

Original: Español

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMÉRICA LATINA

Marcelo E. Korc
Asesor en Contaminación del Aire, CEPIS

Rodolfo Sáenz
Consultor

Programa de Control de Contaminación del Aire



Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
División de Salud y Ambiente
Organización Panamericana de la Salud
Oficina Sanitaria Panamericana - Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud

Lima
1999

ÍNDICE

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Introducción..... | 1 |
| 2. | Antecedentes | 2 |
| 3. | Sistema de información para el control de la calidad del aire (Air Management information system –AMIS) | 3 |
| 4. | Monitoreo de la calidad del aire en América Latina | 4 |
| 4.1 | Países con buena capacidad de monitoreo | 5 |
| 4.2 | Países con limitada capacidad de monitoreo | 8 |
| 4.3 | Países con mínima capacidad de monitoreo | 14 |
| 5. | Guías y normas de calidad del aire | 15 |
| 6. | Conclusiones y recomendaciones | 16 |
| 7. | Referencias | 19 |

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMÉRICA LATINA

1. Introducción

Este documento resume los esfuerzos que están realizando varios países de América Latina en el monitoreo de la calidad del aire. Cabe anotar que en este informe no se pretende presentar un estudio riguroso y exhaustivo sobre el tema, simplemente se presenta un compendio de experiencias. El documento se ha basado en:

- Informes presentados en la Reunión de Asesores en Salud y Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud (OPS)/Organización Mundial de la Salud (OMS) y de los Colaboradores en el Monitoreo de la Calidad del Aire en las Américas, celebrada en la ciudad de México, D.F. el 28 y 29 de octubre de 1996.
- Memorias del Primer Seminario Internacional sobre Gestión de la Calidad del Aire, celebrado en la ciudad de Buenos Aires en junio de 1997.
- Informes preparados por los Asesores en Salud y Ambiente de la OPS/OMS a comienzos de 1998.
- Documentos preparados por los gobiernos de los países de la Región y artículos publicados en revistas científicas.

Contaminación del aire es el término usado para describir la presencia de uno o más contaminantes en la atmósfera, cuyas cantidades y características pueden resultar perjudiciales o interferir con la salud, el bienestar u otros procesos ambientales naturales.¹

Varias actividades humanas contaminan el aire. Los contaminantes originados por la actividad humana pueden provenir de fuentes fijas (fábricas, plantas termoeléctricas, viviendas, etc.) o fuentes móviles (vehículos, aviones, trenes, barcos, etc.). Existen además fuentes naturales, como por ejemplo el polen emitido por las flores, el polvo procedente de la erosión eólica y las erupciones volcánicas.

Cuando el aire tiene contaminantes en forma de partículas, gases o agentes biológicos, existe un potencial de efectos nocivos a la salud. La mayoría de los contaminantes comunes del aire presentan los siguientes efectos en los sistemas respiratorio y cardiovascular:²

- Las concentraciones elevadas de dióxido de azufre (SO₂) y material particulado en suspensión han sido asociadas con incrementos en la morbilidad y mortalidad, así como con el deterioro de las funciones respiratorias.
- El dióxido de nitrógeno (NO₂) y el ozono también afectan al sistema respiratorio; las exposiciones agudas pueden causar reacciones inflamatorias, disminución de la función pulmonar e incremento de la resistencia al paso del aire en las vías respiratorias. La presencia de oxidantes en el aire, como el ozono, puede irritar los ojos y dificultar la respiración cuando se hace ejercicio físico extremo. Las exposiciones prolongadas a este contaminante pueden provocar deterioro permanente de los órganos respiratorios.
- El monóxido de carbono (CO) tiene una alta afinidad con la hemoglobina y es capaz de hacer disminuir la concentración de oxígeno en la sangre, lo que provoca efectos negativos en el sistema cardiovascular nervioso y en el comportamiento.
- El plomo inhibe la síntesis de la hemoglobina en los glóbulos rojos de la médula ósea, perjudica las funciones del hígado y los riñones, y causa daños neurológicos.

Últimamente se ha desarrollado mucho la tecnología para el control de la calidad del aire como resultado de una mayor conciencia, tanto de parte de los gobiernos como del público en general, sobre la importancia de mantener el aire limpio. Esto ha obligado a las plantas termoeléctricas, a los fabricantes de automóviles y a la industria en general a tomar medidas para disminuir la descarga de contaminantes a la atmósfera.

2. Antecedentes

Desde inicios de 1950 se observó en los países de América Latina y el Caribe una preocupación por la contaminación del aire. Las universidades y dependencias de los ministerios de salud fueron los organismos que realizaron las primeras mediciones de contaminación en el aire.

En 1965, el Consejo Directivo de la OPS recomendó a su Director el establecimiento de programas de investigación de la contaminación del agua y del aire, con el objeto de colaborar con los Gobiernos Miembros en el desarrollo de políticas adecuadas de control. Al iniciar la OPS su programa regional, prácticamente ningún país conocía la magnitud real de sus problemas de contaminación atmosférica. Por medio del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), que iniciaba sus actividades, la OPS acordó establecer una red de estaciones de muestreo de la contaminación del aire.³

La Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire (REDPANAIRES) inició sus operaciones en junio de 1967, con la recolección de muestras mensuales de polvo sedimentable (PS) y muestras diarias de partículas totales en

suspensión (PTS) y de SO₂. La REDPANAIRE comenzó con ocho estaciones y a fines de 1973 tenía un total de 88 estaciones distribuidas en 26 ciudades de 14 países.³

Hasta diciembre de 1973 se habían recogido más de 350,000 datos sobre la calidad del aire, los que indicaban que varias ciudades duplicaban y triplicaban los niveles de referencia recomendados. Algunas ciudades mostraban además una tendencia al incremento de los niveles de contaminación.³

En 1980 la REDPANAIRE desapareció como tal y pasó a formar parte del Programa Global de Monitoreo de la Calidad del Aire, iniciado en 1976 por la OMS y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como parte de un sistema global de monitoreo ambiental llamado GEMS por sus siglas en inglés –Global Environmental Monitoring System.

