2. La garantía de la calidad es muy importante en cualquier red de vigilancia. El Anexo 2 contiene detalles sobre la garantía de la calidad en el proyecto SIMUVIMA de vigilancia del aire.

Ejecución del proyecto

El proyecto de vigilancia se realiza por conducto de las oficinas regionales de la OMS, que establecen y mantienen la relación de trabajo con los organismos e instituciones nacionales participantes. En cada país se designa un organismo o una institución oficial (centro nacional) como punto focal del proyecto. Además, diversos centros colaboradores de la OMS prestan apoyo consistente en servicios de consultores, realización de pruebas de garantía de calidad, banco de datos y preparación de informes. El Laboratorio de Sistemas y Vigilancia Ambientales del Organismo de Protección Ambiental, de Research Triangle Park (Estados Unidos de América), lleva el banco de datos y colabora en la elaboración de informes para el proyecto. En el Anexo 3 figura la lista completa de centros colaboradores de la OMS y organismos e instituciones nacionales.

Presentación de los datos

Recapitulaciones estadísticas

La determinación cotidiana de las concentraciones de SO_2 y de partículas atmosféricas proporciona numerosos datos que resultan más fáciles de manejar y de transmitir después de analizarlos estadísticamente. Lo más conveniente es recapitular las series anuales de determinaciones diarias de cada estación en un cuadro de acumulación de frecuencias con sus correspondientes gráficos.

Las estadísticas anuales para cada contaminante en todas las estaciones de la red de vigilancia se han publicado en informes bienales (*17, 18, 20, 22*). El Cuadro 2 es el formato de presentación de los datos. Este cuadro muestra el resumen de las concentraciones de SO_2 en el sector urbano comercial de Tokyo e indica el número de determinaciones válidas realizadas durante el año. En ese ejemplo los datos son muy completos, ya que en ningún año llegan a faltar más de 11 días. También se indican los promedios diarios máximos y mínimos, y los percentiles de la distribución acumulativa de frecuencias. Finalmente, se dan las medias aritmética y geométrica y la desviación estándar (DE).

Obtención de datos completos y representativos

No todas las estaciones han notificado datos bastante completos para que puedan determinarse variables anuales representativas (medias, percentiles, etc.). Hay que distinguir entre las series de datos que son incompletas porque se ha escogido deliberadamente un plan discontinuo de muestreo (por ejemplo, una determinación cada cinco días) y las series que resultan incompletas a pesar de todos los esfuerzos y precauciones. Las primeras, si se han planificado adecuadamente, proporcionan valores anuales representativos. Las segundas exigen una evaluación individual de la representatividad de cada serie.

La pérdida de datos puede deberse a mal funcionamiento o avería de los tomamuestras o los dispositivos de medición, a la eliminación de datos dudosos antes de registrarlos o a errores durante la transmisión o la ordenación de los datos. La representatividad de la información disponi-

Cuadro 2. Promedios diarios de la concentración de SO_2 (µg/m³) registrados en el sector urbano comercial de Tokyo, 1973-1980[a]

Año	Número de valores (n)	Valor mínimo	Percentiles									Valor máximo	Media aritmética	DE	Media geométrica	DE
			10	30	50	60	70	80	90	95	98					
1973	363	LD[b]	38	55	70	75	83	94	108	122	140	149	71	28	65	1,6
1974	363	LD	44	57	68	72	78	85	93	106	118	152	68	21	65	1,4
1975	363	LD	38	53	64	68	75	80	91	104	124	186	65	23	60	1,5
1976	366	LD	42	52	63	68	73	81	92	107	118	210	66	23	62	1,4
1977	358	LD	45	58	68	76	79	84	92	97	110	144	68	20	64	1,5
1978	364	LD	34	47	52	58	60	65	76	84	100	123	54	18	51	1,5
1979	363	LD	37	52	55	58	60	65	73	81	102	183	56	18	53	1,4
1980	355	LD	37	50	55	58	60	63	71	79	97	126	55	17	51	1,5

[a] En este sector se usa el método conductimétrico.
[b] LD = por debajo del límite de detección (aquí 26 µg de SO_2/m^3)

ble depende de la naturaleza del problema y de la distribución de los datos válidos. Por ejemplo, si faltan 15% de los datos pero la falta está distribuida por igual y aleatoriamente a lo largo del año, cabe aceptar la serie como representativa para éste. Sin embargo, queda la posibilidad de que los valores extremos (máximos o mínimos) no se hayan registrado. Por el contrario, si 15 % de datos que faltan están agrupados (por ejemplo, casi dos meses consecutivos sin notificación de valores) la representatividad de toda la serie será dudosa, sobre todo si se han apreciado cambios estacionales importantes en el sector de muestreo. Cuando la variabilidad temporal de los niveles diarios sea pequeña, las consecuencias de una falta prolongada de datos pueden ser mínimas.

Series de datos para la red

El Anexo 4 es un resumen de las estadísticas anuales por contaminantes y sectores; se hace una relación del número de determinaciones anotadas durante el año, con los promedios, el valor máximo y el del 98° percentil para cada país y ciudad. Las series de datos que no se consideran representativas de un año completo van marcadas con un asterisco. Esas series deberán ser desechadas o utilizadas con gran precaución en análisis ulteriores.

En el Anexo 4 figuran 1451 series de datos y cada una de ellas recoge los valores de la concentración de SO_2 o de partículas atmosféricas para sectores y años específicos. Los datos se refieren al periodo entre 1973 y 1980. Hay 736 series para SO_2 y 715 para partículas (368 con tomamuestras de alto volumen, 299 por el método de mancha de humo, 40 con tomamuestras gravimétrico de membrana y 8 por el método de atenuación de rayos beta). El 74% de las series de SO_2 y 79% de las correspondientes a partículas se consideran representativas. En los capítulos que siguen se expondrán el intervalo de valores, los promedios, las comparaciones y la interpretación de los datos.

Representaciones gráficas

Aunque la tabulación de los datos, como en el Anexo 4 y en el Cuadro 2, es muy conveniente para resumir y transmitir informaciones, los gráficos permiten una mejor comprensión. En general se reconoce que las series anuales de determinaciones diarias se representan de manera óptima con una distribución logarítmica normal (*21*). Dentro de límites aceptables, los datos forman líneas rectas en el papel logarítmico.

Aunque no sea el ideal, ese sistema es el más práctico, especialmente cuando se basa en los valores que van desde la mediana hasta el 98° percentil, ya que corresponde al intervalo más interesante desde el punto de vista de la vigilancia del aire por consideraciones de salud. En la mayoría de las series de datos, los valores más bajos se acercan o incluso no llegan al límite de detección, por lo que su exactitud es dudosa y su valor real a menudo desconocido. En el otro extremo de la distribución, la

representatividad y precisión de las concentraciones más altas del contaminante resultan con frecuencia muy difíciles de evaluar. Son frecuentes los errores debidos a las técnicas de muestreo, a los instrumentos o a notificación o análisis deficientes. Por añadidura, ciertos fenómenos locales y excepcionales pueden explicar algunos valores extremos.

Ejemplos de presentaciones logarítmicas normales

En la Figura 2 aparecen ejemplos de trazados logarítmicos normales de la distribución acumulativa de frecuencias: se trata de las concentraciones de SO_2 en tres sectores de Tokyo y Zagreb en 1973 y en 1980. Los puntos correspondientes a los datos van a intervalos regulares, ordinariamente de diez percentiles. Las líneas rectas se han trazado uniendo los puntos del 50° y 95° percentiles. La inclinación de las líneas indica la variabilidad temporal. Una variabilidad alta se debe de ordinario a cambios estacionales pronunciados en la concentración de los contaminantes.

En el caso de Tokyo según la Figura 2, la escasa inclinación de las curvas de distribución acumulativa de frecuencias revela una pequeña variabilidad de las concentraciones medias diarias de SO_2. Tanto la variabilidad como las concentraciones absolutas disminuyeron en 1973-1980 casi de la misma forma en los tres sectores. El sector urbano industrial (UI) arrojó el nivel más alto de contaminación por SO_2, y el suburbano residencial (SR) el nivel más bajo.

En el ejemplo de Zagreb, las líneas rectas se ajustan bastante a los datos, especialmente en el intervalo del 50° al 98° percentil. Las fuertes inclinaciones indican una mayor variabilidad por influencias estacionales.

En la Figura 3, el trazado de los promedios mensuales de SO_2 revela la variabilidad estacional. La comparación entre los datos de 1980 y los de 1973 para el sector urbano comercial de Tokyo pone de manifiesto que han bajado algunas de las concentraciones más altas pero que hay pocas variaciones estacionales. Los promedios mensuales a largo plazo arrojan mayores concentraciones de SO_2 en los meses de invierno para el sector industrial y variaciones estacionales más acusadas para el sector residencial.

Los datos mensuales sobre SO_2 para Zagreb presentan una variación estacional mucho más pronunciada, que disminuye algo en el sector urbano comercial desde 1973 hasta 1980. Los trazados de promedios a largo plazo en la Figura 3 muestran evidentes variaciones estacionales en todos los sectores de Zagreb. Es interesante señalar que en 1973, desde enero hasta abril y desde septiembre hasta diciembre, se produjeron cambios excepcionalmente pronunciados de las concentraciones de SO_2. Ello explica la distribución bimodal en ese año de los datos para el sector urbano comercial (véase la Figura 2). En 1980, sin embargo, debido a la reducción lograda de las emisiones de contaminantes, los valores extremos fueron mucho más bajos y las variaciones estacionales menos marcadas (Figura 3).

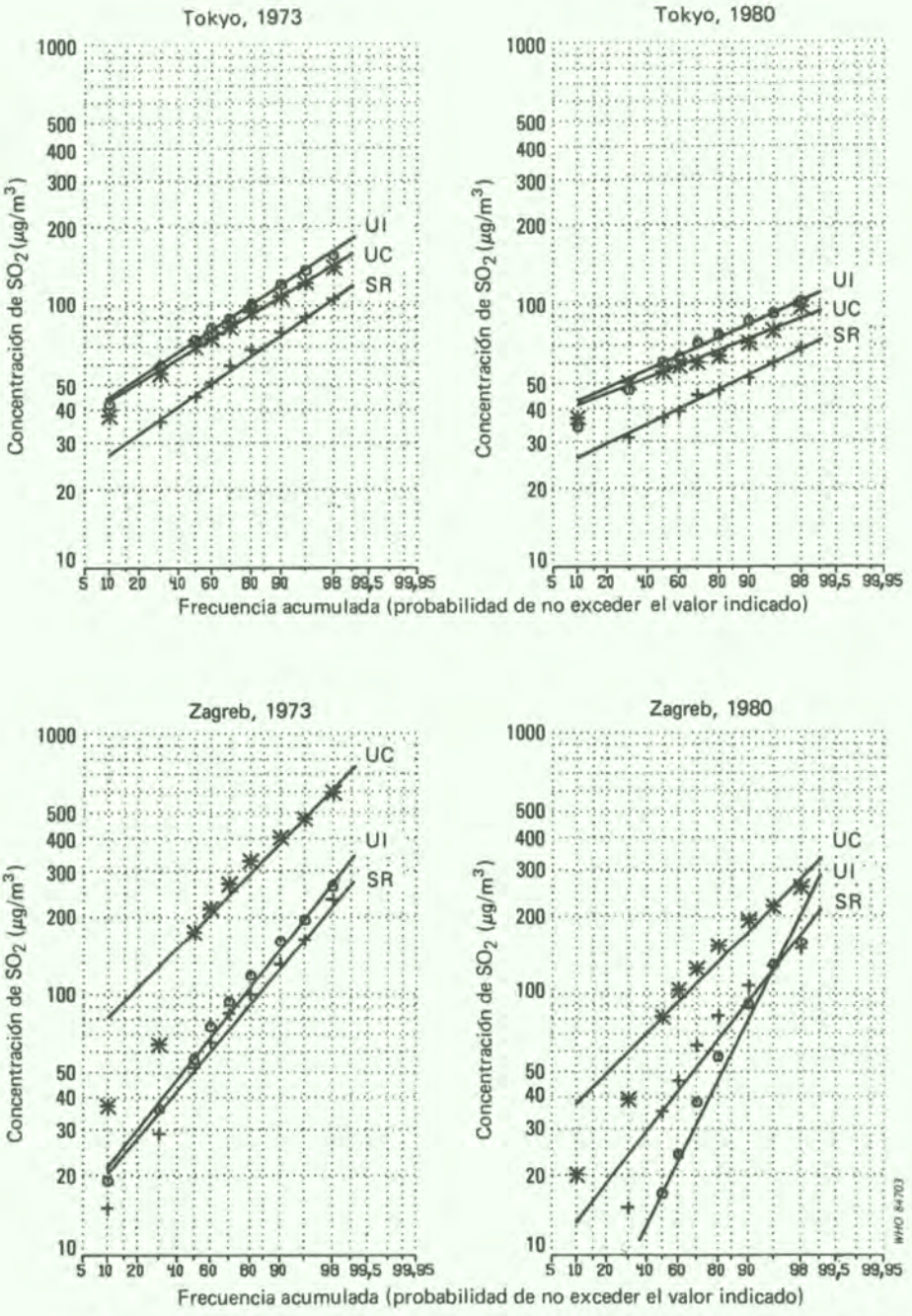


Figura 2. Distribución acumulativa de frecuencias de concentraciones diarias de SO_2 en Tokyo y Zagreb en los sectores urbano comercial (UC), urbano industrial (UI) y suburbano residencial (SR).

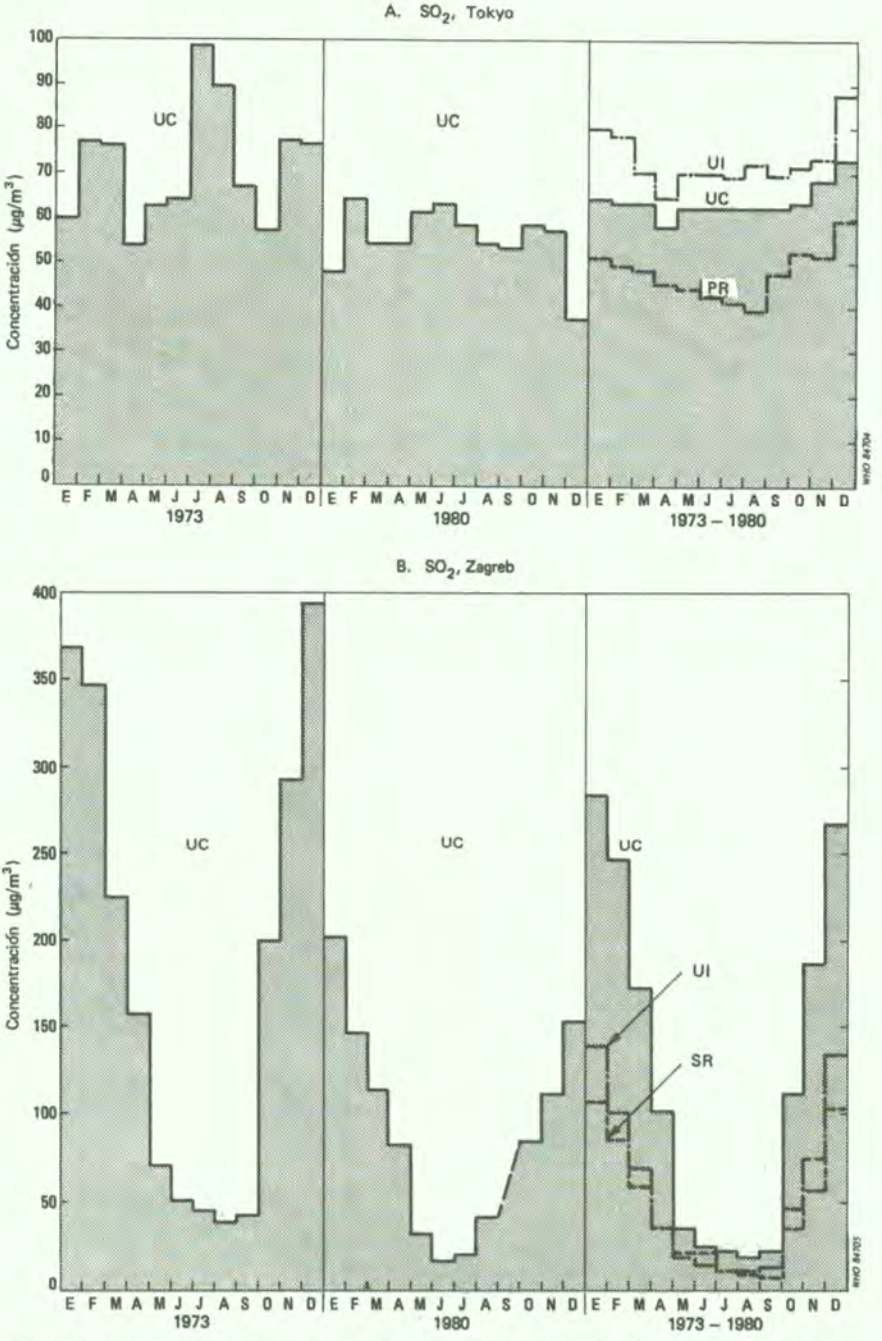


Figura 3. Variaciones mensuales de las concentraciones de SO_2 en Tokyo (A) y en Zagreb (B) en los sectores urbano comercial (UC), urbano industrial (UI) y suburbano residencial (SR).

La serie de datos para el sector urbano comercial de Londres es otro ejemplo de la manera en que las emisiones inusitadas de contaminantes y las condiciones meteorológicas pueden influir en la distribución acumulativa de frecuencias. Las líneas rectas de la Figura 4 representan con gran aproximación la mayoría de las concentraciones diarias de SO_2 y humo. Incluso los valores máximos están casi correctamente indicados por el trazado logarítmico normal, por ejemplo, el humo en 1974 y 1979 y el SO_2 en 1974. En 1979, la concentración máxima observada en los promedios diarios de SO_2 está un poco por encima de la línea, probablemente debido a las concentraciones anormalmente altas de SO_2 en enero y en febrero de 1979; esos dos meses fueron los más fríos de los 20 años últimos, con el correspondiente aumento del consumo de energía para calefacción.

Según la Figura 4, los valores máximos en 1975 para el SO_2 y el humo en el sector urbano comercial de Londres se hallan por encima de la línea que une los puntos del 50° y el 95° percentiles. El máximo observado para el SO_2 fue de 840 $\mu g/m^3$ contra 670 $\mu g/m^3$ como valor estimado en la línea, y para el humo de 430 $\mu g/m^3$ contra un valor estimado de 200 $\mu g/m^3$. Una explicación posible de esos valores anormal-

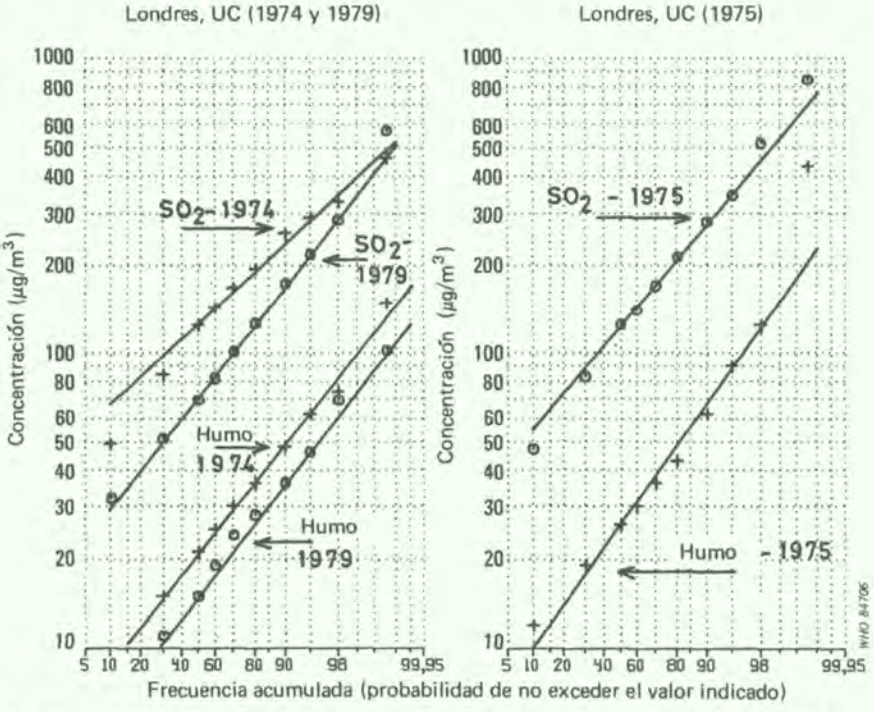


Figura 4. Distribución acumulativa de frecuencias de las concentraciones diarias de SO_2 en Londres, sector urbano comercial (UC).

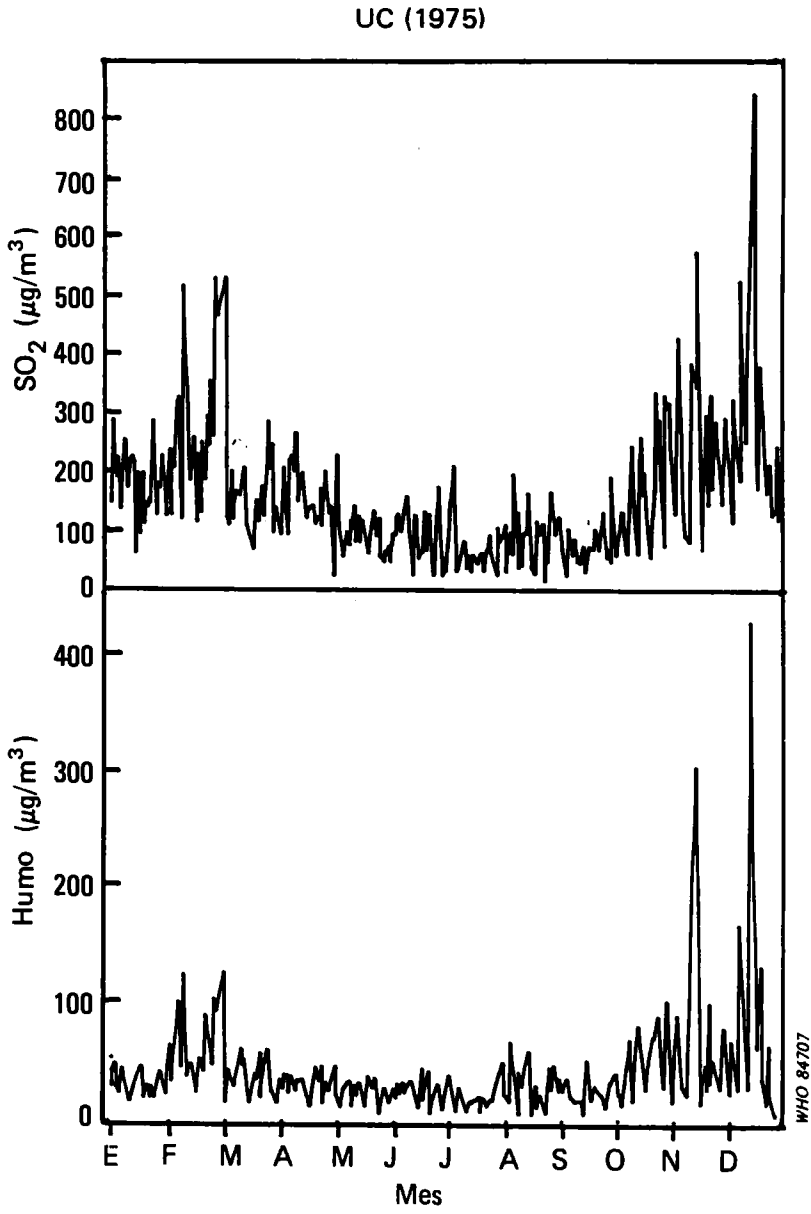


Figura 5. Registro diario de las concentraciones de SO_2 y humo en Londres durante 1975, sector urbano comercial (UC).

mente altos es que en diciembre de 1975 hubo condiciones meteorológicas adversas (temperaturas persistentemente bajas y vientos débiles) que dificultaron la dispersión de los contaminantes (*1*). En consecuencia, fue más alto el consumo de combustibles para calefacción y se produjo la peor contaminación atmosférica desde 1962. El registro diario de SO_2 y de humo en 1975 (Figura 5) pone de manifiesto el carácter excepcional de las concentraciones durante ese periodo.

Los ejemplos citados demuestran algunas de las dificultades posibles para hacer corresponder las líneas rectas con la distribución acumulativa de frecuencias. En general, algo más de información, por ejemplo sobre las variaciones estacionales de las emisiones y los episodios de contaminación, ayudaría a interpretar la importancia de los puntos que se apartan de las líneas representativas.

Análisis de las variables básicas

La red para la vigilancia del aire del SIMUVIMA ha permitido obtener muchos datos sobre la calidad del aire en las zonas urbanas. Existen muchas maneras de analizar esos datos. El criterio básico es observar cada contaminante en los distintos sectores todos los años. Sin embargo, puede conseguirse un panorama más amplio, por ejemplo examinando los valores de las variables específicas de un contaminante en todos los sectores o en los de cierto tipo. También se pueden hacer análisis para hallar las medias anuales y los valores extremos (de ordinario los 98° percentiles o los máximos).

Variaciones mundiales

Quizá sea útil ofrecer primero la distribución geográfica de los datos. En las Figuras 6, 7 y 8 se presentan los valores medios a largo plazo de la concentración de contaminantes en las zonas urbanas del proyecto del SIMUVIMA. Para reducir al mínimo las variaciones anuales, se ha tomado como ejemplo el periodo 1975-1980. Los resultados corresponden a dos sectores en cada ciudad. Cuando hay más sectores en observación se utilizan los valores máximos y mínimos notificados y se indica la variabilidad de las concentraciones de contaminantes dentro de la ciudad.

En la Figura 6 puede apreciarse que las concentraciones de SO_2 tienden a ser de bajas a medias en Australia, el Canadá, Nueva Zelandia y los Estados Unidos de América. Los valores son más altos en partes de Europa, América del Sur y Asia. Las Figuras 7 y 8 muestran las distintas preferencias en cuanto a métodos para determinar las partículas atmosféricas. El método gravimétrico de alto volumen se utiliza en América del Norte, Europa, Asia y Australia. Las concentraciones de humo se miden en Europa, América del Sur y Nueva Zelandia. La mayor abundancia de partículas atmosféricas en puntos de Asia sudoccidental y en la India puede deberse al polvo que hay en el aire, que no siempre es antropogénico ni respirable. Para una interpretación más específica haría falta información adicional sobre las fuentes locales de emisión y las condiciones ambientales.

