

RED PANAMERICANA DE MUESTREO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE (REDPANAIRE)

INFORME 1967 - 1974

DIVISION DE SALUD AMBIENTAL

SERIE TECNICA

18



**CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA
SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS)**

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

CEPIS
BIBLIOTECA

RECONOCIMIENTO

Los datos utilizados como base del presente informe han sido recolectados por las diversas instituciones nacionales que han tenido a su cargo la operación de las estaciones de la REDPANAIRE, sin cuya entusiasta cooperación este volumen no podría haber sido preparado. La responsabilidad del informe, y la coordinación de la REDPANAIRE, corresponden al ingeniero Ricardo Haddad, Asesor en Contaminación Atmosférica del CEPIS, quien diseñó y preparó las tablas que en él se incluyen. El procesamiento de los datos estuvo a cargo del doctor Carl R. Bartone, Asesor en Análisis de Sistemas, quien contó con el valioso apoyo de la División de Estadística del Ministerio de Salud del Perú y la del Centro de Cómputo de la Universidad Nacional de Ingeniería. La colaboración y apoyo de todo el personal administrativo del CEPIS fueron igualmente muy importantes.

La Dirección del CEPIS desea expresar su reconocimiento y agradecimiento a todos los que han participado en este programa, contribuyendo así a un mejor diagnóstico del problema de contaminación atmosférica en la América Latina y el Caribe.

INDICE

1.	Antecedentes	1
2.	Métodos de muestreo y análisis	3
3.	Representatividad de los contaminantes analizados	4
4.	Representatividad de las muestras	4
5.	Interpretación de los resultados	5
6.	Precisión del muestreo y análisis	7
7.	Ciudades participantes	9
8.	Distribución general de los resultados	9
9.	Polvo sedimentable	12
10.	Polvo en suspensión	17
11.	Anhídrido sulfuroso	22
12.	Situación general en cada ciudad	30
13.	Tendencias	38
14.	Presentación de los datos	42
15.	Programas futuros	44

INDICE DE CUADROS Y GRAFICOS

Cuadro 1	87 ciudades de la América Latina y el Caribe en las que deberían iniciarse programas de control de la contaminación del aire de acuerdo a las metas de la III Reunión Especial de Ministros de Salud de las Américas	2
Cuadro 2	Patrones propuestos por la Unión Soviética, Estados Unidos y la OMS para polvo en suspensión y anhídrido sulfuroso	6
Cuadro 3	REDPANAIRE (1967-1974) Distribución de las estaciones de muestreo integradas a la Red cuyos resultados, hasta diciembre de 1974, se incluyen en el presente informe	10
Cuadro 4	REDPANAIRE (1967-1974) Distribución de los resultados obtenidos	11
Cuadro 5	REDPANAIRE - POLVO SEDIMENTABLE (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio aritmético de los resultados mensuales (mg/cm ² /30 días)	13
Cuadro 6	REDPANAIRE - POLVO SEDIMENTABLE (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del valor máximo mensual obtenido en cada estación, con indicación del mes en que se presentó el valor máximo (mg/cm ² /30 días)	15
Cuadro 7	REDPANAIRE - POLVO SEDIMENTABLE (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del porcentaje del total de muestras que exceden de 0.5 mg/cm ² /30 días, valor propuesto como Nivel de Referencia	16
Cuadro 8	REDPANAIRE - POLVO SEDIMENTABLE (1967-1974) Ciudades integradas a la Red en el orden decreciente del porcentaje de todas las muestras que exceden de 0.5 mg/cm ² /30 días, valor sugerido como Nivel de Referencia	18
Cuadro 9	REDPANAIRE - POLVO EN SUSPENSION (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio aritmético de los promedios mensuales de las concentraciones (µg/m ³)	19

Cuadro 10	REDPANAIRE - POLVO EN SUSPENSION (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio máximo mensual obtenido en cada estación, con indicación del mes en que se presentó el promedio máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20
Cuadro 11	REDPANAIRE - POLVO EN SUSPENSION (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del valor máximo diario obtenido en cada estación, con indicación del mes en que se produjo el valor máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21
Cuadro 12	REDPANAIRE - POLVO EN SUSPENSION (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del porcentaje del total de muestras que exceden de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor propuesto como Nivel de Referencia	23
Cuadro 13	REDPANAIRE - POLVO EN SUSPENSION (1967-1974) Ciudades integradas a la Red en el orden decreciente del porcentaje de todas las muestras diarias que exceden de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor propuesto como Nivel de Referencia	24
Cuadro 14	REDPANAIRE - ANHIDRIDO SULFUROSO (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio aritmético de los promedios mensuales de las concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25
Cuadro 15	REDPANAIRE - ANHIDRIDO SULFUROSO (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio máximo mensual obtenido en cada estación, con indicación del mes en que se presentó el promedio máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	27
Cuadro 16	REDPANAIRE - ANHIDRIDO SULFUROSO (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del valor máximo diario obtenido en cada estación, con indicación del mes en que se produjo el valor máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	28
Cuadro 17	REDPANAIRE - ANHIDRIDO SULFUROSO (1967-1974) Estaciones de la Red en el orden decreciente del porcentaje del total de muestras que exceden de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor propuesto como Nivel de Referencia	29
Cuadro 18	REDPANAIRE - ANHIDRIDO SULFUROSO (1967-1974) Ciudades integradas a la Red en el orden decreciente del porcentaje de todas las muestras diarias que exceden de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor propuesto como Nivel de Referencia	31
Cuadro 19	REDPANAIRE (1967-1974) Ciudades integradas a la Red en el orden decreciente del porcentaje de todas las muestras recolectadas que exceden de los valores propuestos como Niveles de Referencia	33
Gráfico 1	Caracas 3 - Anhídrido Sulfuroso (microg/m^3)	40

Cuadro 20	REDPANAIRE Promedios mensuales de anhídrido sulfuroso obtenidos en la estación Caracas 3 (1968-1974) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	41
Cuadro 21	REDPANAIRE (1967-1974) A. Tendencias de los promedios mensuales de tres contaminantes recogidos en 49 estaciones que dis- ponen de datos correspondientes a 24 meses o más	43
	B. Estaciones que presentan tendencias ascendentes	43
Cuadro 22	México 1	45
Gráfico 2	México 1 - Polvo sedimentable ($\text{mg}/\text{cm}^2/30$ días)	46
Gráfico 3	México 1 - Polvo en suspensión (microg/m^3)	47
Gráfico 4	México 1 - Anhídrido sulfuroso (microg/m^3)	48
Cuadro 23	Proyecciones del crecimiento de la población en América Latina, 1960-2000	50

1. ANTECEDENTES

En 1971 la Organización Panamericana de la Salud (OPS) entregó a las autoridades sanitarias de la América Latina y el Caribe el primer informe de la REDPANAIRE¹, que cubrió los resultados recogidos entre 1967 y 1970. Transcurrido cinco años se ha preparado un nuevo informe consolidado, en el que se presentan y se intenta analizar los resultados anteriores y los recolectados entre 1971 y 1974. La tarea no ha sido sencilla. El número de estaciones ha aumentado de 34 a 93, el de ciudades incluidas de 18 a 29, y el número de datos recogidos se ha más que quintuplicado. La excelente colaboración de las autoridades nacionales que tienen a su cargo la operación de las estaciones ha facilitado la recolección de los resultados. La experiencia obtenida en esta labor será muy útil para la preparación de futuros informes, para los cuales se espera seguir contando con la cooperación entusiasta de los países participantes.

El Plan Decenal de Salud para las Américas², aprobado en noviembre de 1972 por la III Reunión Especial de Ministros de Salud de las Américas, incluyó entre sus recomendaciones sobre Saneamiento Ambiental la siguiente:

"Formular programas de control de la contaminación atmosférica en zonas urbanas con más de 500 000 habitantes, y en otras ciudades donde la industrialización y otras consideraciones especiales justifiquen dicho control"

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, (CEPIS), Centro Regional dependiente de la OPS, ha elaborado un recuento de las ciudades de la América Latina y el Caribe donde de acuerdo a la recomendación precedente deberían formularse programas de control. Como se puede apreciar en el Cuadro 1 éstas alcanzan a 87, de las cuales 33 cuentan ya con más de 500 000 habitantes, 20 sobrepasarán seguramente de esta cifra durante la década, y otras 34, de menor tamaño, presentan problemas actuales o potenciales de contaminación del aire.

De las 29 ciudades cuyos resultados se presentan en este informe, 21 corresponden a la primera categoría, cinco a la segunda y tres a la tercera. Se espera que esta colaboración al mejor diagnóstico del problema contribuya a facilitar el cumplimiento de las metas del Plan Decenal.

Parece oportuno insistir en que la responsabilidad de la operación de las estaciones, y por lo tanto de la calidad de los resultados, corresponde exclusivamente a los países participantes. Los programas de medición están incluidos en los programas nacionales de evaluación, prevención y control. La función de la OPS, y del CEPIS, es proporcionar la asesoría técnica que se pueda estimar necesaria, coordinar los diferentes programas, transmitir a todos los países la experiencia recogida en cada uno de ellos, y recolectar,

Cuadro 1

87 ciudades de la América Latina y el Caribe en las que deberían iniciarse programas de control de la contaminación del aire, de acuerdo a las metas de la III Reunión Especial de Ministros de Salud de las Américas

País	Ciudad	Cate- goría	País	Ciudad	Cate- goría	País	Ciudad	Cate- goría	País	Ciudad	Cate- goría	
Argentina	Bahía Blanca	3	Brasil	Nova Hamburgo	3	Chile	Concepción	2	Paraguay	Asunción	2	
	Buenos Aires	1		Pelotas	3		Santiago	1		Perú	Arequipa	2
	Córdoba	1		Piracicaba	3		Valparaíso	1	Chiclayo		3	
	Corrientes	3		Porto Alegre	1	Ecuador	Guayaquil	1	Chimbote		3	
	La Plata	1		Recife	1		Quito	1	Lima	1		
	Mar del Plata	2		Ribeirão Preto	3	El Salvador	San Salvador	2	Trujillo	3		
	Mendoza	2		Rio de Janeiro	1		Guatemala	Guatemala	1	Rep. Dominicana	Sto. Domingo	1
	Paraná	3		Salvador	1	Guyana		Georgetown	3	Surinam	Paramaribo	3
	Rosario	1		Santos	2		Haití	Port-au-Prince	2	Trinidad/Tobago	Port of Spain	1
	Salta	3		São Paulo	1	Jamaica		Kingston	1	Uruguay	Montevideo	1
	San Juan	3		Colombia	Barranquilla		1	Honduras	Tegucigalpa	3	Venezuela	Barquisimeto
	Santa Fe	3			Bogotá	1	México		Ciudad Juárez	2		Caracas
	Tucumán	2			Bucaramanga	2		Guadalajara	1	Ciudad Guayana		3
	Bahamas	Freeport			3	Cali	1	México	Monterrey	1		Maracaibo
Barbados	Bridgetown	3	Cartagena		2	Nicaragua	Puebla	2	Maracay	3		
Bolivia	La Paz	2	Medellín	1	Panamá		Panamá	2	Valencia	2		
Brasil	Americana	3	Costa Rica	San José		3	Resumen:		Categoría 1	33		
	Belfm	1		Cuba	Camagüey	3	Categoría 2	20				
	Belo Horizonte	1			Cienfuegos	3	Categoría 3	34				
	Brasilia	2			Holguín	3	TOTAL	87				
	Campinas	3			La Habana	1						
	Campes	2			Matanzas	3						
	Caxias do Sul	3			Nuevitás	3						
	Curitiba	1			Pinar del Río	3						
	Fortaleza	1			Sagua la Grande	3						
	Juiz de Fora	3			Santa Clara	3						
					Santiago de Cuba	3						

Categorías: 1 - 500,000 habitantes o más
 2 - No llegan aún a 500,000 habitantes, pero seguramente sobrepasarán esta cifra durante la década
 3 - Otras ciudades con problemas actuales o potenciales de contaminación del aire

con la colaboración de los organismos participantes, los resultados obtenidos, procesarlos, tabularlos, analizarlos y difundirlos entre los interesados. Se espera que esta labor contribuya a mejorar los programas existentes en la Región, a ampliar los de vigilancia y evaluación, a guiar los de prevención y control, y a evitar que los habitantes de la América Latina y el Caribe sufran, en su salud y economía, las serias consecuencias que la contaminación del aire ha ocasionado y está ocasionando en los países más industrializados. El CEPIS cree estar colaborando en esta forma a dar cumplimiento a la elevada misión que los Países Miembros han encomendado a la Organización Panamericana de la Salud.

2. METODOS DE MUESTREO Y ANALISIS

La REDPANAIRE incluyó originalmente la determinación de:

- Polvo sedimentable. Promedios mensuales
- Polvo en suspensión. Promedios diarios
- Anhídrido sulfuroso. Promedios diarios

Posteriormente se agregó en algunas estaciones un método, todavía en etapa experimental, para la determinación de la corrosividad atmosférica en promedios mensuales. Los resultados de esta última técnica no se incluyen en el presente informe, pero se espera poder preparar pronto uno especial al respecto.

Los métodos utilizados son, en lo fundamental, los siguientes:

2.1 Polvo sedimentable

Se deja abierto al aire durante un mes un frasco de plástico. Al término del período se le lleva al laboratorio y se separa el polvo recolectado, secándolo y pesándolo. Los resultados se expresan en miligramos por cm^2 por 30 días ($\text{mg}/\text{cm}^2/30$ días).

2.2 Polvo en suspensión

Mediante un sistema que incluye una bomba y un medidor de volumen se hace pasar aire durante 24 horas a través de una hoja de papel filtro. Se mide fotoeléctricamente la pérdida de reflectividad del papel. La concentración de polvo en suspensión, expresada en microgramos por m^3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), se deduce de una curva patrón.

2.3 Anhídrido sulfuroso

El conjunto utilizado para el método anterior se complementa con un frasco lavador para gases. El aire, después de pasar por el papel filtro, burbujea en una solución de peróxido de hidrógeno que retiene el anhídrido sulfuroso y lo oxida a ácido sulfúrico. Se determina volumétricamente el aumento de acidez. La concentración atmosférica promedio se calcula en microgramos por m^3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

3. REPRESENTATIVIDAD DE LOS CONTAMINANTES ANALIZADOS

Los contaminantes determinados en la REDPANAIRES corresponden principalmente a las emisiones de subproductos de combustiones en instalaciones fijas y, en parte, a contaminación de origen natural. La REDPANAIRES no incluye mediciones de contaminantes producidos por vehículos automotores. Lamentablemente no existen métodos sencillos que permitan determinarlos. El problema del monóxido de carbono y los oxidantes fotoquímicos puede ser importante en ciertas ciudades, y algunas autoridades han iniciado ya su medición adquiriendo para ello instrumentos de costo relativamente alto y compleja operación, sin los cuales es muy difícil obtener resultados aceptables. Debe tenerse presente, sin embargo, que en la mayoría de los países y ciudades de la América Latina y el Caribe el número de automóviles es todavía reducido, y probablemente insuficiente para producir un problema generalizado. Sin embargo, en la zona céntrica de muchas ciudades el tránsito es ya suficientemente intenso como para ocasionar concentraciones elevadas, lo que se ve agravado por el hecho de que los parques automotores incluyen a menudo vehículos comparativamente antiguos y no siempre bien conservados. Esta es una situación que debe ser vigilada y observada con cuidado. La OPS espera poder incluir pronto en el Manual de Operaciones de la REDPANAIRES técnicas de medición para estos contaminantes. Para ponerlas en ejecución será indispensable que los países concedan a sus programas de medición y vigilancia recursos financieros mayores que los que hasta la fecha han otorgado.

4. REPRESENTATIVIDAD DE LAS MUESTRAS

De acuerdo a las instrucciones del Manual de Operaciones de la REDPANAIRES³ la primera estación en cada ciudad se debe ubicar en la zona céntrica, que corresponde habitualmente a lugares de tránsito intenso, con actividades principalmente administrativas y comerciales y poca densidad industrial. Cuando en la misma ciudad hay más de una estación se las ha distribuido de manera que cubran distintos tipos de zonas - industriales, residenciales, comerciales - con el objeto de obtener un cuadro general lo más representativo posible. Debe tenerse presente que esto no es una tarea sencilla. Las corrientes de aire horizontales y verticales difunden y dispersan los contaminantes de manera muy variable, tanto en el tiempo como en el espacio. La concentración medida en un punto y momento determinado puede variar considerablemente - aumentando o disminuyendo - en lapsos muy breves, de apenas algunos minutos. La forma y ritmo en que se producen las emisiones tiene también mucha importancia para este efecto. Para aminorar estas variaciones la REDPANAIRES emplea, siguiendo una práctica habitual en la mayoría de los programas de vigilancia a nivel mundial, promedios diarios y mensuales, que si bien no proporcionan información sobre los máximos instantáneos que pueden producirse entregan promedios ponderados que moderan las diferencias.

Puede estimarse que los resultados obtenidos en una estación son razonablemente representativos de lo que ocurre en un radio de aproximadamente un kilómetro, siempre que no existan fuentes muy cercanas de contaminantes que distorsionen los valores obtenidos. Se puede aceptar además que los resultados proporcionan alguna información sobre lo que está ocurriendo en un

radio de unos cinco kilómetros, con una precisión que varía en relación inversa a la distancia de la estación. Cuando en una ciudad operan varias estaciones, resultados similares obtenidos en dos de ellas pueden indicar que la concentración es más o menos constante en la zona intermedia a los puntos en que se están tomando las muestras.

Obtener muestras efectivamente representativas de la atmósfera de una ciudad es una tarea compleja que puede llegar a ser onerosa. La primera estación del tipo de la REDPANAIRE que se instala en una ciudad tiene actualmente un costo de aproximadamente US\$1 500 incluyendo el equipo y materiales para un año de análisis. Estaciones adicionales, que no requieren duplicar los elementos necesarios para el análisis de las muestras, cuestan aproximadamente US\$800. El costo de los materiales para un año de operación alcanza a US\$200. Sin embargo, un programa de evaluación suficientemente amplio implica gastos adicionales, pues se debe agregar el costo de operación de las estaciones, el personal y los vehículos necesarios para la recolección de las muestras, laboratorios, administración, etc. Un programa realmente representativo puede significar un número considerable de estaciones y de personal que las atienda, por lo que es necesario buscar un equilibrio adecuado entre la conveniencia de lograr el mejor conocimiento posible y un costo razonable. Cinco a ocho estaciones del tipo REDPANAIRE, que se pueden instalar con una inversión entre US\$5 000 y \$6 500 y mantener con un gasto total de operación del orden de US\$10 000 por año, pueden entregar un cuadro suficientemente claro en una ciudad de 500 000 a 1 000 000 de habitantes, si se las distribuye convenientemente de manera que proporcionen resultados de los distintos tipos de zonas existentes en la ciudad. Lógicamente este número debería aumentar, aunque no proporcionalmente, para las ciudades mayores. Una estación aislada solo debe considerarse representativa de la situación en el lugar en que ella está ubicada y en su inmediata vecindad.

5. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

No se dispone todavía de conocimientos suficientes para establecer con precisión lo que debe estimarse como una atmósfera limpia, ni existe consenso al respecto entre los especialistas e investigadores o entre las autoridades nacionales y aun internacionales. La U.S. Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) ha publicado recientemente una recopilación de las normas vigentes en diversos países⁴ en la que puede observarse una amplia diversidad en cuanto a los valores considerados como tolerables. Entre los más difundidos se encuentran los aprobados por los Estados Unidos en 1971, publicados en el Federal Register⁵, y los vigentes en la U.R.S.S. desde 1951⁶.

Al nivel internacional la Organización Mundial de la Salud (OMS) propuso en 1972⁷ algunos valores, que denominó Objetivos a Largo Plazo Recomendados, que están comenzando a alcanzar cierta difusión. La REDPANAIRE, por su parte, ya en 1967 había sugerido¹ Niveles de Referencia que facilitasen la interpretación de los resultados obtenidos. En el Cuadro 2 se resumen estas cuatro series de límites aceptables. Puede apreciarse fácilmente una variación relativamente importante tanto en las cifras como en las técnicas de muestreo y análisis. Sin embargo, los valores son de un orden similar de magnitud.

Cuadro 2
Patrones propuestos por la Unión Soviética, Estados Unidos
y la OMS para polvo en suspensión y anhídrido sulfuroso
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	U.R.S.S. (1951)	EE.UU. (1971)	OMS	
			REDPANAIRE (1967)	Comité de Expertos (1972)
<u>Polvo en suspensión:</u>				
Promedio anual	---	75 ^{a, b}	100 ^c	40 ^c
Promedio diario	150	260 ^{b, d}	---	---
Máximo ocasional	500	---	---	---
98% de las observaciones inferior a	---	---	---	120 ^c
<u>Anhídrido sulfuroso</u>				
Promedio anual	---	80 ^e	70 ^c	60 ^c
Promedio diario	50	365 ^{e, d}	---	---
Máximo ocasional	500	---	---	---
98% de las observaciones inferior a	---	---	---	200 ^c

Notas:

- (a) Promedio geométrico
- (b) Analizado por la técnica del muestreador de alto volumen
- (c) Analizado según los métodos utilizados por la REDPANAIRE
- (d) No debe excederse más de una vez por año
- (e) Analizado por el método colorimétrico de la pararosanilina

Ante esta circunstancia, y para mantener la uniformidad con informes anteriores, en el actual se han resumido los datos en varios cuadros en los que se emplean, con fines de comparación, los Niveles de Referencia de la REDPANAIRE agregando, en la mayoría de los casos, los Objetivos a Largo Plazo de la OMS. Como se señaló en el Primer Informe de la Red¹: *"Con estas cifras no se pretende establecer límites internacionales, tarea que va más allá de la capacidad de un organismo aislado. Su objetivo exclusivo es establecer una base de comparación que permita señalar, siquiera aproximadamente, la calidad de la atmósfera de una ciudad en función de los resultados obtenidos en las estaciones de la Red. Debe entenderse muy claro que no pretenden ser más que un nivel de referencia con el cual se comparen los promedios mensuales calculados en base a los análisis de las muestras recogidas por las estaciones de la Red. En la medida en que las mediciones promedio estén por encima de estos valores, la atmósfera respectiva estará más contaminada. En igual forma, si son más bajas, se podrá considerar que el problema es menos serio mientras más alejadas estén de las cifras señaladas. La observación más importante será la de la tendencia que señalen estos promedios, que si es ascendente indicará la urgencia que tiene la adopción de medidas de prevención y control que impidan un mayor deterioro de la calidad del aire e intenten corregir la situación ya existente"*.

6. PRECISION DEL MUESTREO Y ANALISIS

La precisión de los resultados obtenidos mediante las técnicas empleadas en cualquier programa de medición, aun incluyendo aquellos que utilizan técnicas instrumentales y equipos de alto costo, es discutible. La complejidad del problema de determinar concentraciones muy bajas y en constante variación, tanto espacial como temporal, hace difícil obtener resultados precisos que indiquen con exactitud la situación prevalente en una ciudad o zona determinada. No existen técnicas de análisis realmente buenas para prácticamente ninguno de los contaminantes más importantes. En estas circunstancias debemos conformarnos con lograr aproximaciones aceptables.

Se ha discutido extensamente, en numerosos trabajos, las técnicas más adecuadas para la determinación del polvo sedimentable. Distintos programas utilizan frascos diferentes, con variaciones en la altura, ancho, forma, y material con que se les fabrica. Las técnicas de muestreo suelen ser igualmente diferentes. Dado que el método es básicamente empírico, en la REDPANAIRE se ha intentado normalizar cuidadosamente el muestreo y análisis y la forma de los frascos de recolección, tratando de evitar pérdidas y contribuyendo a obtener resultados uniformes y comparables.

En lo referente a partículas en suspensión las divergencias son aún más profundas, pues afectan incluso al fundamento técnico del muestreo y análisis. El método más divulgado en los Estados Unidos utiliza la técnica gravimétrica y una bomba aspirante de alto volumen. El más empleado en Inglaterra, Europa y numerosos otros países del mundo, propuesto como patrón por la OMS para sus Objetivos a Largo Plazo, se basa en la recolección sobre un papel filtro blanco de las partículas suspendidas en un volumen de aire relativamente pequeño. Dado que el material obtenido no es suficiente para una determinación gravimétrica, la concentración se aprecia mediante la pérdida de reflectividad ocasionada por la mancha de polvo depositada.

Ambos métodos presentan ventajas e inconvenientes. El tamaño de las partículas recolectadas por el medidor de alto volumen depende fundamentalmente de la velocidad de captura, que es a su vez función de la potencia del motor y de la estructura y dimensiones del aparato. A medida que el filtro acumula polvo disminuye considerablemente la velocidad del aire y, por lo tanto, el tamaño de las partículas que pueden ser capturadas. Las de mayor tamaño son precisamente las más difíciles de captar y las que tienen una influencia más importante sobre la masa total. Debe tenerse presente que el peso varía con la tercera potencia del diámetro de las partículas. Para la determinación gravimétrica se requiere además una cámara de gran tamaño, en la que se pueda mantener una humedad relativa de 55% o menos.

El método reflectométrico presenta en cambio el grave inconveniente de depender, en forma importante, del color de las partículas. Ciudades con mucho humo producen manchas más oscuras, con resultados erróneos por exceso. Partículas muy claras, como algunos polvos naturales y el cemento, pueden ocasionar importantes errores por defecto. Debe tenerse presente, por otra parte, que "polvo en suspensión" no corresponde a una entidad química determinada, sino que a un conjunto de muchas sustancias, producidas por diversas fuentes y causas, que tienen en común principalmente el hecho de ser sólidas y de circunscribirse a un rango relativamente amplio de partículas, generalmente inferior a 50 μm de diámetro.

No parece posible una discusión más amplia de la precisión de la técnica utilizada por la REDPANAIRE para polvo en suspensión. Se ha adoptado un método, empírico como todos los demás, que debido a su empleo en condiciones estrictamente normalizadas permite obtener resultados cuya comparación, para una misma estación, es perfectamente válida. Es posible que esta validez no se extienda a la comparación entre diversas estaciones, porque las características de las partículas en suspensión pueden variar de una ciudad a otra, e incluso para una misma ciudad de una zona a otra, o para diferentes épocas del año. Una situación similar se presenta con la técnica gravimétrica. Lo más importante es que la determinación continua y permanente permite establecer a lo largo del tiempo la tendencia de las concentraciones, la gravedad del problema que afecta a una ciudad, la urgencia de la adopción de medidas de prevención y control, y el resultado de los programas cuando éstos están operando.

La situación es diferente, aunque no mucho mejor, en lo referente al anhídrido sulfuroso. Este corresponde, desde luego, a una entidad química perfectamente definida - SO_2 - con propiedades químicas y físicas bien conocidas. Sin embargo, los límites permisibles son todos del orden de aproximadamente tres partes de anhídrido sulfuroso por 100 millones de partes de aire. Estas bajas concentraciones, unidas a posibles interferencias, dificultan considerablemente los análisis.

La precisión del método del peróxido de hidrógeno ha sido objeto de estudios de parte del CEPIS y de algunas entidades nacionales que han prestado su colaboración para realizarlo⁸. Esto ha permitido establecer que se obtiene una recuperación de aproximadamente 82%, que no se ve afectada por ninguna de las variables analizadas. Una modificación estudiada por uno de los países, completando el análisis mediante turbidimetría, con precipitación previa en forma de sulfato de bario, permitió una recuperación algo mejor, sin una variación sustancial de los valores promedios obtenidos⁹. Un estudio

comparativo realizado en el CEPIS mediante muestras paralelas analizadas por el método del peróxido de hidrógeno y el de la pararosanilina (West & Gaeke) entregó una vez más resultados similares en los promedios, con diferencias inferiores al 10%, lo que debe considerarse como satisfactorio. En una de las ciudades se decidió pasar del método del peróxido de hidrógeno al de la pararosanilina. No se observaron diferencias apreciables en la magnitud de los resultados obtenidos. En otra se ha utilizado la recolección en hidróxido de sodio y determinación volumétrica del sulfito de sodio obtenido sin alcanzar tampoco cambios importantes en los resultados.

Los estudios realizados demuestran que las instituciones integradas a la REDPANAIRE, que utilizan las técnicas de muestreo y análisis propuestas en su Manual de Operaciones, desarrolladas en Inglaterra, empleadas en muchos países, y preconizadas por un Comité de Expertos de la OMS como base a sus Objetivos a Largo Plazo, pueden estar razonablemente tranquilas en cuanto a la precisión de los resultados obtenidos, en especial en lo que se refiere a la validez de los promedios y de las tendencias observadas.

7. CIUDADES PARTICIPANTES

En el Cuadro 3 se enumeran las ciudades participantes en el programa que han enviado al CEPIS resultados dentro de las fechas límites establecidas para su inclusión en el presente informe. Como puede verse, se han analizado muestras tomadas en 93 estaciones, instaladas en 29 ciudades de 14 países. La REDPANAIRE está en permanente expansión, lo que permitirá en el futuro ofrecer un panorama cada vez más completo de la situación en la Región.

8. DISTRIBUCION GENERAL DE LOS RESULTADOS

Las 93 estaciones incluidas en el presente informe recogieron un total de 151 553 muestras, de las cuales el 1.7% corresponden a polvo sedimentable, el 50.4% a muestras de polvo en suspensión y el 47.9% a anhídrido sulfuroso.

En el Cuadro 4 se presenta una distribución de los resultados obtenidos. En la parte A los datos se clasifican según los contaminantes analizados y se señala el número y porcentaje de muestras que exceden de los valores propuestos como Niveles de Referencia (N.R.). El 26.4% de todas las muestras exceden de estos niveles. Estos porcentajes son variables para cada contaminante. Así, el 75.7% de las muestras de polvo sedimentable, el 22.9% de las de polvo en suspensión y el 28.2% de las de anhídrido sulfuroso sobrepasaron los valores sugeridos.

Este exceso fue en algunos casos considerable. En el Cuadro 4B se presenta una distribución de los promedios generales para cada contaminante según el número y porcentaje de las estaciones cuyos resultados alcanzaban a un medio, una o más veces los Niveles de Referencia. Puede verse que los excesos corresponden de preferencia al polvo sedimentable. Sólo en el 3.7%

Cuadro 3

REDPANAIRE (1967-1974)

Distribución de las estaciones de muestreo integradas a la Red cuyos resultados,
hasta diciembre de 1974, se incluyen en el presente informe

País	Ciudad	N° de estaciones	N° de resultados
Argentina	Buenos Aires	6	7 174
	Córdoba	2	3 212
	Mendoza	3	1 751
	Rosario	1	290
Bolivia	La Paz	1	1 730
Brasil	Belo Horizonte	1	783
	Curitiba	1	284
	Porto Alegre	1	3 147
	Río de Janeiro	1	2 760
	São Paulo	11	8 237
Colombia	Barranquilla	3	2 528
	Bogotá	6	12 178
	Bucaramanga	1	1 811
	Cali	4	2 083
	Cartagena	1	258
	Medellín	4	7 523
Costa Rica	San José	1	1 822
Cuba	Holguín	1	471
	La Habana	6	8 987
	Santiago de Cuba	2	657
Chile	Santiago	2	6 331
El Salvador	San Salvador	2	2 739
Guatemala	Guatemala	1	1 014
Jamaica	Kingston	1	736
México	México	14	44 290
Perú	Lima	4	7 688
Uruguay	Montevideo	2	2 708
Venezuela	Caracas	8	17 960
	Maracaibo	2	401
<u>14</u>	<u>29</u>	<u>93</u>	<u>151 553</u>

Cuadro 4

REDPANAIRE (1967 - 1974)

Distribución de los resultados obtenidos

A. Según contaminante analizado, con indicación del total y porcentaje de muestras que exceden de los valores propuestos como Niveles de Referencia (N.R.)

Contaminante	N° de estaciones	Total de muestras	%	> N.R.	
				N°	%
Polvo sedimentable	81	2 585	1.7	1 957	75.7
Polvo en suspensión	92	76 343	50.4	17 518	22.9
Anhídrido sulfuroso	93	<u>72 625</u>	<u>47.9</u>	<u>20 485</u>	<u>28.2</u>
		151 553	100.0	39 960	26.4

B. Distribución de los promedios generales de cada contaminante según el número y porcentaje de las estaciones cuyos resultados están comprendidos entre determinadas veces los respectivos Niveles de Referencia

N.R.	Polvo sedimentable		Polvo en suspensión		Anhídrido sulfuroso	
	N° estaciones	%	N° estaciones	%	N° estaciones	%
< 0.5	3	3.7	45	48.9	55	59.1
0.5-1	15	18.5	30	32.6	14	15.1
1.1-2	26	32.1	15	16.3	22	23.7
2.1-3	15	18.5	<u>2</u>	<u>2.2</u>	<u>2</u>	<u>2.1</u>
3.1-4	8	9.9	92	100.0	93	100.0
4.1-5	5	6.2				
5.1-10	8	9.9				
>10	<u>1</u>	<u>1.2</u>				
	81	100.0				

de las estaciones se encontró un promedio general por debajo de la mitad del Nivel de Referencia (<0.5 N.R.), es decir, una concentración que puede considerarse satisfactoria. El 18.5% de las estaciones arrojaron promedios generales comprendidos entre 0.5 y una vez el Nivel de Referencia, todavía aceptable. Las 63 estaciones restantes, 77.8% del total, presentaron promedios por encima del Nivel de Referencia. Ocho estaciones (9.9%) tuvieron promedios generales comprendidos entre 5.1 y 10 veces el Nivel de Referencia y una estación (1.2%) sobrepasó de 10 veces dicha cifra. Considerando que éste es el promedio general de todas las muestras analizadas, esto representa condiciones serias a las que debería darse la debida consideración.

La situación es algo mejor, aunque no satisfactoria, para los otros contaminantes. En el caso del polvo en suspensión el 48.9% de las estaciones tiene promedios generales por debajo de la mitad del Nivel de Referencia, y 32.6% están comprendidas entre la mitad y una vez este nivel, es decir, corresponden a condiciones atmosféricas buenas o aceptables para este contaminante. Solo 15 estaciones (16.3%) presentaron promedios generales entre 1 y 2 veces el Nivel de Referencia, y dos estaciones (2.2%) quedaron comprendidas entre 2 y 3 veces este valor. Considerando que las partículas en suspensión corresponden al material respirable que ingresa al aparato respiratorio de los habitantes de las ciudades respectivas, estas cifras no pueden considerarse satisfactorias. Si se las compara con los Objetivos a Largo Plazo (O.L.P.) propuestos por la OMS, la situación es mucho peor.

En lo que respecta al anhídrido sulfuroso 55 estaciones (59.1%) están por debajo de la mitad del Nivel de Referencia y otras 14 (15.1%) quedaron comprendidas entre un medio y una vez este valor. Veintidós estaciones (23.7%) presentaron promedios generales comprendidos entre 1 y 2 veces los niveles sugeridos y dos estaciones (2.1%), entre 2 y 3 veces esta cifra. El anhídrido sulfuroso es un contaminante probablemente más peligroso que el polvo en suspensión y el número de estaciones con promedios generales en exceso es mayor. Esto debe constituir un llamado de alerta a las autoridades sanitarias para la puesta en práctica de las medidas correctivas necesarias.

9. POLVO SEDIMENTABLE

El Cuadro 5 presenta las estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio aritmético de los resultados mensuales recolectados. Los primeros 14 promedios generales, que incluyen siete estaciones de México, dos de Barranquilla y una de Curitiba, Cartagena, Medellín, Córdoba y Montevideo, presentan valores superiores a 4 veces el valor propuesto como Nivel de Referencia. En las 14 estaciones de México, incluyendo las ubicadas en las zonas más limpias de la ciudad, se encontraron valores superiores al doble del Nivel de Referencia.

