



Módulo 5a

Manejo de Calidad del Aire

Transporte Sostenible:
Texto de Referencia para Formuladores de Políticas Públicas en Ciudades en Desarrollo



Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Panorama general del texto de referencia

Transporte Sostenible: Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas en Ciudades en Desarrollo

¿Qué es el Texto de Referencia?

Este *Texto de Referencia* sobre Transporte Urbano Sostenible aborda las áreas claves para un marco de políticas en materia de transporte sostenible para una ciudad en desarrollo. El *Texto de Referencia* consiste de 20 módulos.

¿A quién está dirigido?

El *Texto de Referencia* se orienta a los formuladores de políticas públicas en ciudades en desarrollo y a sus asesores. Este grupo objetivo se ve reflejado en el contenido, que provee herramientas para la elaboración de políticas cuya aplicación es apropiada para una serie de ciudades en desarrollo.

¿Cómo se supone que va a ser usado?

El *Texto de Referencia* puede ser usado de varias maneras. Deberá mantenerse en un solo lugar y los diferentes módulos podrán ser repartidos entre las autoridades involucradas en el transporte urbano. El *Texto de Referencia* puede adaptarse fácilmente para responder a las necesidades de un curso de capacitación formal de corta duración, o puede servir como guía para el desarrollo de un currículum u otro programa de capacitación en el área de transporte urbano, áreas en las que está trabajando GTZ.

¿Cuáles son algunas de sus características claves?

Las características claves del *Texto de Referencia* incluyen:

- Una orientación pragmática que se centra en las mejores prácticas de planificación y reglamentación y, en la medida de lo posible, experiencias exitosas en ciudades en desarrollo.
- Los colaboradores son expertos líderes en sus áreas.
- Su presentación es atractiva, fácil de leer e interesante.
- Emplea un lenguaje no técnico (en lo posible) y se explican los términos técnicos.
- Se actualiza a través de Internet.

¿Cómo puedo obtener una copia?

Puede visitar la página <http://www.sutp-asia.org> o la <http://www.gtz.de/transport> y obtener detalles acerca de cómo solicitar su copia. El *Texto de Referencia* no se vende con fines de lucro. Cualquier costo vinculado a él sólo refleja el costo de impresión y distribución.

Comentarios o retroalimentación

Con gusto recibiremos cualquier comentario o sugerencias de su parte sobre cualquier aspecto del *Texto de Referencia* a través del correo electrónico transport@gtz.de o por correo a la siguiente dirección:

Manfred Breithaupt
GTZ, División 44
Postfach 5180
D - 65726 Eschborn / Alemania

Módulos y colaboradores

Perspectiva General del *Texto de Referencia*, y Materias Transversales del Transporte Urbano (GTZ)

Orientación institucional y de políticas

- 1a. *El Papel del Transporte en la Política de Desarrollo Urbano* (Enrique Peñalosa)
- 1b. *Instituciones de Transporte Urbano* (Richard Meakin)
- 1c. *Participación del Sector Privado en la Provisión de Infraestructura de Transporte Urbano* (Christopher Zegras, MIT)
- 1d. *Instrumentos Económicos* (Manfred Breithaupt, GTZ)
- 1e. *Acciones para mejorar el Conocimiento Público sobre Transporte Urbano Sostenible* (Karl Fjellstrom, GTZ)

Planificación de uso del terreno y manejo de demanda

- 2a. *Planificación de Uso del Terreno y Transporte Urbano* (Rudolf Petersen, Wuppertal Institute)
- 2b. *Manejo de la Movilidad* (Todd Litman, VTPI)

Transporte público, caminar y bicicletas

- 3a. *Opciones de Transporte Público Masivo* (Lloyd Wright, UCL; Karl Fjellstrom, GTZ)
- 3b. *Transporte Masivo Rápido en Autobuses* (Lloyd Wright, University College London)
- 3c. *Normas y Planificación de Buses* (Richard Meakin)
- 3d. *Preservar y Expandir el Papel del Transporte No-Motorizado* (Walter Hook, ITDP)

Vehículos y combustibles

- 4a. *Combustibles y Tecnologías Vehiculares más Limpios* (Michael Walsh; Reinhard Kolke, Umweltbundesamt – UBA)
- 4b. *Inspección, Mantenimiento y Acondicionamiento para la Vía Pública* (Reinhard Kolke, UBA)
- 4c. *Vehículos de Dos y Tres Ruedas* (Jitendra Shah, World Bank; N.V. Iyer, Bajaj Auto)
- 4d. *Vehículos a Gas Natural* (MVV InnoTec)

Impactos a la salud y al ambiente

- 5a. *Manejo de Calidad del Aire* (Dietrich Schwela, World Health Organisation)
- 5b. *Seguridad Vial Urbana* (Jacqueline Lacroix, DVR; David Silcock, GRSP)
- 5c. *Ruido y su Mitigación* (Civic Exchange Hong Kong; GTZ; UBA)

Recursos

6. *Recursos para Formuladores de Políticas Públicas* (GTZ)

Módulos y recursos adicionales

Se anticipan más módulos en las áreas de *Capacitación de Conductores*; *Financiación del Transporte Urbano*; *Benchmarking*; y *Días sin Auto*. Se están desarrollando recursos adicionales y se encuentra disponible un CD-ROM sobre Fotos del Transporte Urbano.

Módulo 5a

Manejo de Calidad del Aire

Informaciones, interpretaciones y conclusiones expresadas en este documento están basadas en información recopilada por GTZ y sus consultores, socios, y colaboradores de fuentes confiables. GTZ no garantiza, sin embargo, la exactitud y que la información entregada está completa en este documento, y no puede ser responsable por errores, pérdidas u omisiones que sean consecuencia de su uso.