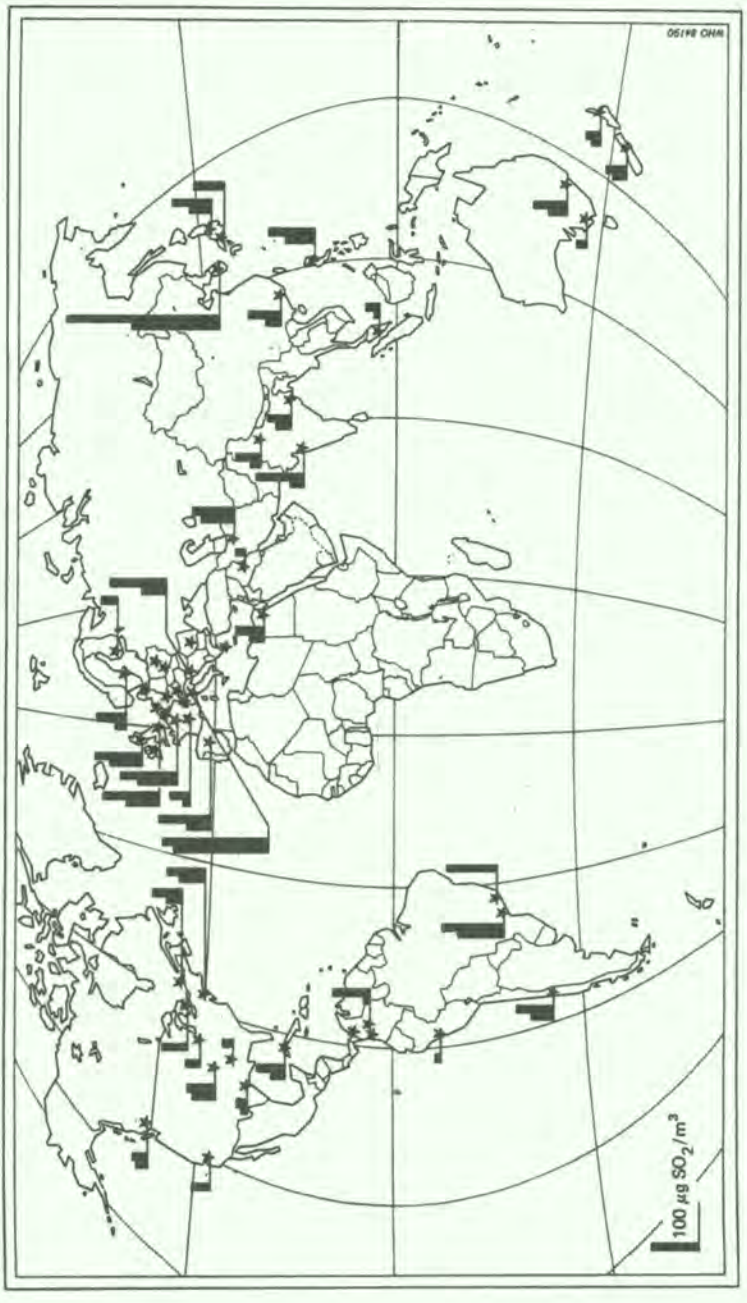


Figura 6. Promedio de concentraciones de SO_2 de 1975 a 1980 en ciudades del proyecto del SIMUVIMA (en las ciudades con más de dos estaciones se indican los promedios más altos y los más bajos; en los demás casos se dan los resultados para todos los sectores existentes).

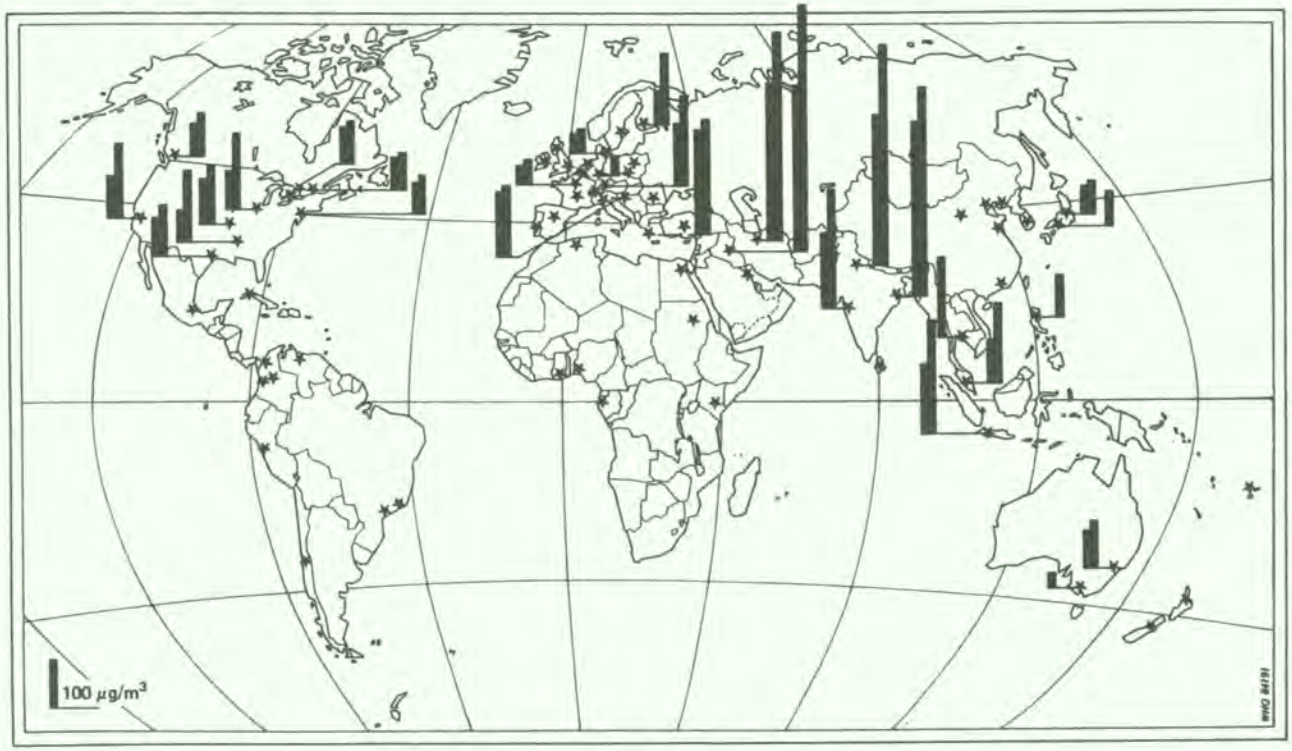


Figura 7. Promedio de concentraciones de partículas atmosféricas en suspensión (método gravimétrico) de 1975 a 1980 en ciudades del proyecto del SIMUVIMA (en las ciudades con más de dos estaciones se indican los promedios más altos y más bajos; en los demás casos se dan los resultados para todos los sectores existentes).

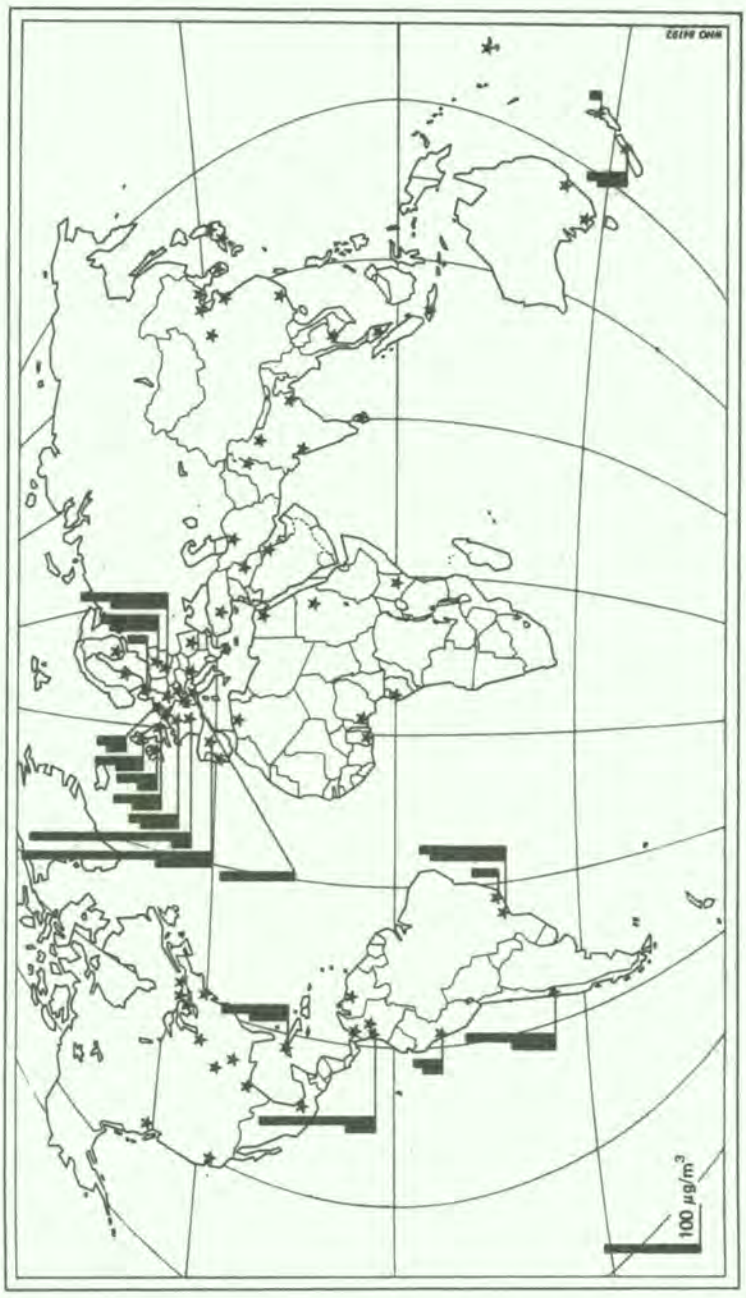


Figura 8. Promedio de concentraciones de humo de 1975 a 1980 en ciudades del proyecto del SIMUVIMA (en las ciudades con más de dos estaciones se indican los promedios más altos y más bajos; en los demás casos se dan los resultados para todos los sectores existentes).

Distribución de los valores medios anuales

En los párrafos siguientes se hacen análisis completos de los datos del SIMUVIMA reseñados en el Anexo 4. Las Figuras 9, 10 y 11 también ofrecen un panorama general de los datos y muestran los valores medios anuales obtenidos por distintos métodos para el SO_2 y las partículas (colector de alto volumen y determinación de humo) en todas las estaciones de la red durante el periodo del proyecto (1973-1980). Para cada contaminante, la distribución de valores es máxima en el intervalo bajo de concentraciones y va disminuyendo hasta el intervalo alto. La distribución de las concentraciones medias anuales en todos los sectores es aproximadamente logarítmica normal, de manera similar a las distribuciones de los valores medios diarios en cada sector por separado.

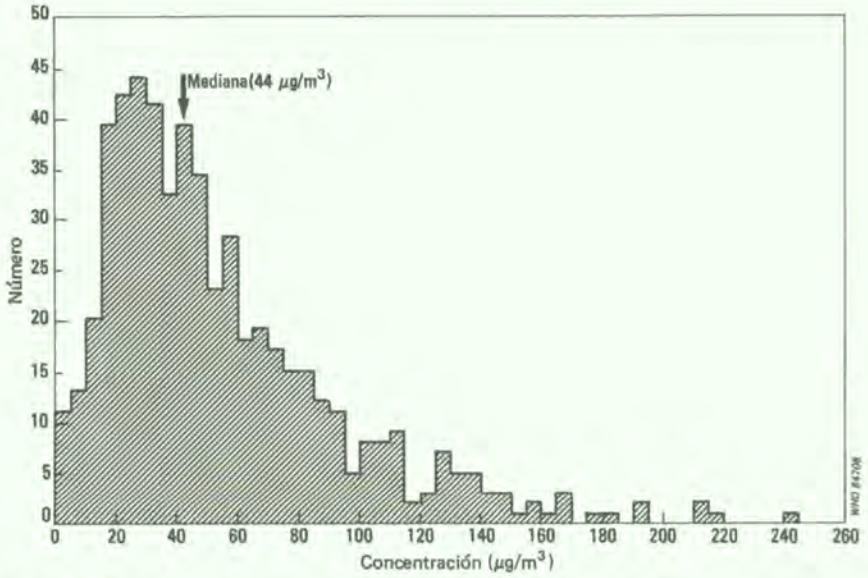


Figura 9. Distribución del promedio anual de concentraciones de SO_2 en todas las estaciones del proyecto del SIMUVIMA desde 1973 hasta 1980.

Para el SO_2 (Figura 9), el intervalo de concentraciones medias anuales representativas va de 3 $\mu g/m^3$ a 242 $\mu g/m^3$. Hay cuatro valores por encima de 200 $\mu g/m^3$, correspondientes a dos sectores urbanos de Milán. En el otro extremo aparecen sectores de Hong Kong, Houston, Harris (Texas), Kuala Lumpur, Lima, Melbourne y Toulouse, con medias anuales de $\leqslant 5$ $\mu g/m^3$, aunque los datos notificados son algo incompletos. La mayoría de los sectores (90%) quedan en el intervalo de 11 a 135 $\mu g/m^3$. El intervalo central para 50% de los valores va de 27 a 72 $\mu g/m^3$. La media para todos los datos relativos al SO_2 es de 44 $\mu g/m^3$.

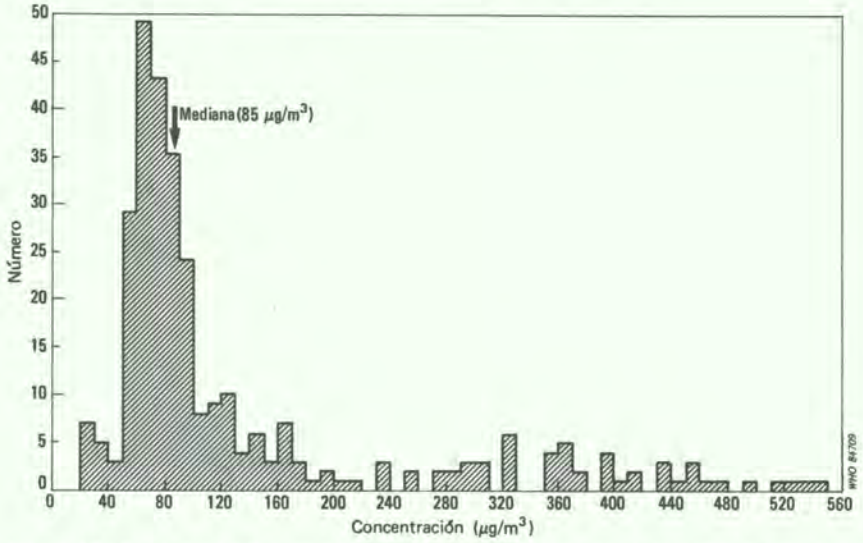


Figura 10. Distribución del promedio anual de concentraciones de partículas en suspensión (método gravimétrico) en todas las estaciones del proyecto del SIMUVIMA desde 1973 hasta 1980.

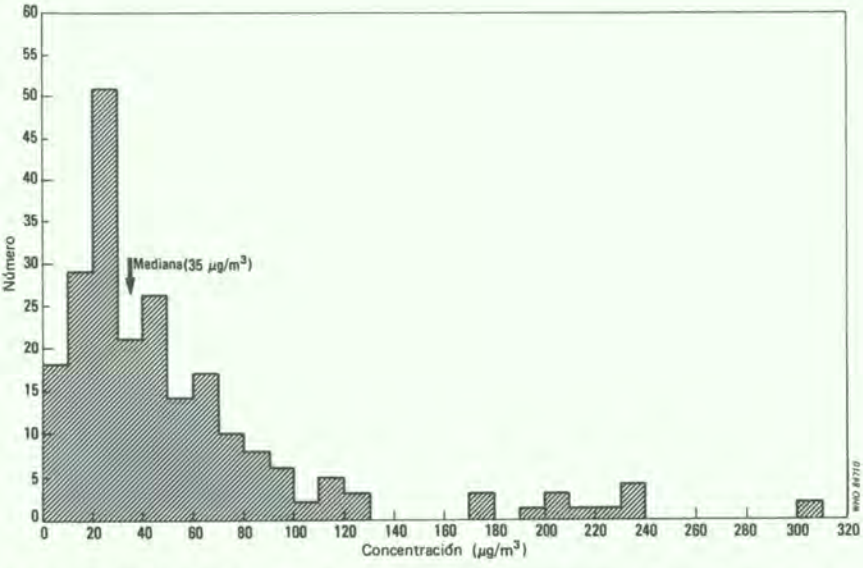


Figura 11. Distribución del promedio anual de concentraciones de humo en todas las estaciones del proyecto del SIMUVIMA desde 1973 hasta 1980.

Para las partículas atmosféricas determinadas por el método del tomamuestras de alto volumen (Figura 10) el intervalo es de 24-547 $\mu g/m^3$. Hay una larga zona intermitente de determinaciones por encima de 200 $\mu g/m^3$, que representan 55 de los 303 puntos de acopio de datos. Tres ciudades (Calcuta, Delhi y Teherán) se reparten los 40 puntos por encima de 300 $\mu g/m^3$. En el extremo más bajo del intervalo hay 12 medias anuales inferiores a 40 $\mu g/m^3$, correspondientes a Copenhague y Melbourne. El intervalo en que quedan 90% de todos los valores es de 49-413 $\mu g/m^3$ y para el 50% central, de 67-142 $\mu g/m^3$. La mediana de partículas (método de alto volumen) es de 85 $\mu g/m^3$.

Los 225 valores para partículas determinadas como humo (Figura 11) están dentro de un intervalo de 4-307 $\mu g/m^3$. Sólo dos ciudades, Madrid y Teherán, notificaron medias anuales por encima de 200 $\mu g/m^3$. La mayoría de los valores para el humo se concentran en el intervalo más bajo (< 130 $\mu g/m^3$). El 90% de los valores se encuentran entre 6 y 196 $\mu g/m^3$, y para el 50% central el intervalo es de 22-66 $\mu g/m^3$. La mediana para el humo es de 35 $\mu g/m^3$.

En la Figura 12 están los trazados logarítmicos normales de la distribución acumulativa de frecuencias para los calores de la concentración media anual en las series de datos correspondientes al periodo 1973-1980. Pueden apreciarse las líneas para cada contaminante en todos los sectores (sectores urbanos y suburbanos, y sectores industriales, comerciales y residenciales). No hay mucha diferencia entre unas y otras. En general, los sectores suburbanos y residenciales tienen niveles de contaminación más bajos que los comerciales, los industriales y los urbanos.

Distribución de los valores máximos

Los valores de los 98° percentiles (P_{98}) que figuran en el Anexo 4 representan las concentraciones máximas diarias. En particular, el valor P_{98} corresponde a la concentración que no se llega a rebasar por más de 7 días al año. La distribución de esos valores aparece en la Figura 13. Se advierten analogías entre los tipos de sectores si se comparan con las medias anuales. Los valores centrales para todos los sectores (el punto del 50° percentil en los gráficos de P_{98}) son aproximadamente de 140 $\mu g/m^3$ para el SO_2, 190 $\mu g/m^3$ para las partículas atmosféricas (métodos del alto volumen) y 130 $\mu g/m^3$ para el humo.

Distribución de la desviación geométrica estándar

Otro parámetro que se puede examinar en la serie completa de datos es la desviación geométrica estandar (σ_g). Está representada por la inclinación de la línea logarítmica normal y es una indicación de la variabilidad de las concentraciones del contaminante según los sectores. De ordinario, los cambios estacionales de las fuentes de emisión y de las

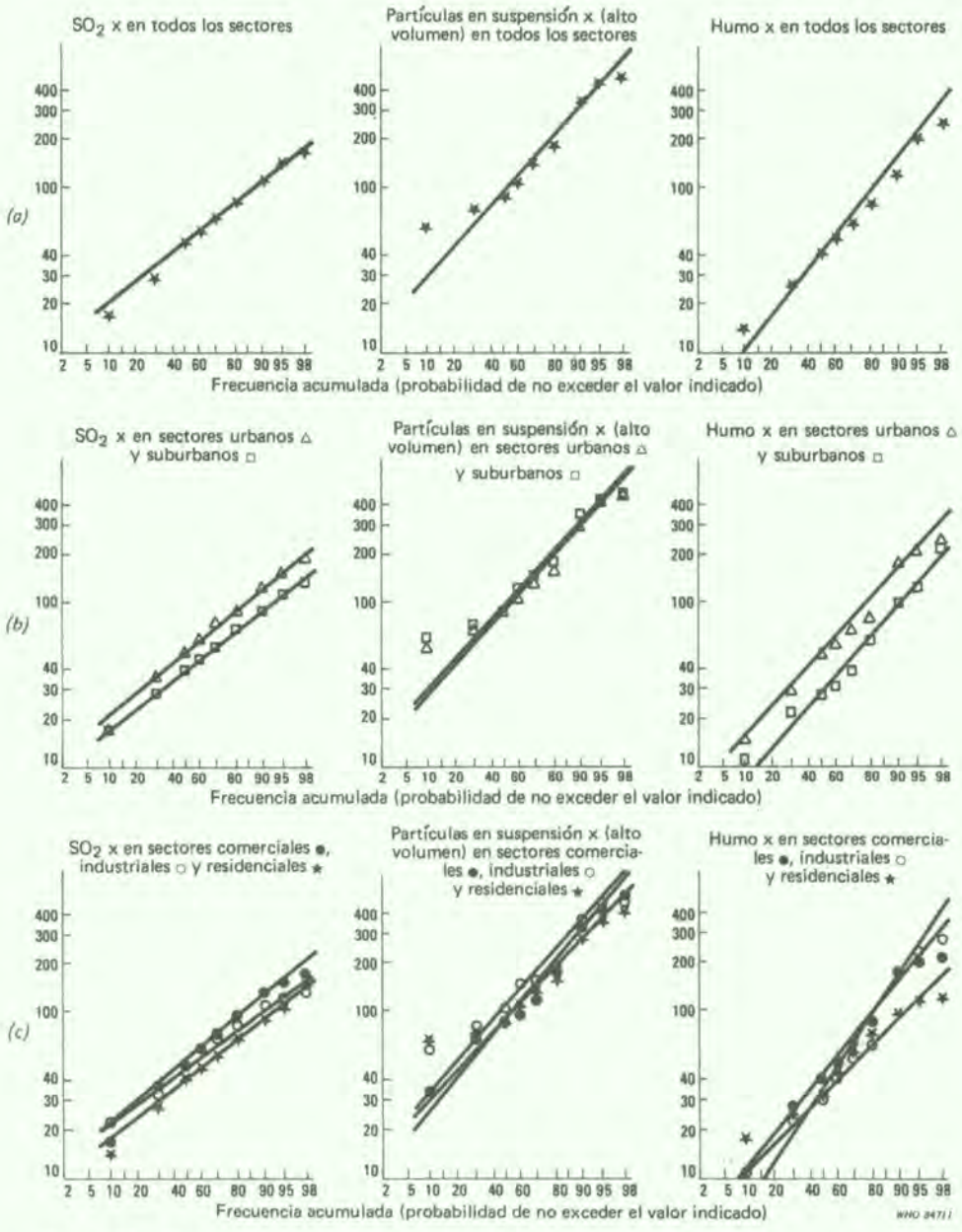


Figura 12. Distribución acumulativa de frecuencias del promedio anual de concentraciones ($\bar{x}$) de SO_2, partículas (método gravimétrico) y humo desde 1973 hasta 1980 en: a) todos los sectores; b) los sectores urbanos (U) y suburbanos (S); y c) los sectores comerciales (C), industriales (I) y residenciales (R).

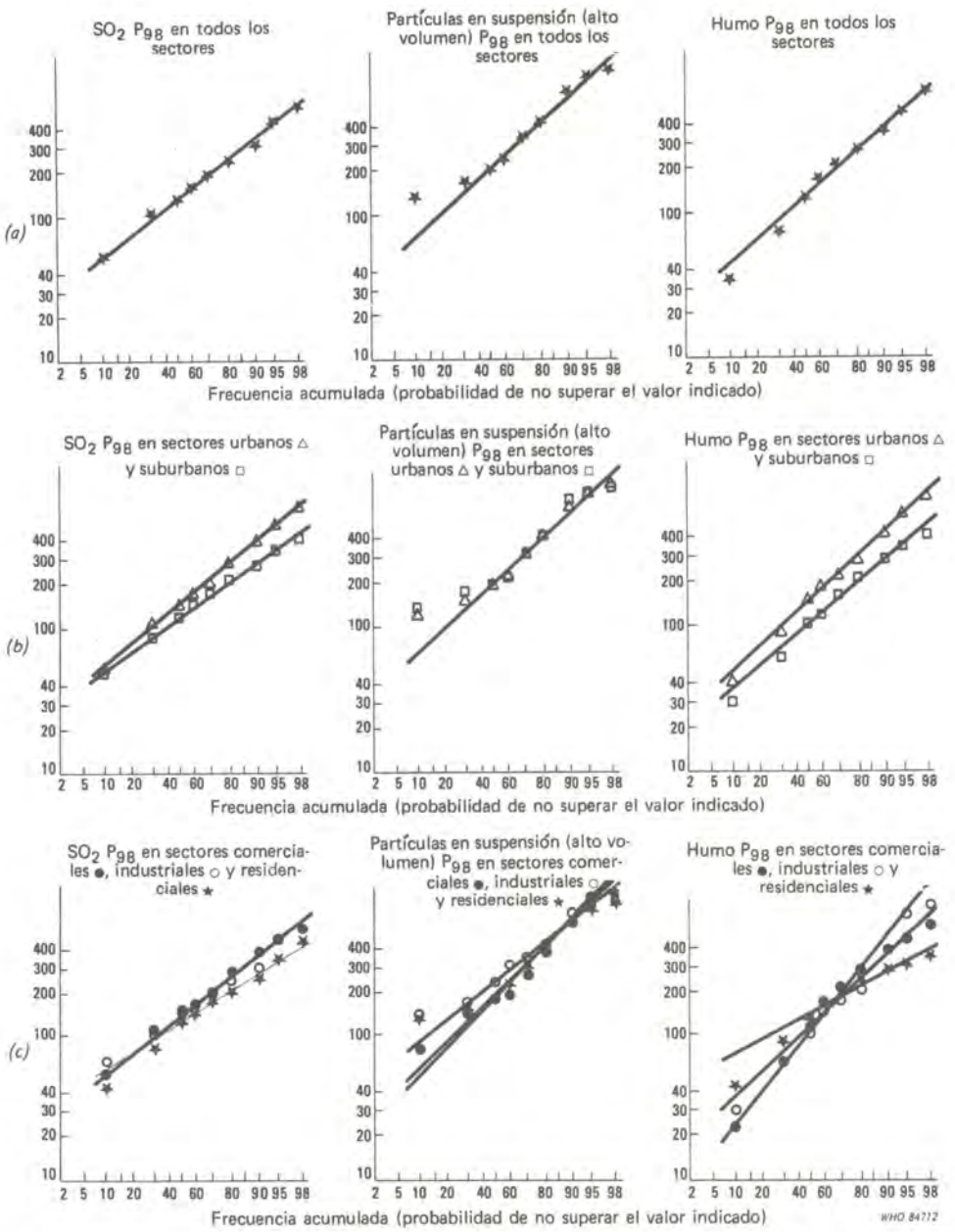


Figura 13. Distribución acumulativa de frecuencias de los valores anuales máximos (P_{98}) de SO_2, partículas (método gravimétrico) y humo desde 1973 hasta 1980 en: a) todos los sectores; b) los sectores urbanos (U) y suburbanos (S); y c) los sectores comerciales (C), industriales (I) y residenciales (R).

condiciones meteorológicas son los factores que más influyen en la variabilidad.

La Figura 14 indica la distribución de los valores de σ_g, a base de la información de todos los sectores. Los perfiles de distribución son casi idénticos para cada contaminante en los diversos sectores (urbanos, suburbanos, comerciales, industriales y residenciales). Las distribuciones en el caso del SO_2 y del humo son extraordinariamente parecidas, pero muy diferentes de las determinaciones de partículas atmosféricas. El valor medio de σ_g para el SO_2 y el humo se sitúa entre 2,0 y 2,2, mientras que la variabilidad para las partículas es en general mucho menor, con valores medios de σ_g cercanos a 1,6. El intervalo también es mucho más amplio para el SO_2 y para el humo que para las partículas atmosféricas (método del alto volumen). Hay un pequeño número de valores altos de σ_g en determinados sectores, especialmente para el humo.