En el otro extremo las 18 estaciones con valores iguales o inferiores al Nivel de Referencia se distribuyen principalmente entre Caracas, Lima, Santiago de Cuba, Maracaibo y otras ciudades que parecen conservar todavía una atmósfera razonablemente limpia de partículas gruesas. Aquellas cuyos promedios generales están muy cerca del Nivel de Referencia deberían incrementar las mediciones para lograr un mejor conocimiento de la real situación

Cuadro 5

REDPANAIRE - POLVO SEDIMENTABLE (1967 - 1974)

Estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio aritmético de los resultados mensuales (mg/cm²/30 días)

Estación	Promedio general	No. de muestras mensuales	Estación	Promedio general	No. de muestras mensuales
1. Barranquilla 1	6.77	24	42. Bogotá 5	0.90	32
2. Curitiba 1	4.80	5	43. Medellín 1	0.87	21
3. México 2	4.30	68	44. Bogotá 2	0.85	30
4. Cartagena 1	4.08	7	45. San Salvador 2	0.85	17
5. México 3	3.54	70	46. La Habana 3	0.84	22
6. Medellín 2	3.45	36	47. Rosario 1	0.82	6
7. Barranquilla 2	2.72	30	48. La Habana 6	0.77	20
8. México 12	2.57	13	49. Buenos Aires 3	0.76	10
9. México 11	2.55	31	50. Santiago 1	0.72	53
10. Córdoba 2	2.35	22	51. La Habana 1	0.70	56
11. México 14	2.26	9	52. Caracas 8	0.69	18
12. México 1	2.13	71	53. Montevideo 2	0.69	17
13. Montevideo 1	2.12	29	54. Kingston 1	0.69	15
14. México 10	2.02	43	55. Río de Janeiro 1	0.68	86
15. México 5	1.94	66	56. La Paz 1	0.64	27
16. Buenos Aires 4	1.82	9	57. San Salvador 1	0.63	46
17. Córdoba 1	1.80	38	58. Bucaramanga 1	0.61	38
18. México 7	1.71	56	59. Caracas 7	0.61	22
19. Cali 2	1.71	14	60. Bogotá 4	0.58	32
20. Bogotá 3	1.58	7	61. Caracas 5	0.54	36
21. México 4	1.56	68	62. Mendoza 1	0.54	15
22. Caracas 1	1.53	61	63. Santiago 2	0.53	6
23. Barranquilla 3	1.37	18	64. Lima 4	0.50	--N.R. 27
24. Belo Horizonte 1	1.34	34	65. Lima 1	0.49	68
25. México 6	1.33	55	66. Caracas 6	0.48	26
26. México 9	1.31	47	67. Mendoza 9	0.48	12
27. México 8	1.30	54	68. La Habana 2	0.47	42
28. Cali 1	1.30	13	69. Caracas 2	0.45	59
29. Bogotá 1	1.28	80	70. Caracas 3	0.43	60
30. São Paulo 1	1.28	66	71. Cali 4	0.43	10
31. Buenos Aires 1	1.24	68	72. Mendoza 2	0.42	37
32. Guatemala 1	1.23	17	73. Holguín 1	0.41	9
33. La Habana 11	1.20	7	74. Maracaibo 1	0.41	4
34. Medellín 3	1.18	30	75. Bogotá 6	0.40	31
35. Medellín 4	1.14	32	76. Santiago de Cuba 1	0.38	11
36. México 13	1.09	9	77. San José 1	0.36	34
37. Buenos Aires 2	1.07	14	78. Lima 3	0.30	39
38. Porto Alegre 1	0.98	52	79. Santiago de Cuba 2	0.22	2
39. Cali 3	0.97	12	80. Lima 2	0.21	36
40. Caracas 4	0.96	44	81. Maracaibo 2	0.17	5
41. La Habana 5	0.93	19			

que las afecta y adoptar desde ya las medidas preventivas necesarias para mantener, y si fuese posible mejorar, esta situación.

En el Cuadro 6 se presentan las estaciones de la Red en el orden decreciente del valor máximo mensual obtenido en cada estación, señalando el mes y año en que se presentó dicho valor. Aparecen aquí algunas cifras que posiblemente no corresponden a la realidad y, salvo otros antecedentes que las confirmen, pueden haber sido ocasionadas por una falla de muestreo o análisis. El valor máximo informado para toda la Red, $38.4 \text{ mg/cm}^2/30 \text{ días}$, que se habría presentado en la estación Barranquilla 1 en octubre de 1971, correspondería a una situación extrema que significaría que durante ese mes se habrían depositado 384 toneladas de polvo sobre una superficie de 1 km^2 en torno a esta estación. Valores máximos superiores a $10 \text{ mg/cm}^2/30 \text{ días}$, que deben considerarse como excesivos aunque disten mucho de la situación de Barranquilla 1, se han presentado también en Cartagena 1 y Montevideo 1. Sin embargo, no puede dejarse de lado estas muestras bajo la suposición, no confirmada, de que corresponden a errores. Si analizamos el cuadro vemos que las otras dos estaciones de Barranquilla - 2 y 3 - ocupan respectivamente el 5° y el 21° lugar en orden decreciente, y que el valor máximo obtenido en la última de ellas es todavía casi 10 veces superior al Nivel de Referencia. Se debería extremar las precauciones para asegurarse de que las muestras y los análisis no dejan dudas en cuanto a la calidad de los resultados, y para investigar la causa de estas concentraciones tan elevadas, las consecuencias que pueden tener para la población y la forma más adecuada para corregirlas.

La mayor parte de las estaciones de México presentan sus valores máximos distribuidos en la parte superior del cuadro. Otras ciudades, entre ellas La Habana, Medellín, Cali, Córdoba y Curitiba, presentan valores igualmente elevados.

En el Cuadro 7 se distribuyen los resultados de polvo sedimentable en función del porcentaje de los valores que exceden del Nivel de Referencia. Dado que para este contaminante se han encontrado cifras tan elevadas, se decidió calcular también el número y porcentaje de muestras que excedían de $1 \text{ mg/cm}^2/30 \text{ días}$, es decir, del doble del Nivel de Referencia. Seis estaciones, tres de ellas en Ciudad de México, informaron que el 100% de las muestras analizadas excedieron del doble del Nivel de Referencia. Las otras tres correspondieron a Medellín 2, Buenos Aires 4 y Curitiba 1. En otras quince estaciones el 100% de las muestras sobrepasó del Nivel de Referencia, pero los porcentajes en que se excedió del doble de ese valor fueron algo inferiores. En el extremo final de la tabla solo tres estaciones, Lima 2, Maracaibo 2 y Santiago de Cuba 2, tuvieron todos sus resultados por debajo del Nivel de Referencia.

Al analizar las cifras mencionadas anteriormente debe tenerse muy presente el número de muestras analizadas. Como es de comprender, promedios obtenidos como resultado de un número considerable de datos son siempre más valederos que los que corresponden a unas pocas muestras. La continuidad e incremento de los programas de medición permitirá ver si los datos que se recojan en el futuro confirman el análisis preliminar o si señalan la necesidad de corregir estas conclusiones.

Cuadro 6

REDPANAIRE - POLVO SEDIMENTABLE (1967 - 1974)

Estaciones de la Red en el orden decreciente del valor máximo mensual obtenido en cada estación, con indicación del mes en que se presentó el valor máximo (mg/cm²/30 días)

Estación	Mes	Máximo valor mensual	Estación	Mes	Máximo valor mensual
1. Barranquilla 1	Oct 71	38.40	42. Kingeton 1	Mar 69	2.39
2. Cartagena 1	Feb 74	18.73	43. La Habana 11	Jun 74	2.28
3. Montevideo 1	Feb 71	12.14	44. Buenos Aires 2	Set 67	2.27
4. México 4	Set 71	8.81	45. Medellín 4	Ene 72	2.14
5. Barranquilla 2	Set 72	8.70	46. Porto Alegre 1	Ene 72	2.08
6. México 2	Dic 70	8.51	47. São Paulo 1	Ene 72	2.07
7. México 3	Jun 70	8.06	48. Bogotá 2	Ene 73	2.03
8. Medellín 2	Abr 74	7.77	49. Caracas 4	Oct 73	1.94
9. La Habana 5	Jun 74	7.77	50. Bogotá 1	Mar 71	1.91
10. La Habana 3	Jul 74	7.40	51. Mendoza 2	Dic 70	1.78
11. Cali 2	Set 71	7.25	52. San Salvador 1	Dic 74	1.46
12. Córdoba 2	Dic 71	6.72	53. Caracas 8	Abr 74	1.41
13. Curitiba 1	Jun 74	6.59	54. La Habana 1	Jun 72	1.40
14. México 11	Mar 73	5.88	55. San Salvador 2	May 74	1.38
15. México 10	May 70	5.85	56. Rosario 1	Jun 71	1.36
16. La Habana 6	Mar 74	5.78	57. Montevideo 2	Ene 74	1.26
17. Río de Janeiro 1	Abr 71	5.60	58. Medellín 1	Oct 73	1.20
18. Córdoba 1	Ene 72	5.41	59. Bucaramanga 1	Oct 71	1.19
19. México 1	Mar 73	5.08	60. Buenos Aires 3	Ago 69	1.15
20. México 12	May 73	4.92	61. La Paz 1	Jun 73	1.12
21. Barranquilla 3	Abr 73	4.80	62. Mendoza 1	Ene 71	1.00
22. México 5	May 73	4.40	63. Cali 4	May 74	0.97
23. Buenos Aires 1	Ago 67	4.10	64. Caracas 5	May 74	0.97
24. México 14	May 73	3.94	65. Caracas 2	Oct 74	0.95
25. Santiago 1	Mar 69	3.92	66. Caracas 7	May 74	0.93
26. Caracas 1	Jun 72	3.85	67. Caracas 3	Ago 73	0.86
27. México 7	Feb 72	3.75	68. Bogotá 4	Mar 72	0.82
28. Belo Horizonte 1	Set 73	3.29	69. Mendoza 9	Dic 73	0.80
29. México 6	Jun 73	3.25	70. Lima 4	Nov 71	0.91
30. La Habana 2	Jun 73	3.00	71. San José 1	May 73	0.78
31. México 8	Abr 72	2.93	72. Lima 1	Abr 71	0.77
32. Bogotá 6	Nov 72	2.87	73. Caracas 6	Jun 73	0.75
33. Bogotá 3	Mar 74	2.65	74. Santiago 2	Abr 69	0.71
34. Cali 1	Ago 71	2.57	75. Holguín 1	May 74	0.57
35. México 9	May 70	2.56	76. Santiago de Cuba 1	May 74	0.53
36. Buenos Aires 4	Oct 70	2.55	77. Lima 3	Ago 72	0.51
37. Medellín 3	May 72	2.52	78. Maracaibo 1	Mar 74	0.51
38. Guatemala 1	Ago 73	2.49	79. Lima 2	Ene 73	0.49
39. México 13	May 73	2.48	80. Maracaibo 2	Feb 74	0.24
40. Cali 3	Mar 72	2.41	81. Santiago de Cuba 2	Dic 74	0.22
41. Bogotá 5	May 73	2.40			

En el Cuadro 8 se han agrupado todas las muestras de polvo sedimentable tomadas en cada una de las 29 ciudades incluidas en la REDPANAIRES, las que se presentan en el orden decreciente del porcentaje de las que exceden del Nivel de Referencia. En seis ciudades (20.7%) el 100% de las muestras está por encima de esa cifra, y en otras seis más del 90% excede de este valor. En el extremo final de la tabla no hay ninguna ciudad en la cual todas las muestras estén por debajo del Nivel de Referencia, aun cuando en cinco ciudades (17.2%) - Holguín, Lima, San José, Maracaibo y Santiago de Cuba - el 100% de los resultados son inferiores a $1 \text{ mg/cm}^2/30 \text{ días}$, es decir, el doble del Nivel de Referencia.

10. POLVO EN SUSPENSION

En el Cuadro 9 se enumeran las 92 estaciones que han recogido muestras de polvo en suspensión, en el orden decreciente de los valores obtenidos al calcular el promedio aritmético de los promedios mensuales de las concentraciones observadas en cada una de ellas. Diecisiete estaciones (18.5%) presentan promedios generales superiores al Nivel de Referencia. En una de ellas, Mendoza 9, este promedio general alcanza a $300 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, tres veces el Nivel de Referencia propuesto, y 7.5 veces el Objetivo a Largo Plazo (O.L.P.) recomendado por la OMS. Si se toma como referencia el O.L.P. de la OMS, quedarían 53 estaciones (57.6%) con promedios superiores a $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

En el otro extremo de la tabla 45 estaciones (48.9%) presentan promedios generales inferiores a la mitad del Nivel de Referencia, de las cuales 38 (41.3%) quedan por debajo del O.L.P. Esto equivale a una situación tolerable, que debe confirmarse mediante una continuidad de las mediciones y que debería mejorarse, o al menos preservarse, desarrollando oportunamente los programas de prevención y control necesarios.

En el Cuadro 10 se han distribuido las estaciones en el orden decreciente del promedio máximo mensual obtenido en cada una, con indicación del mes en que se presentó este promedio máximo. El valor más alto se observó en La Habana 6, en octubre de 1973, con $428 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Le siguen estaciones en São Paulo, Mendoza, Buenos Aires, San Salvador y México, todas con valores máximos superiores al triple del Nivel de Referencia. Cuarenticuatro estaciones (47.8%) tienen valores máximos por encima del sugerido como base de comparación, pero 73 (79.3%) quedan por encima del O.L.P. Veintiocho estaciones (30.4%), por otra parte, tuvieron todos sus promedios mensuales por debajo de la mitad del Nivel de Referencia, situación que debería tratar de mantenerse.

En el Cuadro 11 se ordenan las estaciones de la Red en el orden decreciente del valor máximo diario obtenido en cada estación, señalando una vez más el mes en que se produjo el valor máximo. Las cifras son ahora mucho más elevadas, situación que se enmascara en parte al calcular promedios. El valor máximo obtenido en toda la Red fue de $978 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ y se presentó en la estación México 3 en enero de 1971. Las 14 estaciones de México se distribuyen entre los 29 valores más altos observados, y en todas ellas el valor

Cuadro 8

REDPANAIRE - POLVO SEDIMENTABLE (1967-1974)

Ciudades integradas a la Red en el orden decreciente del porcentaje de todas las muestras que exceden de 0.5 mg/cm²/30 días, valor sugerido como Nivel de Referencia

Ciudad	Estaciones en la ciudad	Total de muestras	Muestras que exceden de 0.5		Muestras que exceden de 1.0	
			No.	%	No.	%
1. Curitiba	1	5	5	100.0	5	100.0
2. Barranquilla	3	72	72	100.0	57	79.2
3. São Paulo	1	66	66	100.0	49	74.2
4. Guatemala	1	17	17	100.0	11	64.7
5. Porto Alegre	1	52	52	100.0	22	42.3
6. Rosario	1	6	6	100.0	1	16.7
7. Córdoba	2	60	59	98.3	53	88.3
8. Medellín	4	119	116	97.5	85	71.4
9. México	14	660	642	97.3	556	84.2
10. Belo Horizonte	1	34	33	97.1	23	67.6
11. Buenos Aires	4	101	95	94.1	59	58.4
12. Montevideo	2	46	42	91.3	26	56.5
13. Bogotá	6	212	174	82.1	86	40.6
14. Cali	4	49	39	79.6	24	49.0
15. San Salvador	2	63	46	73.0	8	12.7
16. Cartagena	1	7	5	71.4	3	42.9
17. Bucaramanga	1	38	27	71.1	2	5.3
18. La Paz	1	27	18	66.7	1	3.7
19. Santiago	2	59	37	62.7	6	10.2
20. Caracas	8	326	197	60.4	69	21.2
21. Río de Janeiro	1	86	47	54.7	5	5.8
22. La Habana	6	166	89	53.6	23	13.9
23. Kingston	1	15	5	33.3	2	13.3
24. Holguín	1	9	3	33.3	0	0.0
25. Mendoza	3	64	18	28.1	3	4.7
26. Lima	4	170	40	23.5	0	0.0
27. San José	1	34	5	14.7	0	0.0
28. Maracibo	2	9	1	11.1	0	0.0
29. Stgo. de Cuba	2	13	1	7.7	0	0.0
	81	2 585	1 957	75.7	1 179	45.6

Cuadro 9

REDPANAIRE - POLVO EN SUSPENSION (1967 - 1974)

Estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio aritmético de los promedios mensuales de las concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Estación	Promedio general	No. de promedios mensuales	Estación	Promedio general	No. de promedios mensuales
1. Mendoza 9	300.0	12	47. São Paulo 9	52.0	10
2. San Salvador 2	291.3	18	48. La Habana 6	47.8	19
3. Montevideo 2	179.5	17	49. Medellín 4	45.4	34
4. Buenos Aires 1	174.7	72	50. Buenos Aires 3	44.3	11
5. México 6	168.7	65	51. São Paulo 11	43.1	10
6. Buenos Aires 2	154.5	18	52. Guatemala 1	42.8	19
7. São Paulo 1	150.4	67	53. Bogotá 2	42.6	28
8. Rosario 1	133.9	8	54. Bogotá 4	40.0--O.L.P.	32
9. México 3	132.5	78	55. Cali 1	38.1	23
10. La Habana 2	131.1	48	56. Medellín 1	36.8	37
11. La Habana 1	118.2	58	57. La Paz 1	36.8	29
12. São Paulo 7	116.9	10	58. San José 1	36.1	31
13. Buenos Aires 4	108.4	9	59. Mendoza 1	34.1	14
14. México 1	107.5	80	60. Kingston 1	33.3	22
15. San Salvador 1	104.9	46	61. Bogotá 5	32.8	32
16. São Paulo 2	104.7	12	62. La Habana 5	31.7	18
17. México 2	100.4	75	63. Lima 1	30.8	68
18. México 12	96.9	N.R.	64. Cali 2	29.8	24
19. México 11	95.3	39	65. Cali 3	29.2	23
20. México 10	93.8	51	66. La Habana 3	26.6	19
21. São Paulo 10	89.8	10	67. Caracas 7	25.4	22
22. México 8	88.0	62	68. Caracas 8	25.4	19
23. México 14	87.7	17	69. Barranquilla 2	24.7	30
24. México 7	86.9	64	70. Mendoza 2	24.6	37
25. Río de Janeiro 1	84.1	84	71. Caracas 4	22.7	48
26. Santiago 1	83.6	82	72. Porto Alegre 1	22.2	52
27. Montevideo 1	83.1	36	73. Caracas 6	20.5	27
28. Santiago 2	81.8	31	74. La Habana 11	21.4	7
29. São Paulo 4	80.3	11	75. São Paulo 8	18.1	10
30. Buenos Aires 23	77.3	24	76. Lima 4	18.0	28
31. México 4	75.0	77	77. Caracas 2	17.2	62
32. Medellín 2	74.9	35	78. Bucaramanga 1	16.6	40
33. Caracas 1	73.4	64	79. Cartagena 1	16.5	14
34. Bogotá 3	73.3	7	80. Barranquilla 3	16.3	21
35. São Paulo 6	70.8	10	81. Caracas 3	15.8	67
36. México 5	67.0	75	82. Lima 3	15.6	34
37. Córdoba 1	66.0	41	83. Caracas 5	14.4	38
38. Córdoba 2	64.3	25	84. Santiago de Cuba 1	13.4	11
39. Buenos Aires 22	64.3	8	85. Bogotá 6	13.0	30
40. México 13	63.7	17	86. Cali 4	12.8	3
41. Bogotá 1	59.5	81	87. Holguín 1	11.3	9
42. Curitiba 1	59.4	5	88. Maracaibo 1	11.1	5
43. São Paulo 5	59.1	11	89. Lima 2	10.2	34
44. Medellín 3	58.2	38	90. Maracaibo 2	8.4	5
45. México 9	56.8	56	91. Santiago de Cuba 2	6.9	2
46. São Paulo 3	55.6	11	92. Barranquilla 1	6.0	23

Cuadro 10

REDPANAIRE - POLVO EN SUSPENSIÓN (1967 - 1974)

Estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio máximo mensual obtenido en cada estación, con indicación del mes en que se presentó el promedio máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Estación	Mes	Máximo promedio mensual	Estación	Mes	Máximo promedio mensual
1. La Habana 6	Oct 73	428	47. São Paulo 3	Jun 73	89
2. São Paulo 1	Jun 72	393	48. Curitiba 1	Jul 74	84
3. Mendoza 9	Ago 73	385	49. São Paulo 5	Jul 73	80
4. Buenos Aires 1	Ago 72	351	50. Medellín 4	Mar 73	76
5. San Salvador 2	Jul 74	339	51. Mendoza 1	Jul 71	74
6. México 6	Ene 73	314	52. São Paulo 9	Set 73	72
7. La Habana 2	Feb 73	274	53. La Paz 1	Jun 73	70
8. Montevideo 2	Abr 74	254	54. Guatemala 1	May 74	66
9. México 3	Dic 70	254	55. La Habana 3	Ene 74	65
10. Buenos Aires 4	Jun 70	253	56. Bogotá 4	Feb 72	65
11. Córdoba 2	May 71	247	57. São Paulo 11	Set 73	63
12. Santiago 1	Jun 67	242	58. La Habana 5	Nov 73	62
13. México 2	Ene 72	241	59. Medellín 1	Set 73	62
14. Buenos Aires 2	May 68	230	60. Bogotá 2	Oct 73	58
15. Río de Janeiro 1	Jun 70	224	61. Cali 1	Set 72	58
16. México 1	Ene 73	222	62. Kingston 1	Set 69	54
17. México 10	Ene 73	221	63. Porto Alegre 1	Jun 73	52
18. México 8	Ene 72	219	64. Barranquilla 2	Feb 74	51
19. Santiago 2	Jul 68	209	65. Lima 1	Ago 67	48
20. México 11	Dic 74	206	66. Bogotá 5	Nov 73	47
21. San Salvador 1	Ene 72	193	67. Bucaramanga 1	Dic 72	47
22. Córdoba 1	Jul 71	185	68. Mendoza 2	Jul 73	46
23. La Habana 1	Set 73	169	69. Cali 2	Oct 71	44
24. México 14	Ene 73	169	70. Caracas 7	Abr 73	43
25. Rosario 1	Set 71	167	71. Cali 3	Set 74	41
26. México 12	Dic 72	158	72. Caracas 4	Dic 71	41
27. México 4	Dic 72	154	73. Barranquilla 3	Ago 73	42
28. México 7	Ene 69	151	74. Caracas 8	Dic 74	38
29. Buenos Aires 23	Jun 72	150	75. Caracas 5	Mar 73	35
30. São Paulo 7	Jul 73	150	76. Caracas 3	Set 73	34
31. Buenos Aires 3	Ago 69	144	77. Lima 3	Ago 72	33
32. São Paulo 2	Jun 73	142	78. Caracas 6	Nov 72	32
33. Montevideo 1	Ago 69	135	79. Caracas 2	Oct 73	31
34. México 5	Dic 74	125	80. Lima 4	May 73	29
35. México 9	Ene 73	125	81. La Habana 11	Oct 74	27
36. Bogotá 1	Ene 69	123	82. São Paulo 8	Set 73	26
37. México 13	Ene 73	122	83. Lima 2	Feb 74	25
38. São Paulo 10	Set 73	120	84. Maracaibo 1	Mar 74	24
39. Caracas 1	May 72	118	85. Santiago de Cuba 1	Jun 74	24
40. Buenos Aires 22	Jul 71	116	86. Bogotá 6	Mar 72	23
41. Medellín 2	Abr 74	115	87. Cartagena 1	Ago 73	23
42. São Paulo 4	Jun 73	104	88. Cali 4	Set 74	23
43. San José 1	Dic 73	102	89. Holguín 1	Oct 74	22
44. Bogotá 3	Ago 74	102	90. Barranquilla 1	Oct 74	14
45. São Paulo 6	Set 73	98	91. Maracaibo 2	Mar 74	14
46. Medellín 3	Nov 73	90	92. Santiago de Cuba 2	Nov 74	9

N.R.

O.L.P.

Cuadro 11

REDPANAIRE - POLVO EN SUSPENSION (1967-1974)

Estaciones de la Red en el orden decreciente del valor máximo diario obtenido en cada estación, con indicación del mes en que se produjo el valor máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Estación	Mes	Máximo valor diario	Estación	Mes	Máximo valor diario
1. México 3	Ene 71	978	47. Rosario 1	Oct 71	250
2. México 1	Ene 73	957	48. São Paulo 5	Jul 73	243
3. La Habana 2	Nov 74	931	49. São Paulo 3	Jun 73	236
4. México 6	Dic 72	888	50. Guatemala 1	May 74	236
5. São Paulo 1	Jun 72	877	51. Curitiba 1	Jul 74	228
6. Buenos Aires 1	Jun 72	860	52. La Habana 11	Nov 74	224
7. La Habana 6	Oct 73	838	53. São Paulo 6	Jun 73	219
8. México 11	Ene 73	834	54. Bogotá 1	Nov 68	212
9. Buenos Aires 3	Ago 69	814	55. São Paulo 10	Ago 73	187
10. México 4	Ene 73	791	56. São Paulo 11	Ago 73	186
11. México 10	Ene 73	780	57. Caracas 1	Dic 71	186
12. México 7	Ene 71	755	58. Bogotá 2	Dic 73	185
13. México 14	Ene 73	735	59. Caracas 8	Set 72	185
14. México 9	Dic 72	734	60. Medellín 1	Ago 74	180
15. La Habana 1	Set 73	646	61. São Paulo 9	Ago 73	166
16. Mendoza 9	Oct 73	621	62. La Paz 1	Jun 73	157
17. México 8	Ene 73	600	63. Cartagena 1	Ago 73	142
18. México 2	Dic 74	598	64. Mendoza 1	Jul 71	136
19. México 13	Dic 72	573	65. Caracas 6	Ene 73	132
20. Buenos Aires 2	Feb 68	552	66. Medellín 4	Dic 74	125
21. Buenos Aires 4	Jun 70	489	67. Kingston 1	Feb 69	124
22. Bogotá 3	Set 74	469	68. Bogotá 5	Ago 74	120
23. Santiago 1	Jul 73	466	69. Cali 1	Oct 74	118
24. San Salvador 2	Ago 73	457	70. Barranquilla 3	Nov 73	115
25. Río de Janeiro 1	Ene 69	436	71. São Paulo 8	Ago 73	114
26. Córdoba 1	Jun 69	405	72. Caracas 4	Mar 73	111
27. Buenos Aires 23	Ago 72	400	73. Mendoza 2	Jun 72	110
28. México 12	Dic 73	396	74. Cali 2	Ago 74	100
29. México 5	Set 74	395	75. Lima 3	Feb 73	100 --- N.R.
30. San Salvador 1	Mar 72	376	76. Bucaramanga 1	Dic 72	95
31. Santiago 2	Ago 67	375	77. Caracas 3	Oct 71	92
32. La Habana 3	Ene 74	373	78. Lima 1	Feb 74	90
33. Montevideo 2	Jun 74	354	79. Cali 3	Set 71	89
34. Bogotá 4	Feb 72	347	80. Caracas 7	Mar 73	82
35. Porto Alegre 1	Ago 73	335	81. Caracas 2	Oct 74	77
36. Buenos Aires 22	Jul 71	320	82. Holguín 1	Oct 74	75
37. Córdoba 2	May 71	320	83. Lima 4	Dic 73	70
38. São Paulo 7	Jun 73	309	84. Bogotá 6	Abr 73	69
39. La Habana 5	Nov 73	305	85. Caracas 5	Mar 73	69
40. São Paulo 2	Jun 73	301	86. Santiago de Cuba 1	Ago 74	59
41. São Paulo 4	Jun 73	295	87. Lima 2	Feb 74	55
42. Montevideo 1	Jul 70	287	88. Cali 4	Jun 74	54
43. Medellín 3	May 74	284	89. Maracaibo 2	Mar 74	51
44. San José 1	Dic 73	269	90. Barranquilla 1	Feb 74	41
45. Barranquilla 2	Set 73	252	91. Maracaibo 1	Mar 74	41
46. Medellín 2	Set 74	252	92. Santiago de Cuba 2	Dic 74	35 --- O.L.P.

máximo fue prácticamente igual o muy superior a cuatro veces el Nivel de Referencia. Se encuentran también cifras similares en algunas estaciones de La Habana, São Paulo, Buenos Aires, Mendoza, Bogotá, Santiago, San Salvador, Río de Janeiro y Córdoba. En total 75 estaciones (81.5%) recogieron en algún momento de su período de operación valores iguales o superiores al Nivel de Referencia, y solo 17 estaciones (18.5%) tienen todos sus resultados por debajo de los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si la comparación se hace con el valor recomendado por la OMS como Objetivo a Largo Plazo, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, una sola estación (1.1%), Santiago de Cuba 2, que solo ha recogido muestras durante dos meses, tendría todos sus resultados por debajo de esa cifra.

En el Cuadro 12 se hace un análisis de los resultados calculando el porcentaje del total de muestras que exceden del Nivel de Referencia. Al ordenar las estaciones en el orden decreciente de los porcentajes de muestras en exceso, aparecen en primer lugar San Salvador 2 y Mendoza 9, ambas con más del 99% de todas las muestras diarias por encima del Nivel de Referencia de la REDPANAIRE. La mayor parte de las estaciones de México, Buenos Aires, São Paulo y Santiago presentan porcentajes muy elevados de muestras que exceden de la base de comparación. Solo en 33 estaciones (35.9%) hay 1% o menos de los resultados por encima del Nivel de Referencia. Dieciocho de ellas (19.6%) presentan resultados satisfactorios en el 100% de los casos, situación que, como ya se dijo, cambiaría fundamentalmente al compararlas con el Objetivo a Largo Plazo de la OMS.

En el Cuadro 13 se han agrupado todas las muestras recogidas en cada una de las 28 ciudades que remitieron al CEPIS resultados para polvo en suspensión durante el período comprendido en este informe. En siete de ellas (25%) - San Salvador, Rosario, Buenos Aires, Montevideo, São Paulo, La Habana y México - más de una tercera parte del total de muestras excede del Nivel de Referencia. Solo en 10 ciudades (35.7%) este exceso afecta a menos del 1% de las muestras. En cinco de ellas (17.9%) - Lima, Bucaramanga, Santiago de Cuba, Holguín y Maracaibo - todas las muestras estuvieron por debajo del Nivel de Referencia.

Como se ha señalado anteriormente estos valores promedio pueden considerarse estadísticamente significativos cuando corresponden al análisis de un número importante de muestras, como es el caso de México donde en el período considerado se han recogido en total 21 853 muestras distribuidas entre 14 estaciones. Las cifras deben considerarse estrictamente como apreciaciones preliminares en ciudades - como Curitiba, Rosario, Cartagena, Holguín y Maracaibo - donde solo se ha podido disponer de un número relativamente reducido de resultados.

11. ANHIDRIDO SULFUROSO

El análisis de la situación que presentan las 93 estaciones de la REDPANAIRE que han enviado resultados para este contaminante durante el período comprendido en el informe se inicia con el Cuadro 14 en el que se las presenta en el orden decreciente de los promedios aritméticos generales de los promedios mensuales de las concentraciones medidas. Veinticuatro estaciones (25.8%) alcanzaron a promedios generales superiores a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$,

Cuadro 12

REDPANAIRE - POLVO EN SUSPENSION (1967 - 1974)

Estaciones de la Red en el orden decreciente del porcentaje del total de muestras que exceden de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor propuesto como Nivel de Referencia

Estación	N° de muestras diarias	> 100		Estación	N° de muestras diarias	> 100	
		N°	%			N°	%
1. San Salvador 2	342	340	99.4	48. Bogotá 1	2310	176	7.6
2. Mendoza 9	242	240	99.2	49. Guatemala 1	520	38	7.3
3. Montevideo 2	454	399	87.9	50. São Paulo 9	172	12	7.0
4. Buenos Aires 2	456	344	75.4	51. La Habana 5	409	26	6.4
5. México 6	1845	1376	74.6	52. La Habana 6	434	14	3.2
6. Buenos Aires 1	1772	1278	72.1	53. San José 1	835	24	2.9
7. São Paulo 1	1749	1206	69.0	54. La Habana 3	414	11	2.7
8. La Habana 2	1275	821	64.4	55. La Habana 11	175	4	2.3
9. México 3	2202	1354	61.5	56. Medellín 1	975	15	1.5
10. Rosario 1	186	112	60.2	57. Porto Alegre 1	1549	17	1.1
11. La Habana 1	1707	962	56.4	58. Bogotá 4	946	10	1.1
12. São Paulo 7	238	133	55.9	59. Medellín 4	851	9	1.1
13. San Salvador 1	1011	489	48.4	60. Barranquilla 2	770	8	1.0
14. São Paulo 2	353	168	47.6	61. Mendoza 1	199	2	1.0
15. México 1	2326	1056	45.4	62. São Paulo 8	179	1	0.6
16. Buenos Aires 4	202	89	44.1	63. Bogotá 5	932	5	0.5
17. México 2	2137	823	38.5	64. La Paz 1	857	3	0.4
18. México 10	1365	495	36.3	65. Bogotá 2	777	3	0.4
19. México 11	1083	390	36.0	66. Mendoza 2	530	2	0.4
20. México 12	437	154	35.2	67. Kingston 1	471	2	0.4
21. São Paulo 10	171	60	35.1	68. Cartagena 1	230	1	0.4
22. México 8	1780	557	31.3	69. Cali 2	323	1	0.3
23. México 7	1821	556	30.5	70. Cali 1	298	1	0.3
24. Santiago 1	2310	677	29.3	71. Caracas 4	1249	3	0.2
25. Santiago 2	845	243	28.8	72. Barranquilla 3	534	1	0.2
26. Montevideo 1	997	280	28.1	73. Caracas 8	438	1	0.2
27. Río de Janeiro 1	1326	364	27.5	74. Caracas 6	696	1	0.1
28. México 14	466	125	26.8	75. Lima 1	1968	0	0.0
29. Buenos Aires 23	660	147	22.3	76. Caracas 3	1714	0	0.0
30. México 4	2192	463	21.1	77. Caracas 2	1683	0	0.0
31. São Paulo 4	252	53	21.0	78. Bucaramanga 1	903	0	0.0
32. São Paulo 6	169	33	19.5	79. Caracas 5	896	0	0.0
33. Buenos Aires 22	228	41	18.0	80. Bogotá 6	867	0	0.0
34. Medellín 2	885	149	16.8	81. Lima 2	853	0	0.0
35. Bogotá 3	195	31	15.9	82. Lima 4	822	0	0.0
36. Caracas 1	1718	260	15.1	83. Lima 3	779	0	0.0
37. Curitiba 1	142	21	14.8	84. Barranquilla 1	602	0	0.0
38. São Paulo 5	257	35	13.6	85. Caracas 7	571	0	0.0
39. Córdoba 1	951	126	13.3	86. Santiago de Cuba 1	325	0	0.0
40. Córdoba 2	675	81	12.0	87. Cali 3	300	0	0.0
41. México 13	469	56	11.9	88. Holguín 1	231	0	0.0
42. México 5	2138	230	10.8	89. Cali 4	173	0	0.0
43. Medellín 3	948	94	9.9	90. Maracaibo 1	110	0	0.0
44. Buenos Aires 3	258	25	9.7	91. Maracaibo 2	108	0	0.0
45. México 9	1592	148	9.3	92. Santiago de Cuba 2	38	0	0.0
46. São Paulo 3	325	29	8.9		76 343	17 518	22.9
47. São Paulo 11	175	14	8.0				

Cuadro 13

REDPANAIRE - POLVO EN SUSPENSION (1967-1974)

Ciudades integradas a la Red en el orden decreciente del porcentaje de todas las muestras diarias que exceden de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor propuesto como Nivel de Referencia

Ciudad	Estaciones en la ciudad	Total de muestras diarias	Muestras que exceden de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%
1. San Salvador	2	1 353	829	61.3
2. Rosario	1	186	112	60.2
3. Buenos Aires	6	3 576	1 924	53.8
4. Montevideo	2	1 451	679	46.8
5. São Paulo	11	4 040	1 744	43.2
6. La Habana	6	4 414	1 838	41.6
7. México	14	21 853	7 783	35.6
8. Santiago	2	3 155	920	29.2
9. Río de Janeiro	1	1 326	364	27.5
10. Mendoza	3	971	244	25.1
11. Curitiba	1	142	21	14.8
12. Córdoba	2	1 626	207	12.7
13. Guatemala	1	520	38	7.3
14. Medellín	4	3 659	267	7.3
15. Bogotá	6	6 027	225	3.7
16. Caracas	8	8 965	265	3.0
17. San José	1	835	24	2.9
18. Porto Alegre	1	1 549	17	1.1
19. Barranquilla	3	1 906	9	0.5
20. Cartagena	1	230	1	0.4
21. Kingston	1	471	2	0.4
22. La Paz	1	857	3	0.4
23. Cali	4	1 094	2	0.2
24. Lima	4	4 422	0	0.0
25. Bucaramanga	1	903	0	0.0
26. Santiago de Cuba	2	363	0	0.0
27. Holguín	1	231	0	0.0
28. Maracaibo	2	218	0	0.0
	<u>92</u>	<u>76 343</u>	<u>17 518</u>	<u>22.9</u>

Cuadro 14

REDPANAIRE - ANHIDRIDO SULFUROSO (1967 - 1974)

Estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio aritmético de los promedios mensuales de las concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Estación	Promedio general	No. de promedios mensuales	Estación	Promedio general	No. de promedios mensuales
1. São Paulo 11	246.3	10	48. La Habana 3	24.7	19
2. México 10	142.3	51	49. Bogotá 5	23.0	32
3. México 3	137.8	78	50. Cali 1	20.2	23
4. México 11	136.7	39	51. San Salvador 2	19.8	18
5. México 12	135.0	16	52. Buenos Aires 3	19.7	10
6. México 1	134.1	80	53. San José 1	15.9	34
7. São Paulo 7	130.0	10	54. Caracas 2	15.2	62
8. São Paulo 2	108.8	12	55. Caracas 4	15.2	47
9. Montevideo 2	107.9	13	56. La Habana 5	15.0	18
10. São Paulo 10	104.2	10	57. Córdoba 1	14.7	40
11. São Paulo 6	103.3	10	58. Mendoza 2	14.3	37
12. México 6	96.9	65	59. Cartagena 1	13.9	4
13. La Habana 1	90.8	58	60. Caracas 1	13.6	64
14. México 9	90.7	56	61. Buenos Aires 22	12.0	8
15. São Paulo 1	86.0	67	62. San Salvador 1	11.6	46
16. Caracas 3	80.5	67	63. Caracas 6	11.3	27
17. São Paulo 4	79.7	11	64. Cali 3	11.3	23
18. São Paulo 9	77.7	10	65. La Habana 11	11.3	7
19. Santiago 1	77.6	82	66. São Paulo 8	11.2	10
20. México 8	76.3	62	67. Buenos Aires 4	11.2	8
21. México 7	74.7	64	68. São Paulo 3	10.9	11
22. México 5	73.3	75	69. Kingston 1	10.4	22
23. México 13	73.2	17	70. Caracas 5	10.3	38
24. Córdoba 2	72.0	24	71. Caracas 7	10.0	22
25. Santiago 2	69.0	N.R. 31	72. Guatemala 1	9.0	17
26. São Paulo 5	60.6	11	73. Caracas 8	8.9	16
27. México 2	60.1	O.L.P. 75	74. Holguín 1	8.6	9
28. México 4	58.0	77	75. Lima 1	7.5	66
29. Rosario 1	50.3	5	76. Bogotá 6	7.5	30
30. México 14	50.1	17	77. Curitiba 1	7.0	5
31. Bogotá 3	49.7	7	78. Maracaibo 2	6.2	5
32. Río de Janeiro 1	49.6	86	79. Lima 2	6.1	34
33. Buenos Aires 23	49.0	24	80. Mendoza 9	5.0	12
34. Buenos Aires 1	42.3	71	81. Lima 3	4.9	34
35. Porto Alegre 1	40.7	52	82. Cali 2	4.7	24
36. Montevideo 1	39.2	36	83. Bucaramanga 1	4.3	40
37. Medellín 3	38.2	38	84. Barranquilla 2	4.1	25
38. La Habana 2	36.2	48	85. Cali 4	4.1	13
39. Medellín 2	34.6	35	86. Maracaibo 1	3.7	5
40. Bogotá 1	29.5	81	87. Mendoza 1	2.8	2
41. La Habana 6	29.4	19	88. Lima 4	2.6	19
42. Medellín 4	28.7	34	89. Santiago de Cuba 2	2.2	2
43. Belo Horizonte 1	28.1	29	90. Barranquilla 1	1.7	22
44. Medellín 1	26.6	37	91. Santiago de Cuba 1	1.1	11
45. Bogotá 4	26.6	32	92. La Paz 1	1.0	29
46. Buenos Aires 2	26.6	18	93. Barranquilla 3	0.7	13
47. Bogotá 2	25.2	28			

valor propuesto como Nivel de Referencia. Si la comparación se hace con el Objetivo a Largo Plazo de la OMS, $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tres estaciones adicionales quedarían por encima de esa cifra, llevando el total a 27 (29.0%). De ellas, nueve corresponden a Sao Paulo y 12 a Ciudad de México. Las seis restantes se distribuyen entre las dos de Santiago y una en Montevideo, La Habana, Caracas y Córdoba. Solo dos estaciones de un total de once en São Paulo, y otras dos de 14 en Ciudad de México, presentan promedios generales por debajo de estas cifras. El valor más alto se encuentra en São Paulo y el que le sigue en Ciudad de México. De siete estaciones con más del doble del Objetivo a Largo Plazo de la OMS, dos pertenecen a São Paulo y cinco a Ciudad de México. Esto parece justificar ampliamente la urgencia y prioridad que sus respectivas autoridades están otorgando al desarrollo de programas de prevención y control.