Durante la década de 1980, varias de las áreas urbanas de la Región operaron redes extensas de monitoreo de la calidad del aire. Estas redes midieron los contaminantes del aire más comunes, incluidos el SO₂, NO₂, CO, ozono, plomo y PTS. Debido a la escasez de recursos, existe una gran masa de datos pero con registros incompletos.²

En la década de 1990, la OMS organizó, con carácter global, el Sistema de Información para el Control de la Calidad del Aire llamado AMIS por sus siglas en inglés –Air Management Information System. En 1997, la red GEMS-Air desapareció como tal para integrarse al AMIS.

3. Sistema de información para el control de la calidad del aire (Air management information system –AMIS)⁴

El AMIS es un programa desarrollado por la OMS como parte del programa de Ciudades Saludables. El objetivo del AMIS es actuar como un sistema global de intercambio de información sobre la calidad del aire. El programa AMIS incluye las siguientes actividades:

- Coordinar las bases de datos sobre temas relacionados con la calidad del aire.
- Facilitar el intercambio de información sobre calidad del aire entre los países.
- Ampliar la distribución de documentos sobre monitoreo y gestión de la calidad del aire.
- Publicar y ampliar la distribución de publicaciones anuales sobre tendencias de las concentraciones de los contaminantes del aire.
- Realizar cursos de capacitación sobre monitoreo y gestión de la calidad del aire.
- Promover contactos entre donantes y entidades que necesiten recibir equipos de monitoreo.
- Fortalecer a los Centros Regionales Cooperantes que apoyan la transferencia de datos, realizan actividades de capacitación e implementan proyectos mediante el uso de experiencias exitosas.

Otros productos que AMIS ha planificado o desarrollado son:

- Guías globales sobre la calidad del aire de la OMS y apoyo a los países en el desarrollo de normas y reglamentos basados en las guías.
- Metodologías para la caracterización de emisiones.
- Referencias a otras bases de datos sobre calidad del aire.
- Bases de datos con direcciones de los participantes en AMIS, fabricantes de equipos de monitoreo e instituciones de capacitación.
- Uso y accesibilidad a modelos de dispersión e información sobre dónde obtenerlos.
- Información sobre niveles de contaminación del aire en los interiores de las áreas urbanas y rurales.
- Información sobre niveles de contaminación por ruido.
- Procedimientos seguidos en la gestión de la calidad del aire.
- Información sobre acciones de control y sus costos.
- Información sobre efectos adversos de la contaminación del aire en la salud y su costo.

Actualmente, la base de datos de AMIS incluye información sobre 60 ciudades en 30 países. Esta base de datos comprende principalmente datos obtenidos entre 1986 y 1995. Existen planes para incrementar el número de ciudades participantes a 300 al finalizar el milenio.

4. Monitoreo de la calidad del aire en América Latina

El monitoreo del aire es el resultado de los procedimientos de muestreo y análisis de los contaminantes atmosféricos. Los contaminantes atmosféricos importantes que se monitorean comúnmente son: SO₂, CO, PST, PM₁₀, ozono y óxidos de nitrógeno (NO_x). Estos contaminantes son conocidos como contaminantes criterio, para los cuales existen normas de calidad del aire. La finalidad de las normas es proteger la salud humana (normas primarias), así como el bienestar del ser humano y los ecosistemas (normas secundarias). Los hidrocarburos sin metano (HSM) también son contaminantes atmosféricos importantes por sus potenciales efectos en la salud y por ser, junto con NO_x, los precursores del ozono.⁵

A continuación se presenta un breve resumen por país de los esfuerzos realizados en varias ciudades de la Región en el monitoreo de la calidad del aire. Este resumen está dividido en tres secciones: países con buena capacidad de monitoreo: Brasil, Chile y México; países con limitada capacidad de monitoreo: Argentina, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Perú y Venezuela; y países con mínima capacidad de monitoreo: Bolivia, Guatemala, Nicaragua y Uruguay.

4.1 Países con buena capacidad de monitoreo

En esta sección se presentan países que tienen ciudades con buena capacidad de monitoreo. Cabe anotar que, dentro de estos mismos países, hay una gran diferencia en la capacidad de monitoreo entre una ciudad y otra.

a. Brasil

Porto Alegre

La Secretaría Municipal de Medio Ambiente (SMAM) -con el apoyo de la Refinería Alberto Pasqualini de la Petrobrás, el Centro de Ecología y Departamento de Geografía de la Universidad Federal de Río Grande del Sur, y el Departamento Municipal de Agua y Aguas Servidas- está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en Porto Alegre. Los trabajos se iniciaron en junio de 1992 con cuatro estaciones equipadas para medir diariamente SO₂ y semanalmente NO₂. Esta red se amplió en 1997 para medir CO y PTS en las estaciones existentes y SO₂ y NO₂ en una estación nueva.⁶

Desde marzo de 1996 hasta abril de 1997 se llevó a cabo un estudio de la calidad del aire financiado por Petrobrás. Como parte de este estudio se instaló una estación automática de monitoreo de CO, NO_x, SO₂, ozono y PM₁₀ y se recogieron 46 muestras de aire para la medición de hidrocarburos.^{7,8}

Río de Janeiro⁹

La Fundación Estatal de Ingeniería Ambiental (FEEMA) está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en el Estado de Río de Janeiro. Hasta 1996, la FEEMA operaba una red manual de 11 estaciones de muestreo de PTS ubicadas en la Región Metropolitana del Estado. Las muestras se tomaron durante 24 horas cada seis días. Además, la FEEMA operó una estación fija automática de monitoreo continuo de gases en el barrio de Bonsucesso que ha sido desactivada y una estación móvil que ha sido utilizada para campañas de medición de corto plazo.