La Figura 15 indica la variación, anormalmente alta, de las concentraciones de humo en Christchurch (Nueva Zelandia). Dicha variabilidad es similar en los sectores residenciales, comerciales e industriales,

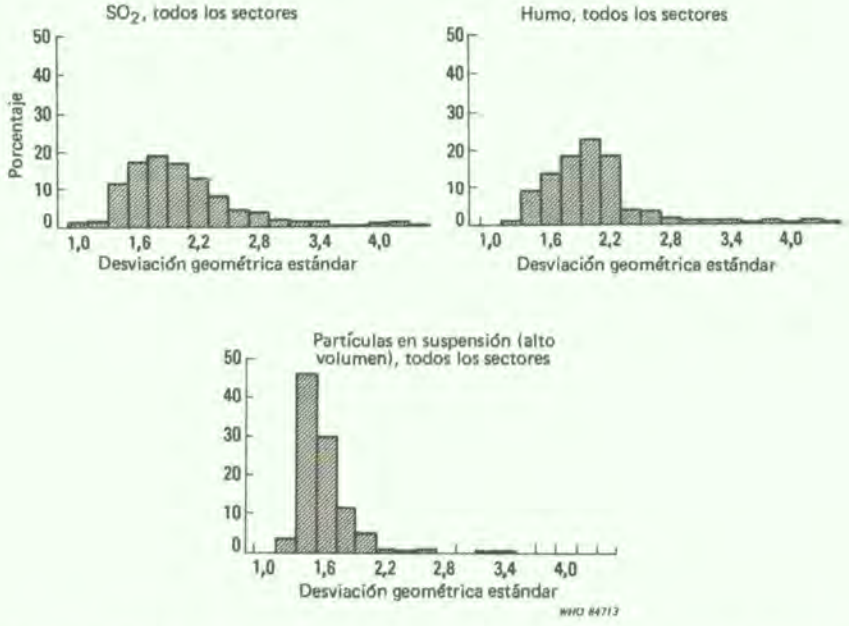


Figura 14. Distribución de la desviación geométrica estándar (σ_g) a partir de los gráficos logarítmicos normales de los promedios diarios para SO_2, humo y partículas (método del alto volumen) de todas las series de datos anuales representativos para todos los sectores, 1973-1980.

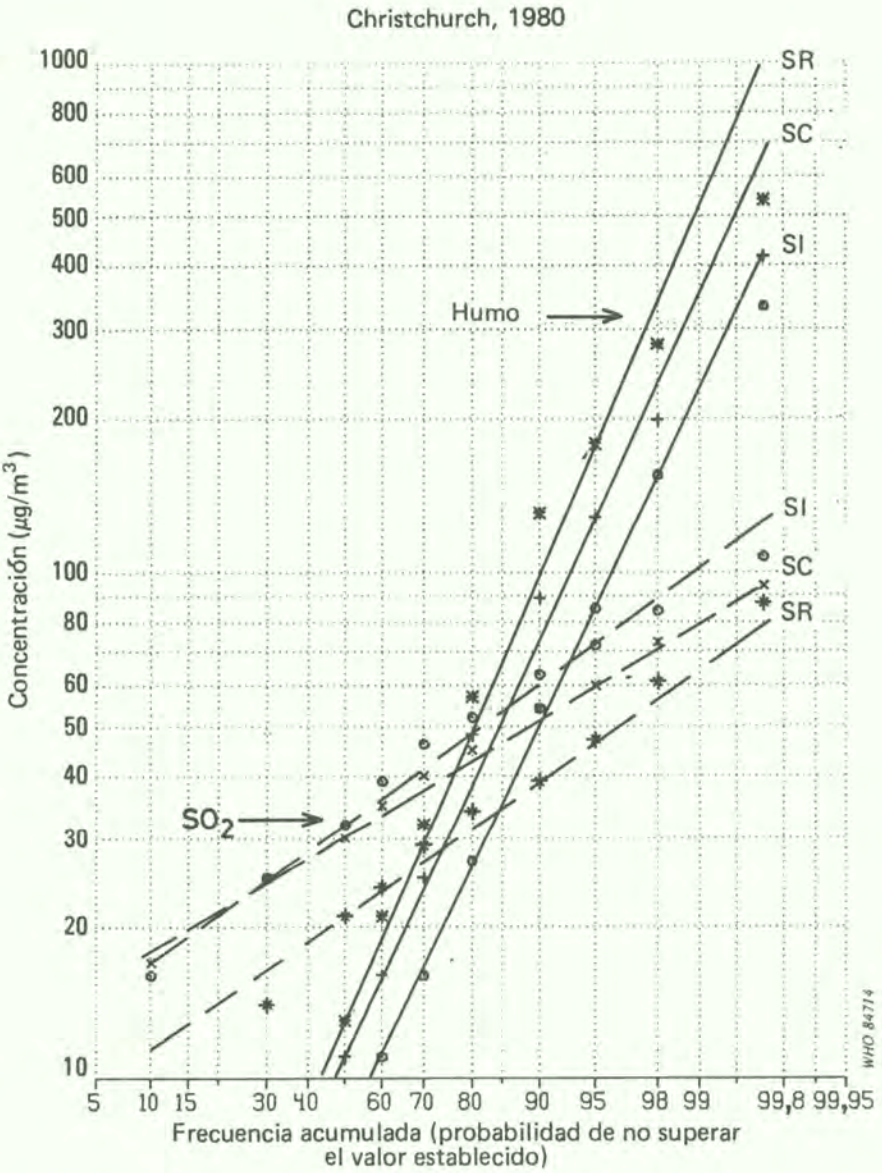


Figura 15. Distribución acumulativa de frecuencias de las concentraciones diarias de SO_2 y humo durante 1980 en Christchurch (Nueva Zelandia), en los sectores suburbano residencial (SR), suburbano comercial (SC) y suburbano industrial (SI).

pero para el humo es mucho mayor que para el SO_2. Un análisis revela que las concentraciones de humo aumentan considerablemente cuando la temperatura exterior baja de 10 °C. Durante los meses más fríos, las concentraciones medias mensuales de humo son unas tres veces superiores a la media anual. Las máximas diarias alcanzan valores de 15 a 20 veces más altos que la media anual, mientras que las mínimas descienden a una vigésima parte de dicha media. En cuanto al SO_2 las concentraciones suben algo durante los meses más fríos pero no evolucionan como las de humo. Esto se debe probablemente a que la calefacción de interiores es de leña que al arder produce humo negro pero poco SO_2.

Un estudio similar para Auckland (Nueva Zelandia) revela que la situación es parecida pero con concentraciones de humo casi un punto más bajas que en Christchurch. Dado que en Auckland la temperatura pocas veces es inferior a 10 °C, las calefacciones son más raras.

Variación de la media por relación a los valores máximos

Se puede hacer otro análisis de la variabilidad de los datos relativos a contaminantes comparando las medias anuales de las determinaciones diarias con los valores de los 98° percentiles. Pueden verse a este respecto los diagramas de dispersión de $\bar{x}$ frente a P_{98} en la Figura 16. Los análisis de regresión linear de los puntos quedan resumidos en cada gráfico por el coeficiente de correlación linear r y los coeficientes A y B de la ecuación de regresión linear $P_{98} = A\bar{x} + B$. Se aprecia una relación sistemática entre la media y los valores de P_{98}, a pesar de que los datos proceden de ciudades con características meteorológicas, topográficas y socioeconómicas muy distintas. Esa relación es diferente para las determinaciones de SO_2, de humo y de partículas atmosféricas (método del alto volumen). Las intersecciones altas (valores B) con el eje P_{98} y la ausencia de combinaciones de valores bajos de $\bar{x}$ y de P_{98} son de destacar, especialmente para las partículas. Como se ha señalado en el análisis de σ_g, la relación $\bar{x} - P_{98}$ confirma la menor variabilidad de las determinaciones de partículas. Esto no se aprecia bien en la Figura 18 porque se ha reducido la escala de $\bar{x}$ en el gráfico de las partículas.

Comparación entre las determinaciones de partículas atmosféricas y de humo hechas por distintos métodos

En los diferentes lugares de muestreo de este proyecto se utilizan métodos distintos para determinar las concentraciones de SO_2 y de partículas atmosféricas (véase página 6). Así, para eliminar las dificultades de interpretación de los datos obtenidos es esencial una comparación de los métodos.

En tres sectores de Teherán y en otros tres de Copenhague se hicieron durante años determinaciones simultáneas de partículas por los dos métodos principales (el gravimétrico y el de la mancha de humo). También se compararon, aunque en escala mucho menor, los resultados

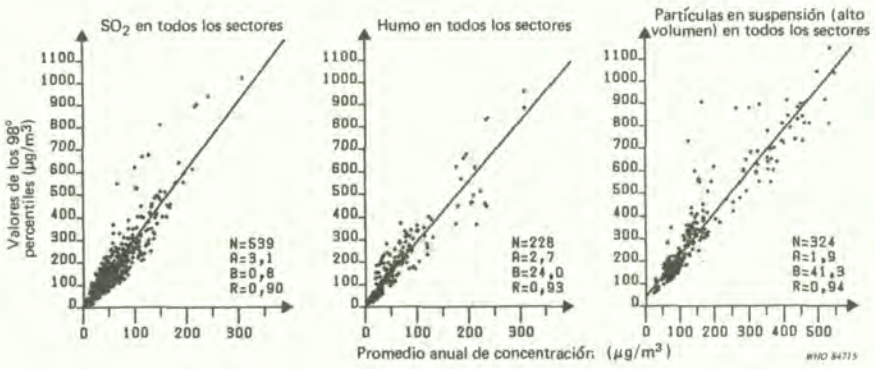


Figura 16. Diagramas de dispersión de promedios anuales ($\bar{x}$) y de valores diarios máximos (P_{98}) de SO_2, humo y partículas en suspensión (método del alto volumen) en todos los sectores desde 1973 a 1980.

Cuadro 3. Comparaciones entre métodos para determinar las concentraciones de partículas en suspensión

Sector[a]	Periodo	Nº de datos	Concentraciones (µg/m³)		Relación	Coeficiente de correlación lineal
Comparaciones alto volumen-humo						
Copenhague			Alto vol.	Humo		
UC	1977-80	1400	32	17	1,9	0,5-0,6
SC	1977-80	1350	31	10	3,1	0,5-0,7
SI	1978-80	800	49	13	3,8	0,4
Teherán						
UC	1976-80	304	329	211	1,6	0-0,6
SI	1976-80	225	442	233	1,9	0-0,4
SR	1976-80	241	316	119	2,7	0-0,7
Comparaciones alto volumen-nefelómetro						
Manila			Alto vol.	Nefelómetro		
SI	1978	36	246	71	3,5	0,8
	1979	49	279	86	3,2	0,4
	1980	31	122	83	1,5	0,2
Melbourne						
UC	1979	38	65	29	2,2	0,5
Tokyo						
UI	1978-79	33	140	67	2,1	0,6

[a] Tipos de sector: UC, urbano comercial; SC, suburbano comercial; SI, suburbano industrial; SR, suburbano residencial; UI, urbano industrial.

obtenidos por el método de nefelómetro y por el del tomamuestras de alto volumen. En el Cuadro 3 se dan los resultados de esas comparaciones.

El coeficiente de las determinaciones de partículas por distintos métodos depende del lugar y del tiempo en que se hicieron. En la primera anotación, por ejemplo, para el sector comercial de Copenhague, el valor 1,9, coeficiente o relación alto volumen/mancha de humo, representa el promedio de los valores 2, 2,5, 2 y 1,3 registrados en años sucesivos.

El intervalo de valores medios de la relación precitada para los distintos sectores va de 1,6 a 3,8, y el de la relación alto volumen/nefelómetro, de 1,5 a 3,5. Mientras que los primeros resultados son comparables con los datos de muchos investigadores (*2, 9, 10, 11, 13, 14*), no sucede así con los segundos (*4, 11, 12*). La subestimación sistemática que hace el nefelómetro de las partículas atmosféricas, cuando se comparan sus resultados con los del método de alto volumen, se debe probablemente a que las partículas gruesas recogidas por el colector de alto volumen no se detectan con el nefelómetro (o no se tienen en cuenta al calibrar el aparato).

Estudios de correlación

Además del examen general de las variables comunes de la serie de datos, se pueden establecer algunas correlaciones, concretamente entre los resultados obtenidos en distintos sectores urbanos y entre los contaminantes medidos en un mismo sector. La interpretación minuciosa de esas correlaciones se verá limitada por el desconocimiento de la configuración exacta de la fuente emisora, las pautas de emisión y las condiciones meteorológicas locales.

Respecto al resultado de las correlaciones calculadas a partir de los datos del SIMUVIMA sobre la calidad del aire en las zonas urbanas, es importante destacar la heterogeneidad fundamental de dichos datos. El término «zona urbana» abarca muchas situaciones físicas cuando se aplica a escala mundial. La topografía, la extensión y la población difieren sensiblemente de una zona urbana a otra. La climatología local, la ordenación urbana y la vivienda, la industrialización y la configuración cambiante de las fuentes emisoras son otros tantos factores que influyen en la determinación de las concentraciones de contaminantes.

Las correlaciones entre sectores dentro de una ciudad

Al considerar las concentraciones medias diarias de un contaminante atmosférico debe tenerse presente que las condiciones meteorológicas que influyen en el desplazamiento, la dispersión y la desaparición final de los contaminantes atmosféricos son a menudo idénticas en todos los sectores de una zona urbana, excepto en situaciones topográficas muy específicas. Aunque algunas fuentes pueden determinar en gran parte las concentraciones en un sector bajo ciertas condiciones meteorológicas a corto plazo, las características meteorológicas generales influyen por igual en la variabilidad para todos los sectores. Las primeras reducen la correlación entre las concentraciones determinadas simultáneamente en distintos sectores de la misma zona urbana, y las segundas la refuerzan.

Debido a la gran diversidad de condiciones imperantes en las zonas urbanas de la red del SIMUVIMA, es de suponer que sea muy variable la relación entre las concentraciones de contaminantes determinadas en distintos sectores de la misma zona urbana. La Figura 17 contiene los

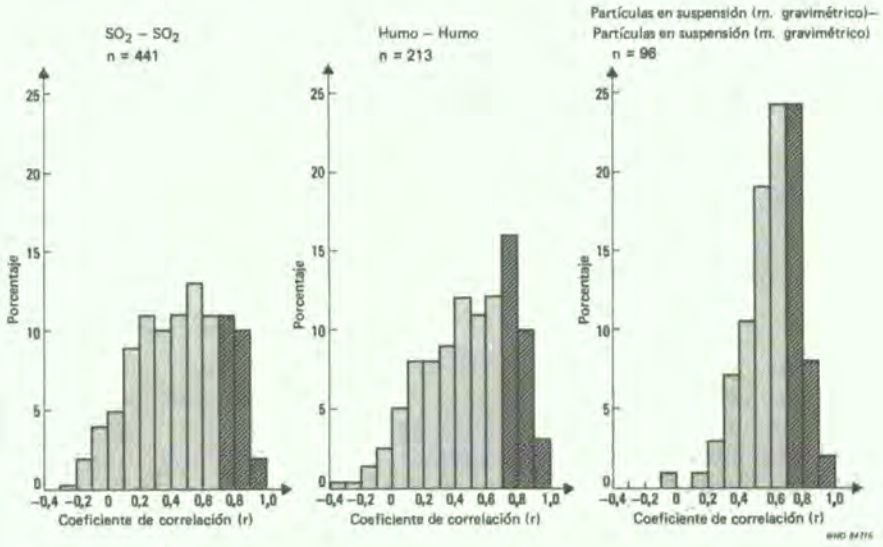


Figura 17. Distribución de los coeficientes de correlación linear de SO_2, humo y partículas (método gravimétrico) en dos sectores dentro de la misma zona urbana.

histogramas de los coeficientes de correlación linear para las concentraciones de SO_2, humo y partículas gravimétricamente determinadas (tomamuestras de alto volumen y de membrana) en dos sectores de la misma zona urbana. Los coeficientes de correlación linear de series anuales de promedios diarios emparejados representan de hecho un intervalo considerable.

Para el análisis de correlación se aceptaron series de datos anuales, con 40 pares por lo menos de promedios diarios de concentración de contaminantes determinada simultáneamente. Para las combinaciones SO_2-SO_2 se contó con 441 series de datos de este tipo, y con 213 para las combinaciones humo-humo; de éstas, alrededor de 25% tenían al menos 150 pares de promedios diarios, lo que mejoraba el grado de correlación. Se dispuso también de 96 combinaciones de partículas-partículas (método gravimétrico), a menudo con menos datos (de 50 a 70 valores emparejados, cada una).

La distribución de los coeficientes de correlación en la Figura 17 es similar para las combinaciones SO_2-SO_2 y humo-humo, ya que en los dos casos resulta ligeramente asimétrica hacia la izquierda. La distribución partículas-partículas (método gravimétrico) es más simétrica y está centrada en $r \simeq 0{,}6$. Con frecuencia se dieron valores muy pequeños del coeficiente de correlación (r), especialmente para las combinaciones SO_2-SO_2 y humo-humo; en algunos casos se observaron incluso valores negativos aunque, en general, de muy escasa importancia.

En la Figura 17, las zonas sombreadas de los histogramas representan el número de casos con un coeficiente de correlación linear de 0,7 como mínimo. Eso significa que por lo menos 50% (100 r^2) de la variabilidad en un sector puede asociarse con la variabilidad en otro sector de la misma zona urbana. En esa categoría, las proporciones fueron de 23% para la combinación SO_2-SO_2, 29% para humo-humo y 34% para partículas-partículas (método gravimétrico).

Debe señalarse, sin embargo, que las correlaciones más altas no estaban distribuidas aleatoriamente por toda la red, ya que de hecho fueron pocas las ciudades que dieron correlaciones altas. En el caso del SO_2, 55 de las 101 combinaciones de sectores con $r \geq 0,7$ eran de Zagreb (20), Amsterdam (14), Osaka (12) y Praga (9), mientras que el resto correspondía a otras 16 ciudades. Para el humo la situación fue similar, con 37 de los 63 casos correspondientes a Christchurch (9), Copenhague (9), Auckland (8), Londres (6) y São Paulo (5), y el resto a otras 11 zonas urbanas. En cuanto a las concentraciones de partículas determinadas por gravimetría, la situación fue aun más patente, con alta correlación para las determinaciones con tomamuestras de membrana en Zagreb (8), y para las determinaciones con tomamuestras de alto volumen en Birmingham (6), Nueva York (5), Toronto (5), Vancouver (4), San Luis (2), Montreal (1) y Pasadena (1).

Se indagó si las correlaciones altas correspondían a algún tipo particular de sector, y resultó que estaban representadas todas las combinaciones posibles de sectores comerciales, industriales y residenciales, sin que predominara ninguna de ellas.

Aunque en general el análisis detallado de situaciones locales no corresponde a este informe, es interesante presentar algunos ejemplos de tratamiento más a fondo de determinadas series de datos. En el Cuadro 4 se dan los resultados de la correlación de las concentraciones de SO_2 en las tres estaciones SIMUVIMA de Amsterdam. La correlación aumentó constantemente con los años para cada una de las combinaciones posibles de sectores, lo que denota tal vez que mejoró la comparabi-

Cuadro 4. Correlación linear[a] entre las concentraciones diarias de SO_2 medidas simultáneamente en tres sectores de Amsterdam: urbano comercial (UC), suburbano residencial (SR) y suburbano industrial (SI)

Año	UC-SR		UC-SI		SI-SR	
1973	0,82	(307)	0,59	(305)	0,64	(305)
1974	0,64	(342)	0,42	(333)	0,66	(333)
1975	0,51	(333)	0,48	(329)	0,73	(344)
1976	0,88	(340)	0,81	(335)	0,78	(335)
1977	0,82	(314)	0,75	(301)	0,73	(341)
1978	0,89	(279)	0,89	(269)	0,85	(298)
1979	0,97	(342)	0,93	(321)	0,95	(322)

[a] Los valores son los coeficientes de correlación linear. Las cifras entre paréntesis indican el número de mediciones diarias simultáneas disponibles.

lidad de las determinaciones entre sí y que gradualmente se eliminaron importantes fuentes locales de emisión de contaminantes. Sin embargo, hay excepciones notorias para las combinaciones de sectores comercial-residencial y comercial-industrial en 1974 y 1975. El repentino descenso en la correlación quizá se debiera a causas físicas diversas. El examen del registro de determinaciones mensuales y diarias reveló los periodos problemáticos o excepcionales en que se había alterado el sincronismo de las variaciones.

En Amsterdam y en otras ciudades, el ciclo meteorológico general de las estaciones del año determina en gran parte las correlaciones positivas sistemáticamente altas entre los distintos sectores. Basta reagrupar los datos por estaciones para que disminuya inmediatamente la correlación; por otra parte, ello proporciona una medida más objetiva de la relación entre las concentraciones de contaminantes determinadas simultáneamente en distintos sectores de la misma zona urbana. La influencia de los ciclos estacionales debe determinarse y eliminarse antes de iniciar los análisis, sobre todo las evaluaciones de la representatividad espacial de un número limitado de estaciones de vigilancia para una zona más amplia, tal como han demostrado, por ejemplo, algunos estudios hechos en la ciudad de Nueva York (*7, 8*). En las ciudades precitadas (p. 35), donde se observaron correlaciones altas entre sectores, los ciclos estacionales siempre desempeñaron un papel muy importante.

En la Figura 18 se da otro ejemplo de análisis de correlación más detallado para las determinaciones de partículas (método de alto volumen) hechas en Toronto de 1978 a 1980. En este caso se utilizó un plan de muestreo discontinuo que proporciona cada año unos 50 valores emparejados. Los diagramas de dispersión ponen de manifiesto lo mucho que cambian los esquemas de un año a otro. Se pudo apreciar una alta correlación entre las concentraciones de partículas en el sector comercial y en el industrial en 1979, pero los valores fueron más bajos en 1978 y 1980.

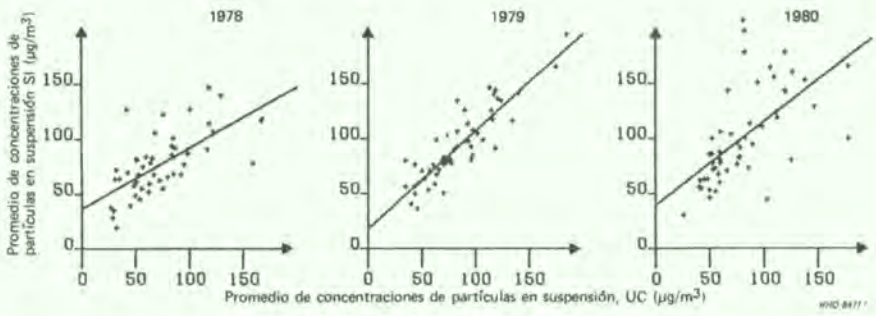


Figura 18. Diagramas de dispersión para determinaciones simultáneas de partículas (método de alto volumen) en los sectores suburbano industrial (SI) y urbano comercial (UC) de Toronto en 1978, 1979 y 1980.

En el Cuadro 5 se ofrece un último ejemplo de correlación entre determinaciones simultáneas de la concentración de un contaminante en tres estaciones SIMUVIMA de Londres. El número de determinaciones

Cuadro 5. Correlación linear[a] entre las concentraciones diarias de humo medidas simultáneamente en tres sectores de Londres: urbano comercial (UC), suburbano residencial (SR) y suburbano industrial (SI)

Año	UC-SR		UC-SI		SI-SR	
1973	0,74	(125)	0,77	(122)	0,80	(110)
1974	0,71	(200)	0,68	(162)	0,76	(151)
1975	0,88	(193)	0,47	(164)	0,46	(154)
1976	0,59	(199)	0,41	(139)	0,68	(130)
1977	0,68	(206)	0,10	(139)	0,01	(78)
1978	0,51	(297)	0,45	(335)	0,48	(267)

[a] Los valores dados son los coeficientes de correlación linear. Las cifras entre paréntesis indican el número de mediciones diarias simultáneas disponibles.

cambia de un año a otro, y aparece por ello una pauta variable de correlación pero, de todas formas, es muy notoria la falta total de esta última entre el sector industrial y los otros dos sectores en 1977. Un examen de las series de datos revela que en marzo de 1977 las concentraciones de humo en el sector industrial fueron unas cinco veces superiores a las registradas en los otros dos sectores; siendo así que normalmente las concentraciones son similares. Faltan datos para el sector industrial desde junio a noviembre de 1977, lo que parece corroborar que en él sucedió algo anormal durante marzo de 1977 y que los datos notificados sobre humo quizá no sean en absoluto representativos para ese año. Ese ejemplo demuestra claramente la utilidad de las técnicas de correlación (correctamente aplicadas) para revelar los fenómenos anormales o insólitos que se producen temporalmente en el sector vigilado.

Según los estudios de correlación linear entre las concentraciones de un contaminante medidas simultáneamente en distintos sectores de la misma zona urbana, puede afirmarse lo siguiente:

— Como era de esperar, debido a la gran diversidad de condiciones en las zonas urbanas que notifican datos al SIMUVIMA, la correlación entre sectores para el mismo contaminante es muy distinta de una ciudad a otra y arroja una amplia gama de valores.
— Para cada contaminante objeto de estudio, la correlación entre sectores es en general considerable, aunque los valores medios de los coeficientes de correlación linear no pasen de 0,6.
— En ciertas ciudades son notorias y frecuentes las correlaciones altas o las bajas, con muy pocas excepciones de un año a otro. En otras ciudades, u otras combinaciones de sectores dentro de una ciudad, las correlaciones varían casi aleatoriamente de un año a otro. La causa de ello sólo se puede determinar con un análisis detallado e información suplementaria que en general hay que obtener localmente.

Esos fenómenos merecen mayor atención en futuras actividades de vigilancia.

— Los ciclos estacionales del nivel de contaminación atmosférica local influyen en las correlaciones entre sectores. Para un estudio más detallado que se encamine a descubrir entre sectores de vigilancia relaciones distintas de las que dependen de la meteorología local habrá que determinar y eliminar antes ese efecto básico.

— En una ciudad dada, la correlación entre los sectores residencial y comercial no es siempre más alta que la existente entre los sectores industrial y residencial, e industrial y comercial. Esto podría indicar que, en general, los sectores industriales no sufren la influencia directa de fuentes específicas e importantes de contaminación industrial o, por lo menos, que el efecto de éstas queda compensado por las fluctuaciones de la dirección del viento durante las 24 horas que constituyen el periodo medio usado para las determinaciones.

Las correlaciones entre contaminantes en el mismo sector

Con los datos del proyecto de vigilancia del aire se han estudiado las correlaciones entre el SO_2 y las partículas atmosféricas (método gravimétrico o de mancha de humo). Al igual que en otros casos, las series de datos hubieron de comprender por lo menos 40 determinaciones simultáneas hechas durante el año. La Figura 19 muestra la distribución de

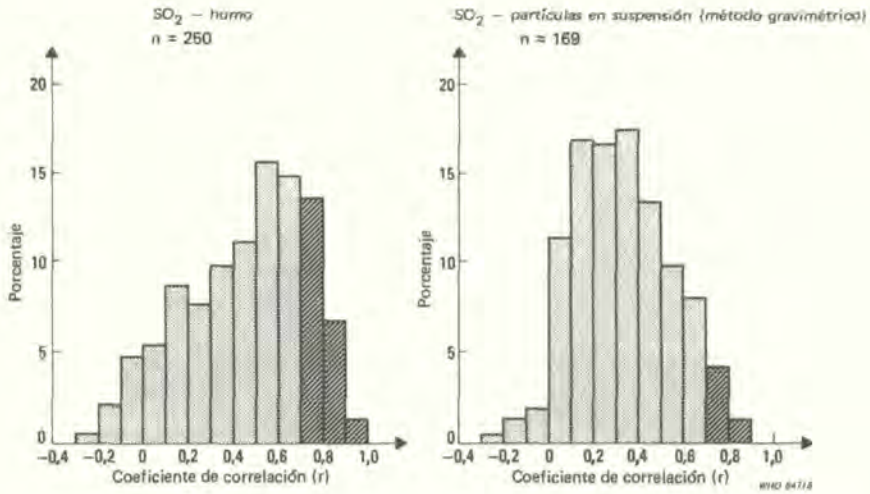


Figura 19. Distribución de los coeficientes de correlación linear entre SO_2 y humo y entre SO_2 y partículas (método gravimétrico) determinados simultáneamente en estaciones de toda la red.

los coeficientes de correlación linear. En la correlación SO_2-humo se contó con mayores series de datos; para 80 % de esas combinaciones se dispuso de 150 resultados diarios emparejados, mientras que sólo para 20 % de las de SO_2-partículas (método gravimétrico) hubo un número tan elevado. La diferencia obedece a que para las partículas se utilizan mucho más los sistemas discontinuos de muestreo, especialmente el método de alto volumen, con una medición cada seis días. Las determinaciones de humo son más continuas.