En el Cuadro 15 las estaciones se agrupan en el orden decreciente del promedio mensual más alto obtenido en cada estación. En 39 estaciones (41.9%) se obtuvo en algún mes un promedio superior al Nivel de Referencia. Esta cifra llega a 43 (46.2%) para las estaciones con promedios máximos superiores al O.L.P. de la OMS. El promedio mensual más alto correspondió a São Paulo 11 y se presentó en octubre de 1973. Los cuatro siguientes ocurrieron en estaciones de Ciudad de México. Por otro lado, en 36 estaciones (38.7%) todos los promedios mensuales fueron inferiores a la mitad del Nivel de Referencia, situación que debe considerarse como satisfactoria, si bien en algunos casos corresponde a mediciones realizadas durante períodos muy cortos, por lo que deben señalarse solo como preliminares.

Los valores diarios máximos obtenidos son muy elevados. Como puede observarse en el Cuadro 16, en 59 estaciones (63.4%) se encontraron concentraciones iguales o superiores al Nivel de Referencia. Este número sube a 66 (71%) si la comparación se hace con el Objetivo a Largo Plazo de la OMS. La concentración más alta de toda la Red ocurrió en México 1, en junio de 1973, con $962 \mu\text{g}/\text{m}^3$, casi 14 veces el Nivel de Referencia. En 42 estaciones (45.2%) se encontraron valores máximos superiores al doble de la base de comparación, y en 26 (28%) de éstas dicho valor máximo diario fue igual o superior a cinco veces el Nivel de Referencia. En el otro extremo del cuadro, solo 16 estaciones (17.2%) presentan todas sus concentraciones diarias por debajo de la mitad del Nivel de Referencia. En un total de 34 estaciones (36.6%) todas las cifras obtenidas estuvieron por debajo del Nivel de Referencia, situación que debería considerarse satisfactoria. Si la comparación se hace con el Objetivo a Largo Plazo de la OMS el número de estaciones en esta situación disminuye a 27 (29.0%).

En el Cuadro 17 se ordenan las estaciones de la Red en el orden decreciente del porcentaje del total de muestras que exceden de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, base de comparación. En 19 estaciones (20.4%) más del 50% de todos los análisis dieron resultados superiores al Nivel de Referencia. De éstas, siete corresponden a Ciudad de México, nueve a São Paulo y las tres restantes se distribuyen entre Caracas, Montevideo y La Habana. Cuarenticuatro estaciones (47.3%) tienen menos del 1% del total de sus mediciones por debajo del Nivel de Referencia.

Cuadro 15

REDPANAIRE - ANHIDRIDO SULFUROSO (1967 - 1974)

Estaciones de la Red en el orden decreciente del promedio máximo mensual obtenido en cada estación, con indicación del mes en que se presentó el promedio máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Estación	Mes	Máximo promedio mensual	Estación	Mes	Máximo promedio mensual
1. São Paulo 11	Oct 73	359	48. Córdoba 1	Oct 74	47
2. México 10	Set 71	289	49. Medellín 3	Jun 74	47
3. México 11	Nov 74	244	50. Medellín 2	Ene 72	45
4. México 3	Dic 70	242	51. Bogotá 5	Feb 72	45
5. México 1	May 71	237	52. La Habana 3	Dic 73	43
6. Santiago 1	Jun 67	233	53. Medellín 1	Ene 72	42
7. Córdoba 2	Ene 73	230	54. La Habana 5	Dic 73	41
8. São Paulo 1	Jun 72	223	55. Cali 1	Oct 71	41
9. Caracas 3	May 70	207	56. Caracas 4	Jun 71	39
10. La Habana 1	Abr 74	179	57. Caracas 6	Ago 72	35
11. São Paulo 7	Jun 73	178	58. Caracas 2	May 70	34
12. México 6	May 71	174	59. Mendoza 2	Nov 71	33
13. Santiago 2	Jul 67	173	60. Lima 1	Mar 71	31
14. México 12	Jun 73	169	61. Buenos Aires 3	Set 69	30
15. Montevideo 2	Ene 74	158	62. San Salvador 2	Dic 74	29
16. São Paulo 3	Jun 73	156	63. Caracas 1	Jun 68	24
17. México 8	Feb 72	155	64. Buenos Aires 4	Feb 71	23
18. São Paulo 2	Jul 73	154	65. Buenos Aires 22	Nov 71	23
19. México 9	Ene 72	144	66. Caracas 8	Set 72	22
20. México 5	May 71	138	67. Cali 2	Nov 72	22
21. Buenos Aires 1	Oct 71	134	68. Guatemala 1	Mar 73	21
22. São Paulo 10	Oct 73	132	69. Cartagena 1	Oct 73	21
23. São Paulo 6	Set 73	130	70. Kingston 1	Ene 68	21
24. Río de Janeiro 1	Jun 72	127	71. San Salvador 1	Feb 73	19
25. México 7	May 71	124	72. Caracas 5	Set 72	19
26. México 2	Nov 71	115	73. Cali 3	Oct 72	18
27. México 4	Abr 71	111	74. Lima 2	Abr 74	18
28. La Habana 2	Abr 73	104	75. Mendoza 9	Ene 73	18
29. Rosario 1	Dic 71	103	76. Bogotá 6	Feb 73	17
30. México 13	May 74	103	77. Caracas 7	Abr 73	16
31. Montevideo 1	Jul 70	102	78. La Habana 11	Dic 74	16
32. São Paulo 4	Ago 73	98	79. São Paulo 8	Jun 73	16
33. São Paulo 9	Set 73	94	80. Bucaramanga 1	Ago 74	13
34. Barranquilla 2	Jul 73	90	81. Holguín 1	Dic 74	12
35. La Habana 6	Oct 73	86	82. Lima 3	Abr 73	11
36. México 14	May 74	83	83. Curitiba 1	Jul 74	11
37. Buenos Aires 23	Oct 73	79	84. Cali 4	Set 72	10
38. Porto Alegre 1	Abr 71	77	85. Maracaibo 2	Nov 73	8
39. São Paulo 5	Jun 73	75	86. Lima 4	Feb 72	8
40. Buenos Aires 2	Jul 68	69	87. Maracaibo 1	Feb 74	7
41. Bogotá 1	Nov 67	65	88. Barranquilla 1	Ene 72	5
42. Bogotá 4	Feb 72	65	89. Mendoza 1	Oct 70	4
43. Bogotá 3	Ago 74	63	90. Santiago de Cuba 1	Mar 74	4
44. Belo Horizonte 1	Ago 73	57	91. Santiago de Cuba 2	Dic 74	3
45. San José 1	Oct 73	56	92. Barranquilla 3	Ene 73	3
46. Medellín 4	Dic 71	52	93. La Paz 1	Set 73	2
47. Bogotá 2	Jun 73	47			

Cuadro 16

REDPANAIRE - ANHIDRIDO SULFUROSO (1967-1974)

Estaciones de la Red en el orden decreciente del valor máximo diario obtenido en cada estación, con indicación del mes en que se produjo el valor máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Estación	Mes	Máximo valor diario	Estación	Mes	Máximo valor diario
1. México 1	Jun 73	962	47. Cali 2	Nov 72	118
2. México 10	Ene 71	859	48. Bogotá 3	Set 74	111
3. México 3	Nov 69	828	49. Buenos Aires 2	Jul 68	111
4. São Paulo 11	Nov 73	822	50. Cali 1	Oct 72	110
5. México 8	May 73	712	51. Medellín 2	May 72	104
6. México 12	Jul 72	673	52. La Habana 11	Dic 74	102
7. México 11	Abr 73	626	53. Córdoba 1	Nov 69	100
8. La Habana 1	May 73	611	54. Bogotá 4	Feb 72	100
9. Montevideo 2	May 74	579	55. Bogotá 5	Jul 73	99
10. La Habana 2	Nov 74	561	56. San Salvador 1	Ago 72	91
11. México 6	Nov 72	521	57. Bogotá 1	Dic 67	84
12. Caracas 3	Ago 70	507	58. Buenos Aires 3	Abr 70	80
13. Santiago 1	Ago 68	472	59. Caracas 2	Jul 71	70 --- N.R.
14. São Paulo 1	Jun 72	472	60. Caracas 4	Jul 71	67
15. México 5	Oct 71	467	61. Cali 3	Set 72	66
16. Buenos Aires 1	Nov 72	460	62. Bogotá 2	Dic 73	63
17. Montevideo 1	Ago 69	449	63. Caracas 6	Set 72	62
18. São Paulo 3	Set 73	437	64. Lima 1	Dic 67	62
19. México 9	Ene 71	406	65. Mendoza 2	Nov 71	61
20. Córdoba 2	Ene 73	399	66. Bogotá 6	Abr 73	60 --- O.L.P.
21. México 2	Jul 71	383	67. Guatemala 1	Abr 73	58
22. Porto Alegre 1	Nov 71	370	68. Caracas 1	Jun 73	55
23. São Paulo 2	Jun 73	368	69. Kingston 1	Ene 68	54
24. México 13	Feb 73	358	70. Cartagena 1	Oct 73	51
25. La Habana 6	Ago 73	354	71. Buenos Aires 4	Jun 70	50
26. México 7	May 74	350	72. Caracas 8	Set 73	49
27. São Paulo 7	Ago 73	339	73. Buenos Aires 22	Abr 71	46
28. Santiago 2	Ago 67	329	74. Mendoza 9	Ago 73	43
29. México 14	May 74	308	75. Cali 4	Jul 74	42
30. México 4	Abr 71	302	76. San Salvador 2	Nov 74	42
31. São Paulo 10	Oct 73	291	77. Caracas 5	Nov 71	37
32. La Habana 3	Dic 73	290	78. Lima 2	Abr 74	34
33. Barranquilla 2	Jul 73	271	79. São Paulo 8	Jul 73	34
34. São Paulo 6	Ago 73	245	80. Caracas 7	Abr 73	31
35. Rosario 1	Dic 71	225	81. Bucaramanga 1	May 74	28
36. Río de Janeiro 1	Ago 72	224	82. Curitiba 1	Jul 73	26
37. La Habana 5	Dic 73	223	83. Barranquilla 1	Ene 72	25
38. São Paulo 4	Ago 73	217	84. Lima 3	Feb 72	25
39. Buenos Aires 23	Oct 73	184	85. Lima 4	Ene 72	23
40. São Paulo 9	Dic 73	175	86. Holguín 1	Dic 74	23
41. São Paulo 5	Ago 73	166	87. Santiago de Cuba 1	Mar 74	23
42. Medellín 3	May 72	154	88. Mendoza 1	Oct 70	15
43. Belo Horizonte 1	Ago 73	131	89. Maracaibo 1	Nov 73	12
44. San José 1	Oct 73	128	90. Maracaibo 2	Dic 73	13
45. Medellín 1	Ene 72	126	91. Santiago de Cuba 2	Dic 74	10
46. Medellín 4	Dic 71	123	92. Barranquilla 3	Ene 74	9
			93. La Paz 1	Set 73	6

Cuadro 17

REDPANAIRE - ANHIDRIDO SULFUROSO (1967 - 1974)

Estaciones de la Red en el orden decreciente del porcentaje del total de muestras que exceden de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor propuesto como Nivel de Referencia

Estación	N° de muestras diarias	> 70		Estación	N° de muestras diarias	> 70	
		N°	%			N°	%
1. México 12	434	396	91.2	48. Medellín 4	864	10	1.2
2. México 3	2198	1950	88.7	49. Bogotá 4	928	10	1.1
3. México 11	1084	952	87.8	50. Bogotá 5	910	7	0.8
4. São Paulo 11	160	140	87.5	51. Barranquilla 2	145	1	0.7
5. São Paulo 7	238	205	86.1	52. La Habana 11	177	1	0.6
6. México 10	1388	1187	85.5	53. Medellín 1	1000	5	0.5
7. México 1	2346	1921	81.9	54. Bogotá 1	2308	11	0.5
8. São Paulo 6	171	140	81.9	55. Cali 2	228	1	0.4
9. São Paulo 3	325	255	78.5	56. Buenos Aires 3	250	1	0.4
10. São Paulo 10	169	131	77.5	57. Córdoba 1	866	2	0.2
11. São Paulo 2	353	260	73.7	58. Caracas 2	1615	1	0.1
12. México 6	1849	1262	68.3	59. Caracas 1	1674	0	0.0
13. México 9	1609	996	61.9	60. Lima 1	1569	0	0.0
14. São Paulo 4	241	146	60.6	61. Caracas 4	1199	0	0.0
15. São Paulo 9	173	99	57.2	62. San Salvador 1	999	0	0.0
16. São Paulo 1	1875	1071	57.1	63. Bucaramanga 1	870	0	0.0
17. Caracas 3	1757	984	56.0	64. Caracas 5	864	0	0.0
18. Montevideo 2	293	163	55.6	65. Bogotá 6	853	0	0.0
19. La Habana 1	1716	926	54.0	66. La Paz 1	846	0	0.0
20. México 7	1815	874	48.2	67. Bogotá 2	745	0	0.0
21. México 8	1781	840	47.2	68. Lima 2	703	0	0.0
22. Santiago 1	2269	1053	46.4	69. Caracas 6	695	0	0.0
23. México 5	2127	973	45.7	70. Lima 3	656	0	0.0
24. México 3	462	197	42.6	71. Caracas 7	567	0	0.0
25. Santiago 2	848	318	37.5	72. Mendoza 2	524	0	0.0
26. Córdoba 2	660	232	35.2	73. Guatemala 1	477	0	0.0
27. São Paulo 5	257	86	33.5	74. Barranquilla 1	325	0	0.0
28. México 2	2065	657	31.8	75. San Salvador 2	324	0	0.0
29. Rosario 1	98	30	30.6	76. Caracas 8	298	0	0.0
30. México 4	2170	622	28.7	77. Cali 3	288	0	0.0
31. Río de Janeiro 1	1348	276	20.5	78. Santiago de Cuba 1	261	0	0.0
32. Buenos Aires 1	1783	300	16.8	79. Kingston 1	250	0	0.0
33. Buenos Aires 23	652	107	16.4	80. Holguín 1	231	0	0.0
34. Bogotá 3	195	30	15.4	81. Buenos Aires 22	226	0	0.0
35. México 14	449	64	14.3	82. Mendoza 9	170	0	0.0
36. La Habana 2	1274	161	12.6	83. São Paulo 8	169	0	0.0
37. Montevideo 1	918	114	12.4	84. Lima 4	168	0	0.0
38. Porto Alegre 1	1546	157	10.2	85. Cali 4	142	0	0.0
39. La Habana 6	435	35	8.0	86. Buenos Aires 4	140	0	0.0
40. Buenos Aires 2	446	27	6.1	87. Curitiba 1	137	0	0.0
41. La Habana 3	415	15	3.6	88. Maracaibo 2	104	0	0.0
42. Medellín 2	911	22	2.4	89. Barranquilla 3	80	0	0.0
43. Cali 1	282	6	2.1	90. Maracaibo 1	70	0	0.0
44. La Habana 5	390	8	2.1	91. Mendoza 1	22	0	0.0
45. Belo Horizonte 1	749	15	2.0	92. Cartagena 1	21	0	0.0
46. San José 1	953	18	1.9	93. Santiago de Cuba 2	20	0	0.0
47. Medellín 3	970	14	1.4				
					72 625	20 485	28.2

El Cuadro 18 divide muy claramente a las ciudades en dos grupos, de acuerdo al total de las muestras analizadas en cada una de ellas que exceden del valor propuesto como base de referencia. De las 29 que enviaron resultados durante el período comprendido en este informe, 11 (37.9%) tuvieron más del 10% de todos los resultados por encima del Nivel de Referencia, mientras que en las 18 restantes (62.1%) este valor sólo se excedió en el 2% o menos de los casos. En 12 ciudades (41.4%) todas las cifras estuvieron por debajo de la base de comparación, lo que representa una situación aceptable, especialmente cuando está fundamentada en un número importante de mediciones, como es el caso de Lima, San Salvador, Bucaramanga, La Paz y Mendoza. Los valores más altos se encontraron en São Paulo y Ciudad de México, con 61.3% y 59.2% de todas las muestras por encima del Nivel de Referencia. Le siguen en orden decreciente Santiago, Rosario y La Habana. Debe tenerse presente, sin embargo, que en el caso de Rosario solo se dispone de los resultados de 98 muestras, número muy pequeño para definir claramente la situación en esa ciudad. Es muy diferente el caso de México donde durante el período se efectuaron 21 777 análisis, de los cuales 12 891 excedieron del Nivel de Referencia.