Acerca del autor

El **Dr. Dietrich Schwela** recibió educación como físico. En 1974 comenzó a trabajar en el Centro de Contaminación del aire del estado de Rhenania Westfalia del Norte, Alemania. Durante este tiempo, adquirió gran experiencia en estrategias y tácticas en el manejo de calidad del aire, incluyendo inventario de emisiones; modelos de dispersión; inventarios de concentración; efectos de la contaminación del aire en seres humanos, plantas y materiales; y en la evaluación del impacto ambiental. En colaboración con institutos médicos, planificó y evaluó estadísticamente estudios epidemiológicos en el marco de la implementación de planes de aire limpio. En la primavera de 1994, el **Dr. Schwela** se unió a la Organización Mundial de la Salud en Ginebra, como científico en el Programa Salud Ocupacional y Ambiental. Es responsable del trabajo de normativas de la OMS en referencia a contaminación del aire y salud, incluyendo directrices para calidad de aire intradomiciliario y externo, directrices para contaminación acústica, directrices del efecto en la salud de incendios forestales, directivas en referencia a contaminación intradomiciliaria por agentes biológicos, y para la capacitación en contaminación del aire y salud en los Estados Miembros de la OMS. Es director del Sistema de Información de Manejo de Aire, AMIS.

Contribuciones adicionales

Adriaan (Henk) van der Wiele es un químico con más de 22 años de experiencia en evaluación y manejo del impacto ambiental de proyectos industriales, tanto en Australia como internacionalmente. Posee una vasta experiencia con Western Australian Environmental Protection Authority. Henk fue un consultor en Calidad del Aire para el gobierno en Indonesia, ayudando al desarrollo de la capacidad de manejo de calidad del aire, y tiene varios trabajos en el Medio oriente y en la Región de Asia Pacífico. Henk es actualmente socio y consultor principal en una consultoría de medioambiente.

Autor:

Dietrich Schwela (World Health Organization)

Con la colaboración de Henk Van der Wiele (ATA Environmental)

Editor:

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
P.O. Box 5180
D - 65726 Eschborn, Alemania
<http://www.gtz.de>

Division 44, Medio Ambiente e Infraestructura
Proyecto de sector "Transport Policy Advice"

Comisionado por:

Bundesministerium für wirtschaftliche
Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)
Friedrich-Ebert-Allee 40
D - 53113 Bonn, Alemania
<http://www.bmz.de>

Gerente:

Manfred Breithaupt

Equipo Editorial:

Manfred Breithaupt, Karl Fjellstrom, Stefan Opitz,
Jan Schwaab

Deseamos agradecer la ayuda brindada por el señor Karl Fjellstrom en la revisión y crítica de todos los artículos escritos, en la identificación de los colaboradores y la coordinación con ellos, y por sus aportes relacionados con todos los aspectos de la confección del Texto de Referencia, además de su supervisión editorial y organizacional durante todo el proceso de desarrollo del Texto de Referencia, desde su concepción inicial hasta el producto final.

Montaje de imágenes de la portada:

Cortesía de Dietrich Schwela, OMS (Tráfico en Hong Kong traffic y una industria de cemento en South Africa), Prof. J. Goldammer, Universidad de Freiburg (fuegos en Etiopía, cortesía Centro Mundial de Monitoreo de Fuego), Jan Schwaab (motocicletas en movimiento) y el recordatorio por Karl Fjellstrom.

Maquetación:

Klaus Neumann, SDS, GC

Impresión:

TZ Verlagsgesellschaft mbH
Bruchwiesenweg 19, D - 64380 Roßdorf, Alemania

Eschborn, 2002

1. Introducción	1	4.5 Control de fuentes areales	32
1.1 Objetivos del módulo	1	5. Educación y comunicación	32
1.2 Visión de conjunto	1	6. Establecimiento de prioridades en MCA	33
2. Hechos básicos	2	6.1 Introducción	33
2.1 Importancia del manejo de la contaminación del aire	2	6.2 Aspectos legales	33
2.2 Principales tipos de contaminantes del aire	5	6.3 Efectos adversos en la salud	35
2.3 Clasificación de efectos para la salud de los contaminantes del aire en diferentes partes del cuerpo humano	6	6.4 Población en riesgo	35
2.4 Un asunto emergente: ruido	8	6.5 Relaciones exposición-respuesta	36
3. Manejo de calidad del aire	9	6.6 Caracterización de la exposición	36
3.1 Introducción	9	6.7 Evaluación de riesgo	37
3.2 Hacia una estrategia para el manejo de calidad del aire	10	6.8 Aceptación del riesgo	37
3.3 Inventarios de emisiones	12	6.9 Análisis costo-beneficio	38
3.3.1 Introducción	12	6.10 Revisión de la fijación de estándares	39
3.3.2 Pasos en la construcción de un inventario de emisiones	13	6.11 Aplicación de los estándares de calidad del aire: implementación de planes de aire limpio	39
3.4 Monitoreo de calidad del aire y evaluación	15	7. Programas internacionales e iniciativas nacionales seleccionadas	42
3.4.1 Herramientas de evaluación y funciones	15	7.1 United Nations Centre for Human Settlements/United Nations Environmental Program	42
3.4.2 Objetivos de monitoreo	15	7.2 Organización Meteorológica Mundial (OMM)	42
3.4.3 Aseguramiento de Calidad y Control de Calidad (AC/CC)	16	7.3 United Nations Environmental Program/ Organización Mundial de la Salud: Sistema Global de Monitoreo del Aire (GEMS/AIR)	43
3.4.4 Diseño de la red	17	7.4 Organización Mundial de la Salud: Sistema de Información de Manejo de la Calidad del Aire	43
3.4.5 Cantidad de lugares y su selección	17	7.5 Banco Mundial: Estrategia de Manejo de Calidad del Aire Urbano (URBAIR)	44
3.4.6 Estrategias y sistemas de captación de muestras	17	7.6 Banco Mundial: Iniciativa de Aire Limpio	44
3.4.7 Instrumentos	18	7.7 UNEP/OMS/SEI/KEI: Contaminación Atmosférica en Megaciudades de Asia	45
3.4.8 Transformando los datos en información	19	8. Conclusiones	47
3.4.9 Contaminantes claves y métodos de mediciones	20	Referencias	49
3.5 Modelación de calidad del aire	20		
3.6 Punto de referencia de las capacidades de las ciudades en el manejo de calidad del aire	21		
4. Propuesta de control de emisiones para ciudades en desarrollo	24		
4.1 Comando y control	24		
4.2 Evaluación de opciones de control	25		
4.3 Control de fuentes puntuales	26		
4.4 Control de fuentes móviles	27		
4.4.1 Análisis de situación	27		
4.4.2 Control	29		

1. Introducción

1.1 Objetivos del módulo

Este módulo sirve para asistir a los creadores de políticas y sus colaboradores en los países en desarrollo, para determinar las mejores medidas contra la contaminación del aire con información limitada. El material presentado se basa en el conocimiento adquirido en ciudades en todo el mundo y entrega recomendaciones prácticas a los países en desarrollo, en referencia a como desarrollar y aplicar legalmente, estándares de calidad de aire y simplificar la implementación de los planes de aire limpio.