En la Figura 19, el histograma de los coeficientes de correlación linear muestra la distribución de estos coeficientes entre SO_2 y humo, y entre SO_2 y partículas atmosféricas (método gravimétrico). La distribución de las correlaciones SO_2-humo es asimétrica hacia la izquierda, y aproximadamente 20 % de los valores disponibles tienen factores de correlación linear por encima de 0,7. Trece ciudades proporcionaron las mayores correlaciones, pero más de la mitad de éstas correspondían a Bruselas, Madrid, Santiago de Chile y São Paulo.

La distribución de las correlaciones SO_2-partículas (método gravimétrico) es asimétrica hacia la derecha, con un valor medio de los factores de correlación linear no superior a 0,3. Menos del 5% de estas correlaciones tienen $r \geqslant 0{,}7$. Las más altas responden a Zagreb (4), Vancouver (1), Frankfurt (1), Calcuta (1) y San Luis (1).

Cuando se analizaron las correlaciones SO_2-humo por sector, las más altas fueron de estaciones de sectores comerciales, seguidas de los residenciales y los industriales; para las estaciones de sectores industriales, las correlaciones fueron muy bajas.

Como en el caso de las correlaciones entre sectores, las establecidas entre determinaciones de un mismo sector se mostraron muy sensibles a los ciclos estacionales. Los ciclos temporales sincrónicos de las concentraciones de distintos contaminantes medidos en el mismo lugar mejoran la correlación entre valores emparejados. Conviene, por tanto, determinar y eliminar ese efecto antes de buscar otra causa física de las correlaciones observadas.

Aunque de un año a otro y en condiciones normales pueden producirse variaciones del grado de correlación entre las concentraciones de contaminantes medidos en el mismo lugar, los cambios anormalmente bruscos merecen especial atención, sobre todo porque quizá obedezcan a fallos del muestreo, el análisis o el tratamiento de los datos.

Comparaciones con los límites de exposición publicados por la OMS

El efecto que tienen en la salud humana las concentraciones de contaminantes atmosféricos determinadas con arreglo al proyecto OMS/PNUMA de vigilancia del aire se puede calcular comparando los datos con las pautas de la OMS sobre límites de exposición para el SO_2, el humo y las partículas en suspensión (Cuadro 6). Sin embargo, debe advertirse que la exposición de las personas y el consiguiente riesgo para la salud son difíciles de calcular porque la gente se desplaza por zonas de diferente calidad atmosférica tanto en el interior de locales como al aire libre.

En 1979, la OMS publicó límites de exposición al SO_2 y a las partículas atmosféricas (medidas por humo o por gravimetría) con el fin de reducir los efectos tanto de la exposición aguda como a largo plazo (Cuadro 6) (*19*). Para la exposición a largo plazo y los riesgos que comporta para la salud pública se hace referencia a la concentración media anual de contaminantes en el aire. Para la exposición a corto plazo y sus riesgos, la pauta aplica el valor de 98° percentil del registro anual del promedio diario de concentración.

Cuadro 6. Pautas de la OMS sobre límites de exposición para el SO_2, el humo y las partículas gravimétricas determinadas, con vistas a la protección de la salud pública

	SO_2 (µg/m³)	Partículas en suspensión (µg/m³)	
		Humo	Determinación gravimétrica[a]
Promedio aritmético anual	40-60	40-60	60-90
98° percentil de los promedios diarios	100-150	100-150	150-230

[a] Estas cifras son cálculos en relación con las observaciones del tomamuestras de alto volumen.
Fuente: referencia *18*.

Límites de exposición a largo plazo

Para obtener concentraciones medias anuales representativas en cada estación de la red y compararlas con los límites de exposición a largo plazo publicados por la OMS se tomaron los valores de todas las estaciones durante el periodo 1975-1980; el Cuadro 7 muestra los resultados de esas comparaciones.

Respecto a las concentraciones medias de SO_2, casi la mitad de los sectores están por debajo del límite inferior de exposición publicado por la OMS (40 $\mu g/m^3$), mientras que la cuarta parte queda por encima del límite superior (60 $\mu g/m^3$). Las comparaciones por sectores muestran que los valores límite para el SO_2 se sobrepasan con más frecuencia en los sectores urbanos que en los suburbanos y en los comerciales o industriales que en los residenciales. El 60% de estos últimos presentan concentraciones medias anuales de SO_2 por debajo del límite inferior fijado por la OMS.

Respecto a las partículas, hay un número algo mayor de sectores que rebasan el límite superior, por comparación con el SO_2. Muy poco más de 40 % de todos los sectores rebasan el límite superior para las partículas y la cuarta parte están por debajo del inferior. La situación es análoga cuando se hace el desglose entre sectores urbanos y suburbanos. La comparación entre los sectores comerciales, industriales y residenciales muestra que son menos los industriales que están por debajo del límite inferior y menos también los residenciales que están por encima

Cuadro 7. Comparaciones de los datos de la red del SIMUVIMA con los límites de exposición de la OMS: porcentaje de estaciones y relación con las pautas

Estaciones	SO_2			Partículas		
	Por debajo	Dentro	Por encima	Por debajo	Dentro	Por encima
	Promedio anual (1975-1980)					
Todos los sectores	49	25	26	24	34	42
Urbanos	41	28	31	23	33	44
Suburbanos	58	21	21	25	34	41
Comerciales	37	26	37	26	30	44
Industriales	48	26	26	18	31	51
Residenciales	60	22	18	27	40	33
	Valores del 98° percentil (1978)					
Todos los sectores	43	24	32	30	23	47
Urbanos	35	27	38	27	19	54
Suburbanos	53	21	26	34	27	39
Comerciales	33	31	36	29	24	47
Industriales	47	14	39	29	18	53
Residenciales	51	29	20	32	26	42

del superior. Para la concentración media anual de partículas, la mitad de los sectores industriales rebasan el límite superior. Aunque alrededor de 40 % de los sectores comerciales también rebasan ese límite para las partículas y un porcentaje parecido lo hace para el SO_2, sólo 20% aproximadamente de todos esos sectores sobrepasan simultáneamente ambos límites.

Límites de exposición a corto plazo

Para hacer una comparación con los límites de exposición a corto plazo de la OMS deben escogerse los valores del 98° percentil para un solo año. En el Cuadro 7 se dan los resultados de las comparaciones entre los límites recomendados y los valores de dichos percentiles para 1978, año respecto al cual se disponía de más información en el momento del análisis.

El número de sectores donde los valores del 98° percentil para las concentraciones de SO_2 y de partículas estuvieron por encima de los límites a corto plazo es superior al de sectores donde se rebasaron los límites a largo plazo. En 1978, casi la tercera parte de todos los sectores presentaron valores del P_{98} que excedían del límite superior a corto plazo para el SO_2 y casi la mitad estuvieron por encima del límite superior para partículas en suspensión. Debe señalarse que fueron menos los sectores suburbanos y residenciales que se situaron por encima de los límites para el SO_2 y para las partículas. Los sectores industriales, tanto urbanos como suburbanos, mostraron una tendencia más pronunciada a rebasar los límites. Los sectores residenciales se situaron en general por debajo o dentro de los límites a corto plazo, sobre todo para el SO_2 (80%) pero bastante menos (58%) para las partículas.

Casos en que las concentraciones de SO_2 y de partículas rebasan simultáneamente los límites de exposición

Cuando las concentraciones de SO_2 y de partículas son simultáneamente altas existe la posibilidad de efectos sinérgicos adversos para la salud. En vista de eso, se analizaron los datos disponibles para saber la frecuencia con que las concentraciones de SO_2 y humo, y de SO_2 y partículas determinadas gravimétricamente estaban por encima de los límites de la OMS. En la Figura 20 se presenta un análisis de los datos de tres años (1978-1980) sobre concentraciones medias anuales, y en la Figura 21 un análisis de los valores del P_{98}. Durante ese periodo hubo 35 a 49 estaciones que notificaron resultados simultáneos y representativos.

En la Figura 20 es fácil determinar el porcentaje de sectores donde las concentraciones medias anuales de SO_2 y humo, y de SO_2 y partículas (método de alto volumen), respectivamente, rebasaron al mismo tiempo los límites a largo plazo propuestos por la OMS. El porcentaje de sectores donde las concentraciones medias anuales de SO_2 y humo

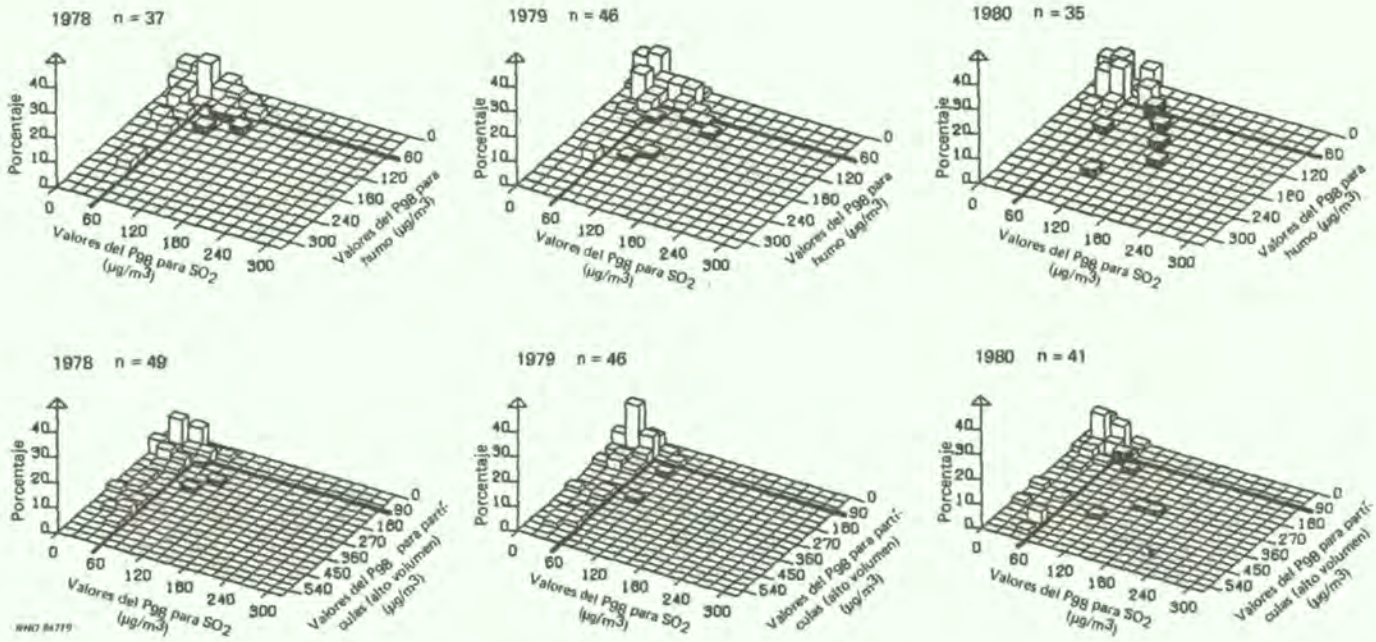


Figura 20. Distribución de las concentraciones medias anuales ($\bar{x}$) de SO_2 y humo y de SO_2 y partículas (método de alto volumen) en 1978, 1979 y 1980; las partes sombreadas indican respectivamente las concentraciones de SO_2 y humo, y de SO_2 y partículas (método de alto volumen) que rebasaron simultáneamente los límites de la OMS.

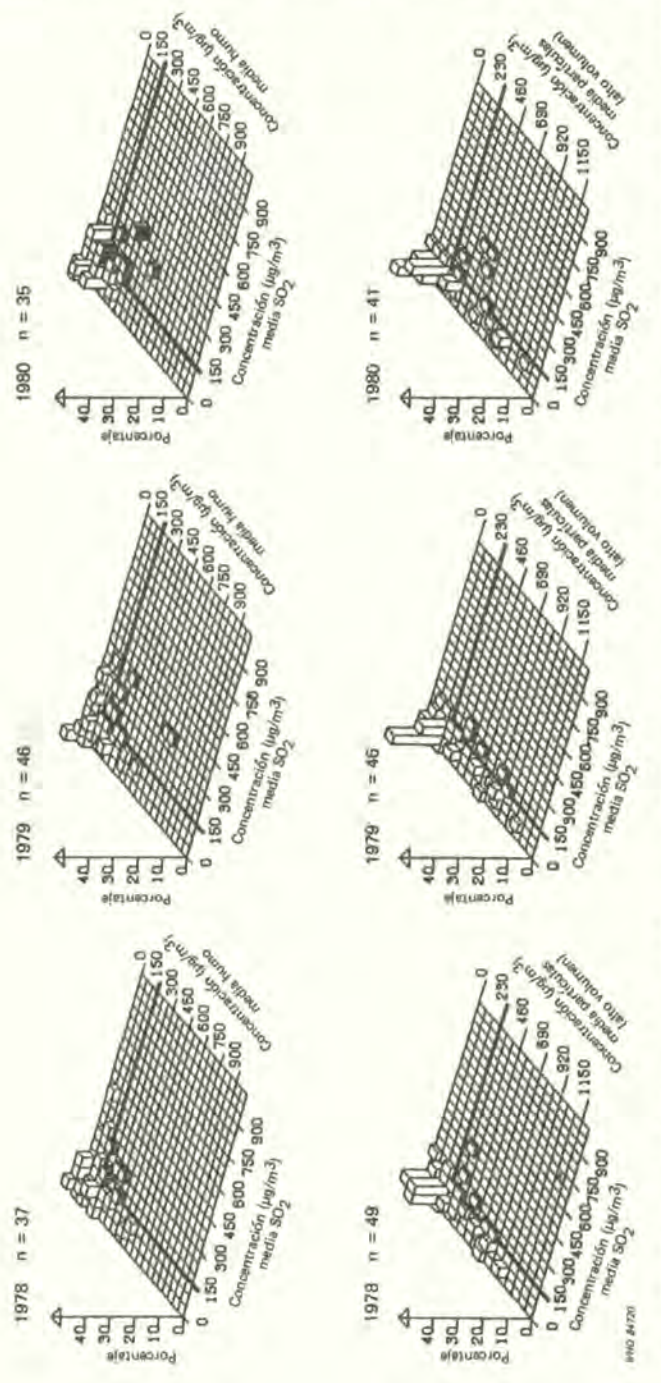


Figura 21. Distribución de los valores del 98° percentil (P_{98}) para las concentraciones de SO_2 y humo, y SO_2 y partículas en suspensión (método de alto volumen) en 1978, 1979 y 1980: las partes sombreadas indican respectivamente las concentraciones de SO_2 y humo, y SO_2 y partículas en suspensión (método de alto volumen) que rebasaron simultáneamente los límites de la OMS.

superaron simultáneamente el límite varió entre 11% y 20% de 1978 a 1980. El intervalo correspondiente para SO_2 y partículas (alto volumen) fue de 4%-15%. Es de destacar que en algunos sectores las concentraciones medias anuales de partículas rebasaron el límite cuando los promedios para el SO_2 estaban dentro o por debajo de él.

El porcentaje de sectores donde los valores de P_{98} para las concentraciones de SO_2 y humo rebasaron simultáneamente el límite fue de 16%-34% en 1978-1980. En el mismo periodo, el intervalo correspondiente para SO_2 y partículas (alto volumen) fue de 14%-15%.

Otro análisis de todos los sectores donde las concentraciones medias o los P_{98} rebasaron simultáneamente los límites de exposición a SO_2 y partículas revela que 70%-80% de dichos sectores eran urbanos comerciales.

Tendencias

Un objetivo importante de la red SIMUVIMA de vigilancia es observar las tendencias de la calidad del aire en las ciudades. Dada la variabilidad de las concentraciones de contaminantes, el periodo de análisis (5-8 años) resulta corto. Además, la composición de la red ha cambiado con los años, debido en particular a la incorporación de nuevas estaciones; no resulta fácil, por tanto, observar tendencias generales de las variables de la contaminación atmosférica en el proyecto. En vista de ello, se han determinado las tendencias en sectores específicos.

Tendencias generales

El análisis de tendencias de las concentraciones medias anuales de SO_2 y partículas y de los valores P_{98} se efectuó en todas las estaciones donde se habían obtenido datos representativos durante cinco años sucesivos como mínimo. Ese límite sólo se sobrepasaba en 50% de las 63 estaciones escogidas; en vista de ello, se utilizó sólo un procedimiento semicuantitativo, a saber, la determinación del porcentaje de cambio del promedio de resultados para la segunda mitad del periodo, por comparación con el promedio para la primera mitad. Si el periodo estaba compuesto de un número impar de años, el año central se dividía por la mitad. El resultado se expresa como porcentaje anual de cambio.

Con esa técnica, la determinación de la importancia estadística de las tendencias es un tanto arbitraria. A efectos de clasificación se consideró que una tendencia era descendente si el cambio era de −3% al año como mínimo, y ascendente si era por lo menos de +3% al año.

En el Cuadro 8 se dan los resultados del análisis de tendencias para los cambios de la concentración media anual, y en el Cuadro 9 para los valores P_{98}. Las Figuras 22 y 23 detallan la magnitud de los cambios de esas variables.

La tendencia predominante de los datos para el SO_2 es descendente. En alrededor de 50% de las estaciones las concentraciones medias anuales y los valores de P_{98} están bajando. Ese resultado es casi general, excepto en las estaciones de sectores comerciales, donde la tendencia

Cuadro 8. Tendencias de los promedios anuales para contaminantes atmosféricos, 1973-1980

Estaciones	Número de estaciones	Porcentaje de estaciones con diferentes tendencias		
		Descendentes	Estacionarias	Ascendentes
		Anhídrido sulfuroso		
Todos los sectores	63	54	30	16
Urbanos	34	56	26	18
Suburbanos	29	52	34	14
Comerciales	23	61	17	22
Industriales	20	55	30	15
Residenciales	20	45	45	10
		Partículas		
Todos los sectores	62	43	47	10
Urbanos	34	47	47	6
Suburbanos	28	39	46	15
Comerciales	21	38	52	10
Industriales	20	50	40	10
Residenciales	21	42	48	10

Cuadro 9. Tendencias en los valores del 98° percentil para contaminantes atmosféricos, 1973-1980

Estaciones	Número de estaciones	Porcentaje de estaciones con diferentes tendencias		
		Descendentes	Estacionarias	Ascendentes
		Anhídrido sulfuroso		
Todos los sectores	62	50	23	27
Urbanos	33	45	30	25
Suburbanos	29	55	14	31
Comerciales	23	48	30	22
Industriales	19	53	21	26
Residenciales	20	50	15	35
		Partículas		
Todos los sectores	61	43	36	21
Urbanos	33	42	33	2[illegible]
Suburbanos	28	43	39	18
Comerciales	21	43	33	24
Industriales	19	53	16	31
Residenciales	21	33	57	10

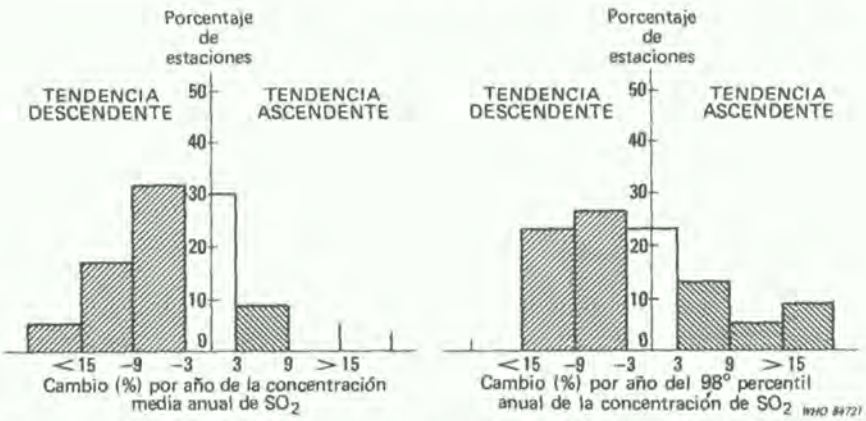


Figura 22. Distribución de las tendencias de la media anual ($\bar{x}$) y valores máximos diarios (P_{98}) para el SO_2 en todas las estaciones que cuentan con cinco años consecutivos, como mínimo, de datos representativos.

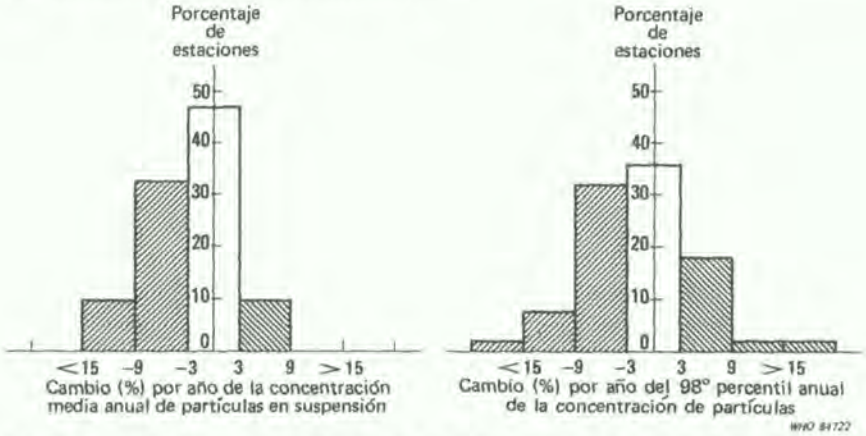


Figura 23. Distribución de las tendencias de la media anual ($\bar{x}$) y valores máximos diarios (P_{98}) para las partículas en todas las estaciones que cuentan con cinco años consecutivos, como mínimo, de datos representativos.

sólo se observa en 60% de los lugares. Las tendencias ascendentes se advierten en alrededor de 15% de las estaciones para las concentraciones medias anuales y en 25% para los valores de P_{98}. La mayoría de los cambios se sitúan en 3%-9% anual, siendo mucho menos abundantes los de 9%-15% o superiores a 15% (Figura 22).

Las tendencias predominantes para las partículas atmosféricas también son a la baja. Alrededor de 45% de las estaciones registran concentraciones medias anuales y valores del P_{98} decrecientes. Un porcentaje algo más elevado de las estaciones de sectores industriales arrojan tendencias descendentes (50% o un poco más, tanto para las concentra-

ciones medias anuales como para los valores del P_{98}). En cuanto a las partículas atmosféricas, se advierten aumentos en 10% de las estaciones para las medias anuales y en 20%, aproximadamente, para los valores del P_{98}.

De los 52 lugares en donde el SO_2 y las partículas se midieron simultáneamente durante cinco años como mínimo, 30% arrojaron descensos de las concentraciones medias de esos dos contaminantes, en 20%, ambos permanecieron estacionarios, y no se dio ningún caso en que aumentaran simultáneamente. En el resto de las estaciones, las tendencias para el SO_2 y las partículas resultaron menos definidas. Para los valores del P_{98} sólo 9 de las 52 estaciones (17%) notificaron descensos simultáneos, mientras que 8% de ellas acusaron una situación estacionaria para los dos contaminantes y 2% (1 estación) tendencias ascendentes simultáneas.

Esas observaciones generales sobre tendencias, con resultados predominantemente en baja para las concentraciones de SO_2 y de partículas atmosféricas en las zonas urbanas, se han visto corroboradas por proyectos de vigilancia a largo plazo en algunas ciudades. Las causas subyacentes de esas tendencias sólo se pueden dilucidar con información obtenida localmente. En general, las menores concentraciones de contaminantes en la atmósfera son atribuibles a los sistemas de reducción de las emisiones, al uso de combustibles bajos en azufre, a los planes de conservación de energía y a la construcción de chimeneas más altas para que los contaminantes se dispersen mejor.

Tendencias en sectores específicos

En las Figuras 24, 25 y 26 se recogen ejemplos de tendencias en algunas estaciones de la red del SIMUVIMA, concretamente Zagreb, Bruselas y São Paulo. En los sitios donde haya información más completa se pueden usar técnicas como la de regresión linear y el análisis de correlación o prueba de correlación de rangos.

En Zagreb, utilizando cualquiera de esas técnicas para el SO_2, las tendencias decrecientes de $\bar{x}$ y P_{98} son significativas al nivel de 1%, excepto para los valores del P_{98} en el sector industrial, donde el nivel significativo se encuentra en 5%; los descensos del P_{98} sólo son evidentes en los dos años últimos.

En esa misma ciudad, las tendencias para las partículas atmosféricas son menos nítidas. Sólo las tendencias a la baja de las concentraciones medias anuales en los sectores comerciales e industriales y los valores del P_{98} en el sector comercial son significativos al nivel de 5%. Las demás carecen de importancia estadística.

La información para las estaciones del SIMUVIMA en Bruselas (Figura 25) se extiende al periodo 1969-1981 y comprende datos adicionales. El análisis de regresión linear de esa información revela tendencias descendentes muy significativas (nivel de 1%). Si en esas estaciones se consideran los datos del SIMUVIMA sólo para el periodo 1973-1980,

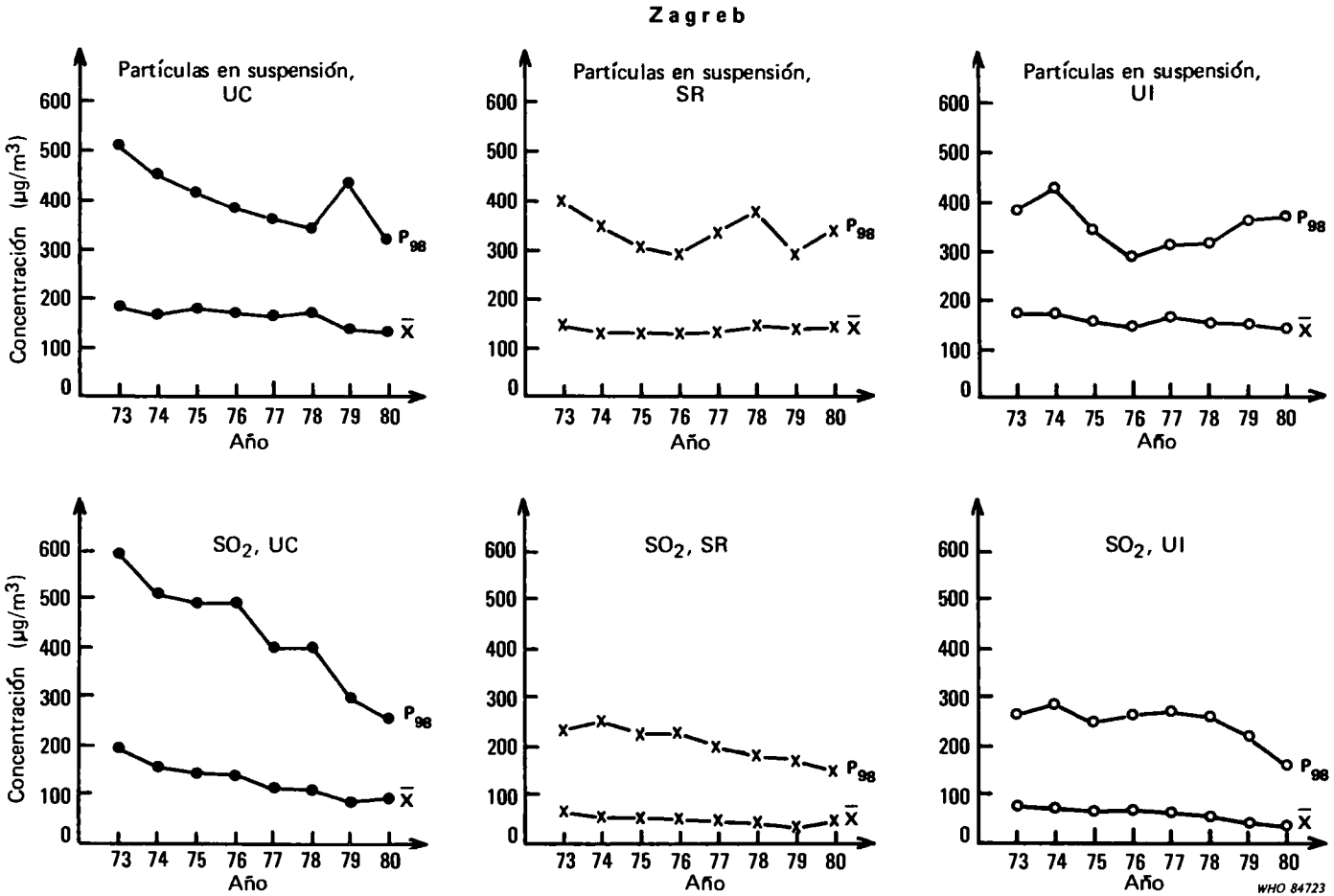


Figura 24. Tendencias de las concentraciones de partículas y SO_2 en Zagreb de 1973 a 1980, en estaciones de los sectores urbano comercial (UC), suburbano residencial (SR) y urbano industrial (UI).