12. SITUACION GENERAL EN CADA CIUDAD

Resulta muy difícil establecer una comparación general entre las distintas ciudades ya que no se dispone de criterios adecuados para asignar un factor de ponderación a la toxicidad relativa, o a lo que podríamos llamar el "potencial de daño", de cada uno de los tres contaminantes medidos por la REDPANAIRE. En un intento de comparación, de validez muy discutible, en el Cuadro 19 se han ordenado las ciudades en el orden decreciente del porcentaje de todas las muestras tomadas en cada una de ellas que exceden de los valores propuestos como Niveles de Referencia. Se desearía insistir en que esta comparación general debe considerarse solo como una aproximación, dado que las características propias de cada ciudad son muy variables, como lo son también el número de estaciones y la longitud del período de muestreo, datos que se consignan igualmente en el mismo cuadro. Sin embargo, cuando las cifras corresponden a varias estaciones, y a 24 o más meses de muestreo, pueden considerarse como razonablemente significativas.

En cinco ciudades (17.2%) de las 29 incluidas en el presente informe el 1% o menos de las muestras excedieron de los Niveles de Referencia, situación que podría considerarse como aceptable. En las otras 24 (82.8%) más del 1% de las muestras, cifra que en tres de ellas se aproxima a, o sobrepasa del, 50%, excedieron de estos niveles. En 11 de las ciudades (37.9%) el porcentaje de muestras en exceso es del 15% o más, mientras que en las otras 18 es inferior al 10%. Estos porcentajes están señalando una situación que, aunque todavía puede considerarse como seria solo en dos ciudades, representa condiciones potencialmente graves que se traducirán en un futuro cercano, a medida que el crecimiento demográfico e industrial las agrave, en importantes daños a la salud y la economía de sus habitantes si no se adoptan oportunamente las medidas de prevención y control necesarias.

Se discutirá a continuación muy someramente la situación en cada ciudad.

Cuadro 18

REDPANAIRE - ANHIDRIDO SULFUROSO (1967-1974)

Ciudades integradas a la Red en el orden decreciente del porcentaje de todas las muestras diarias que exceden de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor propuesto como Nivel de Referencia

Ciudad	Estaciones en la ciudad	Total de muestras diarias	Muestras que exceden de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%
1. São Paulo	11	4 131	2 533	61.3
2. México	14	21 777	12 891	59.2
3. Santiago	2	3 117	1 371	44.0
4. Rosario	1	98	30	30.6
5. La Habana	6	4 407	1 146	26.0
6. Montevideo	2	1 211	277	22.9
7. Rfo de Janeiro	1	1 348	276	20.5
8. Córdoba	2	1 526	234	15.3
9. Buenos Aires	6	3 497	435	12.4
10. Caracas	8	8 669	985	11.4
11. Porto Alegre	1	1 546	157	10.2
12. Belo Horizonte	1	749	15	2.0
13. San José	1	953	18	1.9
14. Medellín	4	3 745	51	1.4
15. Bogotá	6	5 939	58	1.0
16. Cali	4	940	7	0.7
17. Barranquilla	3	550	1	0.2
18. Lima	4	3 096	0	0.0
19. San Salvador	2	1 323	0	0.0
20. Bucaramanga	1	870	0	0.0
21. La Paz	1	846	0	0.0
22. Mendoza	3	716	0	0.0
23. Guatemala	1	477	0	0.0
24. Santiago de Cuba	2	281	0	0.0
25. Kingston	1	250	0	0.0
26. Holguín	1	231	0	0.0
27. Maracaibo	2	174	0	0.0
28. Curitiba	1	137	0	0.0
29. Cartagena	1	21	0	0.0
	93	72 625	20 485	28.2

12.1 São Paulo

São Paulo ocupa el primer lugar en la tabla del Cuadro 19, con un 52.7% de todas sus muestras por encima de los Niveles de Referencia. En la ciudad operan 11 estaciones de las que se ha recibido informes hasta diciembre de 1973. Solo la estación 1 ha recogido muestras durante un período suficientemente extenso, 66 meses en total. Las otras comenzaron a operar en 1973 y han enviado datos solo para ese año. Sin embargo se ha logrado reunir un total de 8 237 muestras, de las cuales 4 343 (52.7%) exceden de los Niveles de Referencia. El máximo promedio mensual de anhídrido sulfuroso de toda la Red se presentó en São Paulo 11, en octubre de 1973, con un valor de $359 \mu\text{g}/\text{m}^3$, más de cinco veces el Nivel de Referencia y seis veces el Objetivo a Largo Plazo de la OMS. El máximo valor diario registrado en la ciudad alcanza a $822 \mu\text{g}/\text{m}^3$, concentración que se ha señalado como potencialmente capaz de provocar daños a la salud¹⁰.

Todo esto está indicando que la ciudad está afectada por un problema serio de contaminación atmosférica. Las autoridades estatales así lo han comprendido y están desarrollando un programa muy vigoroso, sin duda uno de los mejores en operación en la América Latina, que desde sus fases iniciales ha contado con el apoyo técnico de la OPS y el económico del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). La continuidad del programa de medición y vigilancia debería señalar en el futuro si estas actividades de control están alcanzando el éxito esperado, o si es necesario incrementar aún más los esfuerzos.

12.2 Rosario

El 51% de las muestras tomadas en esta ciudad exceden de los Niveles de Referencia. Sin embargo, solo se ha podido disponer de los resultados de una estación que ha operado durante ocho meses, recogiendo un total de 290 muestras. Aunque los valores obtenidos deben considerarse solo como cifras preliminares, las elevadas concentraciones encontradas justifican el desarrollo de un programa más amplio de mediciones que, si confirma los resultados anteriores, demostrará la urgencia de la inmediata puesta en práctica de medidas eficientes de prevención y control.

12.3 Ciudad de México

En Ciudad de México han operado 14 estaciones de la REDPANAIRE, por un período de hasta 80 meses, recogiendo un total de 44 290 muestras, la cifra más alta para toda la Red y que equivale al 29.2% de todas las muestras incluidas en el presente informe. De ese total, 21 316 muestras (48.1%) excedieron de los Niveles de Referencia. Este exceso fue considerable en muchos casos, con más de 17 veces el Nivel de Referencia para polvo sedimentable, con valores para polvo en suspensión que presentan promedios mensuales que llegan a más del triple del Nivel de Referencia y valores máximos diarios que alcanzan a casi 10 veces dicha base de comparación, y a más de 14 veces para el anhídrido sulfuroso.

Cuadro 19

REDPANAIRE (1967 - 1974)

Ciudades integradas a la Red en el orden decreciente del porcentaje de todas las muestras recolectadas que exceden de los valores propuestos como Niveles de Referencia

Ciudad	Estaciones en la ciudad	N° máximo de meses de muestreo	Total de muestras recogidas	Muestras que exceden de los N.R.	%
1. São Paulo	11	66	8 237	4 343	52.7
2. Rosario	1	8	290	148	51.0
3. México	14	80	44 290	21 316	48.1
4. Montevideo	2	36	2 708	998	36.9
5. Santiago	2	82	6 331	2 328	36.8
6. Buenos Aires	6	72	7 174	2 454	34.2
7. La Habana	6	58	8 987	3 073	34.2
8. San Salvador	2	46	2 739	875	31.9
9. Río de Janeiro	1	86	2 760	687	24.9
10. Córdoba	2	41	3 212	500	15.6
11. Mendoza	3	37	1 751	262	15.0
12. Curitiba	1	5	284	26	9.2
13. Caracas	8	67	17 960	1 447	8.1
14. Porto Alegre	1	52	3 147	226	7.2
15. Belo Horizonte	1	34	783	48	6.1
16. Medellín	4	38	7 523	434	5.8
17. Guatemala	1	18	1 014	55	5.4
18. Bogotá	6	81	12 178	457	3.8
19. Barranquilla	3	30	2 528	82	3.2
20. San José	1	34	1 822	47	2.6
21. Cartagena	1	14	258	6	2.3
22. Cali	4	24	2 083	48	2.3
23. Bucaramanga	1	40	1 811	27	1.5
24. La Paz	1	29	1 730	21	1.2
25. Kingston	1	22	736	7	1.0
26. Holguín	1	9	471	3	0.6
27. Lima	4	68	7 688	40	0.5
28. Maracaibo	2	5	401	1	0.2
29. Santiago de Cuba	<u>2</u>	11	<u>657</u>	<u>1</u>	<u>0.2</u>
	93		151 553	39 960	26.4

Esto ha inducido al Gobierno Mexicano a iniciar uno de los programas más importantes, por los recursos que se le ha destinado, que opera en la América Latina. La Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, creada especialmente en 1972 como una dependencia de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, cuenta con una planta de personal de más de 500 funcionarios, de los que aproximadamente el 50% son profesionales, y con un presupuesto que le ha permitido iniciar importantes programas de evaluación, prevención y control¹¹. Se está completando el montaje de una red automática y computarizada de estaciones de muestreo que permitirá conocer cada vez en mejor forma y con más precisión y rapidez las condiciones imperantes en la ciudad. La Ley Mexicana de Protección Ambiental es un modelo en su género, que el CEPIS ha contribuido a divulgar en los demás países del continente.

Aunque el programa de evaluación de Ciudad de México ya no utiliza los equipos ni las técnicas de la REDPANAIRE se espera poder seguir recogiendo la información obtenida y presentarla, para conocimiento de los demás países, en futuros informes sobre la situación en América Latina y el Caribe. Se confía igualmente en que el enérgico y extenso programa del Gobierno Mexicano comenzará a mostrar pronto los resultados esperados, que deberán reflejarse en un descenso de las concentraciones de contaminantes en su atmósfera, con los consiguientes beneficios para la salud y economía de sus habitantes.

12.4 Montevideo, Santiago y Buenos Aires

Las capitales de los tres países del cono sur de América presentan condiciones bastante similares de acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis incluidos en el presente informe. Más de una tercera parte de todas las muestras excede de los Niveles de Referencia, con 36.9% para Montevideo, 36.8% para Santiago y 34.2% para Buenos Aires. Esto es probablemente un reflejo del nivel de industrialización relativamente alto que han alcanzado los tres países y del hecho de que en las tres ciudades las condiciones climáticas exigen el uso de calefacción y hacen más frecuentes los sistemas de agua caliente y los incineradores domiciliarios, que contribuyen en forma importante a incrementar las concentraciones de contaminantes. Las cifras obtenidas muestran generalmente una clara variación estacional, con considerables aumentos en la época de invierno.

Aunque para Buenos Aires se incluyen los resultados de seis estaciones, hasta ahora solo se ha dispuesto de equipos para dos, uno de los cuales se ha ubicado sucesivamente en cinco puntos diferentes de la ciudad. Si bien esto contribuye a mostrar la situación existente en distintas zonas, no permite calcular tendencias ni demostrar la existencia de variaciones importantes. El número de muestras, 7 174 en total, da sin embargo cierta validez a los resultados. Una situación similar existe en Montevideo, donde el mismo equipo ha operado en dos ubicaciones diferentes. En Santiago, en cambio, se ha podido disponer de dos estaciones, programa que a la fecha se está ampliando considerablemente. Las condiciones meteorológicas y topográficas de esta ciudad son, desde el punto de vista de la contaminación del aire, bastante inadecuadas, y contribuyen a agravar la magnitud de los problemas.

Las autoridades sanitarias de los tres países, con el apoyo de la OPS, y del PNUD en el caso de Chile, están tratando de realizar actividades de control que permitan rebajar las concentraciones encontradas a niveles más aceptables. Sin embargo diversas circunstancias han impedido hasta ahora conceder a estas actividades recursos suficientes.

12.5 La Habana, Holguín y Santiago de Cuba

La Habana presenta una situación similar a las tres ciudades del grupo anterior, con el mismo porcentaje que Buenos Aires (34.2%) de muestras que exceden de los Niveles de Referencia. Esta cifra debe considerarse como bastante significativa pues corresponde a los resultados de seis estaciones, que han recogido un total de 8 987 muestras. El crecimiento demográfico e industrial que está experimentando la ciudad tenderá a hacer más seria esta situación.

El Ministerio de Salud de Cuba está desarrollando un programa bastante eficiente de medición y vigilancia, en permanente ampliación, que permitirá en breve tener un conocimiento razonable de las condiciones imperantes en relación a contaminación del aire en todas las ciudades importantes del país, y en aquellas donde de acuerdo a los programas gubernamentales se espera un mayor desarrollo industrial y económico. En el presente informe se alcanzan a incluir algunos datos, muy pocos todavía, de Holguín y Santiago de Cuba, que parecen mostrar que la situación por ahora no es de cuidado, con solo 0.6% y 0.2% del total de muestras recogidas que exceden de los Niveles de Referencia. La continuación y ampliación de las actividades de medición y vigilancia permitirá confirmar o corregir estas conclusiones preliminares, y guiar las actividades preventivas que se decida aplicar en ambas ciudades y en las otras incluidas en el programa del Gobierno Cubano que no alcanzaron a ser consideradas en el presente informe.

12.6 San Salvador, Guatemala y San José

Las tres capitales centroamericanas incluidas en la REDPANAIRE presentan situaciones muy diferentes, con un total de 31.9% de muestras en exceso de los Niveles de Referencia para el caso de San Salvador, que disminuye al 5.4% en Guatemala y al 2.6% en San José. En la primera ciudad operan dos estaciones mientras que en las otras solo se disponía, hasta la fecha del informe, de una estación en cada una.

San Salvador presenta un problema serio de polvo en suspensión cuyas causas deberían investigarse con el objeto de aplicar las medidas correctivas y preventivas necesarias, tanto para disminuir los actuales niveles como para evitar la aparición de nuevos problemas. Las concentraciones de anhídrido sulfuroso, en cambio, parecen ser bastante bajas y no representan, por el momento, un factor de preocupación. Guatemala y San José deberían ampliar sus programas de medición y vigilancia con el objeto de establecer si nuevas mediciones confirman las conclusiones preliminares obtenidas.

12.7 Río de Janeiro

Río de Janeiro está desarrollando un programa bastante amplio de mediciones, que ha contado con la colaboración técnica de la OPS y el auspicio financiero del PNUD, y ha iniciado igualmente actividades de prevención y control. Solo parte de las mediciones están reflejadas en la única estación de la REDPANAIRE que opera en esta ciudad, cuyos datos se incluyen en el presente informe. Sin embargo una cuarta parte de todas las muestras recogidas, 2 760 en total a lo largo de 86 meses, excede de los Niveles de Referencia, situación que refleja la necesidad de un programa de prevención y control como el que se está luchando por implantar.

12.8 Córdoba y Mendoza

Estas dos ciudades argentinas constituyen importantes polos de desarrollo del país. En ambos casos las estaciones de la REDPANAIRE que operan en ellas están señalando que el 15% de todas las muestras recogidas exceden de los Niveles de Referencia, situación que destaca la urgencia de implantar programas de prevención y control destinados a corregirla.

12.9 Curitiba, Porto Alegre y Belo Horizonte

Estas tres ciudades del Brasil presentan una situación intermedia, con porcentajes de muestras en exceso de los Niveles de Referencia - 6.1 a 9.2% - que no pueden considerarse satisfactorios. En cada ciudad opera hasta la fecha una sola estación, que ha recogido muestras durante períodos razonablemente extensos en Porto Alegre y Belo Horizonte, pero solo durante cinco meses en Curitiba, por lo que los resultados en esta última ciudad deben considerarse como preliminares. En las tres ciudades deberían ampliarse los programas de medición y vigilancia con el objeto de conocer la situación real imperante y poder señalar las medidas de prevención y control más convenientes.

12.10 Caracas y Maracaibo

Las ocho estaciones de Caracas, cuatro operadas por la División de Ingeniería Sanitaria del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, y las otras cuatro por el Departamento de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Central de Venezuela, señalan en general una situación razonablemente buena, aunque el 8.1% de todas las muestras excede de los Niveles de Referencia. Sin embargo, estas muestras en exceso se distribuyen principalmente entre dos estaciones. Aparte de las muestras para polvo sedimentable, con resultados bastante elevados en todas las estaciones pero inferiores a los de la mayoría de la Red, solo Caracas I presenta un porcentaje importante - 15.1% - de muestras en exceso del Nivel de Referencia para polvo en suspensión (Cuadro 12). En todas las demás los valores son bastante reducidos. Mientras en tres el número de muestras en exceso oscila entre el 0.1% y el 0.2% del total, en las otras cuatro todas quedaron por debajo del Nivel de Referencia. Aun comparando los resultados con los Objetivos a Largo Plazo de la OMS, mucho más estrictos, solo Caracas I presenta un promedio general por encima de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las demás estaciones tienen promedios generales entre 14.4 y $25.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, situación que debe estimarse como muy aceptable.

Algo similar encontramos en relación con el anhídrido sulfuroso. Solo una estación, Caracas 3, sobrepasa del Nivel de Referencia de la REDPANAIRE y del Objetivo a Largo Plazo de la OMS (Cuadro 14). Las otras siete presentan promedios muy inferiores, con un máximo de 15,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Caracas 3 es la única en la cual un porcentaje importante - 56% - de las muestras excede del Nivel de Referencia (Cuadro 17). De las restantes, solo en Caracas 2 encontramos que apenas el 0,1% de las muestras excede del Nivel de Referencia, mientras que en las otras seis todas están por debajo de esa cifra.

Es posible que Caracas, por su intenso tránsito automotor, presente un problema serio por monóxido de carbono, y tal vez por oxidantes fotoquímicos. Tanto la Universidad Central de Venezuela como el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, ambos con asesoría de la OPS y el segundo con el apoyo financiero del PNUD, están tratando de investigar esta situación. Venezuela dispone de amplios recursos económicos, autoridades sanitarias bien organizadas y eficientes, y excelentes universidades y profesionales. Esto permite esperar que en un plazo muy breve el país contará con un programa eficiente que contribuya a un mejor diagnóstico de la realidad, a controlar los problemas existentes y a prevenir la aparición de otros nuevos.

En Maracaibo no se dispone más que de un número reducido de muestras, recogidas durante un período de cinco meses. Solo una muestra (0,2%) de las 401 analizadas excede de los Niveles de Referencia. Esto parece señalar condiciones aceptables que deben confirmarse mediante programas más prolongados de medición y vigilancia.