El módulo entrega recomendaciones sobre qué aspectos legales necesitan ser considerados, como pueden definirse los efectos adversos para la población en riesgo, como puede aplicarse la relación exposición-respuesta, y como pueden evaluarse los niveles de riesgo aceptables. También describe donde se requiere asesoría en los efectos de la contaminación del aire en la salud humana, bajo diferentes condiciones geográficas, sociales, económicas y culturales y como se puede reforzar la capacidad de implementar estándares de calidad del aire. El módulo discute los factores que deben considerarse en el manejo de calidad del aire urbano, y entrega una asesoría en el manejo de calidad del aire entregado por agencias nacionales supranacionales e internacionales, programas y proyectos.

1.2 Visión de conjunto

Hay cuatro temas importantes en las áreas urbanas relacionados con la contaminación del aire, que pueden afectar la salud de las personas:

- contaminación del aire por contaminantes químicos y agentes biológicos
- contaminación acústica
- radiación
- campos electromagnéticos.

La contaminación por contaminantes químicos ocurre tanto en ambientes cerrados como abiertos, con una predominancia a la exposición en ambientes cerrados, donde las personas pasan la mayor parte de su tiempo. La contaminación acústica, radiación y los campos electromagnéticos también influyen en el ambiente interno y externo. La contaminación del aire por agentes

biológicos también tiene un papel importante principalmente en el ambiente intradomiciliario. En este módulo nos concentraremos en la contaminación del aire ambiental por componentes químicos. La contaminación acústica se considera en el Módulo 5c: *Ruido y su Mitigación*.

El objetivo del manejo de calidad del aire urbano es proteger la salud pública y el medioambiente de los efectos dañinos de la contaminación del aire, y eliminar o reducir al mínimo la exposición de las personas a los contaminantes nocivos. En países desarrollados el manejo de calidad del aire, ha utilizado sofisticados instrumentos para determinar las medidas necesarias para controlar las fuentes de contaminación. Esto ha tomado forma en la implementación de planes de aire limpio, basado en la evaluación de los métodos más eficientes para reducir la contaminación del aire. En contraste, una evaluación de las medidas para la reducción de la contaminación del aire en países en desarrollo, está basada típicamente en información más limitada, en relación a fuentes locales, dispersión de contaminantes, niveles actuales de contaminación y sus efectos adversos. En particular, la falta de inventarios de emisiones y la falta de estándares de calidad del aire, hacen difícil una evaluación.

2. Hechos básicos

2.1 Importancia del manejo de la contaminación del aire

La importancia del manejo de la contaminación del aire viene de las siguientes observaciones: Aproximadamente 1'200 millones de personas en el mundo están expuestas a niveles de dióxido de azufre (SO_2) muy sobre las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y aproximadamente 1'400 millones de personas están expuestas a niveles excesivos de humo y material particulado (MP). De 15 a 20% de los europeos y norteamericanos están expuestos a niveles excesivos de dióxido de nitrógeno (NO_2), y los niveles excesivos de monóxido de carbono (CO) persisten en la mitad de las ciudades del mundo. La situación y los factores de estrés en las

regiones en desarrollo de América Latina, Asia y África son esbozadas en los recuadros 1, 2 y 3.

Estimaciones recientes del aumento en la mortalidad diaria indican, en una escala global, que el 4-8% de las muertes prematuras cada año, se deben a la exposición de MP en el ambiente y conta-

Recuadro 1: Contaminación del aire en América Latina

La contaminación del aire en áreas urbanas en las ciudades de América Latina es considerada un problema serio. Concentraciones elevadas en ciudades grandes como Sao Paulo o Ciudad de México, muchas veces llevan al cierre de industrias, restricción vehicular, y al traslado de industrias a áreas más alejadas. Las emisiones de material particulado, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, y amoníaco, y las correspondientes concentraciones de estos compuestos en el aire, correspondientemente con los niveles de ozono han aumentado progresivamente en las décadas recientes. En Ciudad de México, los niveles de ozono están sobre el nivel del estándar mexicano de 360 microgramos por metro cúbico, la mayor parte del año.

Las proyecciones de aumento de la población, el crecimiento industrial y el tráfico privado, parecen indicar una tendencia al aumento de las concentraciones de 1990 para los niveles de dióxido de azufre y material particulado de 100 – 200% para América Central, el Norte de Sudamérica, el Norte de Chile y Argentina. Para el sur y este de Brasil, el aumento puede llegar a alrededor de 300 – 400% de los valores de 1990. Estas proyecciones están relacionadas con el aumento en el número de vehículos y de plantas industriales de combustión. Si el desarrollo procede de acuerdo a estos estimados, se proyecta que para el año 2050 la situación de contaminación del aire será similar o peor que la situación de Estados Unidos y Europa en los años 60 del siglo pasado.

Fuente: Adaptado de SEI/Sida 2002a

Recuadro 2: Contaminación del aire en Asia

En Asia, la rápida urbanización, con el consecuente crecimiento en la industria y los sistemas de transporte, ha aumentado la preocupación regional referente a las emisiones de material particulado, dióxido de azufre y óxido de nitrógeno. En algunos países la falta de control en la planificación urbana, ha permitido a las fuentes industriales de contaminación ser construidas muchas veces cerca de áreas residenciales densamente pobladas. La falta de equipo de monitoreo, técnicas y criterios de evaluación, así como un marco legal de ejecución, significa que la contaminación puede alcanzar niveles críticos en ciudades en algunos países en desarrollo. Las emisiones de fuentes fijas de contaminación del aire son suplementadas por las emisiones de Fuentes móviles, lo cual aumenta el problema. (ej. Ciclomotores, motocicletas, triciclos motorizados (tuk-tuks), automóviles, buses y camiones).