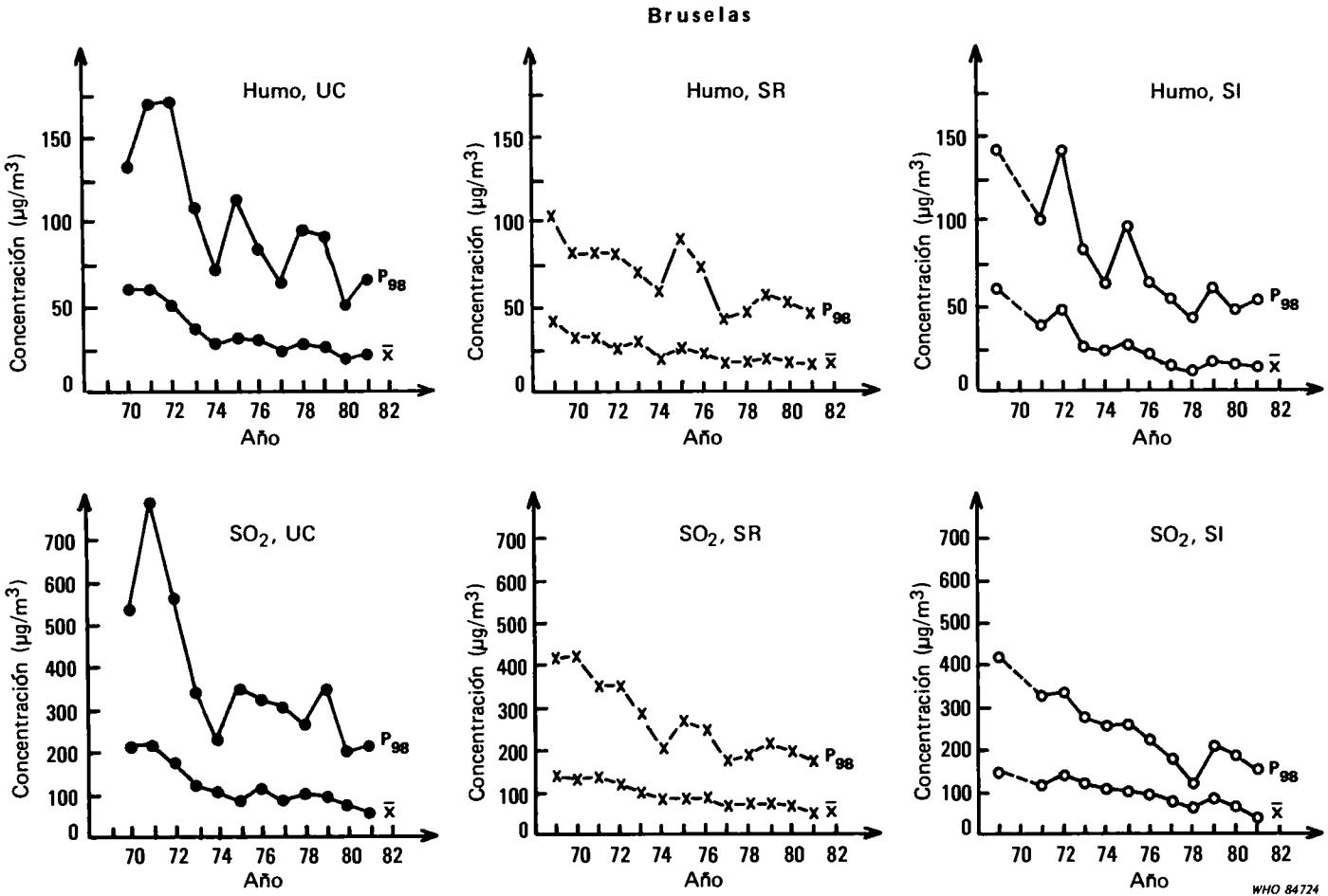


Figura 25. Tendencias de las concentraciones de humo y SO_2 en Bruselas, de 1969 a 1981, en estaciones de los sectores urbano comercial (UC), suburbano residencial (SR) y suburbano industrial (SI).

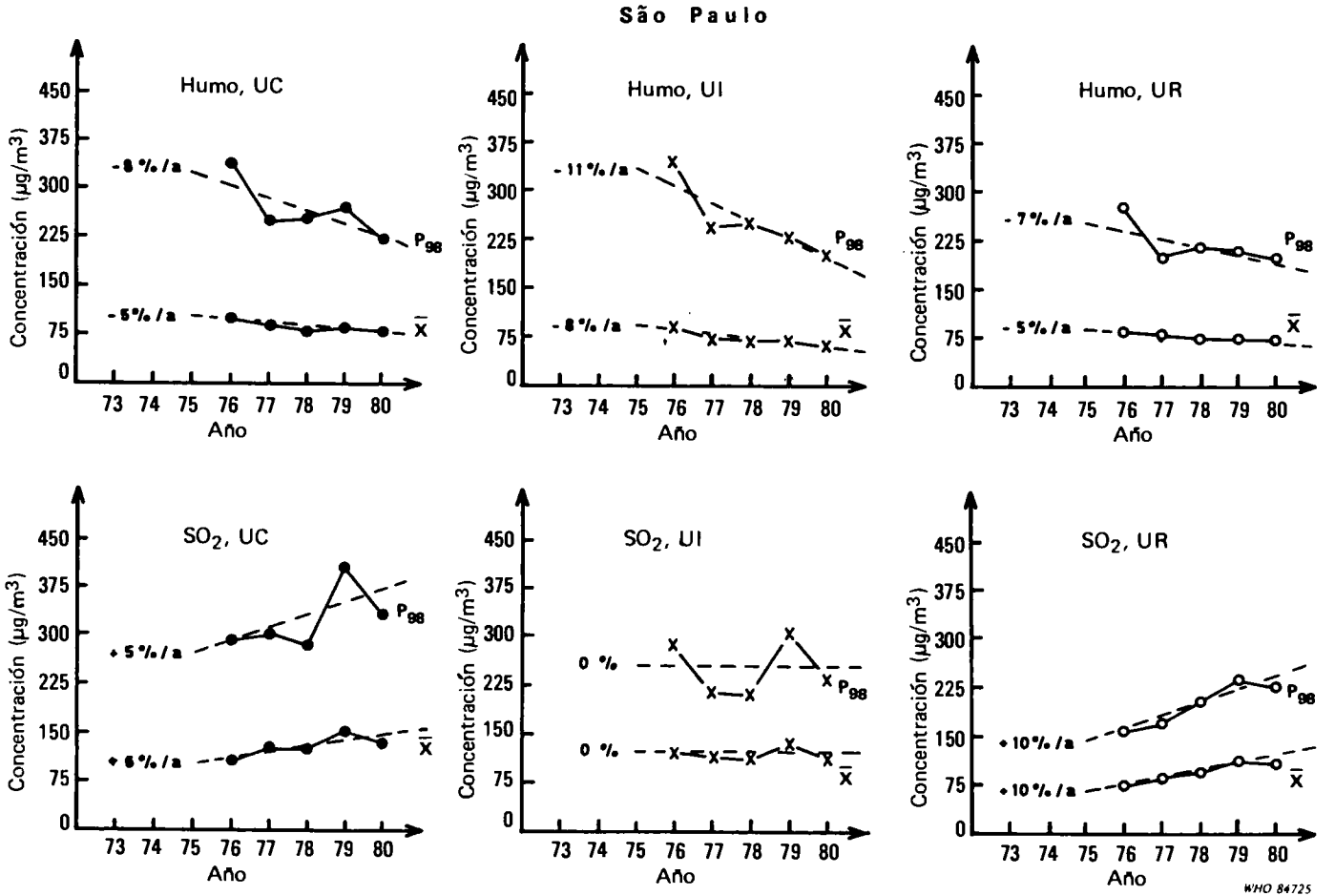


Figura 26. Tendencias de las concentraciones de humo y SO_2 en São Paulo, de 1976 a 1980, en estaciones de los sectores urbano comercial (UC), urbano industrial (UI) y urbano residencial (UR).

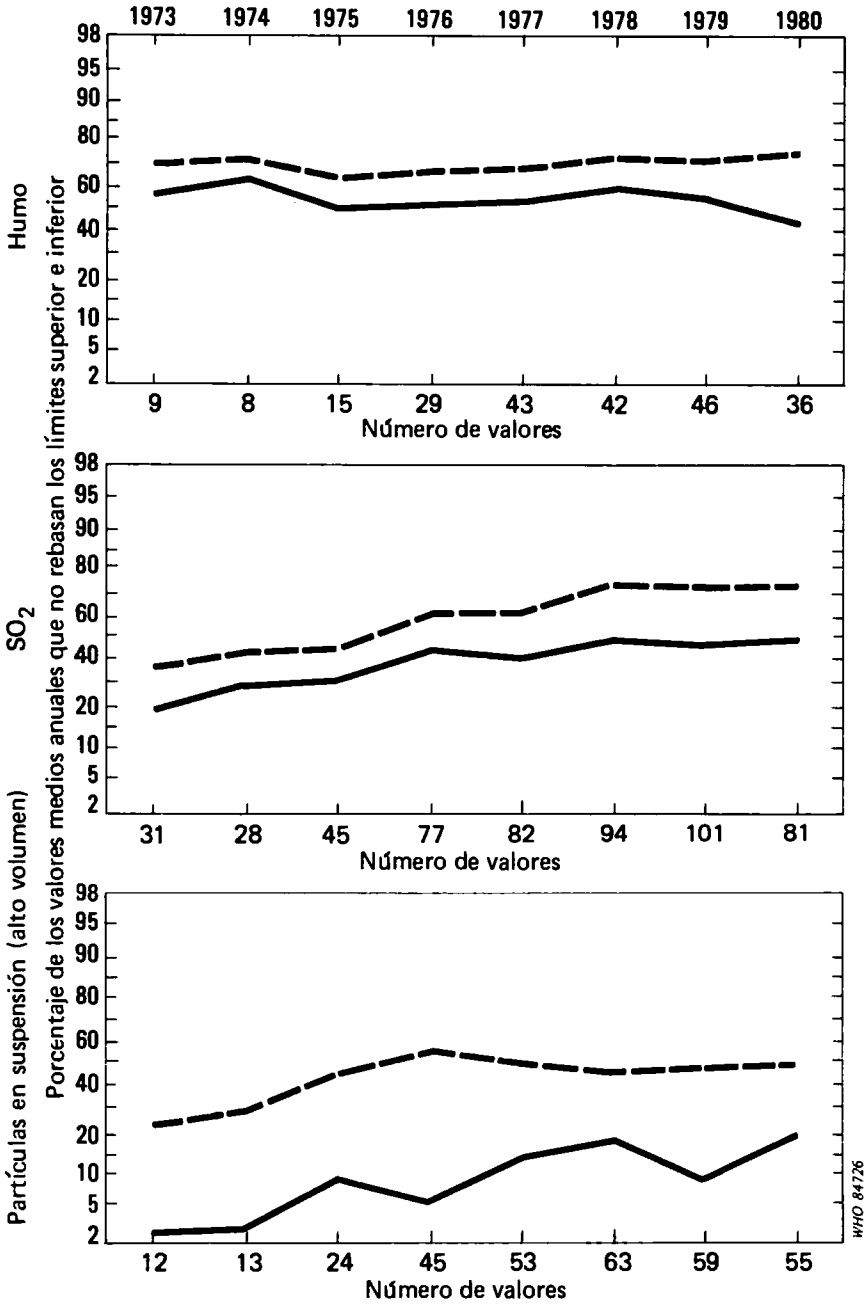


Figura 27. Porcentaje de las medias anuales ($\bar{x}$) para humo, SO_2 y partículas (método de alto volumen) que queda dentro de los límites superior e inferior de exposición a largo plazo propuestos por la OMS (1973-1980).

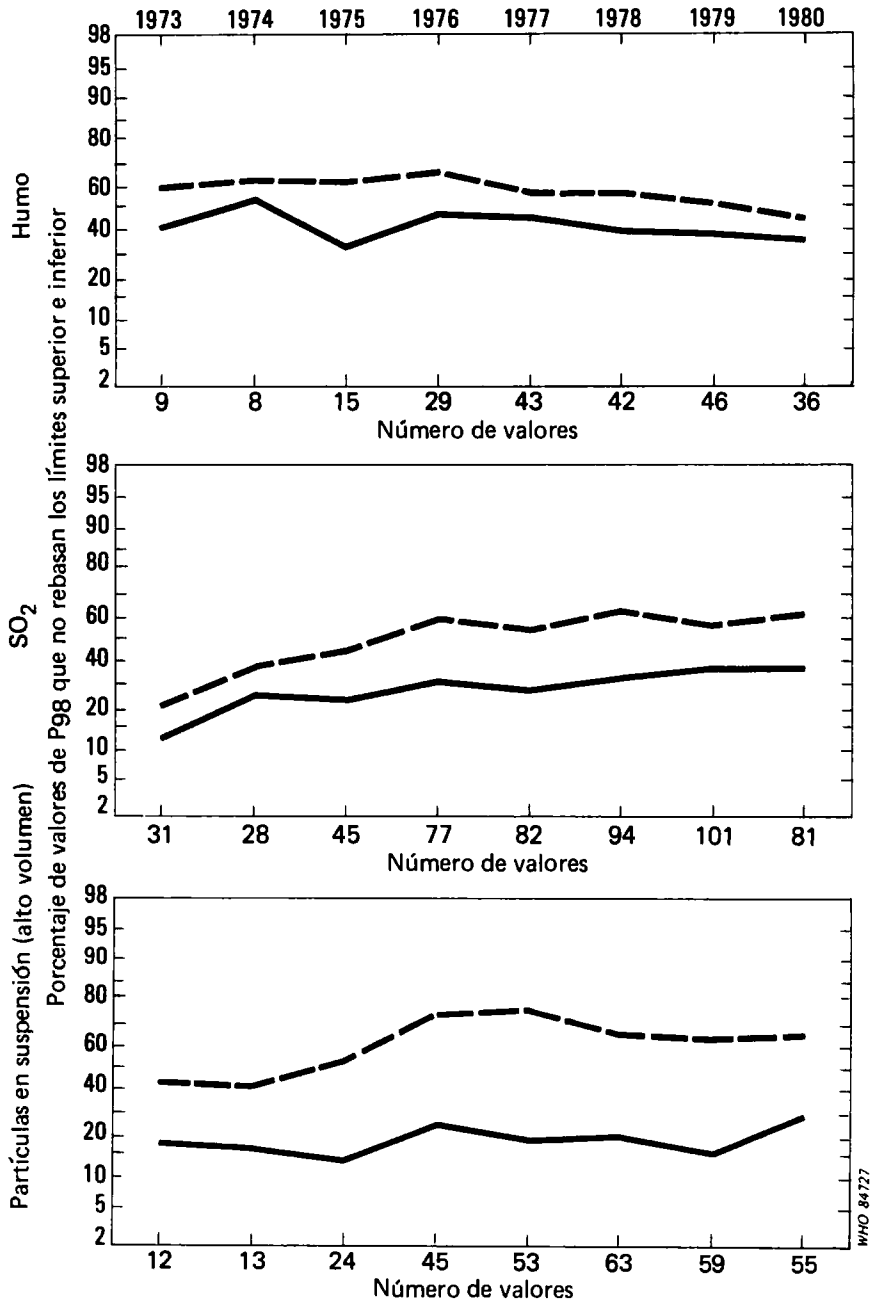


Figura 28. Porcentaje de los valores del P_{98} para humo, SO_2 y partículas (método de alto volumen) que queda dentro de los límites superior e inferior de exposición a largo plazo propuestos por la OMS (1973-1980).

los descensos son menos pronunciados y, por ello, las tendencias resultan de menos significación estadística.

Las tendencias de las concentraciones en São Paulo (Figura 26) son más difíciles de interpretar. Las tres estaciones son de sector urbano. Los valores de las concentraciones medias anuales y del P_{98} para el humo disminuyeron durante 1976-1980 en todas las estaciones, entre 5% y 11 % anualmente. Por otra parte, las concentraciones de SO_2 permanecieron estacionarias en el sector industrial, pero aumentaron en 5%-10% en los sectores comercial y residencial. La información de São Paulo (*6*) indica que se ha procurado con mayor empeño reducir el humo negro muy visible que las emisiones de SO_2. Se aplicaron medidas correctivas de la combustión incompleta en los motores diesel, de los fuegos al aire libre y de las calderas mal reguladas, que son las principales fuentes de humo.

Tendencias para los límites propuestos por la OMS

Cabe hacer también un análisis de las tendencias de los datos de vigilancia del aire comparando los cambios de la concentración de contaminantes con los límites de exposición propuestos por la OMS, pero también en ese caso la continua incorporación de nuevas estaciones al proyecto dificulta el análisis general. Los datos de las Figuras 27 y 28 corresponden a la distribución acumulativa de frecuencias de las concentraciones de SO_2, de partículas y de humo durante 1973-1980. Las líneas conectan los valores en que las distribuciones coinciden con los límites superior e inferior propuestos por la OMS.

Las figuras muestran que para los valores de las medias anuales y del P_{98} hay un acercamiento general de los datos acumulativos a los límites de exposición de la OMS. Cada vez son más las estaciones que notifican concentraciones de contaminantes inferiores o iguales a los límites de la OMS. En los últimos años, el porcentaje del total de estaciones que notifican medias anuales de SO_2 y de humo que no rebasan el límite superior ha estado un poco por encima de 70%; para las partículas (método de alto volumen), se ha situado en torno a 50%; y para los valores del P_{98}, en 50%-70%. El P_{98} para el humo y las partículas atmosféricas (método de alto volumen) ha permanecido estacionario en los últimos años.

Resumen y conclusiones

El proyecto mundial OMS/PNUMA de vigilancia del aire se ha extendido mucho desde su inicio en 1973. La red comprende ya estaciones en unas 70 ciudades de 35 países, es decir que bastan para proporcionar un panorama mundial de la contaminación atmosférica urbana, aunque todavía falta información para importantes zonas geográficas, en especial de América Central, Africa y la URSS.

Cada año se incorporan al banco de datos unos 60 000 valores de medias diarias para el SO_2 y las partículas. Las determinaciones en cada estación se distribuyen durante el año de manera bastante uniforme para que las medias anuales sean representativas. En general son satisfactorias las notificaciones sobre la distribución acumulativa de frecuencias de determinaciones diarias y sobre los promedios anuales, tal como se hacen en los informes bienales del proyecto (*17, 18, 20, 22*). Este es el primer análisis interpretativo de los datos obtenidos durante el periodo 1973-1980.

Como cabe esperar de una diversidad tan grande de estaciones, condiciones locales y fuentes de contaminación, los resultados se distribuyen en amplios intervalos. Para todos los datos en conjunto, la mediana anual de las concentraciones medias anuales fue de 44 $\mu g/m^3$ para el SO_2, 35 $\mu g/m^3$ para el humo y 85 $\mu g/m^3$ para las partículas (método de alto volumen). En general, se detectaron niveles más bajos de contaminación en los sectores suburbanos y residenciales que en los urbanos comerciales e industriales.

Las relaciones de los resultados dentro de zonas urbanas se han estudiado por análisis de correlación. En las ciudades con dos o tres estaciones se observó una correlación elevada ($r > 0,7$) para los datos sobre SO_2 en una cuarta parte de los sectores y para los relativos a partículas atmosféricas en una tercera parte aproximadamente. También se estudió la correlación entre las concentraciones de SO_2 y de partículas, determinadas en la misma estación. Los valores correspondientes varían mucho, siendo grande la influencia de los ciclos estacionales. Esas correlaciones son particularmente útiles para poner de relieve las condiciones ambientales insólitas o los defectos de las operaciones de vigilancia.

En la mayoría de las zonas urbanas, las concentraciones de contaminantes se mantuvieron dentro de los límites de exposición recomenda-

dos por la OMS para protección de la salud humana. El 25%-30% de las estaciones notificaron promedios anuales y concentraciones diarias máximas de SO_2 por encima del límite superior, y 40%-50% lo hicieron para las concentraciones de partículas atmosféricas. La exposición personal se desconoce, debido a los desplazamientos del individuo por lugares y en momentos en que las condiciones de calidad del aire son distintas.

Un objetivo importante de la red SIMUVIMA es observar las tendencias de contaminación urbana del aire en el tiempo. Aunque el periodo de vigilancia de resultados de la red es todavía relativamente corto, se han determinado las tendencias en 63 estaciones para las que se contaba con cinco años de información como mínimo. En esos sitios, la tendencia predominante de los niveles de contaminación atmosférica fue descendente. Se advirtieron tendencias ascendentes de la concentración media anual en 10 estaciones para el SO_2 y en 16 para las partículas atmosféricas (una diferencia superior a 3% por año entre la primera y la segunda mitad del periodo de vigilancia). En ninguno de los 52 puntos donde se determinaron el SO_2 y las partículas se observaron tendencias ascendentes simultáneas de los dos contaminantes.

No se han especificado las ciudades donde tiende a aumentar la contaminación del aire pero es de suponer que sean zonas de fuerte crecimiento demográfico y desarrollo industrial. Muchas estaciones incluidas en el análisis de tendencias sólo contaban con datos para los cinco años últimos. La continuación del proyecto de vigilancia deberá proporcionar, sin duda, resultados más precisos.

El programa de garantía de la calidad del SIMUVIMA ha estado orientado hacia los siguientes objetivos: a) el diseño del sistema de vigilancia y la formación de personal; b) la exactitud de los métodos y la comparación entre unos y otros; y c) la convalidación de los datos. Respecto al primer objetivo, se han publicado documentos de orientación sobre métodos de vigilancia, diseño de la red y análisis e interpretación de los datos (*15, 16, 21*), y además se facilitó el adiestramiento solicitado. En cuanto al segundo, se han hecho controles del SO_2 con materiales de referencia normalizados y se ha procedido a la comparación de los métodos de determinación de las concentraciones de SO_2 y de partículas en diversos puntos de la red. En cuanto al tercer objetivo, están incorporándose al sistema de manipulación de datos las convalidaciones necesarias para mejorar la calidad, evaluación e interpretación de éstos.

Los datos obtenidos mediante el proyecto de vigilancia del aire revelan las características generales de la contaminación atmosférica urbana, facilitando así un panorama mundial de la situación y una interpretación más específica de los resultados locales; sin embargo, ésta requiere información suplementaria sobre fuentes de emisión y condiciones ambientales. En el texto se expone el uso de datos locales específicos para explicar o interpretar las características observadas a escala mundial.

Bibliografía

1. APLING, A. J. ET AL. *The high pollution episode in London, December 1975.* Stevenage, Warren Spring Laboratory, 1977 (LR 263 (AP)).
2. BALL, D. J. Y HUME, R. The relative importance of vehicular and domestic emissions of dark smoke in Greater London in the mid-1970s. *Atmospheric environment,* **11:** 1065-1073 (1977).
3. CCE. *Exchange of information concerning atmospheric pollution by certain sulphur compounds and suspended particulates in the European Community.* Informe anual para enero-diciembre de 1977. Luxemburgo, Comisión de las Comunidades Europeas, 1980 (EUR 6827 EN).
4. CHARLSON, R. J. ET AL. On the generality of correlation of atmospheric aerosol mass concentration and light scatter. *Atmospheric environment,* **2:** 455-464 (1968).
5. DE KONING, H. Y KÖHLER, A. Monitoring global air pollution. *Environmental science and technology,* **12:** 884-889 (1978).
6. DERISIO, J. C. Y ONISHI, E. Y. The air pollution control and the corrective action in the greater São Paulo area. In: *Proceedings of the 5th International Clean Air Congress, Argentina, 1982.* pp. 1024-1028.
7. GOLDSTEIN, I. F. ET AL. Air pollution patterns in New York City. *Journal of the Air Pollution Control Association,* **24:** 148-152 (1974).
8. GOLDSTEIN, I. F. Y LANDOVITZ, L. Analysis of air pollution patterns in New York City - Can one aerometric station represent the area sorrounding it? *Atmospheric environment,* **11:** 47-57 (1977).
9. GRIGGS, M. Relationship of optical observations to aerosol mass loading. *Journal of the Air Pollution Control Association,* **22:** 148-152 (1974).
10. INGRAM, W. T. Y GOLDEN, J. Smoke curve calibration. *Journal of the Air Pollution Control Association,* **23:** 110-115 (1973).
11. KRETZSCHMAR, J. G. Comparison between three different methods for the estimation of the total suspended matter in urban air. *Atmospheric environment,* **9:** 931-934 (1975).
12. KRETZSCHMAR, J. G. Y PAUWELS, J. B. Comparison between six different instruments to determine suspended particulate matter levels in ambient air. *Science of the total environment,* **23:** 265-272 (1982).
13. PEDACE, E. A. Y SANSONE. The relationship between soiling index and suspended particulate matter concentrations. *Journal of the Air Pollution Control Association,* **22:** 348-351 (1972).
14. RENOUX, A. ET AL. Comparaison entre deux méthodes de mesure de poids de poussières dans l'air: la gravimétrie et la réflectométrie (SF8). *Pollution Atmosphérique,* **71:** 241-244 (1976).

15. *Diseño de programas de vigilancia del aire para zonas urbanas e industriales.* Washington, DC, Organización Panamericana de la Salud, 1978 (Publicación Científica N.º 371).
16. *Selección de procedimientos para medir la contaminación del aire.* Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1976 (Publicación en Offset N.º 24).
17. *Air quality in selected urban areas, 1973-1974.* Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1976 (Publicación en Offset N.º 30).
18. *Air quality in selected urban areas, 1975-1976.* Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1978 (Publicación en Offset N.º 41).
19. *Oxidos de azufre y partículas en suspensión.* Washington, DC, Organización Panamericana de la Salud, 1982 (Publicación Científica N.º 424).
20. *Air quality in selected urban areas, 1977-1978.* Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1980 (Publicación en Offset N.º 57).
21. *Análisis e interpretación de datos de vigilancia del aire.* Lima, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) (Documento técnico N.º 9).
22. *Air quality in selected urban areas,1979-1980.* Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1983 (Publicación en Offset N.º 76).
23. US Environmental Protection Agency. SAROAD user's manual, Washington, DC EPA Publication. APTD-0663, 1971.

Anexo 1

Resumen de los métodos de medición[a]

Métodos para determinar el anhídrido sulfuroso en la atmósfera

La fotometría de llama o cromatografía de llama en fase gaseosa

El detector fotométrico de llama lleva un tubo fotomultiplicador para medir las emisiones de compuestos de azufre sometidos a una llama rica en hidrógeno. Este método es utilizable tanto para determinar el azufre total (en general equivalente a la concentración de SO_2 cerca de la estación de vigilancia) como específicamente el SO_2. Para aplicaciones especiales junto con la cromatología de gases, se pueden determinar simultáneamente las concentraciones de compuestos de azufre en la atmósfera.

El método de la valoración acidimétrica

Consiste en hacer pasar burbujas de aire a través de una solución de agua oxigenada de 0,5 m/l, ajustada a un pH de 4,5. El anhídrido sulfuroso presente forma ácido sulfúrico, que se valora con un patrón alcalino. En general se hace pasar diariamente por la solución una muestra de aire de 2 m^3. Suponiendo que el ácido sulfúrico sea el único presente, se puede calcular la concentración de anhídrido sulfuroso en la atmósfera.