12.11 Medellín, Bogotá, Barranquilla, Cartagena, Cali y Bucaramanga

Colombia tiene la red más extensa de toda la Región, con 19 estaciones operando en seis ciudades. Medellín presenta el mayor número de muestras en exceso de los Niveles de Referencia, con un 5,8% del total. Estos porcentajes son algo menores en las demás ciudades, con un 3,8% de muestras en exceso en Bogotá, 3,2% en Barranquilla, 2,3% en Cartagena y Cali y solo 1,5% en Bucaramanga. Estas cifras parecen indicar que Colombia enfrenta un problema que todavía no reviste gravedad, pero que tiende a acrecentarse en conjunto con el desarrollo socioeconómico del país. Esto ofrece a sus autoridades sanitarias una excelente oportunidad para establecer, a un costo relativamente bajo, un buen programa de medición y vigilancia, que destaque la magnitud real de la situación y las tendencias que presenta, y un programa preventivo y de control que junto con eliminar los problemas ya existentes, posiblemente todavía reducidos en número, impida la aparición de otros nuevos. El Ministerio de Salud Pública así lo ha entendido y por intermedio de su División de Saneamiento Ambiental está poniendo en marcha un programa que, con los recursos necesarios, podría ser un modelo para otros países del continente.

12.12 La Paz y Kingston

En estas dos ciudades se han recogido muestras mediante una sola estación de la REDPANAIRE, por períodos relativamente reducidos. En ambos casos las autoridades sanitarias no han podido continuar operándolas. Los resultados obtenidos señalan una situación aceptable, con solo 1 a 1,2% de muestras

en exceso de los Niveles de Referencia. Deberían hacerse esfuerzos por reanudar en ambos casos las mediciones, tal vez sobre la base de períodos cortos, posiblemente de una semana en cada mes. Así se podría establecer si esta situación aceptable se mantiene y la futura tendencia del problema, permitiendo pronósticos a largo plazo que podrían señalar, con la oportunidad más conveniente, el tipo de medidas preventivas que deberían aplicarse.

12.13 Lima

Las cuatro estaciones instaladas en Lima, tres operadas por el Instituto de Salud Ocupacional del Ministerio de Salud y la cuarta por el Programa Académico de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería, han recogido un total de 7 688 muestras durante un período de 68 meses. Solo 40 muestras (0.5%), han presentado valores por encima de los Niveles de Referencia de la REDPANAIRE. Aun si se comparan los valores obtenidos con los límites más estrictos de los Objetivos a Largo Plazo de la OMS encontramos que los promedios de las cuatro estaciones están por debajo de estas cifras. El valor máximo diario obtenido para polvo en suspensión en toda la ciudad llega exactamente al Nivel de Referencia de la REDPANAIRE, $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Cuadro 11). Solo en Lima I el máximo promedio mensual encontrado excedió del Objetivo a Largo Plazo de la OMS, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En las otras tres estaciones los máximos promedios mensuales estuvieron por debajo de esta cifra (Cuadro 10).

Esto estaría indicando una situación bastante aceptable, que parecería estar en relación con el número de industrias en la ciudad, todavía relativamente reducido, y con su clima temperado y muy uniforme que hace innecesario el empleo de calefacción domiciliaria. Sin embargo, otras mediciones realizadas por el Instituto de Salud Ocupacional, por métodos diferentes de los empleados por la REDPANAIRE, indican concentraciones promedio superiores a las obtenidas en las cuatro estaciones de la Red que operan en la ciudad¹². No resulta sencillo comparar ambos conjuntos de cifras, ni tratar de establecer la razón de las diferencias, por lo que sería conveniente intentar determinar con precisión las concentraciones efectivas de contaminantes atmosféricos mediante un programa adecuado de mediciones e investigaciones, para lo que sería indispensable ampliar los recursos financieros y humanos disponibles.

13. TENDENCIAS

Los datos de la mayoría de las estaciones muestran claras variaciones cíclicas, estacionales. En muchas parecía además evidente una tendencia a largo plazo. Para tratar de confirmar su existencia se efectuó un análisis mediante técnicas de regresión lineal y correlación.

Dado que se está trabajando con series cronológicas, a cada una de las series de concentraciones de contaminantes se aplicó una regresión contra el tiempo absoluto expresado en meses, y se calculó el correspondiente coeficiente simple de correlación. Se aplicó una prueba de significancia, a un nivel de confianza de 95%, basada en la hipótesis nula de que no existía una tendencia significativa, es decir, que las variaciones de los datos a lo

largo del tiempo eran estrictamente de naturaleza aleatoria. En los casos en que la hipótesis fue rechazada se llegó a la conclusión de que los datos observados presentaban una tendencia significativa uniforme.

En la interpretación de los resultados de un análisis de este tipo se deben tomar diversas precauciones:

1. Para el análisis de tendencia se supuso que el modelo era de tipo lineal. Es posible que en una estación determinada exista una tendencia que podría describirse mejor mediante un modelo curvilíneo o polinomial de más alto orden, y que el modelo lineal pudiese erróneamente oscurecerla. Sin embargo estos casos, si existiesen, serían pocos y se les reconocería inmediatamente observando los gráficos de datos.
2. El modelo no explica las variaciones estacionales, cíclicas, o estocásticas (aleatorias) de los datos. Para evitar confusiones entre el componente tendencia y fuentes de variancia de plazos más cortos, solo se aplicó el análisis a estaciones con un mínimo de 24 meses de observaciones.
3. El modelo lineal no es un modelo estructural que pueda explicar el mecanismo generador que ocasiona los fenómenos observados. Solo se le utiliza para establecer si los datos observados presentan una tendencia significativa a largo plazo.
4. El análisis supone que los datos son homogéneos, es decir, que el mecanismo generador subyacente no ha cambiado durante el período de registro. Si se introducen cambios, sea por alteraciones ambientales o de origen humano, se incorporaría un componente inconsistente que lo invalidaría.

Un ejemplo muy claro de esto último ocurre en el caso del anhídrido sulfuroso en la estación Caracas 3. De acuerdo al análisis de tendencia, realizado con la técnica descrita, el computador indicó "No hay tendencia significativa". Sin embargo, en el Gráfico 1 puede observarse una evidente disminución de los promedios mensuales a partir de agosto de 1972. Los datos que se presentan en el Cuadro 20 muestran también que estos promedios, con las variaciones cíclicas ya señaladas, oscilaban durante los años 1969 a 1972 entre 100 y 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un máximo de 207.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en mayo de 1970. Entre 1969 y 1971 se recogieron 776 muestras, de las cuales 766 (98.7%) excedieron del Nivel de Referencia, con un máximo diario de 507.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en agosto de 1970. En agosto de 1972 se produce un cambio brusco. Las 705 muestras tomadas a partir de setiembre de ese año estuvieron todas por debajo del Nivel de Referencia, con promedios mensuales entre 46.8 y 3.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y un máximo diario de 64.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El análisis de los datos recibidos no permite establecer las causas de esta brusca variación. Sería muy interesante que la institución a cargo de esta estación las investigase. Se puede suponer, sin embargo, que en esa fecha desaparecieron algunas fuentes importantes o que la estación fue trasladada de lugar. En cualquier caso se habría perdido la homogeneidad de la generación de los datos, pérdida que no es detectada por el análisis aplicado. No parece haber otro caso similar.

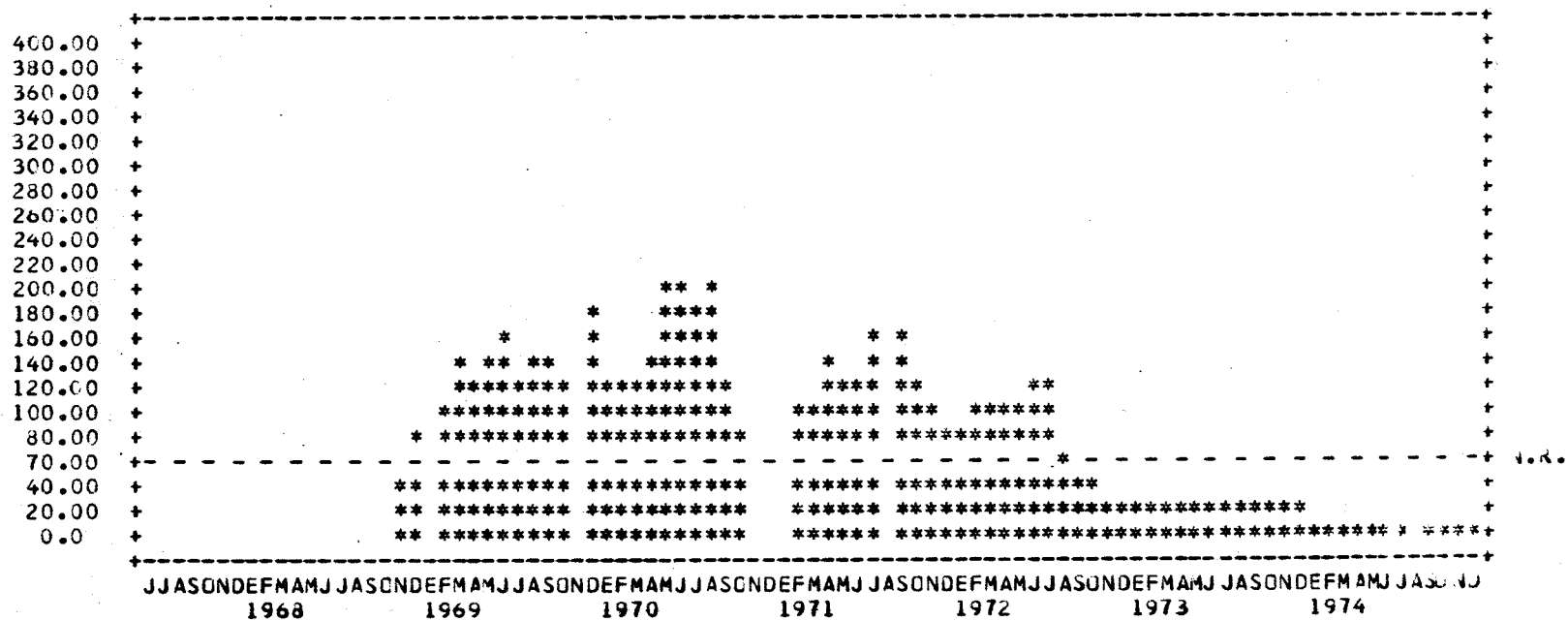
RECPANAIRE - CEPIS/OPS

Gráfico 1

CARACAS 3

ANHIDRIDO SULFUROSO

MICROG/M3



NO HAY TENDENCIA SIGNIFICATIVA

Cuadro 20

REDPANAIRE, Promedios mensuales de anhídrido sulfuroso
obtenidos en la estación Caracas 3 (1968-1974)

(ug/m³)

<u>Año</u>	<u>Mes</u>	<u>Promedio</u>	<u>Año</u>	<u>Mes</u>	<u>Promedio</u>
1968	Noviembre	54.1	1972	Enero	89.3
	Diciembre	70.7		Febrero	107.7
1969	Febrero	104.0		Marzo	94.6
	Marzo	134.5		Abril	105.9
	Abril	117.4		Mayo	100.6
	Mayo	136.0		Junio	111.7
	Junio	169.9		Julio	111.0
	Julio	124.0		Agosto	60.0
	Agosto	148.6		Setiembre	46.8
	Setiembre	134.3		Octubre	36.4
	Octubre	117.4		Noviembre	29.3
	Diciembre	173.8		Diciembre	22.3
1970	Enero	124.1	1973	Enero	25.0
	Febrero	116.9		Febrero	27.1
	Marzo	112.2		Marzo	23.8
	Abril	137.6		Abril	20.7
	Mayo	207.2		Mayo	21.7
	Junio	202.2		Junio	17.0
	Julio	186.4		Julio	15.0
	Agosto	194.1		Agosto	18.9
	Setiembre	130.0		Setiembre	19.9
	Octubre	87.4		Octubre	15.4
1971	Febrero	108.6		Noviembre	13.0
	Marzo	102.9		Diciembre	14.2
	Abril	134.0	1974	Enero	8.1
	Mayo	112.4		Febrero	7.8
	Junio	122.9		Marzo	9.0
	Julio	157.1		Abril	8.1
	Setiembre	150.2		Mayo	7.3
	Octubre	117.2		Junio	6.3
	Noviembre	100.3		Julio	6.5
	Diciembre	82.2		Setiembre	3.6
		Octubre		3.7	
		Noviembre		5.4	
		Diciembre		8.0	

Dentro de los límites establecidos por los supuestos señalados más arriba, la existencia de una tendencia significativa indicará a las autoridades de control que los valores observados de las concentraciones de un determinado contaminante están aumentando o disminuyendo en forma regular y permitiría establecer o modificar, si fuera necesario, las políticas de control con el objeto de adoptar las medidas más apropiadas.

Las tendencias observadas se agruparon en ascendentes, no ascendentes y estadísticamente no significativas, las que se presentan en el Cuadro 21. Puede observarse en la parte A que 19 estaciones (41.3%), de un total de 46, indicaron una tendencia ascendente para el polvo sedimentable, 13 (26.5%) de 49 para polvo en suspensión, y 15 (30.6%) de 49 para anhídrido sulfuroso. Ninguna estación presentó una tendencia descendente, lo que estaría señalando que, tal vez con la excepción de lo ocurrido en el caso de Caracas 3, el problema en general está en aumento. Esto parece lógico dado que tanto el número de habitantes como el de industrias está creciendo en todas las ciudades, mientras que los programas preventivos y de control están todavía en sus etapas iniciales. Estaría indicando igualmente, salvo otros antecedentes que permitiesen modificar esta conclusión, que los programas existentes no eran todavía suficientes para lograr una disminución de los problemas de contaminación atmosférica que afectan a las respectivas ciudades.

En el Cuadro 21B puede observarse que las estaciones con tendencias ascendentes de polvo sedimentable y anhídrido sulfuroso se distribuyen en nueve ciudades, y en seis ciudades las de polvo en suspensión. Los problemas estaban en crecimiento en forma especial en Ciudad de México, donde entre 4 a 8 estaciones presentaban tendencias ascendentes para los diversos contaminantes. Caracas parece tener un problema en relación con el polvo, tanto sedimentable como en suspensión. Las concentraciones de anhídrido sulfuroso están en aumento en seis estaciones de México, dos de Buenos Aires y en una estación en otras siete ciudades.

14. PRESENTACION DE LOS DATOS

La gran cantidad de datos recolectados - 151 553 - hace difícil su inclusión detallada en el presente informe. No parece, por otra parte, que sean de interés más que para las instituciones que tienen a su cargo la operación de las estaciones. Para preparar el análisis que se presenta en este documento todos los informes mensuales recibidos se han traspasado a tarjetas perforadas que, una vez revisadas, han permitido su procesamiento mediante computadora. Se han preparado así tablas en las que aparecen los promedios mensuales para los tres contaminantes. Para polvo en suspensión y anhídrido sulfuroso, de los cuales se recogen muestras diarias, se agrega además, para cada mes, la desviación estándar, el número de muestras, los valores máximo y mínimo obtenidos en el mes y el porcentaje de muestras que exceden del Nivel de Referencia correspondiente.

En igual forma la computadora ha graficado los promedios mensuales, preparando histogramas de barras formados por columnas de asteriscos, señalando el Nivel de Referencia correspondiente a cada contaminante mediante una línea cortada. Cuando en un mes no se han recibido datos, el espacio correspondiente ha quedado en blanco.

Cuadro 21

REDPANAIRE (1967 - 1974)

A. Tendencias de los promedios mensuales de tres contaminantes recogidos en 49 estaciones que disponen de datos correspondientes a 24 meses o más

Tendencia	<u>Polvo sedimentable</u>		<u>Polvo en suspensión</u>		<u>Anhídrido Sulfuroso</u>	
	Estaciones	%	Estaciones	%	Estaciones	%
Ascendente	19	41.3	13	26.5	15	30.6
Estadísticamente no significativa	27	58.7	36	73.5	34	69.4
Total	46	100.0	49	100.0	49	100.0

B. Estaciones que presentan tendencias ascendentes

<u>Polvo sedimentable</u>		<u>Polvo en suspensión</u>		<u>Anhídrido sulfuroso</u>	
Ciudad	Estación N°	Ciudad	Estación N°	Ciudad	Estación N°
La Paz	1	Mendoza	2	Buenos Aires	1-23
Belo Horizonte	1	La Paz	1	Córdoba	1
São Paulo	1	Barranquilla	2	La Paz	1
Medellín	2	Medellín	1-2-4	Belo Horizonte	1
San José	1	México	1-2-5-6	São Paulo	1
San Salvador	1	<u>Caracas</u>	<u>2-3-4</u>	Bogotá	2
México	1-2-3-5-6-7-8-11			Bucaramanga	1
Montevideo	1			La Habana	1
<u>Caracas</u>	<u>2-3-4-5</u>			<u>México</u>	<u>1-2-3-4-5-6</u>
9	19	6	13	9	15

Se ha confeccionado la respectiva tabla para cada una de las 93 estaciones incluidas en el presente informe. Los gráficos se han preparado solamente para las estaciones que habían recogido muestras durante por lo menos 24 meses. Como ya se señaló, se considera que períodos más cortos no producen tendencias significativas.

Como ejemplo, en el Cuadro 22 se incluye una de las dos páginas en que se anotan los datos correspondientes a la estación México 1, y en los Gráficos 2, 3 y 4 se presentan los promedios mensuales de cada contaminante para la misma estación. El total de las tablas y gráficos se ha reproducido en un volumen separado que, como Anexo al presente informe, se distribuirá a las instituciones que tienen a su cargo la operación de las estaciones. Se dispone adicionalmente de un número reducido de copias que podrían entregarse a instituciones seleccionadas que lo solicitaran al CEPIS con el objeto de realizar estudios especiales. Se ha adoptado este sistema tanto por el elevado costo de las publicaciones como porque se espera estar sirviendo mejor a los Países Miembros entregando este informe en un volumen más reducido, de más fácil manejo y lectura, sin recargarlo con una gran cantidad de cifras.

15. PROGRAMAS FUTUROS

Como este informe parece señalar, en la América Latina existen dos ciudades con problemas serios de contaminación del aire. Ambas están desarrollando programas gubernamentales muy activos que se espera puedan lograr una disminución de los niveles de contaminantes. En otras nueve ciudades existen situaciones relativamente serias, que deberían preocupar a las autoridades correspondientes. En el resto los problemas parecen estar todavía en una etapa inicial. Sin embargo, en muchos casos los datos provienen de una sola estación por lo que, como se ha señalado, no pueden considerarse representativos de la situación real. Parece indispensable ampliar a la brevedad los programas de medición y vigilancia con el objeto de establecer cuál es la realidad efectiva mediante la recolección de muestras en número suficiente para darles la necesaria representatividad.

En cuanto a prevención y control podría estimarse que las ciudades donde los problemas son todavía incipientes pueden esperar tranquilas, sin necesidad de invertir fondos en programas que no tendrían una prioridad suficiente. Un análisis a mediano plazo señala inmediatamente que esta complacencia podría ser peligrosa y costosa.