De acuerdo a un estimado reciente, con la tasa de crecimiento actual en el consumo de energía, para el año 2000 las emisiones de dióxido de azufre sobrepasarán las emisiones de Norteamérica y Europa en conjunto. La principal fuente de material particulado producida por el hombre, azufre y nitrógeno, en la región de Asia Pacífico, es la combustión de combustibles fósiles en los sectores de energía, industria y transporte. El uso de combustible de baja calidad, métodos y uso ineficiente de la producción de energía, la mala condición de los vehículos y la congestión vehicular, son las mayores causas del aumento en la emisión de dichos gases. Los compuestos emitidos tienen la capacidad de transportarse sobre grandes distancias, algunas veces cientos de kilómetros y pueden depositarse en otros países. El potencial de esta contaminación del aire transfronteriza, fue evidente en los recientes incendios forestales en Indonesia. El área afectada por los contaminantes provenientes del fuego se propagó más de 3.200 kilómetros, del este a oeste, cubriendo seis países de Asia y afectando a alrededor de 70 millones de personas. En el estado de Sarawak en Malasia, los niveles de material particulado fino alcanzaron niveles record de más de 900 microgramos por metro cúbico (más de 12 veces sobre la recomendación OMS de 1987 sobre material particulado respirable). Existe una necesidad de cooperación regional intergubernamental.

Fuente: Adaptado SEI/Sida 2002b

minación intradomiciliaria, con un potencial de 500'000 muertes al año debido a concentraciones de MP en el exterior, y acerca de 2,5 millones de muertes por concentración de MP intradomiciliaria (Schwela 1996; WHO 1997; WHO 2002a). Además, aproximadamente 20 – 30% del total de las enfermedades respiratorias parecen ser causadas por contaminación del medioambiente y contaminación intradomiciliaria, nuevamente con un énfasis en el último aspecto.

Aunque se ha hecho un enorme progreso en el manejo de calidad del aire e implementación de planes de aire limpio en áreas urbanas, especialmente en países desarrollados, un número substancial de personas que viven en áreas urba-

Recuadro 3: Contaminación del aire en África

En África la urbanización y la industrialización han aumentado la preocupación regional referente a las emisiones de azufre y óxido de nitrógeno. De acuerdo a proyecciones, si los países africanos continúan su desarrollo en forma convencional a tasas pronosticadas, en la mitad del siglo 21 sus emisiones de azufre excederán los niveles estimados para Estados Unidos y Europa. Una importante y creciente fuente de contaminación por azufre y nitrógeno en toda África, es la combustión de combustibles fósiles en la generación de energía e industrias de fundición. En Sudáfrica, uno de los países más industrializados de África, el impacto de la lluvia ácida se ha reportado en bosques, cultivos y en aguas superficiales. La contaminación del aire en centros urbanos en Sudáfrica ha sido relacionada al impacto en la salud humana. Se pronostica que el consumo de energía en hogares e industrias sobre todo el continente, aumentará en más del 300% durante los próximos cincuenta años, con el consiguiente aumento significativo en las emisiones de azufre y nitrógeno. Los gases contaminantes emitidos tienen la capacidad de ser transportados en grandes distancias, algunas veces cientos de kilómetros, y pueden ser depositados en otros países.

Fuente: SEI/Sida 2002c



*Contaminación del aire en megaciudades:
Sao Paulo (arriba), Kuala Lumpur (abajo),
Cairo (a la derecha).*

Karl Fjellstrom, 2002



Recuadro 4: Las muertes por contaminación del aire actualmente exceden a las muertes por accidentes de tránsito por 3 a 1

Extracto de Earth Policy Institute, Eco-Economy Update, <http://www.earth-policy.org/Updates/Update17.htm>, CAI-Asia list, 17 Sept. 2002.

La Organización Mundial de la Salud reporta que 3 millones* de personas mueren actualmente por los efectos de la contaminación del aire cada año. Esto es tres veces más que el millón de personas que mueren cada año por accidentes automovilísticos. Un estudio publicado en The Lancet en el año 2000 concluye que la contaminación atmosférica en Francia, Austria y Suiza es responsable de más de 40'000 muertes anualmente en estos tres países. Cerca de la mitad de estas muertes pueden deberse a la contaminación del aire por emisiones de vehículos.

Los gobiernos hacen grandes esfuerzos por reducir los accidentes de tránsito, multando a aquellos conductores que conducen a velocidad peligrosa, arrestando a aquellos que conducen bajo la influencia del alcohol e incluso algunas veces revocando licencias de conducir. Pero ponen mucho menos atención a las muertes causadas simplemente por conducir un vehículo. No porque las muertes por enfermedades cardíacas y respiratorias por causa de respirar aire contaminado, carecen del drama de las muertes por choques de automóviles, con luces y sirenas, son menos reales.

* [El Banco Mundial menciona una cifra de 500'000 muertes prematuras anuales en áreas urbanas debido a la contaminación del aire]

nas – aproximadamente 1,5 billón, ó el 25% de la población global, aun están expuestas al aumento de concentraciones de gases contaminantes y del MP en el aire que respiran. Además, el uso de combustión abierta para cocinar y calefaccionar adentro de las casas actualmente expone a aproximadamente 2 billones de personas a concentraciones substanciales de material particulado en suspensión, 10 – 20 veces más alto que las concentraciones externas. Las fuentes de contaminación del aire ambiental externo, incluyen emisiones industriales, comerciales y vehiculares, así como también incendios de la vegetación. Además, el crecimiento de la población en países de bajos ingresos está provocando una carga en la ya inadecuada infraestructura y capacidad técnica y financiera. En paralelo, el proceso de urbanización continuará, debido a que la proporción de la

Recuadro 5: Potenciales de beneficio para la salud en la reducción de material particulado en Jakarta, Indonesia

Un estudio reciente ilustró el impacto potencial en la salud humana por la reducción de la contaminación del aire, a través del uso de las relaciones entre la exposición y el beneficio. (Una relación de beneficio-exposición es la relación cuantitativa entre la cantidad de exposición a una sustancia y el alcance del daño tóxico o la enfermedad provocada). Los datos de la relación exposición-respuesta, observados en países desarrollados fueron aplicados a condiciones locales para estimar los beneficios anuales de reducir la contaminación del aire, para cumplir con los estándares tanto de Indonesia como las recomendaciones de la OMS.