El método amperométrico o coulométrico

El aire pasa por una cubeta que contiene un electrólito de yoduro o bromuro neutralizado, con una corriente eléctrica que mantiene una concentración constante de I_2 o de Br_2 libres. Cuando el SO_2 presente en la muestra de aire entra en reacción con el I_2 o el Br_2, el cambio de la corriente eléctrica necesario para restaurar o mantener la concentración original de I_2 o Br_2 es una medida cuantitativa del SO_2 que ha entrado. Si la velocidad de paso del aire por la cubeta es constante, la concentra-

[a] En *Selección de procedimientos para medir la contaminación del aire.* Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1976 (Publicación en Offset N.° 24), se ofrecen descripciones más completas de algunos de estos métodos.

ción de SO_2 puede relacionarse con una señal eléctrica mediante calibración dinámica con niveles de concentración de SO_2 ya conocidos.

El método colorimétrico (método de la para-rosanilina, TCM o de West-Gaeke)

En el método instrumental de la para-rosanilina, el SO_2 es absorbido continuamente en una solución de tetracloromercurato de potásico para formar el ion no volátil diclorosulfitomercurato, que después reacciona con el formaldehído y para-rosanilina blanqueada para formar ácido para-rosanilinometilsulfónico de color rojo muy vivo. La velocidad puede variar de 0,2 a 1,0 litro por minuto, según la duración del periodo de muestreo. Esa reacción es específica para el SO_2 y las sales de sulfito. La intensidad del color, que es proporcional a la concentración de SO_2, se mide a longitudes de onda de 560 nm.

El método conductimétrico

Las muestras obtenidas en las estaciones se llevan a un laboratorio central para análisis conductimétrico, que se basa en la oxidación del SO_2 (que se convierte en ácido sulfúrico en presencia de agua oxigenada) y en la medición ulterior del aumento de conductividad eléctrica de la solución. De ordinario se obtiene diariamente una muestra de aire de unos 2 m^3. Deben tomarse precauciones especiales para eliminar otros contaminantes que podrían influir en la conductividad de la solución (HCl, HNO_3, por ejemplo).

Fluorescencia de impulsos

El anhídrido sulfuroso tiene una banda de fluorescencia cercana en su centro a 340 nm. Esa banda es sensible a la presión atmosférica. Los analizadores actuales de fluorescencia para SO_2 llevan una lámpara de impulsos como fuente de excitación para conseguir una mayor sensibilidad. La fluorescencia se mide con un fotomultiplicador y está directamente relacionada con la concentración de SO_2 en la atmósfera.

Métodos para determinar las partículas atmosféricas en suspensión

Tomamuestras de alto volumen

Las partículas en suspensión se recogen mediante el tomamuestras de alto volumen, que consta de un motor y un impulsor de aire encapsulados. El filtro se coloca horizontalmente, mirando hacia arriba, protegido contra la lluvia y la nieve por un tejado que además evita la entrada de partículas de tamaño superior a 100 μm. Los filtros son de fibra de vidrio o fibra orgánica sintética. La velocidad de paso del aire varía entre 1,1 m^3 y 1,7 m^3 por minuto. La concentración de partículas atmosféricas se calcula dividiendo el peso neto de las recogidas por el volumen total de la muestra de aire.

Tomamuestras de cinta-transmitancia

Consiste en una cinta de papel de filtro, un tubo de toma y una bomba. Entre el tubo de toma y la conexión de la bomba se disponen sectores sucesivos de papel filtro bien sujetos. Se hace pasar el aire por el filtro durante un periodo predeterminado, de ordinario entre 1 y 4 horas. Al cabo de ese tiempo se coloca en posición un trozo de cinta nueva y se reanuda la toma de muestras. La velocidad de paso del aire se puede regular y suele ser de 4,2-5,7 m^3 por hora. Las muestras se evalúan comparando la transmitancia de la luz a través del filtro que contiene las partículas depositadas con la transmitancia en una porción limpia del mismo papel. En los países donde se usa ese método, la transmitancia se suele convertir en coeficientes de claridad óptica por mil pies lineales (304,8 m) de aire que pasan por el filtro.

Nefelometría

Se han diseñado varios instrumentos para determinar las partículas basados en la fotodispersión que éstas producen en determinado volumen de aire. El nefelómetro integrador recoge una muestra de aire contaminado por partículas y mide la fotodispersión desde todos los ángulos. El «coeficiente de dispersión» resultante se define como «la recíproca de la distancia a que se pierde por dispersión 63% de la luz de un haz». El coeficiente está relacionado con la visibilidad («distancia visual local») y, en determinadas condiciones de sequedad del aire, se puede relacionar con la concentración de la masa de partículas.

El método de la mancha de humo

Cuando el aire atraviesa un papel filtro, las partículas de humo quedan retenidas en éste formando una mancha. Se consideran como «humo» las partículas de 10 μm de diámetro o menos. La densidad de la mancha depende en parte de la masa de partículas recogidas y en parte de la naturaleza del humo. La concentración de éste en la atmósfera se puede calcular haciendo pasar un volumen conocido de aire por un papel filtro y determinando la densidad de la mancha resultante con un reflectómetro fotoeléctrico. De ordinario, se trata diariamente una muestra de unos 2 m^3 de aire. Se ha establecido, para el «patrón de humo en las ciudades», una curva de calibrado que relaciona la densidad de la mancha del filtro con el peso de las partículas de humo depositadas en él. De esa manera se puede calcular la concentración del humo por unidad de volumen de aire y expresarla como equivalente del «patrón de humo».

Anexo 2

La garantía de calidad del SIMUVIMA

Introducción

La garantía de calidad es un procedimiento estructurado para asegurar en lo posible que un programa de vigilancia aporte datos de calidad conocida, de acuerdo con los objetivos específicos del programa. Dado que la red del SIMUVIMA está formada por las estaciones de vigilancia de los países participantes, cada uno con su programa propio de garantía de calidad, los esfuerzos a nivel mundial se han concentrado en cuatro sectores: emplazamiento, formación de personal, comparaciones entre laboratorios y convalidación de datos.

Emplazamiento

En cada ciudad, el personal local escogió el emplazamiento de las estaciones de vigilancia de la calidad del aire de acuerdo con el objetivo primario local o nacional que se perseguía. Así, los emplazamientos pueden haberse elegido para representar un extenso sector residencial, un complejo industrial suburbano o un distrito urbano comercial. Para armonizar en general las características de cada sitio hay que cumplimentar un formulario que identifica cada estación. En él se especifica cada tipo de sector (industrial, residencial, comercial) y su emplazamiento (urbano, suburbano). A menudo también es útil (aunque no obligatorio) incluir una descripción de las principales fuentes emisoras a proximidad y de la topografía general.

Los tomamuestras se colocan de ordinario a 3-15 metros por encima del nivel del suelo, según criterios de exposición comunes para todas las estaciones. Los factores que pueden influir en la representatividad de las muestras y en la interpretación de los datos obtenidos son: la variabilidad e intensidad de las fuentes, las características topográficas, las condiciones meteorológicas y los rasgos demográficos. Existe el propósito de hacer inspecciones independientes y regulares de cada sector para asegurar la representatividad.

Formación de personal

Una de las mejores maneras de asegurar la calidad de la información es enseñar al personal la manera de evitar muchos de los errores más frecuentes de los datos sobre contaminación del aire. La OMS ha ayudado a muchos países en desarrollo a adquirir e instalar equipo de vigilancia, y a adiestrar personal en su uso y mantenimiento adecuados. Además, ha publicado varias obras sobre aspectos diversos de la vigilancia de la contaminación atmosférica.[a]

Comparaciones entre laboratorios

En 1975 y en 1980 se realizaron sendas comparaciones interlaboratorios de las concentraciones de anhídrido sulfuroso medidas por el método de la para-rosanilina (West-Gaeke). En los dos casos, la mayoría de los resultados estaban dentro del intervalo estadísticamente aceptable. El principal problema fue mantener la estabilidad del reactivo (sulfito de sodio) por relación al tiempo y a la temperatura. Varios laboratorios estudian otros reactivos (muestras de referencia) utilizando la técnica de liofilización para evitar problemas similares en comparaciones futuras.

Las partículas atmosféricas se dividen en tres clases por tamaños: el tipo nuclear (Aitken) ($< 0{,}1\ \mu m$), el tipo de acumulación ($0{,}1\text{-}2{,}5\ \mu m$) y el tipo grueso ($> 2{,}5\ \mu m$). Conforme a los dos métodos más comunes para medir las concentraciones de partículas, el del humo por reflectancia y el de partículas totales en suspensión determinadas gravimétricamente, se obtienen muestras de partículas de diferentes tamaños: humo, $< 2{,}5\ \mu m$ y partículas $< 25\ \mu m$. Dado que no existe un procedimiento uniforme para conseguir una muestra de referencia de concentración conocida, hay que recurrir a la comparación entre las determinaciones hechas en distintos emplazamientos.

Dentro de la red se han hecho estudios comparativos en Teherán y Copenhague. Los resultados de Teherán (1980) indicaron que la proporción entre partículas y humo era de 2 en el intervalo de concentraciones bajas, y de 1,5 en el de concentraciones altas. En Copenhague (1978), la proporción correspondientre fue de 2 y 2,5. En general no es de esperar una relación coherente entre esos dos tipos de observación, puesto que se miden características diferentes de las partículas (reflectancia y masa) y también partículas de distintos tamaños.

---

[a] *Selección de procedimientos para medir la contaminación del aire.* Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1976 (Publicación en Offset N.º 24); *Diseño de programas de vigilancia del aire para zonas urbanas e industriales.* Washington, DC, Organización Panamericana de la Salud, 1978 (Publicación Científica N.º 371); *Análisis e interpretación de datos de vigilancia del aire.* Lima, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) (Documento técnico N.º 9).

Esos estudios comparativos son útiles porque permiten a la estación hacer una calibración entre humo y partículas que relaciona la oscuridad de la mancha con la masa recogida en el filtro ya pesado. A falta de una calibración específica para el sector, los datos notificados como $\mu g/m^3$ indican la masa de humo de referencia con oscuridad estándar. Esto permite la comparación entre sectores, así como el análisis de tendencias. Sin embargo, es evidente que debe evitarse la comparación de resultados entre estaciones que usan métodos diferentes para determinar las partículas atmosféricas en suspensión.

Convalidación de datos

La convalidación de los datos incumbe en primer lugar al país que los notifica, el cual ha de atenerse a los procedimientos normalizados de determinación, entre los que figuran los controles de calidad (control «cero» y controles sucesivos) y las calibraciones en puntos múltiples cuando sea necesario. Seguidamente se examina la convalidación de los datos, una vez recibidos por la OMS.

La calidad de la información incluida en el sistema de la OMS es de importancia primordial. La experiencia indica que esa información está sujeta a errores de notificación, de identificación, de administración, de cálculo, de anomalía de las muestras, de mal funcionamiento del equipo, etc.

Para buscar y eliminar o corregir los datos con errores graves no basta la aplicación de técnicas estadísticas automatizadas. La complejidad de los tipos de error deslizados en la información de base, la posibilidad de que valores aparentemente anómalos sean en realidad válidos y la acción necesaria para verificar la validez de los datos inseguros exigen que todo el proceso de convalidación esté sistematizado. Por ejemplo, en una serie determinada puede haber numerosos tipos de datos espurios. Las observaciones aisladas o los subgrupos completos de datos pueden ser erróneos. Por último, los errores pueden ser totalmente independientes y aleatorios, sistemáticos, o estar relacionados entre sí de algún modo.

Los procedimientos iniciales para anotar y verificar datos son los de convalidación regular que se aplican en la mayor parte de los sistemas informativos, por ejemplo la transcripción por duplicado, seguida de las pruebas de comprobación cruzada y de validez de formato. Sin embargo, esos procedimientos sirven sólo para detectar errores cualitativos en la información de base y no confirman la validez de los valores numéricos notificados para el SO_2 y las partículas en suspensión.

Los procedimientos de aceptación están concebidos para comparar los datos notificados con criterios específicos que permitan juzgar sobre la verosimilitud de los valores. Esos procedimientos permiten identificar distintos tipos de anomalías de la información, por ejemplo valores imposibles, datos aberrantes aislados y múltiples, y subgrupos completos de datos incorrectos.

Los procedimientos básicos de aceptación incorporados al sistema de la OMS se fundan en que los datos sean completos y en pruebas determinativas de la medida en que se ajustan a los límites establecidos. Las pruebas para verificar si los datos son completos revelan si en la información de base hay datos suficientes para análisis estadístico y recapitulación. Las estadísticas basadas en datos incompletos no son fiables. Hay además otros procedimientos de aceptación cuya utilidad depende de que sean aplicados en el país de origen. La acción correctiva justificada mejorará la calidad de los datos.

Anexo 3

Centros colaboradores de la OMS para la vigilancia de la contaminación del aire

Australia: Centro Colaborador de la OMS para la Vigilancia de la Contaminación Atmosférica en la Región del Pacífico Occidental, Queensland Air Pollution Control Division, Brisbane

Estados Unidos de América: Centro Colaborador de la OMS para el Control de la Contaminación del Medio, Environmental Protection Agency, Washington, DC

India: Centro Colaborador de la OMS para la Vigilancia de la Contaminación Atmosférica en la Región de Asia Sudoriental, Instituto Nacional de Investigaciones sobre Ingeniería Ambiental, Nagpur

Japón: Centro Colaborador de la OMS para la Vigilancia de la Contaminación Atmosférica en la Región del Pacífico Occidental, Instituto de Salud Pública, Tokyo

Malasia: Centro Regional del Pacífico Occidental para el Fomento de la Ordenación del Medio y de los Estudios Aplicados, Kuala Lumpur

Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima

Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas: Centro Colaborador de la OMS para los Problemas Regionales de Contaminación Atmosférica, Instituto Central de Enseñanza Médica Superior, Moscú

Organismos e instituciones nacionales

Alemania, República Federal de: Instituto Universitario de Meteorología y Geofísica, Francfurt am Main

Australia: Environmental Protection Agency of Victoria, Melbourne, Victoria

State Pollution Control Commission, Sydney, Nueva Gales del Sur

Bélgica: Instituto de Higiene y Epidemiología, Bruselas

Brasil: Fundación Estatal de Ingeniería Ambiental (FEEMA), Rio de Janeiro

Centro Estatal de Tecnología Ambiental y Sanitaria (CETESB), São Paulo

Canadá: Air Pollution Control Directorate, Environment Canada, Ottawa

Colombia: Departamento Municipal de Salud, Servicio de Salud de Cali, Antioquia, Departamento de Salud del Distrito de Medellín, Bogotá

Cuba: Dirección General de Higiene, Ministerio de Salud Pública, La Habana
Chile: Instituto de Salud Ocupacional y de la Contaminación Atmosférica, Santiago
Checoslovaquia: Instituto de Higiene, Praga
Egipto: Departamento de Salud Industrial, Ministerio de Salud, El Cairo
España: Sección de Higiene del Medio, Escuela Nacional de Salud Pública, Madrid
Hong Kong: Air Pollution Control Unit, Department of Labour, Hong Kong
Irán (República Islámica del): Dirección General de Salud del Medio Ambiente, Ministerio de Salud y Asuntos Sociales, Teherán
Israel: Dirección General para el Control de la Contaminación Atmosférica y de las Radiaciones, Ministerio de Salud, Tel Aviv
Italia: Dirección General para el Control de la Contaminación Atmosférica, Ministerio de Salud, Roma
Nueva Zelandia: Air Pollution Control Section, Ministry of Health, Wellington
Países Bajos: Instituto Nacional de Salúd Pública, Bilthoven
Perú: Instituto de Salud Ocupacional, Lima
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte: Warren Spring Laboratory, Stevenage, Hertfordshire
República de Corea: Oficina para el Control de la Calidad del Aire, Departamento del Medio Ambiente, Seul
Suecia: Laboratorio para la Protección de la Atmósfera, Consejo Nacional Sueco de Protección del Medio Ambiente, Nykoping
Venezuela: Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas
Yugoslavia: Instituto de Investigaciones Médicas y Salud Ocupacional, Zagreb

Resumen de datos del proyecto de vigilancia del aire, 1973-1980

Número de determinaciones, promedios anuales, 98° percentiles y concentraciones diarias máximas de SO_2 y partículas en suspensión

(Un asterisco indica que la serie de datos no se considera representativa de todo el año)

País	Ciudad	Estación		SO_2									Partículas en suspensión								
						Año									Año							
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Alemania, República Federal de	Frankfurt	1	SI	Cond	*n*	317	302	290	168*	158*	233*	191*	166*										
					$\bar{x}$	86	86	77	58*	75*	58*	40*	32*										
					P_{98}	251	210	245	119*	336*	208*	75*	81*										
					máx	346	390	408	132*	390*	278*	139*	104*										
		2	UC	Cond	*n*	321	321	320	314	299	307	323	313										
					$\bar{x}$	107	109	98	95	76	81	78	74	β-abs	*n*	243*	49	210*	161*	334	301	196*	318
					P_{98}	298	246	295	243	202	224	237	196		$\bar{x}$	33*	60*	58*	40*	33	30	32*	27
					máx	407	417	478	354	333	260	362	245		P_{98}	84*	154*	178*	103*	76	76	84*	67
															máx	163*	180*	377*	162*	92	94	94*	94
		3	UR	Cond	*n*	193*	282*	212*	197*														
					$\bar{x}$	16*	30*	26*	37*														
					P_{98}	59*	97*	104*	150*														
					máx	97*	150*	135*	220*														
Australia	Melbourne	1	UC	Detector fotométrico de llama	*n*			292	339	312	227*	335	295										
					$\bar{x}$			16	11	21	12*	4	7										
					P_{98}			47	37	52	26*	26	26	Nefel	*n*			348	352	320	310	284*	
					máx			105	50	79	52*	50	26		$\bar{x}$			28	26	24	30	21*	
															P_{98}			120	63	60	108	72*	
															máx			225	180	81	189	123*	
															n						54	46	
														Alto volumen	$\bar{x}$						71	73	
															P_{98}						134	126	
															máx						142	129	

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2									Partículas en suspensión								
						Año									Año						
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Australia (*cont.*)	Sydney	1	UC	Acid	*n*			242*	341	271*	325	330	361	Alto volumen	*n*			42*	61	58	55	58	55
					$\bar{x}$			73*	70	74*	83	46	81		$\bar{x}$			98*	92	92	95	100	118
					P_{98}			135*	113	136*	154	95	160		P_{98}			184*	145	151	214	183	186
					máx			159*	152	151*	246	115	255		máx			200*	202	163	246	316	462
		2	SR	Acid	*n*			364	363	255*	291	324	114*	Alto volumen	*n*			53	60	57	56	54	24*
					$\bar{x}$			44	42	41*	37	22	28*		$\bar{x}$			76	74	81	72	81	75*
					P_{98}			78	71	75*	113	50	75*		P_{98}			163	128	177	118	162	116*
					máx			89	77	83*	150	100	105*		máx			360	142	183	125	192	116*
		3	SI	Acid	*n*			340	354	241*	336	322	343	Alto volumen	*n*			50	58	51	53	56	56
					$\bar{x}$			31	30	27*	19	29	43		$\bar{x}$			156	89	102	108	85	85
					P_{98}			58	44	53*	60	70	110		P_{98}			567	162	203	215	147	171
					máx			112	58	80*	90	165	225		máx.			657	226	224	339	162	182
Bélgica	Bruselas	1	UC	Acid	*n*	277	355	326	240*	344	337	363	356	Humo	*n*	282	357	328	247*	344	344	363	364
					$\bar{x}$	121	107	87	115*	88	101	96	76		$\bar{x}$	38	28	32	31*	24	29	27	19
					P_{98}	342	232	351	324*	309	267	349	200		P_{98}	109	72	114	85*	64	96	92	51
					máx	608	346	526	374*	740	349	614	327		máx	175	106	417	163*	203	126	159	92
		2	SR	Acid	*n*	323	213*	348	344	317	355	331	328	Humo	*n*	323	213*	348	351	318	355	338	344
					$\bar{x}$	101	85*	87	87	67	70	75	69		$\bar{x}$	30	19*	26	23	17	17	20	17
					P_{98}	285	204*	270	248	174	187	215	199		P_{98}	71	59*	89	72	43	47	57	53
					máx	411	251*	460	323	251	277	347	359		máx	107	75*	205	87	112	72	72	90
		3	SI	Acid	*n*	276	319	363	295	317	346	301	365	Humo	*n*	283	319	364	309	317	347	301	365
					$\bar{x}$	119	107	99	94	79	80	84	64		$\bar{x}$	26	23	27	21	14	11	17	15
					P_{98}	274	257	260	222	177	117	205	186		P_{98}	83	63	96	64	54	42	60	47
					máx	469	439	518	316	331	213	404	272		máx	124	95	190	99	78	105	132	77
Brasil	Río de Janeiro	1	UC	Acid	*n*				214	215	67*			Humo	*n*				214	99*	67*		
					$\bar{x}$				57	128	208*				$\bar{x}$				31	33*	19*		
					P_{98}				132	677	927*				P_{98}				75	98*	75*		
					máx				203	891	965*				máx.				113	98*	92*		

| | | |

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2									Partículas en suspensión								
						Año									Año							
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Canadá (*cont.*)	Toronto	1	SI	Coul	*n*				322	330	345	344	333	Alto volumen	*n*				48	57	58	61	58
					$\bar{x}$				23	26	22	18	19		$\bar{x}$				82	70	76	90	99
					P_{98}				105	105	79	79	52		P_{98}				185	130	140	166	199
					máx				183	183	131	131	131		máx				260	140	147	196	209
		2	SR	Coul	*n*				347	348	345	329	341	Alto volumen	*n*				52	61	54	58	57
					$\bar{x}$				34	32	20	24	22		$\bar{x}$				71	66	66	76	76
					P_{98}				131	131	105	79	79		P_{98}				145	127	129	166	135
					máx				157	183	183	105	236		máx				154	203	167	171	153
		3	UC	Coul	*n*				362	362	362	361	363	Alto volumen	*n*				55	57	51	52	57
					$\bar{x}$				35	35	27	23	20		$\bar{x}$				70	75	73	84	79
					P_{98}				105	131	105	79	79		P_{98}				159	162	167	175	178
					máx				157	210	236	210	131		máx				173	179	168	185	178
	Vancouver	1	UC	Coul	*n*	344	274							Alto volumen	*n*	51	56	28*					
					$\bar{x}$	21	20								$\bar{x}$	65	64	57*					
					P_{98}	74	55								P_{98}	124	129	84*					
					máx	205	87								máx	131	134	161*					
		2	UR	Coul	*n*	353	278	270	214*	116*	247*	255*	307	Alto volumen	*n*	58	54	60	37*	57	59	53	51
					$\bar{x}$	21	18	20	18*	19*	17*	18*	16		$\bar{x}$	64	64	66	64*	62	52	70	62
					P_{98}	73	60	70	61*	79*	79*	79*	52		P_{98}	133	124	179	142*	168	135	203	105
					máx	227	85	166	75*	79*	79*	79*	79		máx	136	127	234	146*	170	179	213	178
		4	SI	Coul	*n*	141*	339	228*	231*	89*	163*	267*	96*	Alto volumen	*n*	21*	59	50	49	54	59	60	52
					$\bar{x}$	14*	14	14*	14*	13*	14*	17*	13*		$\bar{x}$	78*	75	60	77	90	90	97	79
					P_{98}	37*	LD	37*	33*	LD*	52*	52*	LD*		P_{98}	155*	181	154	179	209	168	256	150
					máx	51*	62	60*	52*	13*	52*	52*	13*		máx	155*	271	175	182	223	223	276	272
		5	UC	Coul	*n*			264	329	248*	100*	273		Alto volumen	*n*			17*	59	58	59	58	51
					$\bar{x}$			29	25	21*	19*	18			$\bar{x}$			67*	74	76	72	69	76
					P_{98}			98	79	79*	52*	19			P_{98}			148*	130	191	150	168	144
					máx			160	114	157*	79*	106			máx			148*	183	202	203	188	166

Colombia	Bogotá	1	UC	Acid	n				307	313	119*	44*	22*	Humo	n				270	323	122*	44*	31*
					$\bar{x}$				18	15	13*	4*	3*		$\bar{x}$				32	24	19*	9*	10*
					P_{95}				41	36	31*	12*	7*		P_{95}				70	82	55*	35*	30*
					máx				271	45	35*	23*	7*		máx				339	101	111*	36*	33*
		2	SR	Acid	n				151*	94*				Humo	n				183*	101*			
					$\bar{x}$				25*	20*					$\bar{x}$				56*	42*			
					P_{95}				59*	48*					P_{95}				177*	73*			
					máx				66*	49*					máx				215	108*			
		3	SI	Acid	n				226*	46*	56*	93*	32*	Humo	n				202*	53*	56*	95*	32*
					$\bar{x}$				95*	24*	87*	68*	11*		$\bar{x}$				94*	50*	171*	172*	120*
					P_{95}				150*	34*	174*	152*	40*		P_{95}				236*	98*	415*	620*	198*
					máx				191*	40*	235*	188*	48*		máx				306*	111*	496*	677*	202*
	Cali	1	SI	Acid	n				165	14*		22*	21*	Humo	n				165	25*		22*	21*
					$\bar{x}$				21	7*		40*	9*		$\bar{x}$				55	45*		28*	21*
					P_{95}				56	18*		170*	88*		P_{95}				110	92*		44*	62*
					máx				64	18*		170*	88*		máx				129	92*		44*	62*
		2	UC	Acid	n				131*	35*				Humo	n				133*	35*			
					$\bar{x}$				8*	14*					$\bar{x}$				26*	26*			
					P_{95}				24*	27*					P_{95}				44*	89*			
					máx				29*	66*					máx				73*	93*			
	Medellín	3	SR	Acid	n				179	114		37*	33*	Humo	n				183	125		37*	39*
					$\bar{x}$				6	10		14	4*		$\bar{x}$				22	27		20*	10*
					P_{95}				23	36		43*	16*		P_{95}				43	99		77*	12*
					máx				41	65		55*	32*		máx				84	288		109*	42*
		1	SR	Acid	n				260		102	129		Humo	n				265		102	129	
					$\bar{x}$				25		16	34			$\bar{x}$				44		21	56	
					P_{95}				55		34	80			P_{95}				116		43	112	
					máx				219		36	93			máx				381		50	1.041	
Corea, Republica de	Seul	1	UR	Acid	n				187*	180*													
					$\bar{x}$				198*	143*													
					P_{95}				663*	403*													
					máx				863*	511*													
		2	SC	Acid	n				189*	242*													
					$\bar{x}$				144*	171*													
					P_{95}				363*	403*													
					máx				437*	509*													
		3	SI	Acid	n				172*	213*													
					$\bar{x}$				338*	315*													
					P_{95}				840*	731*													
					máx				966*	1189*													