En el Cuadro 23 se presentan algunas cifras relacionadas con las proyecciones del crecimiento de América Latina en los próximos 24 años, es decir, hasta el año 2000. En la parte A se señalan, según un estudio realizado en 1963¹³, las proyecciones de población entre 1960, tomado como base, y el año 2000, considerando tres hipótesis de crecimiento: baja, media y alta. Estas nos darían respectivamente para esa fecha tope, 532.4, 638.1 ó 686.1 millones de habitantes.

Cuadro 22

REPÚBLICA DE COLOMBIA

MEXICO 1

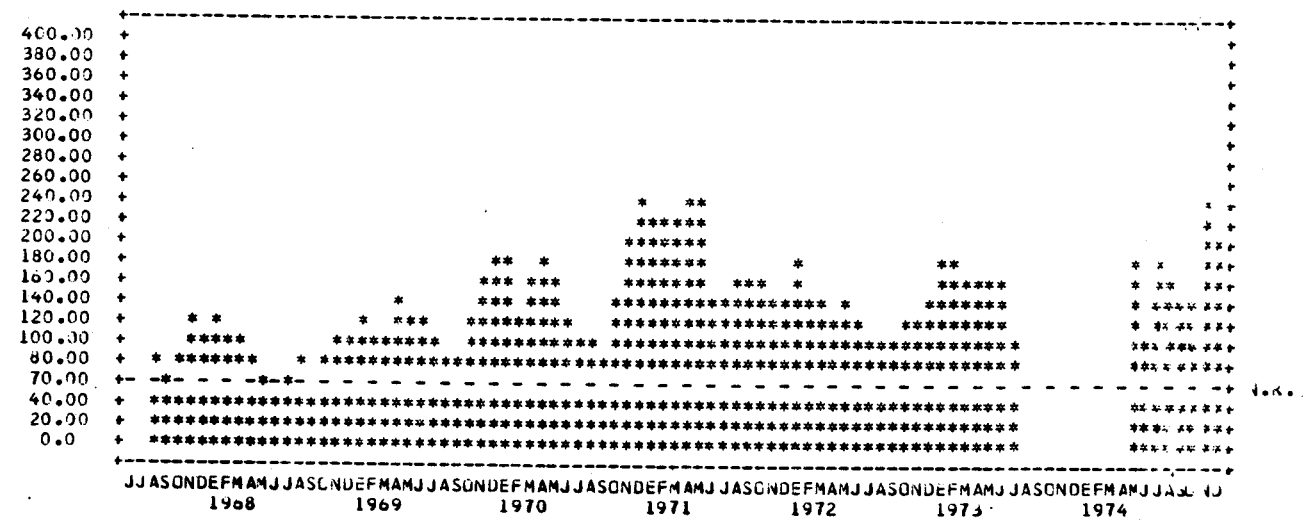
MES	POLVO SEDIMENTABLE MG/CM2/30 DIAS	POLVO EN SUSPENSION MICROG/M3					POLVO EN SUSPENSION MICROG/M3						
		PRM4	S	N	MAX	MIN	SEX	PRM4	S	N	MAX	MIN	SEX
AÑO 1967													
AGOSTO	2.48	67.8	20.7	20	130.0	21.0	15.0	72.4	23.4	21	130.0	21.0	15.0
SEPTIEMBRE	2.45	68.0	20.9	30	144.0	27.0	13.3	58.6	22.3	29	130.0	21.0	15.0
OCTUBRE	1.31	70.3	26.2	31	144.0	31.0	16.1	85.0	43.8	31	130.0	21.0	15.0
NOVIEMBRE	0.39	108.3	34.3	30	250.0	27.0	53.3	121.4	52.4	33	130.0	21.0	15.0
DICIEMBRE	0.0000	120.0	30.3	30	247.0	35.0	66.7	98.7	35.0	31	130.0	21.0	15.0
AÑO 1968													
ENERO	0.83	130.8	41.9	31	338.0	35.0	64.5	121.0	38.7	31	130.0	21.0	15.0
FEBRERO	1.57	112.8	36.6	29	222.0	26.0	55.2	94.6	46.1	29	130.0	21.0	15.0
MARZO	0.79	90.6	44.3	30	202.0	21.0	33.3	59.5	77.8	31	130.0	21.0	15.0
ABRIL	0.72	89.3	27.3	30	136.0	40.0	33.3	75.2	30.8	31	130.0	21.0	15.0
MAYO	0.87	81.6	22.8	31	168.0	29.0	22.0	68.5	41.3	31	130.0	21.0	15.0
JUNIO	2.07	70.1	22.4	30	109.0	19.0	0.7	46.0	29.6	31	130.0	21.0	15.0
JULIO	3.46	62.6	18.5	31	111.6	39.1	3.2	59.8	35.0	31	130.0	21.0	15.0
AGOSTO	1.73	58.3	17.3	31	98.0	32.0	0.0	77.5	48.2	31	130.0	21.0	15.0
SEPTIEMBRE	3.82	55.4	30.8	31	112.4	0.0	6.5	51.1	33.0	31	130.0	21.0	15.0
OCTUBRE	2.88	71.7	28.8	31	144.0	28.2	19.4	75.8	37.4	31	130.0	21.0	15.0
NOVIEMBRE	1.07	115.5	45.3	30	261.1	59.8	56.7	98.9	37.0	31	130.0	21.0	15.0
DICIEMBRE	0.93	117.2	30.8	31	401.3	23.8	49.2	93.8	51.2	31	130.0	21.0	15.0
AÑO 1969													
ENERO	1.04	170.0	116.0	31	707.1	21.0	67.1	119.6	41.2	31	130.0	21.0	15.0
FEBRERO	1.01	193.7	99.2	27	414.5	37.2	77.8	100.9	35.9	29	130.0	21.0	15.0
MARZO	0.73	97.2	29.4	31	186.7	40.4	48.2	94.2	38.3	31	130.0	21.0	15.0
ABRIL	0.99	127.0	45.4	29	232.6	64.8	69.0	139.6	42.5	29	130.0	21.0	15.0
MAYO	1.46	96.4	29.2	31	200.0	25.1	38.7	112.7	53.4	31	130.0	21.0	15.0
JUNIO	0.96	61.4	22.1	27	98.8	19.5	0.0	110.2	36.3	29	130.0	21.0	15.0
JULIO	1.32	68.8	22.0	28	136.1	36.3	7.1	106.4	47.8	28	130.0	21.0	15.0
AGOSTO	0.97	62.8	22.0	31	111.4	21.4	6.5	71.9	22.1	31	130.0	21.0	15.0
SEPTIEMBRE	1.49	67.5	25.4	29	165.7	22.5	6.9	80.5	30.2	29	130.0	21.0	15.0
OCTUBRE	1.34	95.2	36.9	31	193.8	52.3	35.5	118.7	60.1	31	130.0	21.0	15.0
NOVIEMBRE	1.04	126.4	47.4	30	232.5	37.9	76.7	155.5	57.1	30	130.0	21.0	15.0
DICIEMBRE	1.25	169.2	75.7	31	370.0	65.8	77.4	184.1	64.1	31	130.0	21.0	15.0
AÑO 1970													
ENERO	1.05	190.8	60.1	28	375.1	112.2	100.0	188.3	86.8	31	130.0	21.0	15.0
FEBRERO	0.92	108.9	44.2	28	227.0	34.9	57.1	111.8	50.5	31	130.0	21.0	15.0
MARZO	0.83	118.6	37.7	31	207.3	53.2	67.7	149.1	58.9	31	130.0	21.0	15.0
ABRIL	1.82	127.0	40.4	30	270.0	71.6	76.7	189.9	63.6	29	130.0	21.0	15.0
MAYO	2.20	92.7	28.5	31	160.9	42.7	41.9	161.5	52.5	31	130.0	21.0	15.0
JUNIO	2.19	66.0	18.9	30	108.5	20.1	3.3	114.3	42.8	30	130.0	21.0	15.0
JULIO	1.84	59.7	15.6	30	105.0	27.8	3.3	104.8	37.3	30	130.0	21.0	15.0
AGOSTO	1.77	53.6	20.1	30	102.3	22.2	3.3	97.7	40.3	29	130.0	21.0	15.0
SEPTIEMBRE	1.60	36.3	20.8	28	136.0	34.7	3.6	75.2	32.8	28	130.0	21.0	15.0
OCTUBRE	1.41	79.2	26.5	31	145.3	33.3	19.4	136.0	46.2	31	130.0	21.0	15.0
NOVIEMBRE	1.08	122.4	43.5	29	223.3	42.1	69.0	202.3	63.4	29	130.0	21.0	15.0
DICIEMBRE	1.27	172.2	103.3	31	533.7	53.9	80.0	232.5	80.9	31	130.0	21.0	15.0

*0.00
sumado.*

REDPANAIRE - CEPIS/UPS

Gráfico 4

MEXICO
ANHIDRIDO SULFURADO
MICROG/M3



HAY TENDENCIA SIGNIFICATIVA

```

*****
INTERSECCION      = 86.095
COEF. DE REGRESION = 0.992
COEF. DE CORRELACION = 0.514
NUM. DE OBSERVACIONES = 80
*****

```

En la parte B del cuadro se agrega un nuevo estudio preparado por CEPAL¹⁴ diez años después. Su comparación permite establecer cuál de las tres hipótesis corresponde a la realidad de lo que está ocurriendo. Como puede verse, aunque se parte de una población algo inferior para 1960, en 1975 ya se había alcanzado una cifra intermedia entre las hipótesis baja y media, y las proyecciones para el año 2000 señalan una población de 659.3 millones, intermedia entre las hipótesis media y alta. Salvo circunstancias inesperadas, de ocurrencia poco probable, la población de América Latina y el Caribe llegará por lo menos a duplicarse en los próximos 24 años. Esto significa que será necesario proporcionar alimentos, habitación, abrigo, educación, servicios públicos, movilidad y trabajo a una población adicional de más de 300 millones de habitantes, aparte de la ya existente. Esto significará, necesariamente, más industrias, más vehículos automotores - de tipo individual o colectivo - más electricidad, más calefacción en las ciudades que la requieran y probablemente más sistemas de incineración de basuras. En resumen, un problema inevitablemente creciente de contaminación atmosférica si las autoridades correspondientes no adoptan, con la debida oportunidad, las medidas de prevención y control indispensables.

Debe tenerse bien claro que los programas de evaluación y vigilancia, al igual que los de prevención y control, requieren de recursos financieros para su realización y de personal debidamente adiestrado que los opere. Es indispensable otorgar los primeros y preparar a los segundos. Esto no será tarea fácil ni podrá lograrse a breve plazo. Debe tenerse presente que un programa razonablemente eficiente no parece poder realizarse sin una inversión gubernamental del orden del equivalente de US\$0.50 por habitante de cada ciudad y por año. Con la posible excepción de México y Brasil, que están asignando presupuestos razonablemente adecuados a estas actividades, ningún otro país se aproxima a esta cifra. Los antecedentes expuestos en este informe deberían inducir a las autoridades gubernamentales a iniciar, y financiar, con la debida oportunidad, los programas de evaluación, prevención y control que sus comunidades requieren.

La REDPANAIRE está realizando hasta ahora mediciones exclusivamente en las zonas urbanas que, salvo casos aislados, son las que presentan los problemas más serios, tanto actuales como futuros. Son también las zonas de crecimiento más acelerado en todo el continente. Para citar un solo ejemplo, en el Cuadro 23C se incluye una proyección de la población de la ciudad de Lima entre 1974 y 2000, preparada a partir de datos presentados por la delegación del Perú a la III Reunión de Ministros de Salud del Area Andina (Caracas, noviembre de 1974)¹⁵. De acuerdo al informe consolidado preparado en esa oportunidad, Lima tenía en 1974 una población de 3 302 000 habitantes y una tasa de crecimiento del 5% anual. Si esta tasa se mantuviese, y de acuerdo a datos no oficiales parecería estar en aumento, en el año 2000 la población de Lima llegaría a 11 740 831 habitantes, es decir, se triplicaría con creces. Este fenómeno, que no parece que pueda ser evitado, y que se repite en la mayoría de las capitales del continente, representará inevitablemente condiciones cada vez más serias en relación con los problemas de contaminación atmosférica y con el deterioro de la calidad del aire que respirarán sus habitantes. Aun si se confirmase que Lima presenta las bajas concentraciones de contaminantes que estarían señalando las cuatro estaciones de la REDPANAIRE que operan en la ciudad, este crecimiento explosivo constituye un imperativo que exige el desarrollo inmediato de programas cada vez más activos y eficientes de evaluación, prevención y control.

Cuadro 23

PROYECCIONES DEL CRECIMIENTO DE LA POBLACION DE AMERICA LATINA, 1960-2000

A. Según Naciones Unidas. Tomado de "World Population Prospects as Assessed in 1963", United Nations Population Studies No. 41. Citado por Ehrlich, P.R. y Ehrlich, A.H.

<u>Año</u>	Hipótesis de crecimiento:	<u>Población en millones</u>		
		<u>Baja</u>	<u>Media</u>	<u>Alta</u>
1960		212.4	212.4	212.4
1970		281.8	283.3	283.4
1975		321.3	327.6	328.9
1980		362.3	378.4	383.2
1990		446.5	497.9	521.6
2000		532.4	638.1	686.1

B. Según CEPAL. "Anuario Estadístico de América Latina 1973" (24 países: 20 países latinoamericanos más Barbados, Guyana, Jamaica y Trinidad/Tabago)

<u>Año</u>	<u>Población en millones</u>
1960	210.3
1970	279.0
1975	322.0
1980	371.8
1990	495.1*
2000	659.3*

(*) Calculado en el CEPIS, aplicando la variación quinquenal de 15.4% utilizada por CEPAL

C. Población de Lima. Proyectada a partir de datos del Informe Consolidado sobre Contaminación Ambiental en los Países del Area Andina, presentado por la delegación del Perú a la III Reunión de Ministros de Salud del Area Andina (Caracas, noviembre 1974)

<u>Año</u>	<u>Población</u>	<u>Tasa de crecimiento</u>
1974	3 302 000	5% anual
1975	3 467 100	
1980	4 424 995	
1990	7 207 851	
2000	11 740 831	

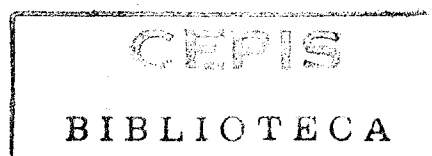
REFERENCIAS

1. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. *Red panamericana de muestreo de la contaminación del aire. Resultados obtenidos: junio 1967 - diciembre 1970.* Lima/CEPIS/1971. Serie Técnica del Departamento de Ingeniería y Ciencias del Ambiente N° 10.
2. REUNION ESPECIAL DE MINISTROS DE SALUD DE LAS AMERICAS, 3. Santiago, 1972. *Plan decenal de salud de las Américas.* Washington, D.C., Organización Panamericana de la Salud, 1973. 146 p. Documento Oficial N° 118.
3. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. *Red panamericana de muestreo normalizado de la contaminación del aire. Manual de operaciones.* Lima/CEPIS/1970.
4. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Office of Research and Development. *The world's air quality management standards.* Washington D.C., October 1974. 2 t. EPA-650/9-75-001-a & EPA-650/9-75-001-b.
5. FEDERAL REGISTER, U.S.A., 36(84), Part. II. Washington, D.C., Friday, April 30, 1971.
6. IZMEROV, N.F. *La lucha contra la contaminación del aire en la U.R.S.S.* Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1974. 166 p. Cuadernos de Salud Pública, 54.
7. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. *Criterios y pautas de salubridad del aire en relación con ciertos contaminantes del medio urbano.* Informe de un Comité de Expertos de la OMS. 38 p. Ginebra 1972. Serie de Informes Técnicos, 506.
8. QUISPE PAREDES, Luis. *Informe del estudio de la eficiencia del método acidimétrico para la determinación de dióxido de azufre en aire, usando el instrumento "Tracor" de tubo permeable, modelo manual.* Lima, Instituto de Salud Ocupacional, 1972. Inédito
9. QUISPE PAREDES, Luis. *Nuevo procedimiento analítico para la evaluación de dióxido de azufre en aire, en presencia de amoníaco y otras sustancias alcalinas.* *Salud Ocupacional, Lima, 19(1-4): 3-13, 1974.*
10. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. *Health hazards of the human environment.* Prepared by 100 specialists in 15 countries. Geneva, World Health Organization, 1972. 387 p.

Esta sería situación de las áreas urbanas no debería, por otra parte, inducirnos a descuidar lo que está ocurriendo en las zonas rurales. Las refinерías de minerales y de petróleo que se instalan en número creciente en toda la Región, las industrias que se ubican en áreas hasta ahora rurales, siguiendo las políticas de descentralización y de implantación de nuevos polos de desarrollo establecidas por casi todos los países, están representando el surgimiento de concentraciones elevadas de contaminantes atmosféricos, suficientes para afectar seriamente a la salud de sus habitantes y ocasionar daños económicos importantes por sus efectos sobre la flora y fauna, y en especial por la disminución del rendimiento de las cosechas agrícolas y de la ganadería. Esto podría traducirse en la aparición de problemas de graves repercusiones, que deberían comenzar a evaluarse a la brevedad.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) y su Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) entregan este informe a las autoridades, instituciones docentes, profesionales y técnicos del continente en la esperanza de estar contribuyendo con esto a la protección de la salud de sus habitantes, misión fundamental que les ha sido encomendada por los Países Miembros. Confían en poder continuar colaborando en el futuro a un mejor conocimiento del problema y a la realización de programas cada vez más eficientes y efectivos de prevención y control.

Lima, abril de 1976



11. EHRLICH F., Luis E. Administración del recurso aire en México. *Símpo-
sio sobre ambiente, salud y desarrollo en las Américas, México, 1974.*
Lima/CEPIS/1976, p. 210-230. Serie Técnica de la División de Salud
Ambiental, 19.
12. GASTAÑAGA COLL, Aníbal. Administración del recurso aire en el Perú.
*Símpo-
sio sobre ambiente, salud y desarrollo en las Américas, México,
1974.* Lima/CEPIS/1976, p. 231-244. Serie Técnica de la División de
Salud Ambiental, 19.
13. EHRLICH, Paul R. & EHRLICH, Anne H. *Population, resources, environment;
issues in human ecology.* San Francisco, W.H. Freeman, 1970. 383 p.
14. NACIONES UNIDAS. Comisión Económica para América Latina. *Anuario
estadístico de América Latina 1973.* New York, 1974. t. I. E/CEPAL/977.
15. PERU. Ministerio de Salud. *El problema de la contaminación ambiental
en los países del área andina.* Informe consolidado a cargo de la Dele-
gación de Perú a la III Reunión de Ministros de Salud de los Países
del Area Andina, Caracas, Venezuela. 25-30 noviembre 1974. s.p.d.i.
98, 11 p.