En 1996, con el apoyo del Gobierno Alemán, la FEEMA realizó una campaña intensiva de monitoreo de corto plazo en la Región Metropolitana del Estado con el objeto de evaluar y reestructurar la red existente para mejorarla y extenderla. La red de monitoreo intensivo consistió en la toma de muestras de partículas, SO₂, y NO₂ en 13 puntos de la Región.

São Paulo⁹

La Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental (CETESB) está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en el Estado de São Paulo. Desde 1981, la

CETESB opera una red de monitoreo automática de 25 estaciones fijas y dos móviles que miden PM₁₀, SO₂, NO_x, O₃, CO, hidrocarburos, dirección y velocidad del viento, humedad y temperatura. De las 25 estaciones fijas, 22 están ubicadas en el Área Metropolitana de São Paulo y tres están ubicadas en Cubatão. Las estaciones móviles se utilizan para estudios especiales en áreas donde no existen estaciones fijas.

La CETESB también opera una red manual de siete estaciones de muestreo de SO₂ y humos desde 1973 y 11 estaciones de muestreo de PTS desde 1983 en el Área Metropolitana de São Paulo. Desde 1986, la CETESB opera una red manual de 17 estaciones de muestreo de SO₂ y humos en el interior del Estado de São Paulo. La duración de muestreo es de 24 horas cada seis días.

b. Chile

Santiago¹⁰

La Comisión Nacional del Medio Ambiente, a través del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA) del Sistema Nacional de Servicios de Salud, está a cargo de la vigilancia de la calidad del aire de la Región Metropolitana de Santiago. La red de monitoreo cuenta con ocho estaciones automáticas distribuidas en el área metropolitana. Estas estaciones miden continuamente hasta nueve contaminantes y varios parámetros meteorológicos (ver cuadro 1). En todas las estaciones también se toman muestras para la medición de PS.

Cuadro 1. Red de monitoreo de la calidad del aire en el Área Metropolitana de Santiago de Chile

| Estación | Parámetro | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------------|-----------------|-------|-----|-----------------|------|-------|-----|------|
| | CO | SO ₂ | NO _x | Ozono | HSM | CH ₄ | PM10 | PM2.5 | PTS | Met* |
| Santiago Oriente Providencia | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| Independencia Recoleta | X | X | X | X | X | X | X | X | | X |
| La Florida/Macul Peñalolén | X | X | X | X | X | X | X | | | X |
| Las Condes, Vitacura | X | X | X | X | X | X | X | X | | X |
| Santiago Sur | X | X | X | X | X | X | X | | | X |
| Pudahuel/Lo Prado Cerro Navia | X | X | X | X | X | X | X | | | X |
| Cerrillos Maipú | X | X | X | X | X | X | X | | | X |
| El Bosque/Lo Espejo/San Ramón | X | X | X | X | X | X | X | | | X |

* Met = Meteorología

c. México^{11, 12}Valle de México

La Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, a través de la Red Automatizada de Monitoreo del Aire (RAMA) está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

El Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM consta de una red manual y una automática. La red manual cuenta con 19 estaciones de muestreo para la medición de las concentraciones de PTS. En cinco estaciones también se toman muestras para la medición de las concentraciones de PM₁₀ y formaldehído. La red automática cuenta con 32 estaciones de monitoreo de ozono, SO₂, NO_x, CO y PM₁₀, 10 estaciones micrometeorológicas, una torre meteorológica, un radar acústico y una ecosonda. El sistema también cuenta con dos laboratorios móviles con equipo de monitoreo de ozono, NO_x, SO₂, CO, PM₁₀, dirección y velocidad del viento, temperatura ambiente y radiación solar y un sistema óptico de camino largo llamado DOAS por sus siglas en inglés – Differential optical absorption spectrometry – para el monitoreo de benceno, tolueno, formaldehído, ozono, SO₂ y NO₂.

Monterrey

La Subsecretaría de Ecología, de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Gobierno de Nuevo León, está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM). Las operaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico se iniciaron en 1993. Esta red está integrada por cinco estaciones fijas de monitoreo continuo de CO, SO₂, NO_x, ozono y PM₁₀, una unidad móvil y un equipo de sodar. Las estaciones fijas están distribuidas en las cinco zonas de la ZMM.

Guadalajara

La Comisión Estatal de Ecología del Gobierno del Estado de Jalisco está a cargo de la administración y operación de la red de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Guadalajara. La instalación y las pruebas de operación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico se llevaron a cabo en 1993. La red está integrada por ocho estaciones distribuidas en cinco zonas de la ciudad. Cada estación cuenta con monitores para medir SO₂, CO, NO₂, O₃, PST, PM₁₀ y variables meteorológicas. La red comenzó a funcionar en 1994.

Valle de Toluca

La Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México está a cargo de la administración y operación de la red de monitoreo de la calidad del aire en la Zona

Metropolitana del Valle de Toluca. Los trabajos de monitoreo se iniciaron a finales de la década de 1980, con equipo manual para muestreo de PTS y algunos contaminantes gaseosos. La Red Automática de Monitoreo Atmosférico empezó a operar en 1994. Esta red está integrada por siete estaciones distribuidas en tres zonas de la ciudad. Así mismo, la red cuenta con una unidad móvil de monitoreo. Cada estación cuenta con equipos de monitoreo de CO, SO₂, NO_x, ozono y PTS.