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2									Partículas en suspensión								
						Año									Año						
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Cuba	La Habana	1	UC	Acid	*n*				331	336	291	208*		Humo	*n*				317	337	291	207*	
					$\bar{x}$				66	58	51	48*			$\bar{x}$				46	49	56	43*	
					P_{98}				127	131	104	123*			P_{98}				118	111	117	121*	
					máx				180	263	138	249*			máx				307	218	142	161*	
		2	UF	Acid	*n*				332	323	305	225*		Humo	*n*				346	323	309	225*	
					$\bar{x}$				31	22	22	22*			$\bar{x}$				61	59	50	101*	
					P_{98}				71	91	97	70*			P_{98}				200	139	166	346*	
					máx				138	537	221	408*			máx				323	228	399	761*	
		3	UR	Acid	*n*				312	343	327	221*		Humo	*n*				320	343	328	221*	
					$\bar{x}$				42	29	44	35*			$\bar{x}$				28	25	41	49*	
					P_{98}				133	110	117	94*			P_{98}				81	80	109	178*	
					máx				199	180	285	122*			máx				110	138	218	378*	
Checoslovaquia	Praga	1	UC	TCM	*n*	358	363	363	360	326	166*			Grav. colector membrana	*n*		126*	237	238	202	107*		
					$\bar{x}$	148	126	138	130	140	154*				$\bar{x}$		239*	262	143	158	136*		
					P_{98}	480	348	486	414	411	381*				P_{98}		530*	880	320	550	355*		
					máx	874	462	704	602	607	516*				máx		735*	1.200	375	755	382*		
		2	SR	TCM	*n*	335	336	360	350	345	181*			Grav. colector membrana	*n*	335	319	348	354	344	181*		
					$\bar{x}$	126	107	129	110	131	129*				$\bar{x}$	139	135	138	124	125	115*		
					P_{98}	381	272	421	316	447	376*				P_{98}	366	414	345	291	315	256*		
					máx	683	531	619	411	857	480*				máx	758	529	599	399	570	311*		
		3	UF	TCM	*n*	250	226	276	231	280	172*			Grav. colector membrana	*n*		116*	235	176*	223	105*		
					$\bar{x}$	75	56	58	71	67	64*				$\bar{x}$		121*	191	132*	154	118*		
					P_{98}	260	177	246	223	236	180*				P_{98}		250*	555	295*	561	342*		
					máx	377	267	412	273	459	237*				máx		355*	929	370*	835	634*		

Chile	Santiago	1	UC	Acid	n $\bar{x}$ P_{98} máx				347 72 198 277	318 62 179 232	358 93 254 360	216* 54* 203* 213*	319 58 169 441	Humo	n $\bar{x}$ P_{98} máx				276* 72* 240* 612*	345 85 315 354	356 115 316 475	211* 68* 237* 529*	313 100 363 404
		2	UR	Acid	n $\bar{x}$ P_{98} máx				324 48 128 192	295* 43* 133* 480*	329 51 168 179	262* 56* 178* 239*	244* 40* 133* 266*	Humo	n $\bar{x}$ P_{98} máx				329 68 374 497	318 25 153 306	313 36 196 272	202* 63* 359* 526*	246* 40* 143* 353*
		3	UC	Acid	n $\bar{x}$ P_{98} máx					97 59 161 304		38* 137* 256* 320*		Humo	n $\bar{x}$ P_{98} máx					97 63 194 216		38* 65* 144* 146*	
Dinamarca	Copen-hague	1	UC	Acid	n $\bar{x}$ P_{98} máx					168 53 131 192	228 30 150 202	176 27 102 300	191 21 84 318	Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx					348 30 85 149	365 35 87 129	355 33 81 125	349 31 77 111
														Humo	n $\bar{x}$ P_{98} máx					365 15 34 48	350 14 35 45	354 16 47 63	364 24 57 66
		2	SC	Acid	n $\bar{x}$ P_{98} máx					174 37 150 595	195 18 70 212	174 13 61 135	192 16 78 109	Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx					359 27 64 97	327 36 73 124	339 32 78 120	348 30 72 101
														Humo	n $\bar{x}$ P_{98} máx					336 8 20 30	330 9 24 35	340 10 17 70	364 14 23 57
		3	SI	Acid	n $\bar{x}$ P_{98} máx						66* 23* 90* 117*	177 32 172 413	186 26 105 141	Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx						132* 43* 90* 108*	348 52 143 183	346 45 116 222
														Humo	n $\bar{x}$ P_{98} máx					361 10 26 41	364 10 29 41	340 11 36 53	364 16 49 78

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2										Partículas en suspensión									
						Año										Año							
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Egipto	El Cairo	1	UC	Acid	*n*			340	301	287*			51*	Humo	*n*			339	296	287			44*
					$\bar{x}$			61	69	39*			7*		$\bar{x}$			64	70	47			101*
					P_{98}			155	181	110*			70*		P_{98}			229	190	165			261*
					máx			212	259	157*			78*		máx			330	364	181			291*
		2	SI	Acid	*n*				87*	185*	55*			Humo	*n*				72*	239	55*		
					$\bar{x}$				40*	16*	68*				$\bar{x}$				105*	64	105*		
					P_{98}				122*	58*	251*				P_{98}				239*	201	245*		
					máx				131*	65*	280*				máx				300*	239	269*		
		3	SR	Acid	*n*				73*	135*	20*		14*	Humo	*n*				82*	125*	22*		17*
					$\bar{x}$				40*	27*	14*		2*		$\bar{x}$				55*	49*	72*		83*
					P_{98}				121*	138*	60*		LD*		P_{98}				148*	196*	169*		172*
					máx				121*	163*	113*		3*		máx				304*	260*	169*		172*
España	Madrid	1	UC	Acid	*n*	290	303	285	139*		101*	268	281	Humo	*n*	323	300	280	139*		101*	268	281
					$\bar{x}$	168	161	138	136*		58*	102	63		$\bar{x}$	186	190	211	273*		108*	176	130
					P_{98}	459	451	399	468*		118*	354	227		P_{98}	569	661	618	913*		247*	621	312
					máx	606	763	834	499*		123*	605	303		máx	909	908	910	1080*		293*	821	395
		2	SR	Acid	*n*	318	319	316	322	323	180*	302	330	Humo	*n*	331	320	315	320	135*	180*	299	330
					$\bar{x}$	73	63	61	54	44	45*	46	30		$\bar{x}$	72	66	63	67	52*	34*	66	56
					P_{98}	227	252	183	144	115	135*	168	135		P_{98}	264	283	223	288	172*	125*	289	220
					máx	316	296	362	176	134	192*	293	163		máx	446	359	297	431	211*	156*	397	310
		4	UI	Acid	*n*	320	307	271	294	207*	142*	253		Humo	*n*	322	307	263	294	199*	139*	252	
					$\bar{x}$	193	178	133	112	71*	78*	86			$\bar{x}$	**304**	307	236	233	157*	135*	196	
					P_{98}	556	556	458	449	173*	215*	**388**			P_{98}	881	958	823	832	401*	299*	676	
					máx	739	620	829	526	215*	332*	651			máx	1164	1312	1063	1270	631*	591*	860*	

		5	UI	TCM	n $\bar{x}$ P_{98} máx					137* 17* 86* 94*	42* 22* 55 68*			Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx					313 143 372 632	321 150 371 453	81* 104* 233* 265*	
	Birmingham, AL	12	UC	TCM	n $\bar{x}$ P_{98} máx				216 6 13 52	173 17 55 92				Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx				350 92 189 268	316 91 178 316	314 99 200 247	307 85 168 204	290 95 175 200
		23	UI											Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx							213 65 284 409	290 63 282 334
	Fairfield, AL	3	SI	Coul	n $\bar{x}$ P_{98} máx				268 32 110 262					Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx				340 84 168 200	279 81 162 209	272 83 164 242	267 72 129 142	289 79 150 216
Estados Unidos de América	Azusa, CA	2	SI	Cond	n $\bar{x}$ P_{98} máx				361 27 65 102		271* 19* 55* 69*			Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx				61* 108* 193* 226*	46* 148* 332* 430*	193* 174* 342* 477*		
	Long Beach, CA	1	UC											Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx				55 90 192 218	52 96 171 180	11* 66* 105* 105*		
	Pasadena, CA	2	UR											Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx				59 74 131 140	59 88 168 227			
		4	UC	Cond	n $\bar{x}$ P_{98} máx				364 38 68 97		273 40 67 74			Alto volumen	n $\bar{x}$ P_{98} máx				61 102 178 202	45 124 230 169	50 102 189 203		

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2										Partículas en suspensión									
						Año										Año							
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Estados Unidos de América (*cont.*)	Chicago IL	3	SR											Alto volumen	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx				117 68 148 259	100 83 219 276	113 70 200 230		
		5	UC											Alto volumen	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					111 86 183 225	116 87 189 214		
		22	UI	TCM	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx				63 20 100 105	25* 40* 129* 129*				Alto volumen	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx				119 146 342 474	114 200 617 1106	88 136 253 517	84 138 287 325	52 129 226 231
		39	UI	Coul	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx							352 48 173 247	182* 37* 107* 151*										
	St. Ann, MO	1	SC	FPD	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx				234 32 131 210	294 308 1022 1362	297 36 147 210			Alto volumen	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx				49 65 153 172	53 64 147 167	56 65 117 138		
	St. Charles, MO	2	SR	PFA	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx				202* 14* 67* 191*	143* 10* 69* 151*				Alto volumen	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					25* 66* 138* 138*			

Estados Unidos de América (*cont.*)	St. Louis, MO	1	UC	PFA	*n*					263	341	291	316	Alto volumen	*n*	78	107	94		118	83		
					$\bar{x}$					101	30	31	37		$\bar{x}$	88	87	86		96	99		
					P_{98}					529	87	105	95		P_{98}	160	179	155		237	191		
					máx					700	200	142	238		máx	188	189	164		420	913		
		3	UR	PFA	*n*							355	354	Alto volumen	*n*	59	58	58					
					$\bar{x}$							50	59		$\bar{x}$	112	122	115					
					P_{98}							148	151		P_{98}	217	279	181					
					máx							218	215		máx	227	327	205					
		4	UI	PFA	*n*					199		272*	349	Alto volumen	*n*	55	102	97	99	96			
					$\bar{x}$					104		21*	25		$\bar{x}$	127	144	123	129	111			
					P_{98}					529		71*	88		P_{98}	236	337	323	360	315			
					máx					700		96*	153		máx	276	382	568	581	420			
				TCM	*n*				266	40*													
					$\bar{x}$				149	166*													
					P_{98}				812	634*													
					máx				996	700*													
	Nueva York, NY	4	SR	PFA	*n*						155*	364	365	Alto volumen	*n*				137	86	18*	36*	56
					$\bar{x}$						49*	48	43		$\bar{x}$				60	64	48*	49*	51
					P_{98}						147*	122	136		P_{98}				149	127	94*	93*	96
					máx						214*	204	229		máx				177	149	94*	94*	100
		10	UR	PFA	*n*						169*	339	362	Alto volumen	*n*				95	110	25*	53	50
					$\bar{x}$						72*	80	75		$\bar{x}$				77	79	64*	66	62
					P_{98}						162*	212	191		P_{98}				150	146	117*	112	123
					máx						269*	292	312		máx				178	153	117*	123	129
		11	UI	PFA	*n*						59*	362	364	Alto volumen	*n*					94*	23*	59	53
					$\bar{x}$						88*	56	52		$\bar{x}$					78*	68*	64	63
					P_{98}						203*	130	112		P_{98}					131*	121*	121	109
					máx						204*	160	147		máx					158*	121*	126	124
	Harris, TX	24	SR	PFA	*n*							65*	132*	Alto volumen	*n*				54	50	50	19*	22*
					$\bar{x}$							10*	8*		$\bar{x}$				70	100	80	62*	64*
					P_{98}							33*	35*		P_{98}				118	210	133	144*	140*
					máx							35*	52*		máx				134	1041	151	144*	140*
				TCM	*n*				47	52	25												
					$\bar{x}$				3	3	10												
					P_{98}				10	15	33												
					máx				13	19	33												

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2										Partículas en suspensión									
						Año										Año							
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Estados Unidos de América (*cont.*)	Houston, TX	1	UC	TCM	n					41	57	19*		Alto volumen	n					39	47	51	52
					$\bar{x}$					4	16	14*			$\bar{x}$					115	98	89	82
					P_{98}					23	109	37*			P_{98}					300	192	147	142
					máx					38	141	37*			máx					1333	209	158	156
		34	SR	PFA	n							59*	318		n				58	60	53	31*	31*
					$\bar{x}$							22*	20		$\bar{x}$				95	113	106	91*	97*
					P_{98}							69*	86		P_{98}				162	297	202	159*	152*
					máx							98*	108		máx				198	842	206	166*	152*
				TCM	n				56	55	42	21*											
					$\bar{x}$				3	7	14	22*											
					P_{98}				16	34	32	49*											
					máx				21	42	149	49*											
Filipinas	Iligan City	2	SI											Alto volumen	n							27*	29*
					$\bar{x}$																	208*	173*
					P_{98}																	332*	192*
					máx																	335*	392*
	Manila	1	SR	Cond	n			348	349	361	354	272	251		n			341	348	361	356	257	219
					$\bar{x}$			67	55	54	46	58	62		$\bar{x}$			71	76	93	87	101	99
					P_{98}			139	94	102	84	115	149	Nefel	P_{98}			156	135	225	159	188	171
					máx			196	107	121	113	126	191		máx			218	170	290	280	210	258
		2	UC	Cond	n			353	291	136*	291	139*	183*		n			354	345	291	319	331	271
					$\bar{x}$			89	77	57*	66	91*	75*		$\bar{x}$			77	74	92	87	73	79
					P_{98}			178	183	173*	144	178*	131	Nefel	P_{98}			128	135	165	122	114	180
					máx			207	223	191*	160	223*	178		máx			195	165	252	411	202	286
		3	SI	Cond	n			360	330	307	173*	146*	169*		n			358	337	305	218*	191*	176*
					$\bar{x}$			130	81	82	91*	100*	79		$\bar{x}$			90	86	94	76*	82*	92*
					P_{98}			249	157	178	202*	189*	176	Nefel	P_{98}			167	160	163	134*	119*	141*
					máx			278	204	265	288*	244*	249		máx			211	211	192	165*	149*	177*

Finlandia	Helsinki	1	UC	Coul	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx						353 25 101 158	356 24 77 128	347 27 101 128	Alto volumen	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx						148 67 150 267	171 64 162 235	167 75 348 395
		2	SI	Coul	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx						354 29 104 136	338 28 128 211	345 33 134 182	Alto volumen	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx						174 57 132 237	165 62 170 271	161 76 219 312
		3	UR	Coul	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx						348 26 123 318	253 26 104 211	357 30 142 192		*n* $\bar{x}$ P_{98} máx						174 144 599 1113	167 124 733 1051	171 163 906 1451
Francia	Gourdon (París)	1	SI	Acid	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					364 122 404 851	364 131 352 485	364 105 403 547	364 95 270 466	Humo	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					364 38 110 432	365 41 148 211	365 41 141 222	366 40 116 220
		2	UC	Acid	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					365 77 290 431				Humo	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					365 47 140 274			
		3	UR	Acid	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					361 101 339 428		354 95 324 396	360 87 273 382	Humo	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					362 41 131 262		364 45 149 219	365 44 134 194
		4	UR	Acid	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx						365 95 305 687	364 84 308 417	366 81 252 330	Humo	*n* $\bar{x}$ P_{98} max						363 52 171 207	364 50 156 201	334 51 137 199
	Toulouse	1	UI	Acid	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					216 6 40 88	209 4 16 87	309 6 35 66		Humo	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					331 22 72 133	176* 23* 93* 137*	290 26 99 203	
		2	UC	Acid	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					303 39 108 153	214* 42* 110* 166*			Humo	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					303 179 450 637	203* 136* 407* 485*		
		3	UC	Acid	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					228 7 34 49	217 5 21 57	301 7 37 48		Humo	*n* $\bar{x}$ P_{98} máx					332 15 52 89	215 17 67 95	300 18 65 180	

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2									Partículas en suspensión								
						Año									Año							
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Ghana	Accra	1	SR	TCM	*n*						16*			Alto volumen	*n*						16*		
					$\bar{x}$						18*				$\bar{x}$						75*		
					P_{98}						82*				P_{98}						162*		
					máx						82*				máx						162*		
		2	SI	TCM	*n*						14*			Alto volumen	*n*						43*		
					$\bar{x}$						90*				$\bar{x}$						96*		
					P_{98}						815*				P_{98}						175*		
					máx						815*				máx						175*		
		3	UC	TCM	*n*						5*			Alto volumen	*n*						5*		
					$\bar{x}$						34*				$\bar{x}$						398*		
					P_{98}						99*				P_{98}						480*		
					máx						99*				máx						480*		
Grecia	Atenas	1	TCM	SR	*n*						307	126		Alto volumen	*n*						101	16*	
					$\bar{x}$						30	38*			$\bar{x}$						215	235*	
					P_{98}						67	100*			P_{98}						374	462*	
					máx						111	385*			máx						536	462*	
		2	SI	TCM	*n*						241*	113*	181*	Alto volumen	*n*						90	34*	41*
					$\bar{x}$						43*	60*	49*		$\bar{x}$						204	245*	202*
					P_{98}						158*	232*	230*		P_{98}						388	503*	369*
					máx						325*	585*	380*		máx						409	505*	464*
		3	UC	TCM	*n*						297	243	195	Alto volumen	*n*						96	62*	57*
					$\bar{x}$						39	57	44		$\bar{x}$						255	264*	218*
					P_{98}						109	287	198		P_{98}						421	513*	342*
					máx						165	485	340		máx						438	521*	369*

Hong Kong	Hong Kong	1	UC	Acid	n			357	366	354	357	365	366	Humo	n			353	366	349	356	365	366
					$\bar{x}$			15	5	13	25	33	45		$\bar{x}$			48	53	63	57	46	49
					P_{98}			72	34	77	146	99	138		P_{98}			98	117	149	176	97	105
					máx			188	74	152	230	198	290		máx			112	134	212	281	164	198
		2	SI	Acid	n			364	366	364	365	365	366	Humo	n			364	366	364	365	365	366
					$\bar{x}$			100	44	23	65	58	70		$\bar{x}$			28	29	30	30	29	25
					P_{98}			621	226	152	549	331	330		P_{98}			77	65	66	81	69	60
					máx			896	630	462	912	565	494		máx			170	97	90	399	116	102
		3	SR	Acid	n			362	366	364	362	365	366	Humo	n			358	366	363	361	365	366
					$\bar{x}$			20	12	14	30	33	32		$\bar{x}$			93	104	120	118	96	91
					P_{98}			68	66	98	132	77	90		P_{98}			176	202	265	281	170	175
					máx			132	92	197	553	124	109		máx			202	269	348	845	227	382
India	Bombay	1	UC	TCM	n						40	28	29	Alto volumen	n						40	27	29
					$\bar{x}$						26	20	21		$\bar{x}$						136	179	142
					P_{98}						78	83	58		P_{98}						286	314	323
					máx						123	86	59		máx						381	326	337
		2	SR	TCM	n						75	67	26*	Alto volumen	n						75	68	29*
					$\bar{x}$						31	22	26*		$\bar{x}$						466	174	194*
					P_{98}						110	61	71*		P_{98}						328	313	351*
					máx						133	82	88*		máx						334	447	361*
		3	SC	TCM	n						75	69	27*	Alto volumen	n						69	69	31*
					$\bar{x}$						96	83	48*		$\bar{x}$						234	275	211*
					P_{98}						245	203	98*		P_{98}						474	551	427*
					máx						262	304	112*		máx						518	560	441*
	Calcuta	1	UC	TCM	n	91	58*	52	57	40	41	48	31	Alto volumen	n	45	45	23	29	40	41	48	31
					$\bar{x}$	40	62*	37	41	47	40	43	48		$\bar{x}$	365	519	547	356	419	393	439	462
					P_{98}	221	173*	139	135	177	148	152	127		P_{98}	651	917	1038	606	789	730	881	899
					máx	244	367*	149	161	366	158	227	229		máx	724	1090	1038	653	812	751	917	997
		3	SI	TCM	n	86	54*	49	63	35	45	43	30	Alto volumen	n	43	41	22	31	35	45	42	30
					$\bar{x}$	46	68*	40	39	58	54	48	48		$\bar{x}$	330	454	530	380	373	353	413	356
					P_{98}	156	241*	151	170	168	183	201	155		P_{98}	893	841	807	640	701	658	845	641
					máx	225	282*	212	279	223	251	215	196		máx	1019	1011	807	680	731	700	897	881
		4	SR	TCM	n	92	56*	52	65	39	40	30	27	Alto volumen	n	44	41	22	33	39	40	30	27
					$\bar{x}$	36	39*	28	22	22	20	34	17		$\bar{x}$	300	365	395	326	354	292	498	394
					P_{98}	197	142*	116	73	82	74	90	69		P_{98}	878	699	807	627	775	648	1044	811
					máx	252	160*	126	105	95	115	106	74		máx	878	813	807	667	1763	713	1111	1415

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2										Partículas en suspensión									
						Año										Año							
		N.º	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
India (*cont.*)	Delhi	1	UC	TCM	n						44	41	34	Alto volumen	n						44	42	35
					$\bar{x}$						34	39	50		$\bar{x}$						408	474	535
					P_{98}						98	108	121		P_{98}						914	812	1148
					máx						130	109	135		máx						980	845	2.221
		2	UR	TCM	n						33	41	39	Alto volumen	n						33	41	39
					$\bar{x}$						8	11	19		$\bar{x}$						326	305	322
					P_{98}						24	30	71		P_{98}						687	682	590
					máx						67	56	140		máx						961	751	670
		3	UI	TCM	n						34	41	40	Alto volumen	n						34	41	40
					$\bar{x}$						58	31	47		$\bar{x}$						432	440	453
					P_{98}						181	122	122		P_{98}						739	830	732
					máx						474	135	151		máx						972	875	879
Indonesia	Yakarta	1	UR		n									Alto volumen	n						10*	53	57
					$\bar{x}$										$\bar{x}$						210*	255	275
					P_{98}										P_{98}						438*	463	480
					máx										máx						438*	654	525
		2			n									Alto volumen	n						10*	56	50
					$\bar{x}$										$\bar{x}$						129*	138	167
					P_{98}										P_{98}						173*	277	395
					máx										máx						173*	327	517
Irán (República Islámica del)	Teherán	1	UC	Acid	n				70	54	77	70	80	Alto volumen	n				44	51	77	69	80
					$\bar{x}$				84	64	46	48	160		$\bar{x}$				330	361	362	322	292
					P_{98}				165	160	115	112	403		P_{98}				555	696	551	597	510
					máx				267	192	152	179	448		máx				627	858	592	885	663
														Humo	n				69	68	77	70	80
															$\bar{x}$				232	206	204	209	175
															P_{98}				458	466	461	495	369
															máx				459	485	806	798	510

Irán (República Islámica del) (*cont.*)	Teherán (*cont.*)	2	SI	Acid	*n*				21*	46*	71	59	66	Alto volumen	*n*				19*	45*	60	50	60
					$\bar{x}$				105*	60*	40	43	110		$\bar{x}$				429*	491*	450	459	370
					P_{98}				155*	115*	75	84	327		P_{98}				750*	873*	898	812	603
					máx				155*	139*	155	96	340		máx				750*	950*	915	864	710
														Humo	*n*				20*	53*	72	61	69
															$\bar{x}$				263*	242*	234	244	222
															P_{98}				521*	515*	445	365	515
															máx				521*	518*	510	432	540
		3	SR	Acid	*n*				23*	42*	72	61	76	Alto volumen	*n*				7*	41*	74	60	65
					$\bar{x}$				99*	72*	48	44	140		$\bar{x}$				229*	297*	399	285	285
					P_{98}				237*	204*	142	138	419		P_{98}				323*	507*	721	606	599
					máx				237*	215*	193	152	484		máx				323*	575*	927	631	603
														Humo	*n*				23*	48	76	65	76
															$\bar{x}$				119*	90	120	113	128
															P_{98}				308*	257	236	355	392
															máx				308*	277	414	385	449
Iraq	Bagdad	1	SI	TCM	*n*					34*	86*	12*		Alto volumen	*n*					34*	62*		
					$\bar{x}$					26*	17*	7*			$\bar{x}$					362*	328*		
					P_{98}					66*	65*	35*			P_{98}					1160*	1087*		
					máx					141*	88*	35*			máx					1201*	1635*		
		2	SI	TCM	*n*					33*	19*	14*		Alto volumen	*n*					12*	12*	90*	34*
					$\bar{x}$					26*	25*	19*			$\bar{x}$					504*	265*	554*	563*
					P_{98}					61*	106*	81*			P_{98}					1197*	398*	1724*	1327*
					máx					87*	183*	81*			máx					1197*	398*	1901*	1685*
		3	SI	TCM	*n*					34*	86*	13*		Alto volumen	*n*					34*	141*	93*	33*
					$\bar{x}$					15*	16*	10*			$\bar{x}$					236*	327*	580*	456*
					P_{98}					40*	60*	29*			P_{98}					568*	987*	1722*	811*
					máx					68*	88*	29*			máx					1032*	1770*	5287*	1393*
Irlanda	Dublín	1	UC	Acid	*n*					365	363	364	366	Humo	*n*					364	364	363	350
					$\bar{x}$					38	48	47	56		$\bar{x}$					43	33	30	41
					P_{98}					140	149	137	133		P_{98}					142	115	111	166
					máx					293	177	193	202		máx					200	177	300	269
		2	UI	Acid	*n*					363	364	363	365	Humo	*n*					365	363	362	361
					$\bar{x}$					30	43	30	34		$\bar{x}$					42	25	14	14
					P_{98}					105	95	78	81		P_{98}					117	71	52	50
					máx					260	119	126	157		máx					156	125	85	99
		3	SR	Acid	*n*					347	365	361	366	Humo	*n*					349	365	363	365
					$\bar{x}$					22	28	21	23		$\bar{x}$					25	21	15	16
					P_{98}					85	84	79	57		P_{98}					74	75	65	59
					máx					198	102	116	113		máx					131	166	127	169

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2									Partículas en suspensión								
						Año									Año						
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Israel	Tel Aviv	1	UC	Coul	*n*	337	320	344	293	126*		293											
					$\bar{x}$	29	54	16	32	33*		53											
					P_{98}	106	176	58	93	146*		118											
					máx	269	307	95	133	210*		161											
		2	UR	Coul	*n*	277	356	346	297	153*													
					$\bar{x}$	28	17	27	29	48*													
					P_{98}	107	64	92	114	131*													
					máx	163	130	162	182	170*													
		3	UI	Coul	*n*	336	331	267	258	63*													
					$\bar{x}$	20	27	20	16	28*													
					P_{98}	93	101	77	60	103*													
					máx	136	157	112	73	103*													
Italia	Milén	1	UR	Coul	*n*					277	285	224*	277										
					$\bar{x}$					215	220	354*	242										
					P_{98}					894	902	1305*	939										
					máx					1620	1180	1641*	1279										
		2	UC	Coul	*n*					209	241	198*	277										
					$\bar{x}$					185	212	209*	167										
					P_{98}					642	614	619*	449										
					máx					814	850	861*	728										
	Roma	1	UI	Coul	*n*	285	112*	218*						Humo	*n*	285	103*	219*					
					$\bar{x}$	114	89*	78*							$\bar{x}$	31	46*	43*					
					P_{98}	666	375*	225*							P_{98}	88	162*	125*					
					máx	1500	525*	370*							máx	105	207*	200*					
		2	SR	TCM	*n*	200*	6*	229*						Humo	*n*	189*	6*	267					
					$\bar{x}$	23*	16*	14*							$\bar{x}$	31*	28*	22					
					P_{98}	208*	28*	40*							P_{98}	93*	34*	58					
					máx	413*	28*	61*							máx	118*	34*	107					
		3	UC	TCM	*n*	285	101*	219*						Humo	*n*	229*	102*	218					
					$\bar{x}$	58	108*	71*							$\bar{x}$	53*	60*	80					
					P_{98}	370	305*	265*							P_{98}	123*	131*	124					
					máx	874	600*	295*							máx	169*	160*	528					

| | | |

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2									Partículas en suspensión								
						Año									Año						
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Malasia	Kuala Lumpur	1	SI	TCM	n						140	125	118	Alto volumen	n						114	125	137
					$\bar{x}$						43	15	22		$\bar{x}$						153	158	182
					P_{98}						91	51	108		P_{98}						246	293	329
					máx						101	63	116		máx						275	498	464
		2	SR	TCM	n						140	102	45*	Alto volumen	n						130	121	110
					$\bar{x}$						5	3	3*		$\bar{x}$						90	79	98
					P_{98}						19	5	5*		P_{98}						160	124	249
					máx						20	16	9		máx						203	182	298
Nueva Zelandia	Auckland	1	SI	Acid	n			78*	142*	356	310	349	341	Humo	n			96*	145*	354	309	340	831
					$\bar{x}$			20*	20*	20	25	22	25		$\bar{x}$			6*	5*	9	6	5	6
					P_{98}			50*	47*	43	61	45	50		P_{98}			18*	14*	35	22	19	21
					máx			66*	58*	53	108	65	74		máx			21*	19*	62	50	47	41
		2	UC	Acid	n			280*	345	355	303	330	358	Humo	n			279*	335	350	333	321	349
					$\bar{x}$			18*	12	12	25	15	15		$\bar{x}$			5*	4	4	4	4	5
					P_{98}			29*	33	26	108	32	31		P_{98}			26*	15	18	14	18	20
					máx			37*	47	39	165	55	38		máx			38*	24	37	26	32	30
		3	UR	Acid	n						331	332	359	Humo	n						337	349	360
					$\bar{x}$						19	15	11		$\bar{x}$						4	5	6
					P_{98}						76	33	25		P_{98}						21	29	30
					máx						165	42	56		máx						45	42	38
	Christ-church	1	SR	Acid	n				84*	235*	323	330	323	Humo	n				112*	241*	353	358	325
					$\bar{x}$				42*	18*	17	20	23		$\bar{x}$				67*	34*	26	31	41
					P_{98}				105*	63*	45	58	61		P_{98}				304*	195*	187	215	280
					máx				156*	232*	72	81	87		máx				516*	253*	332	497	538
		2	SI	Acid	n						259	304	349	Humo	n						266*	308	354
					$\bar{x}$						23	32	37		$\bar{x}$						19*	19	21
					P_{98}						72	85	84		P_{98}						138*	127	155
					máx						94	145	107		máx						245*	336	332
		3	SC	Acid	n						337	335	316	Humo	n						339	329	316
					$\bar{x}$						26	31	34		$\bar{x}$						20	29	32
					P_{98}						68	81	73		P_{98}						151	205	199
					máx						135	106	94		máx						274	314	417