Los beneficios para la salud con la reducción de partículas en Jakarta cumpliendo los estándares de Indonesia

Presentando los impactos de la contaminación del aire en términos físicos (número de personas con enfermedades o fallecidas) puede ser una forma poderosa para una pronta acción por parte del gobierno, así como entregar una base para el cálculo de costo-beneficio para la evaluación de diferentes medidas políticas.

Los números estimados de vidas salvadas y enfermedades evitadas en una población de 8,2 millones que se puede alcanzar si Jakarta acataba con los estándares de Indonesia, fueron los siguientes:

Resultados de Salud	Estimado
Mortalidad prematura	1'200
Admisiones hospitalarias	2'000
Visitas a salas de emergencia	40'600
Días de actividad restringida	6'330'000
Enfermedades respiratorias menores	104'000
Ataques de asma	464'000
Síntomas respiratorios	31'000'000
Bronquitis crónica	9'600

Estas cifras son un asunto poderoso para la pronta acción del gobierno, así como también entregan una base para los estimados de costo-beneficio para las políticas escogidas.

Datos de Jakarta basados en Ostro 1994

población global que vive en ciudades aumentará de aproximadamente el 45% a alrededor de 62% para el año 2025, creando densos centros de emisiones antropogénicas.

Esto se refleja en el aumento de la cantidad de megaciudades, principalmente en países en desarrollo:

- 1990: 68 ciudades con más de 3 millones de personas
- 2000: 66 ciudades con más de 4 millones de personas
- 2025: 135 ciudades con más de 4 millones de personas.

Estudios de salud humana muestran que la contaminación del aire en países en desarrollo registra decenas de miles de muertes, millones de días con actividades limitadas y billones de dólares en gastos médicos (ver recuadro 4). Estas pérdidas, y la degradación en la calidad de vida, imponen una carga significativa en todos los sectores de la sociedad, pero especialmente a los pobres. Un estudio del banco mundial en Jakarta, por ejemplo, estimó la consecuencia de la relación entre dosis y reacción para la salud (Recuadro 5).

2.2 Principales tipos de contaminantes del aire

Los contaminantes del aire más importantes incluyen material particulado, plomo, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, e hidrocarburos, y oxidantes fotoquímicos como el ozono. En la Tabla 1 se muestran contaminantes seleccionados y sus principales fuentes y efectos, mientras que la Tabla 2 muestra los contaminantes típicos asociados a combinaciones comunes de motores y combustibles.

En ciudades en desarrollo, sin embargo, los contaminantes críticos del aire son el material particulado y el plomo, si no es eliminado aun de la gasolina. Krzyzanowski y Schwela (1999) analizaron la situación de contaminación del aire de ciudades en países en desarrollo. Sus observaciones están basadas en los datos recopilados en el recientemente actualizado Sistema de Información de Manejo Ambiental (Air Management Information System AMIS) (Schwela 1999; WHO 2001).

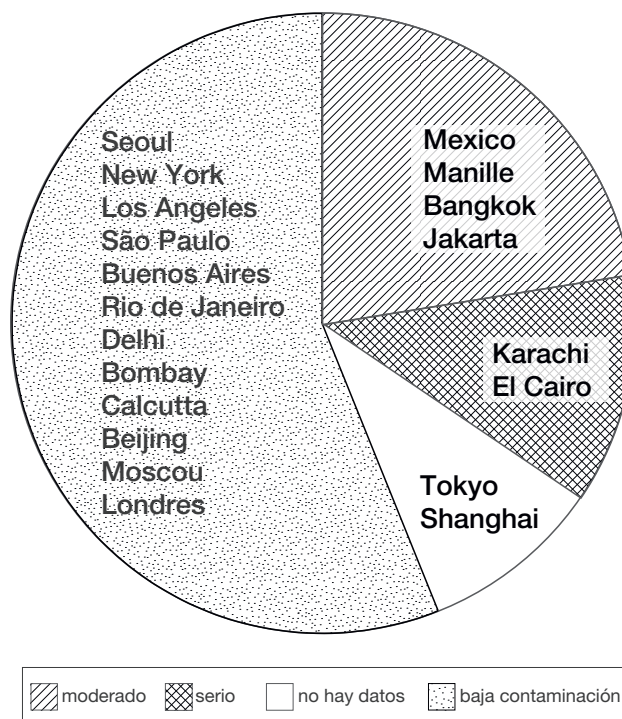


Fig. 1

Clasificación de megaciudades de acuerdo a su nivel de plomo.

Notas: Serio: Niveles de plomo sobre 2 µg/m³
Moderado: Niveles de plomo entre 1 y 2 µg/m³
Bajo: Niveles de plomo bajo 1 µg/m³

UNEP/UNICEF (1997)

Con respecto a MP, el indicador más comúnmente reportado es la masa total de partículas en suspensión (TPS). En muchas ciudades la concentración promedia anual del TPS es de más de 100 µg/m³, con niveles que exceden 300 µg/m³ en muchas ciudades de China e India. En un número limitado de ciudades también se miden las concentraciones de partículas con un diámetro aerodinámico menor que 10 µm (MP₁₀). En ciudades asiáticas, se experimentó en los años 90 un aumento en las concentraciones de MP₁₀. Este aumento ha ocurrido aun cuando se reportó una reducción en TPS. Una tendencia opuesta y una reducción en los niveles de MP₁₀ se observaron en ciudades de América Central y América del Sur.