Ciudad Juárez

La Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Juárez está a cargo de la administración y operación de la red de monitoreo de la calidad del aire en Ciudad Juárez. La red de monitoreo se inició en 1993 con equipo manual para el muestreo de PM₁₀. Posteriormente, se agregaron equipos automáticos para el monitoreo de CO y ozono. Las estaciones están distribuidas en las zonas noreste, noroeste y suroeste donde se mide ozono, PM₁₀ y monóxido de carbono y en las zonas centro y sur donde se mide únicamente PM₁₀.

4.2 Ciudades con limitada capacidad de monitoreo

En esta sección se presentan países que tienen ciudades con limitada capacidad de monitoreo. Cabe anotar que, dentro de estos mismos países, hay una gran diferencia en la capacidad de monitoreo entre una ciudad y otra.

a. Argentina^{13,14,15}

La Dirección de Promoción y Protección del Ministerio de Salud, a través del Departamento de Salud Ambiental, comenzó la gestión del Programa Nacional de Calidad del Aire y Salud en 1993. El monitoreo de la calidad del aire se lleva a cabo conjuntamente con instituciones provinciales y organismos municipales que integran la Red Nacional de Calidad del Aire y Salud.

Buenos Aires

El Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, a través de la Dirección General de Política y Control Ambiental, dependiente de la Subsecretaría de Medio Ambiente, está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en la Ciudad de Buenos Aires. Las mediciones se están llevando a cabo principalmente en el área de Palermo. Diariamente, se obtienen datos de óxido nítrico (NO) y NO₂, humos y CO. Semanalmente, se obtienen datos de PTS y PM₁₀. Con menor frecuencia, se obtienen datos de SO₂ y plomo. También se muestrea PS en cuatro estaciones distribuidas en Palermo, Nueva Pompeya, Chacarita y Villa Soldati.

Actualmente, la Subsecretaría de Medio Ambiente cuenta con una unidad móvil equipada para el monitoreo en forma automática y continua de hasta 12 contaminantes atmosféricos y siete parámetros meteorológicos.

Córdoba

El sistema de monitoreo del aire (Si.M.A.) dependiente de la Subsecretaría del Ambiente e Higiene Urbana, está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Córdoba. Desde su inauguración en mayo de 1995, se vienen efectuando mediciones por medio de dos estaciones de monitoreo móviles. Estas estaciones están equipadas para medir continuamente CO, ozono, NO, NO₂, amoníaco (NH₃), SO₂, ácido sulfhídrico (H₂S), PM₁₀, hidrocarburos, radiación total y UV, presión, temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, cantidad y pH de la lluvia y nivel sonoro. La red también cuenta con dos equipos de muestreo de polvo en suspensión de gran volumen para la colección de PM₁₀ y PTS.

Otras ciudades

Las estaciones de monitoreo en las ciudades de Mendoza, Tucumán, San Lorenzo, Santa Fe, Rosario, Trelew y Madryn también están integradas a la Red Nacional de Calidad del Aire y Salud. Hasta fines de 1996, Mendoza estaba operando ocho estaciones fijas, Tucumán estaba operando cuatro estaciones fijas y una estación móvil, San Lorenzo y Rosario estaban operando cuatro estaciones fijas, Madryn estaba operando tres estaciones fijas, Trelew estaba operando una estación móvil y una estación fija y Santa Fe estaba operando una estación fija (ver cuadro 2).

**Cuadro 2. Mediciones de contaminantes atmosféricos
en siete ciudades de Argentina**

| Ciudad | Provincia | Organismo responsable | Parámetro | Período | Número Est. Fijas | Técnica |
|-------------|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Mendoza | Mendoza | Provincial | SO ₂ | 24 h | 8 | West-Gaeke |
| | | | NO ₂ | 24 h | 7 | Saltzman |
| | | | Plomo | 24 h | 8 | Ring Oven |
| | | | PTS | 24 h | 8 | Reflectometría |
| | | | Ozono | | 3 | |
| Tucumán | Tucumán | Provincial | Humos | 24 h | 4 | Reflectometría |
| | | | SO ₂ | 24 h | 4 | West-Gaeke |
| | | | NO _x | 24 h | 2 | Saltzman |
| | | | PTS | 30 días | 1 (Móvil) | |
| San Lorenzo | Santa Fe | Municipal | SO ₂ | 24 h | 4 | West-Gaeke |
| Santa Fe | Santa Fe | Provincial | PTS | 24 h | 1 | Reflectometría |
| Rosario | Santa Fe | Municipal | CO | 5 h | 4 | Automático |
| | | | NO _x | 24 h | 4 | Jacobs Hochheiser |
| | | | SO ₂ | 24 h | 4 | West-Gaeke |
| | | | PS | 30 días | 4 | Gravimetría |
| Trelew | Chubut | Provincial | SO ₂ | 30 min.- 1 h | 1 (Móvil) | West-Gaeke |
| | | | PS | | 1 | Gravimetría |
| Madryn | Chubut | Provincial | PS | 30 días | 3 | Gravimetría |

b. Colombia¹⁶

El Ministerio de Salud está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en Colombia. Hasta 1996, la red de monitoreo consistía de cuatro estaciones ubicadas en la ciudad de Cali, la red de vigilancia de la calidad del aire localizada en los Valles de Aburrá y San Nicolás en la ciudad del Medellín, y las estaciones situadas en el corredor minero de la Guajira. Estas estaciones han tomado muestras de 24 horas cada seis días para la medición de las concentraciones de PTS y PM₁₀.