Países Bajos	Amsterdam	1	UC	Coul	*n*	307	343	341	345	314*	294*	352	338										
					$\bar{x}$	55	30	44	36	29*	32*	42	26										
					P_{98}	196	78	176	144	94*	118*	195	66										
					máx	319	156	321	207	132*	162*	287	123										
		2	SR	Coul	*n*	312	354	350	340	354	308*	343	357										
					$\bar{x}$	39	23	25	27	21	26*	41	30										
					P_{98}	151	72	86	92	67	103*	172	98	Humo										
					máx	212	110	128	166	111	131*	305	215										
		3	SI	Coul	*n*	310	345	352	342	341	313	332	351										
					$\bar{x}$	53	35	38	33	32	32	30	28										
					P_{98}	179	117	140	122	98	114	168	80										
					máx	317	192	168	252	134	145	273	165										
Pakistán	Lahore	1	SR	TCM	*n*							29*			*n*							69*	106*
					$\bar{x}$							40*			$\bar{x}$							749*	690*
					P_{98}							62*		Alto	P_{98}							2740*	1391*
					máx							68*		volumen	máx							3415*	1682*
		2	UC	TCM	*n*						99*				*n*						99*		
					$\bar{x}$						49*				$\bar{x}$						332*		
					P_{98}						63*			Alto	P_{98}						618*		
					máx						65*			volumen	máx						667*		
Perú	Lima	1	UC	Acid	*n*				103*			127	36*		*n*				90*			144	68*
					$\bar{x}$				15*			3	6*		$\bar{x}$				33*			6	10*
					P_{98}				31*			10	21*	Humo	P_{98}				75*			28	49*
					máx				105*			11	27*		máx				113*			34	64*
		2	UR	Acid	*n*				185	46*	121*	118*	67*		*n*				263	39*	77*	118*	67*
					$\bar{x}$				11	9*	14*	4*	7*		$\bar{x}$				26	13*	12*	5*	14*
					P_{98}				22	17*	38*	25*	25*	Humo	P_{98}				73	19*	18*	30*	41*
					máx				47	19*	43*	33*	43*		máx				101	20*	27*	31*	58*
		3	SR	Acid	*n*				23*				34*		*n*				132*	37*	71	59*	34*
					$\bar{x}$				6*				8*		$\bar{x}$				31*	24*	21	25*	31*
					P_{98}				51*				38*	Humo	P_{98}				54*	47*	34	42*	58*
					máx				51*				38*		máx				73*	50*	39	49*	58*

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2										Partículas en suspensión									
						Año										Año							
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Polonia	Varsovia	1	UR	TCM	*n*						161	160	192	Humo	*n*						163	157	188
					x̄						28	34	35		x̄						64	40	44
					P_{98}						140	160	140		P_{98}						195	160	197
					máx						180	432	375		máx						268	817	481
		2	UI	TCM	*n*						155*	203	208	Humo	*n*						158*	190	205
					x̄						38*	43	42		x̄						51*	55	47
					P_{98}						156*	152	167		P_{98}						140*	200	281
					máx						410*	210	269		máx						297*	414*	362
		3	UC	TCM	*n*						158*	213	198	Humo	*n*						159*	212	193
					x̄						43*	41	47		x̄						59*	50	56
					P_{98}						170*	190	202		P_{98}						185*	170	257
					máx						294*	262	348		máx						359*	350	307
	Wroclaw	1	UC	TCM	*n*						291	297	295	Humo	*n*						284	298	293
					x̄						45	46	45		x̄						92	77	76
					P_{98}						150	169	191		P_{98}						302	310	336
					máx						200	236	257		máx						367	475	570
		2	UI	TCM	*n*						280	295	291	Humo	*n*						280	291	291
					x̄						30	34	32		x̄						64	56	53
					P_{98}						110	125	156		P_{98}						180	192	176
					máx						180	361	237		máx						303	225	285
		3	UR	TCM	*n*						263	292	288	Humo	*n*						261	289	291
					x̄						23	35	40		x̄						49	50	52
					P_{98}						80	117	189		P_{98}						140	146	160
					máx						120	160	373		máx						190	249	285
Portugal	Lisboa	2	UR	TCM	*n*								41*										
					x̄								44*										
					P_{98}								105*										
					máx								170*										
		3	UR	TCM	*n*								163*										
					x̄								65*										
					P_{98}								195*										
					máx								270*										

Reino Unido	Glasgow	1	UC	Acid	*n*					365		359		Humo	*n*					334		365	
					$\bar{x}$					94		84			$\bar{x}$					42		36	
					P_{98}					311		210			P_{98}					241		172	
					máx					787		409			máx					529		365	
		2	SR	Acid	*n*					351	353	164		Humo	*n*					351	353	365	
					$\bar{x}$					87	59	44			$\bar{x}$					21	20	21	
					P_{98}					172	163	148			P_{98}					184	104	131	
					máx					243	437	300			máx					289	293	253	
		3	UI	Acid	*n*					357	365	364		Humo	*n*					357	365	364	
					$\bar{x}$					86	84	69			$\bar{x}$					35	28	33	
					P_{98}					243	208	199			P_{98}					232	133	224	
					máx					897	332	367			máx					471	248	328	
	Londres	1	UC	Acid	*n*	220*	335	363	366	361	365	365		Humo	*n*	221*	337	363	366	361	365	365	
					$\bar{x}$	175*	137	149	142	86	95	91			$\bar{x}$	42*	26	35	31	23	21	20	
					P_{98}	516*	328	515	373	261	302	284			P_{98}	167*	74	124	97	61	63	69	
					máx	798*	461	840	636	412	442	569			máx	249*	149	430	129	111	105	102	
		2	SR	Acid	*n*	198	213	194	199	210	293	340		Humo	*n*	198	213	194	199	210	297	340	
					$\bar{x}$	102	73	80	84	75	77	77			$\bar{x}$	37	26	35	33	26	27	25	
					P_{98}	307	211	234	224	203	213	193			P_{98}	132	92	123	103	78	100	95	
					máx	389	311	621	345	443	270	237			máx	218	116	305	229	215	236	205	
		3	SI	Acid	*n*	162*	175	164	139	140*	331	330		Humo	*n*	181	175	164	139	140*	335	330	
					$\bar{x}$	172*	117	65	81	75*	56	76			$\bar{x}$	48	30	44	27	43*	35	84	
					P_{98}	359*	242	222	181	148*	149	127			P_{98}	184	114	116	82	116*	116	171	
					máx	463*	304	248	267	157*	307	136			máx	300	164	134	205	211*	248	296	
Suecia	Estocolmo	1	UC	Coul	*n*				152*	293	295	293	119*										
					$\bar{x}$				63*	60	49	58	70*										
					P_{98}				157*	146	139	186	144*										
					máx				233*	239	200	395	227*										
		2	SR	Coul	*n*				149*	268	270	314	123*										
					$\bar{x}$				16*	17	19	16	19*										
					P_{98}				50*	52	61	55	51*										
					máx				105*	262	93	91	60*										
		3	UC	Coul	*n*				58*	162*	287	313	48*										
					$\bar{x}$				35*	44*	44	56	44*										
					P_{98}				84*	108*	162	202	118*										
					máx				88*	180*	501	284	168*										

Anexo 4 (*continuación*)

País	Ciudad	Estación		SO_2										Partículas en suspensión									
						Año										Año							
		N°	Sector	Método		73	74	75	76	77	78	79	80	Método		73	74	75	76	77	78	79	80
Suecia (*cont.*)	Estocolmo (*cont.*)	4	SI	Coul	*n*				152*	261	212*	257	117*										
					$\bar{x}$				28*	30	50*	39	48*										
					P_{98}				80*	114	170*	180	164*										
					máx				145*	146	214*	283	185*										
		5	UI	Coul	*n*				151*	271	187*	300	88*										
					$\bar{x}$				19*	26	23*	23	22*										
					P_{98}				55*	79	73*	78	58*										
					máx				76*	122	109*	127	80*										
Suiza	Zurich	1	UC	Cond	*n*					92*	181*												
					$\bar{x}$					78*	77*												
					P_{98}					218*	211*												
					máx					239*	345*												
				Acid	*n*						184*												
					$\bar{x}$						64*												
					P_{98}						216*												
					máx						259*												
Tailandia	Bangkok	1	SI	TCM	*n*						52*	81*		Alto volumen	*n*						76	120	67*
					$\bar{x}$						15*	9*			$\bar{x}$						162	167	170
					P_{98}						50*	30*			P_{98}						330	344	390
					máx						67*	37*			máx						407	407	413
		2	SR											Alto volumen	*n*						24*	75	47*
															$\bar{x}$						145*	176	108*
															P_{98}						237*	322	318*
															máx						237*	350	386*
		3	SR	TCM	*n*							55*		Alto volumen	*n*						27*	112	11*
					$\bar{x}$							10*			$\bar{x}$						137*	170	232*
					P_{98}							37*			P_{98}						237*	302	399*
					máx							51*			máx						286*	762	399*

					n				238	312					*n*				238	313			
					$\bar{x}$				7	9					$\bar{x}$				20	23			
		1	UR	Acid	P_{se}				14	21				Humo	P_{se}				39	44			
					máx				20	26					máx				58	49			
					n				302	226	61*				*n*				310	226	61*		
					$\bar{x}$				24	16	21*				$\bar{x}$				31	28	25*		
Venezuela	Caracas	2	UC	Acid	P_{se}				37	33	27*			Humo	P_{se}				56	52	39*		
					máx				40	42	31*				máx				62	79	43*		
					n				248	231					*n*				224	231			
					$\bar{x}$				12	16					$\bar{x}$				14	16			
		3	SI	Acid	P_{se}				22	42				Humo	P_{se}				32	31			
					máx				28	44					máx				36	37			
					n	307	354	354	363	364	317	351	323		*n*	202	213	205	206	151*	176	174	197
					$\bar{x}$	195	158	144	142	115	112	81	94	Grav.	$\bar{x}$	181	167	179	170	163*	171	135	180
		1	UC	Acid	P_{se}	595	511	492	494	400	402	282	257	colector	P_{se}	512	452	417	383	362*	342	436	320
					máx	723	818	703	730	740	488	518	362	membrana	máx	611	806	486	621	450*	452	587	830
					n	296	347	364	364	357	362	362	365		*n*	196	195	202	198	177	182	192	201
					$\bar{x}$	66	54	53	51	48	44	33	46	Grav.	$\bar{x}$	144	129	130	127	131	143	136	142
Yugoslavia	Zagreb	2	SR	Acid	P_{se}	212	252	226	228	199	180	173	147	colector	P_{se}	396	346	306	288	332	375	289	339
					máx	381	456	364	388	296	363	407	290	membrana	máx	596	374	483	316	386	437	350	488
					n	301	356	364	366	355	365	365	366		*n*	233	232	251	249	227	219	197	232
					$\bar{x}$	76	73	65	68	62	54	40	33	Grav.	$\bar{x}$	168	168	153	141	161	148	150	133
		3	UI	Acid	P_{se}	261	284	246	261	268	258	219	158	colector	P_{se}	378	425	340	283	308	310	408	355
					máx	353	420	428	506	426	347	365	280	membrana	máx	517	719	445	579	418	506	498	571

Los pedidos de publicaciones de la OMS pueden cursarse, directamente o por conducto de una librería, a las señas siguientes:

ALEMANIA, REPUBLICA FEDERAL DE	Govi-Verlag GmbH, Ginnheimerstrasse 20, Postfach 5360, 6236 ESCHBORN — W. E. Saarbach, Postfach 101 610; Follerstrasse 2, 5000 COLONIA 1 — Alex. Horn, Spiegelgasse 9, Postfach 3340, 6200 WIESBADEN.
ARGELIA	Société Nationale d'Edition et de Diffusion, 3 bd Zirout Youcef, ARGEL.
ARGENTINA	Carlos Hirsch SRL, Florida 165, Galerías Güemes, Escritorio 453/465, BUENOS AIRES.
AUSTRALIA	Hunter Publications, 58A Gipps Street, COLLINGWOOD, VIC 3066 — Australian Government Publishing Service *(Mail order sales)*, P.O. Box 84, CANBERRA A.C.T. 2600; *or over the counter from* Australian Government Publishing Service Bookshops *at*: 70 Alinga Street, CANBERRA CITY A.C.T. 2600; 294 Adelaide Street, BRISBANE, Queensland 4000; 347 Swanston Street, MELBOURNE VIC 3000; 309 Pitt Street, SYDNEY N.S.W. 2000; Mt Newman House, 200 St. George's Terrace, PERTH WA 6000; Industry House, 12 Pirie Street, ADELAIDE SA 5000; 156–162 Macquarie Street, HOBART TAS 7000 — R. Hill & Son Ltd., 608 St. Kilda Road, MELBOURNE, VIC 3004; Lawson House, 10–12 Clark Street, CROW'S NEST, NSW 2065.
AUSTRIA	Gerold & Co., Graben 31, 1011 VIENA I.
BANGLADESH	Coordinador de programas de la OMS, G.P.O. Box 250, DHAKA 5 — The Association of Voluntary Agencies, P.O. Box 5045, DHAKA 5.
BELGICA	*Pedidos de uno o varios ejemplares de numeros aislados:* Office International de Librairie s.a., avenue Marnix 30, 1050 BRUSELAS. *Suscripciones:* Office International des Périodiques, avenue Marnix 30, 1050 BRUSELAS. — *Suscripciones a Salud Mundial solamente:* Jean de Lannoy, 202 avenue du Roi, 1060 BRUSELAS.
BHUTAN	*véase* India, Oficina Regional de la OMS.
BIRMANIA	*véase* India, Oficina Regional de la OMS.
BOTSWANA	Botsalo Books (Pty) Ltd., P.O. Box 1532, GABORONE.
BRASIL	Biblioteca Regional de Medicina OMS/OPS, Unidade de Venda de Publicações, Caixa Postal 20.381, Vila Clementino, 04023 SÃO PAULO, S.P.
CANADA	Canadian Public Health Association, 1335 Carling Avenue, Suite 210, OTTAWA, Ont. Canada K1Z 8N8. *Los pedidos de suscripción, acompañados de cheque en favor del* Royal Bank of Canada, Ottawa, Account World Health Organization, *pueden tambien ser enviados a la* Organización Mundial de la Salud, PO Box 1800, Postal Station B, OTTAWA, Ont. K1P 5R5.
CHECOSLOVAQUIA	Artia, Ve Smeckach 30, 111 27 PRAGA 1.
CHINA	China National Publications Import & Export Corporation, P.O. Box 88, BEIJING (PEKIN).
CHIPRE	"MAM", P.O. Box 1722, NICOSIA.
DINAMARCA	Munksgaard Export and Subscription Service, Nørre Søgade 35, 1370 COPENHAGUE K. (Tel: +45 1 12 85 70).
ECUADOR	Librería Científica S.A., P.O. Box 362, Luque 223, GUAYAQUIL.
EGIPTO	Osiris Office for Books and Reviews, 50 Kasr El Nil Street, EL CAIRO.
ESPAÑA	Comercial Atheneum S.A., Consejo de Ciento 130–136, BARCELONA 15; General Moscardó 29, MADRID 20 — Librería Díaz de Santos, Lagasca 95 y Maldonado 6, MADRID 6; Balmes, 417 y 419, BARCELONA 22.
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	*Pedidos de uno o varios ejemplares de números aislados (no suscripciones):* WHO Publications Centre USA, 49 Sheridan Avenue, ALBANY, NY 12210. *Suscripciones: Envíense los pedidos de suscripción, acompañados de cheque en favor de* Chemical Bank, New York, Account World Health Organization, *a* Organización Mundial de la Salud, PO Box 5284, Church Street Station, NUEVA YORK, NY 10249. *La correspondencia acerca de suscripciones debe enviarse a* Organización Mundial de la Salud, Distribución y Ventas, 1211 GINEBRA 27, Suiza. *Las publicaciones están también a la venta en la librería* United Nations Bookshop, NUEVA YORK, NY 10017 *(únicamente al público).*
FIJI	Coordinador de programas de la OMS, P.O. Box 113, SUVA.
FILIPINAS	Organización Mundial de la Salud, Oficina Regional para el Pacífico Occidental, P.O. Box 2932, MANILA — The Modern Book Company Inc., P.O. Box 632, 922 Rizal Avenue, MANILA 2800.
FINLANDIA	Akateeminen Kirjakauppa, Keskuskatu 2, 00101 HELSINKI 10.
FRANCIA	Librairie Arnette, 2 rue Casimir-Delavigne, 75006 PARIS.
GABON	Librairie Universitaire du Gabon, B.P. 3881, LIBREVILLE.
GHANA	Fides Enterprises, P.O. Box 1628, ACCRA.
GRECIA	G.C. Eleftheroudakis S.A., Librairie internationale, rue Nikis 4, ATENAS (T. 126).
HAITI	Max Bouchereau, Librairie «A la Caravelle», Boîte postale 111B, PUERTO PRINCIPE.
HONG KONG	Hong Kong Government Information Services, Beaconsfield House, 6th Floor, Queen's Road, Central, VICTORIA.
HUNGRIA	Kultura, P.O.B. 149, BUDAPEST 62 — Akadémiai Könyvesbolt, Váci utca 22, BUDAPEST V.
INDIA	Oficina Regional de la OMS para Asia Sudoriental, World Health House, Indraprestha Estate, Mahatma Gandhi Road, NUEVA DELHI 110002 — Oxford Book & Stationery Co., Scindia House, NUEVA DELHI 110001; 17 Park Street, CALCUTA 700016 (*Concesionario*).
INDONESIA	P. T. Media Pusaka, Pusat Perdagangan Senen, Block 1, 4th Floor, P.O. Box 3433/Jkt, JAKARTA.
IRAN (REPUBLICA ISLAMICA DEL)	Iran University Press, 85 Park Avenue, P.O. Box 54/551, TEHERAN.
IRAQ	Ministry of Information, National House for Publishing, Distributing and Advertising, BAGHDAD.
IRLANDA	TDC Publishers, 12 North Frederick Street, DUBLIN 1 (Tel: 744835–749677).
ISLANDIA	Snaebjørn Jonsson & Co., P.O. Box 1131, Hafnarstraeti 9, REYKJAVIK.
ISRAEL	Heiliger & Co., 3 Nathan Strauss Street, JERUSALEN 94227.
ITALIA	Edizioni Minerva Medica, Corso Bramante 83–85, 10126 TURIN; Via Lamarmora 3, 20100 MILAN.
JAPON	Maruzen Co. Ltd., P.O. Box 5050, TOKIO International, 100–31.
JORDANIA, EL REINO HACHEMITA DE	Jordan Book Centre Co. Ltd., University Street, P.O. Box 301, (Al-Jubeiha), AMMAN.
KUWAIT	The Kuwait Bookshops Co. Ltd., Thunyan Al-Ghanem Bldg, P.O. Box 2942, KUWAIT.

Los pedidos de publicaciones de la OMS pueden cursarse, directamente o por conducto de una librería, a las señas siguientes:

LIBANO	The Levant Distributors Co. S.A.R.L., Box 1181, Makdassi Street, Hanna Bldg, BEIRUT.
LUXEMBURGO	Librairie du Centre, 49 bd Royal, LUXEMBURGO.
MALASIA	Coordinador de programas de la OMS, Room 1004, 10th Floor, Wisma Lim Foo Yong (formerly Fitzpatrick's Building), Jalan Raja Chulan, KUALA LUMPUR 05-10; P.O. Box 2550, KUALA LUMPUR 01-02; Parry's Book Center, K. L. Hilton Hotel, Jln. Treacher, P.O. Box 960, KUALA LUMPUR.
MALAWI	Malawi Book Service, P.O. Box 30044, Chichili, BLANTYRE 3.
MALDIVAS	*véase* India, Oficina Regional de la OMS.
MARRUECOS	Editions La Porte, 281 avenue Mohammed V, RABAT.
MEXICO	Librería Internacional, S.A. de C.V., Av. Sonora 206, 06100-MEXICO, D.F.
MONGOLIA	*véase* India, Oficina Regional de la OMS.
MOZAMBIQUE	INDL, Caixa Postal 4030, MAPUTO.
NEPAL	*véase* India, Oficina Regional de la OMS.
NIGERIA	University Bookshop Nigeria Ltd, University of Ibadan, IBADAN.
NORUEGA	J. G. Tanum A/S, P.O. Box 1177 Sentrum, OSLO 1.
NUEVA ZELANDIA	Government Printing Office, Publications Section, Mulgrave Street, Private Bag, WELLINGTON 1; Walter Street, WELLINGTON; World Trade Building, Cubacade, Cuba Street, WELLINGTON. *Government Bookshops en:* Hannaford Burton Building, Rutland Street, Private Bag, AUCKLAND; 159 Hereford Street, Private Bag, CHRISTCHURCH; Alexandra Street, P.O. Box 857, HAMILTON; T & G Building, Princes Street, P.O. Box 1104, DUNEDIN — R. Hill & Son Ltd., Ideal House, Cnr Gillies Avenue & Eden St., Newmarket, AUCKLAND 1.
PAISES BAJOS	Medical Books Europe BV, Noorderwal 38, 7241 BL LOCHEM.
PAKISTAN	Mirza Book Agency, 65 Shahrah-E-Quaid-E-Azam, P.O. Box 729, LAHORE 3; Sasi Limited, Sasi Centre, G.P.O. Box 779, I.I. Chundrigar Road, KARACHI.
PAPUA NUEVA GUINEA	Coordinador de programas de la OMS, P.O. Box 646, KONEDOBU.
POLONIA	Składnica Księgarska, ul Mazowiecka 9, 00052 VARSOVIA *(excepto publicaciones periódicas)* — BKWZ Ruch, ul Wronia 23, 00840 VARSOVIA *(publicaciones periódicas solamente)*.
PORTUGAL	Livraria Rodrigues, 186 Rua do Ouro, LISBOA 2.
REINO UNIDO	H.M. Stationery Office: 49 High Holborn, LONDRES WC1V 6HB; 13a Castle Street, EDIMBURGO EH2 3AR; 80 Chichester Street, BELFAST BT1 4JY; Brazennose Street, MANCHESTER M60 8AS; 258 Broad Street, BIRMINGHAM B1 2HE; Southey House, Wine Street, BRISTOL BS1 2BQ. *Dirección para pedidos postales:* HMSO Publications Centre, 51 Nine Elms Lane, LONDRES SW8 5DR.
REPUBLICA DE COREA	Coordinador de programas de la OMS, Central P.O. Box 540, SEUL.
REPUBLICA DEMOCRATICA ALEMANA	Buchhaus Leipzig, Postfach 140, 701 LEIPZIG.
REPUBLICA DEMOCRATICA POPULAR LAO	Coordinador de programas de la OMS, P.O. Box 343, VIENTIANE.
REPUBLICA POPULAR DEMOCRATICA DE COREA	*véase* India, Oficina Regional de la OMS.
SIERRA LEONA	Njala University College Bookshop (University of Sierra Leone), Private Mail Bag, FREETOWN.
SINGAPUR	Coordinador de programas de la OMS, 144 Moulmein Road, SINGAPUR 1130; Newton P.O. Box 31, SINGAPUR 9122 — Select Books (Pte) Ltd, 215 Tanglin Shopping Centre, 2/F, 19 Tanglin Road, SINGAPUR 10.
SRI LANKA	*véase* India, Oficina Regional de la OMS.
SUDAFRICA	Van Schaik's Bookstore (Pty) Ltd., P.O. Box 724, Church Street 268, PRETORIA 0001.
SUECIA	*Pedidos de uno o varios ejemplares de números aislados:* Aktiebolaget C. E. Fritzes Kungl. Hovbokhandel, Regeringsgatan 12, 103 27 ESTOCOLMO. *Suscripciones:* Wennergren-Williams AB, Box 30004, 104 25 ESTOCOLMO.
SUIZA	Medizinischer Verlag Hans Huber, Länggass Strasse 76, 3012 BERNA 9.
TAILANDIA	*véase* India, Oficina Regional de la OMS.
TUNEZ	Société Tunisienne de Diffusion, 5, avenue de Carthage, TUNEZ.
TURQUIA	Haset Kitapevi, 469 Istiklal Caddesi, Beyoglu, ESTAMBUL.
URSS	*Ediciones en ruso para residentes en la URSS:* Komsomolskij prospekt 18, Medicinskaja Kniga, MOSCU — *Ediciones en ruso para residentes en otros países:* Kuzneckij most 18, Meždunarodnaja Kniga, MOSCU G-200.
URUGUAY	Librería Agropecuaria S. R. L., Casilla de Correo 1755, Alzaibar 1328, MONTEVIDEO.
VENEZUELA	Librería del Este, Aptdo 60.337, CARACAS 106 — Librería Médica París, Apartado 60.681, CARACAS 106.
YUGOSLAVIA	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27/II, 11000 BELGRADO.
ZAIRE	Librairie universitaire, avenue de la Paix Nº 167, B.P. 1682, KINSHASA I.

En los países en desarrollo pueden obtenerse condiciones especiales dirigiendo la correspondiente solicitud a los Coordinadores de programas de la OMS, a las Oficinas Regionales enunciadas más arriba o a la Organización Mundial de la Salud, Servicio de Distribución y Venta, 1211 Ginebra 27, Suiza. Los pedidos procedentes de países en donde no hay todavía depositario pueden enviarse también a la dirección de Ginebra, pero el pago se hará en libras, dólares o francos suizos.

Precio: Fr. s. 11.— Los precios pueden modificarse sin previo aviso.

La contaminación atmosférica es hoy un grave problema ambiental en la mayoría de las grandes ciudades. Para combatirla, un primer paso importante es la vigilancia de la calidad del aire.

Esta publicación es un análisis de todos los datos obtenidos entre 1973 y 1980 de un proyecto conjunto OMS/PNUMA de vigilancia de la calidad del aire; ofrece un cuadro mundial de la situación y comprende un estudio detallado de las concentraciones atmosféricas de anhídrido sulfuroso, partículas en suspensión y humo registradas desde el inicio del proyecto. También se analizan a fondo las condiciones imperantes en algunas ciudades y las tendencias mundiales de la contaminación atmosférica.

Esos análisis serán de utilidad para las autoridades municipales, en particular las de salud pública, y para los planificadores en su empeño por reducir el nivel de contaminación en las zonas urbanas.