Donde aun se usa combustible con plomo para vehículos, las concentraciones de plomo en el aire probablemente están en el rango de 0,5 – 6 µg/m³ (WHO 1995a). Se observaron valores aun más altos en Dhaka (sobre 14,6 µg/m³) en el período de Noviembre 1995 a Enero 1996 (UNEP/WHO/SEI/KEI 2002b). Donde ya no se usa combustible con plomo, las concentraciones tienen la probabilidad de bajar a menos de

Tabla 1: Fuentes de contaminación del aire, efectos, y recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud en referencia a contaminantes seleccionados

CONTAMINANTE	FUENTES PRINCIPALES	EFFECTOS	DIRECTRICES PARA LA SALUD (OMS 2002a)
Monóxido de Carbono (CO)	Gases de escape de vehículos motorizados; algunos procesos industriales	Venenosos para humanos al ser inhalados. CO reduce la capacidad de la sangre para llevar oxígeno y aumenta la presión del corazón y los pulmones	10 mg/m ³ (10 ppm) sobre 8 hr; 30 mg/m ³ sobre 1 hr (30'000 µg/m ³)
Dióxido de azufre (SO ₂)	Contribución menor de fuentes móviles. Generadoras de calor y de electricidad que usan petróleo o carbón con azufre, plantas de ácido sulfúrico	Irritante para humanos, SO ₂ compromete reacciones atmosféricas para contribuir a la lluvia ácida	125 µg/m ³ sobre 24 hr; 500 µg/m ³ sobre 10 min
Material Particulado MP ₁₀	Suelo, espuma oceánica, quema de matorrales, quemaduras domésticas, vehículos motorizados, procesos industriales y polvo orgánico de material vegetal	Contribuye a la bruma, aumenta el riesgo de cáncer, efectos en la mortalidad, agrava enfermedades respiratorias	La información disponible no indica en que bajas concentraciones no deben esperarse efectos. Por esta razón no hay valores recomendados a corto plazo para concentraciones promedio
Plomo (Pb)	Adicionado a algunos combustibles, Pb es emitido desde los gases de escape de vehículos motorizados; fundiciones de plomo; plantas de batería	Afecta el desarrollo intelectual en niños; muchos otros efectos adversos	0,5 µg/m ³ en un año
Óxidos de Nitrógeno (NO, NO ₂)	Un efecto secundario en combustión en altas temperaturas provocando cadenas de nitrógeno y oxígeno en los gases de escape de vehículos; generación de electricidad y calor; ácido nítrico; explosivos; plantas de fertilizantes	Irritante, precursor de la formación del smog fotoquímico	200 µg/m ³ sobre 1 hr para NO ₂
Oxidantes fotoquímicos (principalmente ozono [O ₃]; también nitrato de peróxido acetilo [PAN] y aldehídos)	Formados en la atmósfera por la reacción de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y luz solar	Un irritante, oxidante fotoquímico, contribuye a la bruma, daños materiales, agrava las enfermedades respiratorias	120 µg/m ³ sobre 8 hrs

Tabla 2: Resumen de tipos de contaminantes y las emisiones de algunas combinaciones de motores típicos y combustibles

Tipo de Motor	Tipo de combustible	Tipo de vehículo	Principales emisiones*
4 tiempos	Gasolina	automóviles (también camiones, aviones, motocicletas)	HC, CO, NO _x
Diesel	Diesel	Camiones, buses, tractores (también automóviles)	NO _x , SO _x , hollín, partículas
2 tiempos	Gasolina/mezcla de aceite	Motocicletas, motores fuera de borda	HC, CO, partículas
Turbina a gas	Jet	Aviones, aplicaciones en la marina	NO _x , partículas

0,2 µg/m³ (WHO 1995a; UNEP/WHO/SEI/KEI 2002a; b). Las reducciones de plomo en el aire se han reportado desde India, Indonesia, y Tailandia (UNEP/WHO/SEI/KEI 2002b). La contaminación por plomo todavía es más seria en países en desarrollo que en países desarrollados, como se ilustra en la Figura 1.

Las concentraciones de contaminación del aire en ciudades principales y megaciudades de países en desarrollo alcanza niveles de preocupación para la salud pública (ver Tabla 1).

2.3 Clasificación de efectos para la salud de los contaminantes del aire en diferentes partes del cuerpo humano

Los impactos en la salud de los contaminantes atmosféricos son numerosos y variados y pueden manifestarse en diferentes partes del cuerpo humano. Las partes afectadas incluyen el sistema respiratorio, sistema inmunológico, piel y tejidos mucosos, sistema sensorial, sistema nervioso central y periférico y sistema cardiovascular.

Los efectos en la salud de los contaminantes atmosféricos en el sistema respiratorio (vías respi-

ratorias inferiores, ver Figura 2) incluyen cambios agudos y crónicos en la función pulmonar, creciente incidencia y predominio de síntomas respiratorios, sensibilización de las vías respiratorias a sustancias alergénicas, y exacerbación de infecciones respiratorias como rinitis, sinusitis, neumonía, alveolitis y enfermedad del legionario (legionella). Los agentes principales que provocan estos efectos en la salud son los productos de combustión SO_2 , NO_2 , MP_{10} y CO . Además, los contaminantes intradomiciliarios, – MP fino del humo ambiental de tabaco (HAT), formaldehído, y organismos infecciosos – pueden también actuar como agentes importantes.

Los efectos en la salud debido a la contaminación del aire en el sistema inmunológico alérgico, se manifiestan en la exacerbación de asma alérgica, rino-conjuntivitis alérgica, alveolitis alérgica extrínseca/neumonitis hipersensitiva, y puede producir daño pulmonar permanente en individuos sensibles, incluyendo insuficiencia pulmonar. Los principales agentes son conocidos por ser alérgenos externos y agentes intradomiciliarios como ácaros del polvo, cucarachas, organismos vivientes en la piel de los animales, insectos y hongos en ambientes con alta humedad. Estudios efectuados en diversos centros han demostrado diferentes patrones de enfermedades alérgicas (ej. asma, rinitis y eczema) así como hiper sensibilización alérgica. Estas variaciones no pueden reconciliarse por

diferencias geográficas en la exposición a alérgenos, debido a que la mayor parte de alérgenos del aire se dispersan ampliamente.