Actualmente, el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de la Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá está operando una red de monitoreo de la calidad del aire. Esta red consiste de 12 estaciones automáticas en las cuales se miden las concentraciones de material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), SO₂, NO_x, CO, Ozono, Metano, HSM, Benceno, Tolueno y Formaldehído. En las estaciones también se miden las siguientes variables meteorológicas: precipitación, presión, humedad relativa, radiación solar, temperatura, y velocidad y dirección del viento. La red también cuenta con un sistema óptico de camino largo llamado DOAS.

c. Costa Rica¹⁷

El Ministerio de Salud, a través del Sistema de Ordenamiento Ambiental de la Gran Área Metropolitana (SOAGAM), está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en Costa Rica. En julio de 1996 la empresa consultora PROGAM S.A. entregó la red del Sistema de Monitoreo del Aire al Departamento de Control Ambiental del Ministerio de Salud. Esta red consta de cinco estaciones fijas ubicadas en la Gran Área Metropolitana (cuadro 3). Los dispositivos básicos son captadores de SO₂, humos, PTS, PM₁₀. La estación de San José dispone además de analizadores automáticos de CO y ozono. La duración del muestreo de SO₂ y humos es de 24 horas, siete días por semana; la duración del muestreo de PTS y PM₁₀ es de 24 horas, dos días por semana. Estas muestras son analizadas en el Laboratorio de Química de la Atmósfera de la Universidad Nacional.

Cuadro 3. Red de monitoreo de la calidad del aire en la Gran Área Metropolitana de Costa Rica

| Estación | SO ₂ | Humos | PTS | PM ₁₀ | CO | Ozono |
|----------|-----------------|-------|-----|------------------|----|-------|
| San José | X | X | | X | X | X |
| Cartago | X | X | X | | | |
| Zapote | X | X | | X | | |
| La Uruca | X | X | | X | | |
| Alajuela | X | X | X | | | |

Desde 1993, la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) y la entidad ProEco (Swisscontact) está monitoreando la calidad del aire en San José. Estos organismos toman muestras en seis puntos fijos para la medición de CO, NO₂, ozono, hidrocarburos, PTS, PS, pH y plomo.

d. Cuba¹⁸

El Ministerio de Salud Pública está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en Cuba. En 1970, el Ministerio estableció la vigilancia de la calidad del aire con la instalación de varias estaciones en La Habana y otras provincias del país. A fin de perfeccionar este sistema y en el marco de las acciones de vigilancia de la salud del Ministerio de Salud Pública, se reconsideró en 1996 un Programa Nacional de Prevención y Control de la Calidad del Aire Atmosférico con un enfoque integrador. Como parte de este programa se fiscalizarán las fuentes emisoras y se instalará una red de monitoreo para mantener una constante vigilancia de los niveles de contaminación del aire.

e. Ecuador^{19,20}

La Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA) del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda comenzó un programa de monitoreo de la calidad del aire a nivel nacional a partir de 1976 y estableció la Red Ecuatoriana de Muestreo Normalizado de la Calidad del Aire Red Ecuairé. Asimismo, la SSA, a través de la Dirección de Auditoría Ambiental, brinda asesoramiento técnico y apoyo a los municipios.

Quito

La Red Ecuairé para la ciudad del Quito consta de tres estaciones de muestreo para la medición de PTS con el método gravimétrico de alto volumen; humos con el método reflectométrico; PS con el método gravimétrico y SO₂ con el método acidimétrico. Estas estaciones están ubicadas en el sur, centro y norte de la ciudad. La Dirección de Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito también realiza mediciones de PM₁₀ con el método gravimétrico de alto volumen selectivo en varios puntos de la ciudad.

La duración de la toma de muestras de aire para la medición de humos, PTS y SO₂ es de 24 horas por cinco días consecutivos durante dos semanas al mes, a excepción de feriados. La duración de las muestras para la medición de PS es de 30 días, todos los meses y la duración de la toma de muestras para la medición de PM₁₀ es de 24 horas cada tres días.

Otras ciudades

Las ciudades de Guayaquil, Ambato y Cuenca también están integradas a la Red Ecuairé a través de sus agencias locales: la Dirección de Saneamiento Ambiental del Municipio de Guayaquil, la Dirección de Higiene del Ilustre Municipio de Ambato y la Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca. Cada una de estas ciudades tiene una estación de muestreo de aire para la medición de PTS con el método gravimétrico de alto volumen; humos con el método reflectométrico; PS con el método gravimétrico; y SO₂ con el método acidimétrico.

f. Perú^{21,22}

La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), órgano de línea técnico-normativa del Ministerio de Salud, viene desarrollando una serie de programas de monitoreo de la calidad del aire en el Perú.

Lima

El programa de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad del Lima se inició en 1988 con dos estaciones de muestreo fijas. Actualmente la red consta de una sola estación fija (CONACO), ubicada en el centro de la ciudad. En esta estación se toman muestras de 24 horas una vez por semana para la medición de NO₂, PTS, SO₂, y metales pesados. DIGESA también está equipando una unidad móvil para el monitoreo automático de NO_x, CO, SO₂ y variables meteorológicas.

Arequipa

En la ciudad de Arequipa se realizó un estudio preliminar de muestreo de la calidad del aire entre el 24 de enero y el primero de febrero de 1996. En esa oportunidad, se instalaron 12 estaciones de muestreo fijas en la zona denominada cascos urbanos de la ciudad de Arequipa, dos estaciones de muestreo fijas en la zona denominada Socabaya y 56 puntos de muestreo móvil. Se tomaron muestras para la medición de PTS, metales pesados, SO₂, NO₂, y H₂S. Las muestras fueron de 24 horas y se tomaron cada cinco días.

Actualmente, se llevan a cabo muestreos continuos en la estación fija de Goyeneche y muestreos puntuales en varios puntos de la ciudad.