Los efectos para la salud debido a la contaminación del aire en la piel y los tejidos mucosos, (ojos, nariz, garganta) son la mayoría de las veces efectos irritantes. Irritaciones sensoriales primarias incluyen garganta seca (úlceras), sensación de hormigueo en la nariz, lágrimas y dolor en los ojos. Irritación secundaria caracterizada por edema e inflamación de la piel y membranas mucosas provocando cambios irreversibles en estos órganos. Agentes principales incluyen compuestos orgánicos volátiles, formaldehído, y otros aldehídos (ej. acetaldehído, acroleína) y HAT.

Los efectos sensoriales de la contaminación del aire incluyen molestias y reacciones irritativas causadas por la percepción de contaminantes a través de los órganos sensoriales. COVs, formaldehído y HAT pueden actuar como agentes principales.

Los efectos de la contaminación del aire en el sistema nervioso central se manifiestan a sí mismos en un daño de las células nerviosas, tanto tóxico o hipoxico/anoxico. Los agentes principales son los COV (acetona, benceno, tolueno, formaldehído), CO y pesticidas. En lactantes y niños menores, los cambios neurofisiológicos causados por Pb pueden tener como resultado un retardo en el desarrollo y deficiencias irreversibles.

Los efectos de la contaminación del aire en el sistema cardiovascular se desarrollan a través de una oxigenación reducida y resulta en un aumento de la incidencia y predominio de enfermedades cardiovasculares, infarto al miocardio, y el consecuente aumento en la mortalidad causada por enfermedades cardiovasculares. Los principales agentes son CO , MP , y HAT.

Los efectos cancerígenos de la contaminación del aire están asociados con el cáncer pulmonar, cáncer a la piel y leucemia. Los agentes principales que provocan el cáncer pulmonar han sido identificados como arsénico, fibras de asbesto, cromo, níquel, cadmio, hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA), tricloroetileno, HAT, y radón. Se conoce que el benceno produce leucemia, y la radiación ultravioleta



Fig. 2

El sistema respiratorio.

Biblioteca Científica

es un agente causante de cáncer a la piel. Una pregunta difícil y en gran parte no resuelta es la sinergia entre los diferentes compuestos cancerígenos y entre los agentes cancerígenos y no cancerígenos.

Los impactos en la salud por plomo son especialmente serios en niños, debido a que el plomo afecta al organismo durante la fase crucial del desarrollo. Se sabe que los niños desarrollan problemas de aprendizaje y una disminución en el coeficiente intelectual (ver recuadro 6).

Recuadro 6: Efectos en la salud en niños

En 1990, La cumbre mundial para los niños fue convocada para tratar el deseo de entregar un mejor futuro para cada niño en el mundo. Para la Cumbre, UNEP y UNICEF publicaron el informe 1990 Niños y Medioambiente, con el mensaje “la degradación ambiental está matando niños.” Este tema reconoce que un medioambiente limpio y saludable es el primer paso para entregar un mejor futuro a los niños. Sin embargo, en los años que han pasado desde la Cumbre y la publicación del informe, muchos problemas han persistido y otros aparecido.

Los niños son especialmente vulnerables a los efectos adversos de la contaminación del aire, debido a sus características físicas y a su comportamiento en la infancia. La absorción de contaminantes en los niños es mayor que en los adultos por unidad de peso corporal, debido a que comen, toman y respiran más, y su relación de la superficie al volumen del cuerpo es casi tres veces más alto que de un adulto. Las funciones corporales, como la desintoxicación, cambios metabólicos y excreción de toxinas también son diferentes que aquellas en los adultos. El sistema inmunológico, el sistema nervioso y los órganos de los niños aún no están completamente desarrollados. Todos estos impactos pueden llevar a un daño permanente.

Los niños provenientes de familias de bajos ingresos muchas veces viven en áreas con altos niveles de contaminación del aire. Muchos niños viven a corta distancia, sino sobre vertederos de basura antiguos o actualmente en uso. Además, los pobres de áreas urbanas muchas veces viven muy cerca de autopistas o en el sector industrial urbano, de este modo, están expuestos a los contaminantes que son emitidos por el tráfico o por industrias. De hecho, en los suburbios de Bangladesh, los niveles de plomo en el aire son tres veces mayores que los recomendados por la OMS.

UNEP/UNICEF 1990; CICH 2000; UNEP/UNICEF/OMS 2001

2.4 Un asunto emergente: ruido

En comparación con otros contaminantes, la contaminación acústica siempre ha sido un problema ambiental subestimado (ver recuadro 7). El control del ruido ambiental es, sin embargo, importante porque algunos problemas en la salud están influenciados tanto por el ruido como por la contaminación del aire (Schwela 2001). Además, la inclusión de temas de ruido en el manejo de calidad del aire ha sido obstaculizada por el conocimiento insuficiente de sus efectos en humanos y la relación de dosis-respuesta y por la falta de criterios definidos. Desde ambas perspectivas, es fundamental tomar acciones prácticas para limitar y controlar la exposición a la contaminación acústica (ver Módulo 5c: *Ruido y su Mitigación*). El recientemente publicado OMS *Guidelines for Community Noise* (WHO 2000b), que también trata asuntos de manejo y evaluación de ruidos, puede ayudar a las ciudades para manejar los crecientes problemas del ruido.

Recuadro 7: Contaminación acústica

Los problemas de ruido de las sociedades modernas están caracterizados por la gran cantidad de automóviles y camiones con motores diesel, en ciudades y en el campo, particularmente en países en desarrollo. Los problemas para la salud pueden ser bastante importantes, incluyendo estrés físico, deterioro de la capacidad para escuchar, y agravamiento de enfermedades cardiovasculares.

El alcance de los problemas de ruido en los países en desarrollo es muy amplio. Los niveles de ruido a lo largo de los caminos densamente transitados en Bangkok, Tailandia, alcanzaron de 75 a 80 dBA durante 24 horas (WHO 2000b). En un estudio en Karachi, Pakistán, se observó que cerca del 83% de los policías en la calle tenían pérdida de capacidad auditiva. El mismo estudio reportó pérdida de la capacidad auditiva en el 33% de los conductores de triciclos motorizados y en el 57% de los dependientes de un bazar muy concurrido.