Ilo

En la ciudad de Ilo, provincia del departamento de Moquegua, se realizó un estudio de muestreo de la calidad del aire del 12 al 24 de junio de 1996. En este estudio se instalaron tres estaciones de muestreo de PTS y SO₂. Dos estaciones se instalaron en el distrito de Ilo y una se instaló en la localidad Ciudad Jardín del Distrito de Pacocha, ubicada en el norte de Ilo. Los parámetros evaluados fueron PTS y SO₂. Actualmente DIGESA cuenta con una estación fija, UBASS, en la cual se muestrea PTS, metales pesados y SO₂.

Otras ciudades

En Abril de 1997 se llevó a cabo un estudio de muestreo de la calidad del aire en la ciudad de Trujillo. En este estudio se instalaron cinco estaciones fijas para evaluar PTS, metales pesados, H₂S, SO₂, y NO₂.

Entre los días 22 y 29 de junio de 1995 se llevó a cabo un estudio de muestreo de la calidad del aire en la ciudad del Chimbote. En este estudio se instalaron cuatro estaciones fijas en el distrito de Chimbote y una estación fija en el distrito de Coishco para evaluar PTS, SO₂, NO₂, H₂S, y CO.

g. Venezuela²³

La Dirección General Sectorial de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, a través de la Dirección de Calidad del Aire, opera la Red Nacional de Evaluación de Calidad del Aire desde 1981. Esta red está constituida por 11 estaciones fijas: cuatro en Caracas (El Silencio, El Cementerio, Los Ruices y Bello Campo); tres en el Estado Anzoátegui (Barcelona, Guanta y Puerto La Cruz); una en Valencia; dos en San Cristóbal y una en Puerto Ordaz.

Asimismo, el Instituto para el Control y la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (ICLAM), adscrito al Ministerio del Ambiente, está a cargo de seis estaciones de muestreo ubicadas en la ciudad de Maracaibo.

En las estaciones de Caracas se mide PTS, plomo, NO₂ y SO₂. En las estaciones del interior del país se mide PTS y plomo.

Cabe anotar que en julio de 1995 se inició un estudio para establecer un diagnóstico de la situación de la contaminación atmosférica generada por el parque automotor en el nivel nacional. Este estudio es coordinado por el Ministerio del Ambiente con la participación de los Ministerios de Energía y Minas, Transporte y Comunicaciones, Fomento y Sanidad, y Asistencia Social; Petróleos de Venezuela, S.A. y el Fondo Nacional del Transporte Urbano.

4.3 Países con mínima capacidad de monitoreo

En esta sección se presentan países que tienen ciudades con mínima capacidad de monitoreo. Son ciudades en las cuales se han realizado mediciones. Sin embargo no existe una red de monitoreo permanente.

a. Bolivia²⁴

La Dirección de Impacto Ambiental de la Subsecretaría del Medio Ambiente está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en Bolivia. El programa de monitoreo se inició a finales de 1992. En 1995, operaban tres estaciones fijas en La Paz: Zona Central (Casa de Cultura), Zona Media (Ministerio de Planeamiento) y Zona Baja (Zona de San Jorge). Se tomaron muestras de 24 horas cada seis días para medir las concentraciones de PTS, plomo, cadmio, níquel, cobre, hierro, sulfatos y nitratos. Para las mediciones se utilizaron tres muestreadores de alto volumen, Grasby Metal Works GL 2000 que cumplen especificaciones de la USEPA.

b. Guatemala²⁵

La Dirección General de Servicios de Salud a través de la División de Saneamiento del Medio, está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en Guatemala. En los días 22 y 23 de julio de 1996 se realizó un muestreo de aire en ocho puntos de la zona central de la ciudad del Guatemala. Se tomaron muestras de 24 horas para la medición de las concentraciones PTS y SO₂.

c. Nicaragua²⁶

No existe un programa de gestión de la calidad del aire en Nicaragua. Sin embargo, en 1998, el INAA inició un programa de muestreo en la ciudad de Managua. Bajo este programa se hizo un muestreo de NO₂, O₃, PM₁₀, PTS en siete estaciones fijas: MARENA, Subasta, UNI, Centroamérica, Villa Libertad, G. De Camino y Sur.

d. Uruguay²⁷

El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, a través de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), está a cargo del monitoreo de la calidad del aire en Uruguay. La DINAMA se encuentra en el proceso de desarrollar la prevención y evaluación de la calidad del aire. Otras instituciones que han abordado el tema son la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM), la Dirección Nacional de Meteorología (DINAME), la Administración Nacional de Cemento, Alcohol y Portland (ANCAP) y las Usinas Transmisiones Eléctricas (UTE).

La IMM cuenta con una estación fija en el edificio de la IMM, en la cual se monitorea CO y SO₂ y una estación en el Teatro Solís, en la que se monitorea SO₂. La IMM también cuenta con monitores de PTS, NO_x, CO y SO₂.

La DINAMA cuenta con cuatro estaciones de monitoreo ubicadas en el Puerto de Montevideo, Tacuarembó, Melo y Aeropuerto de La Laguna de los Patos en el Departamento de Colonia. Estas estaciones monitorean NO₂, SO₂, PTS y ozono.

La ANCAP monitorea emisiones de CO, NO_x y SO₂ de dos hornos y dos calderas. La UTE cuenta con equipos portátiles para la medición de PTS, O₂, CO₂, NO_x, y SO₂ usados para monitorear el aire en la Central La Tablada .

5. Guías y normas de calidad del aire

Las guías de la calidad del aire son recomendaciones sobre los niveles de exposición a contaminantes atmosféricos para reducir o proteger de los riesgos nocivos. Las normas son las concentraciones máximas permisibles de los contaminantes atmosféricos durante

un período definido. Son los valores límite diseñados con un margen de protección ante los riesgos.⁵

En 1987, la OMS publicó las guías de calidad del aire para Europa. En 1993 se revisaron estas guías. Actualmente, la OMS está en el proceso de publicar las guías globales sobre calidad del aire. En el cuadro 4 se indican las guías mundiales propuestas para ozono, SO₂, NO₂, CO y plomo²⁸. Cabe anotar que no se ha establecido ningún valor de referencia para PTS o PM₁₀ porque no existe un umbral evidente en cuanto a sus efectos sobre la salud.

Varios países de América Latina han establecido o propuesto sus propias normas de calidad del aire. En el cuadro 4 se indican las normas nacionales de calidad del aire para ozono, SO₂, NO₂, CO, PTS, PM₁₀ y plomo que se han fijado en Argentina¹⁴, Bolivia²⁴, Brasil⁹, Colombia³⁰, Costa Rica³², Chile³⁰, Estados Unidos³¹, México¹¹, Perú²¹ y Venezuela²³.

6. Conclusiones y recomendaciones

La única forma de saber con certeza si existen, si se están generando, o si se están empeorando los problemas de la contaminación del aire es mediante la medición de los contaminantes. En América Latina, sólo Brasil, Chile y México tienen ciudades con buena capacidad de monitoreo. Sin embargo, dentro de estos mismos países hay una gran diferencia en la capacidad de monitoreo entre una ciudad y otra.

Por lo tanto, se recomienda que en los países se fortalezca la capacidad de monitoreo, para lo cual se debe:

- efectuar estudios de alcance
- disponer de recursos humanos capacitados
- contar con recursos técnicos, institucionales y financieros.

Los estudios de alcance analizan la situación existente mediante información disponible o generan información con técnicas rápidas de evaluación. En estos estudios se deben llevar a cabo las siguientes tareas:

- Comparar las normas nacionales con las recomendaciones internacionales.
- Identificar los episodios de alta contaminación.
- Identificar los escenarios meteorológicos que conducen a episodios de alta contaminación.
- Identificar la distribución espacial y temporal de los contaminantes de alta concentración.

- Desarrollar un modelo conceptual de transporte y transformación de los contaminantes.
- Identificar y cuantificar las fuentes de contaminación fijas y móviles.
- Determinar la distribución de la población actual y las zonas de crecimiento acelerado.

Cuadro 4. Normas nacionales para la calidad del aire en varios países de América y guías globales de la OMS (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | Período de muestreo | Argentina | Bolivia | Brasil | Colombia | Costa Rica ¹ | Chile | EE.UU. | México | Perú ¹ | Venezuela | Guías de la OMS ² |
|------------------------|---------------------|-----------------|---------|--------------------|----------|-------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|
| Ozono | 1 hora | 195 | 235 | 160 ³ | | 160 | | 235 | 216 ⁴ | 235 ³ | | |
| | 8 horas | | | | 170 | | 160 ³ | 160 ⁵ | | 120 | | 120 |
| SO₂ | 24 horas | | 365 | 365 | 400 | 360 | 365 ³ | 365 | 341 ³ | 150 ³ | 80 365 ⁶ | 125 |
| | Mensual | 70 ⁷ | | | | | | | | | | |
| | Anual ⁸ | | 80 | 80 | 100 | 90 | 80 | 80 | 79 | 80 | | 50 |
| NO₂ | 1 hora | 846 | 400 | 320 ³ | | | 470 ³ | | 395 ³ | 200 | | 200 |
| | 24 horas | | 150 | | | | | | | 150 ³ | 100-300 ⁹ | |
| | Anual ⁸ | | | 100 | 100 | 120 | 100 | 100 | | 50 | | 40 |
| CO | 1 hora | 57000 | 30000 | 40000 ³ | 50000 | 45000 | 40000 ³ | 40000 | | 30000 ³ | | 30000 |
| | 8 horas | 11000 | 10000 | 10000 | 15000 | 15000 | 10000 | 10000 | 13000 ³ | 10000 | 10000 - 40000 ⁹ | 10000 |
| PTS | 24 horas | | 260 | 240 ³ | 400 | | 260 | | 260 ³ | 200 ³ | 75 260 ⁶ | - ¹⁰ |
| | Mensual | 150 | | | | | | | | | | - ¹⁰ |
| | Anual ¹¹ | | 75 | 80 | 77 | 150 ⁸ | 75 | | 75 | 100 | | - ¹⁰ |
| PM₁₀ | 24 horas | | | 150 | | | 150 | 150 ¹² | 150 | | | - ¹⁰ |
| | Anual ⁸ | | | 50 | | 85 | | 50 ¹³ | 50 | | | - ¹⁰ |
| Plomo | 24 horas | | | | | | | | | | 1.5 2.0 ⁹ | |
| | Mensual | | | | | | | | | | | |
| | 3 Meses | | 1.5 | | | | | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | |
| | Anual | | | | | 2.0 | | | | 0.5 | | 0.5 |

1 Normas propuestas

3 No debe ser más de una vez al año

5 El cuarto valor más alto no debe ser excedido más de una vez cada tres años

7 Promedio aritmético mensual

8 Promedio aritmético anual

10 No se ha establecido ningún valor de referencia para PTS y PM₁₀ porque no existe un umbral evidente en cuanto a sus efectos en la salud

13 Estados Unidos también tiene una norma para PM_{2.5} de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2 Guías globales propuestas

4 No debe ser más de una vez cada tres años

6 El valor bajo puede ser mayor a 50% de las mediciones y el alto exceder el 0,5%

9 El valor bajo puede ser mayor a 50% de las mediciones y el alto exceder el 5%

11 Promedio geométrico anual

12 Estados Unidos también tiene una norma para PM_{2.5} de 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

7. Referencias

- (1) Corbitt Robert A. Standard handbook of environmental engineering. Capítulos 3 y 4: Air and Water Quality Standards. 15 p., Air Quality Control. 115 p, New York, Mc Graw Hill Inc.1990.
- (2) Romieu, Isabelle; de Koning, Henk. Urban air pollution and health in the Americas. Washington D.C.: OPS; 1996. 50 p.
- (3) Haddad, Ricardo. Contaminación del aire; situación actual en la América Latina y el Caribe. Memoria del Simposio sobre Ambiente, Salud y Desarrollo en las Américas. Serie Técnica No. 19. Lima: CEPIS. 1976. 9 p.
- (4) Organización Mundial de la Salud. The Air Management Information System (AMIS) and a Global Air Quality Partnership. Geneva: WHO, 1997.
- (5) Gutiérrez, J. Héctor; Romieu, I.; Corey, G.; Fortoul, T. Contaminación del aire; riesgos para la salud. México, D.F.: El Manual Moderno, S.A. de C.V. 1997.
- (6) Langone, Cláudio R.; Silva, N.L. Porto Alegre: o município e a qualidade do ar. Revista ECOS; enero, 1997 - n° 9.
- (7) Grosjean, Eric; Grosjean, D.; Gunawardena, R.; Rasmussen, R.A. Ambient concentrations of ethanol and methyl tert-butyl ether in Porto Alegre, Brazil, March 1996-April 1997. Environ. Sci. Technol. 1998; 32: 736-742.
- (8) Grosjean, Eric; Grosjean, D.; Rasmussen, R.A. Ambient concentrations, sources, emission rates, and photochemical reactivity of C₂-C₁₀ hydrocarbons in Porto Alegre, Brazil. Environ. Sci. Technol. 1998; 32: 2061-2069.
- (9) Alonso, Claudio D.; Dos Santos, Carlos D.; Solsona, Felipe. Informe de país Brasil. Proyecto GEMS-Aire/OPS/OMS. São Paulo (CETESB) y Río de Janeiro (FEEMA). 35 p.
- (10) Comisión Nacional del Medio Ambiente. Plan de prevención y descontaminación atmosférica para la Región Metropolitana. Santiago: 1997.
- (11) Pardón, Mauricio. Contaminación atmosférica en el valle de México. México, DF: OPS/OMS; 1996. 7 p.
- (12) Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAP. Primer informe sobre la calidad del aire en ciudades mexicanas. México D.F.; 1997.
- (13) Ministerio de Salud y Acción Social. Situación del control de la calidad del aire en la República Argentina. Proyecto GEMS-Aire/OPS/OMS. Buenos Aires. 1996. 24 p.
- (14) Gobierno de la Ciudad del Buenos Aires, Secretaría de Planeamiento Urbano y Medio Ambiente, Subsecretaría de Medio Ambiente Dirección General de Política y Control Ambiental. Primer Seminario Internacional Gestión de la Calidad del Aire en la Ciudad del Buenos Aires, Junio 1997. Fundación Fortuna.
- (15) OPS. Monitoreo de calidad del aire/Proyecto GEMS-Aire. OPS/OMS Memorandum interno. Buenos Aires; 1998.
- (16) OPS. Informe de país sobre las actividades realizadas en el control de la contaminación atmosférica, Colombia, Bogotá: OPS; 1996.

- (17) Ordóñez, Gonzalo A. Informe de país: Costa Rica. Plan GEMS Aire Implementación del Aire Limpio (PIAL). San José: OPS; 1996.
- (18) Díaz Véliz, Reinaldo. Programa Nacional Contaminación Atmosférica y Salud. La Habana. Ministerio de Salud Pública, Dirección Nacional de Salud Ambiental; 1998.
- (19) Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Informe del Ecuador: Reunión GEMS Aire. Quito: Subsecretaría de Saneamiento Ambiental; 1996. 24 p.
- (20) Thompson, Terrence. Informe sobre monitoreo de la calidad del aire del año 1997. Quito: PAHO/WHO Interoffice Memorandum; 1998.
- (21) Ministerio de Salud. Programa de Monitoreo de la Calidad del Aire. Lima: DIGESA. 1996. 16 p.
- (22) Cáceres Deza, Harold. Programa de Monitoreo de la Calidad del Aire para el Perú. Lima: Dirección General de Salud Ambiental; 1998.
- (23) Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Informe de país Venezuela 1996. Caracas: Dirección de Calidad del Aire/Dirección General Sectorial de Calidad Ambiental; 1996. 20 p.
- (24) España, Carlos; Orozco Juan G.; Velarde, José y otros. Situación del control de la calidad del aire en Bolivia. Proyecto GEMS-Aire/OPS/OMS. La Paz. 1996. 28 p.
- (25) OPS. Contaminación del Aire en Guatemala. Ciudad del Guatemala: OPS; 1996. 38 p.
- (26) Morales, Carlos. Información sobre calidad del aire. PAHO/WHO Interoffice Memorandum. Managua: OPS; 1998.
- (27) OPS. Informe de situación en contaminación atmosférica Uruguay 1996. Montevideo: OPS; 1996. 2 p.
- (28) Schwela, Dieter. Lineamientos y estándares de calidad del aire en el mundo. Geneva: WHO. Presentación hecha en Lima en 1997.
- (29) OMS. Oficina Regional para Europa. Air quality guidelines for Europe. Geneva: WHO; 1987. Regional publications, European Series No. 23.
- (30) Martínez, Ana Patricia y Romieu I. Introducción al monitoreo atmosférico. Metepec: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud; 1997.
- (31) [ttnwww.rtpnc.epa.gov/naaqsfm/](http://www.rtpnc.epa.gov/naaqsfm/)
- (32) Borrador de normas de emisión del aire. Ministerio de Salud, Costa Rica. <http://www.netsalud.sa.cr/ms/decretos/inmidec.html>