OMS 2000b

3. Manejo de calidad del aire

3.1 Introducción

Las políticas nacionales e internacionales para el manejo de todas las formas de contaminación del aire, están basadas en principios básicos.

Una iniciativa global importante se llevó a cabo en 1983, cuando la Asamblea General de la ONU estableció la Comisión Mundial para el Medioambiente y Desarrollo. El informe efectuado por la Comisión, Nuestro Futuro Común, fue endosado por la Asamblea General de la ONU en 1987. Este ha influenciado en entregar temas del medioambiente a la arena global, y en expresar conceptos en el manejo de calidad del aire (WCED 1987) (ver más adelante Módulo i: *Perspectiva General del Texto de Referencia, y Materias Transversales del Transporte Urbano*).

La Comisión Brundtland sugirió que se requeriría un desarrollo sustentable para alcanzar las legítimas aspiraciones de la población mundial, sin destruir el medioambiente. Se define **desarrollo sustentable** como: “**desarrollo que logre las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones para lograr sus propias necesidades.**” Este concepto ha sido adquirido como una forma aparente de integrar la política medioambiental y el desarrollo económico.

Después de la Comisión Brundtland, se efectuó en Río en 1992 la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medioambiente y Desarrollo (UNCED 1992). El propósito fue asegurar los fundamentos prácticos para establecer un desarrollo sustentable. El documento *Agenda 21* y la declaración de Río fueron los resultados más obvios de esta conferencia. La *Agenda 21* es un documento que cubre el desarrollo sustentable, el cual no es obligatorio en los países. Sin embargo, una implementación nacional es revisada por la Comisión de Desarrollo Sustentable y la Asamblea General de la ONU. La *Agenda 21* respalda una cantidad de principios de manejo ambiental, en los cuales se basan las políticas de algunos gobiernos, incluyendo manejo de calidad del aire. Estos incluyen:

- el principio preventivo – donde está claro que una propuesta dañará el medioambiente, deberán tomarse acciones para proteger el medioambiente sin esperar pruebas científicas del daño.
 - el principio de contaminador paga – el costo total asociado con la contaminación (incluyendo monitoreo, manejo, limpieza y supervisión) deberá asumirse por la organización o persona responsable de la fuente de contaminación.
- Además, muchos países han adoptado el principio de **prevención de contaminación**, cuyo objetivo es reducir la contaminación en sus fuentes.
- La *Agenda 21* establece en el Capítulo 6 en ‘salud humana y contaminación ambiental’ que los programas de acción determinados nacionalmente en el área de contaminación del aire urbano, con asistencia internacional, apoyo y coordinación donde es necesario, deben incluir (UNCED 1992):
- I. Desarrollar tecnología de control de contaminación apropiada, en base a evaluación de riesgo e investigación epidemiológica para la introducción de procesos de producción ambientalmente sólidos y de un transporte de masas apropiado y seguro.
 - II. Desarrollar capacidades de control de contaminación del aire en grandes ciudades, enfatizando la aplicación de programas y usando redes de monitoreo apropiadamente.
- Diez años después de Río, la Cumbre Mundial en Desarrollo Sustentable (WSSD) reconoció el problema de la contaminación del aire en la Sección IV 39 de su Plan de Implementación del WSSD, que solicita a los Estados de:
- “Promover la cooperación en los planos internacional, regional y nacional para reducir la contaminación atmosférica, incluida la contaminación atmosférica transfronteriza, los depósitos ácidos y el agotamiento del ozono teniendo en cuenta los principios de Río como el de que, en vista de que han contribuido en distinta medida a la degradación del medioambiente mundial, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas, adoptando medidas en todos los planos encaminadas a:*
- (a) Potenciar la capacidad de los países en desarrollo y los países de economía en transición para medir, reducir y evaluar los efectos de la contaminación atmosférica, incluidos los efectos en la salud, y prestar apoyo financiero y técnico a esas actividades (WSSD 2002)”

El Plan reconoce el significativo impacto de la contaminación del aire en la salud humana en la Sección VI, en Desarrollo Sustentable y Saludable que establece:

“49. Reducir las enfermedades respiratorias y otros efectos en la salud de la contaminación atmosférica, prestando especial atención a las mujeres y los niños, mediante:

(a) El fortalecimiento de programas regionales y nacionales, incluso mediante asociaciones del sector público y el sector privado, y asistencia técnica y financiera para los países en desarrollo;

(b) El apoyo para la eliminación gradual del plomo en la gasolina;

(c) El fortalecimiento y el apoyo a los esfuerzos para reducir las emisiones de gas, mediante el uso de combustibles más limpios y técnicas modernas de lucha contra la contaminación;

56. Eliminar gradualmente el plomo de las pinturas y de otras fuentes a que están expuestos los seres humanos, trabajar para prevenir, en particular, el contacto de los niños con el plomo y mejorar los esfuerzos de vigilancia y supervisión y el tratamiento del saturnismo” (WSSD 2002).

Por esto, las ciudades tanto en países en desarrollo como en países desarrollados, están obligadas a implementar estrategias de gestión de calidad del aire, para manejar el deterioro en la calidad del aire, asociado con altos niveles de crecimiento de la población, urbanización, actividad industrial y uso de vehículos motorizados.

Sin embargo, no hay una estrategia universal de manejo de calidad del aire que pueda ser aplicada a todas las ciudades alrededor del mundo. Cada área urbana es única en términos de sus problemas de contaminación del aire, patrones temporales y espaciales de sus fuentes de contaminación y características culturales, económicas, físicas y sociales.

3.2 Hacia una estrategia para el manejo de calidad del aire

La meta del manejo de calidad del aire es mantener la calidad del aire para proteger la salud humana y el bienestar. Esta meta también incluye la protección de animales, plantas (cultivos, bosques y vegetación natural), ecosistemas, materiales y estética, como los niveles naturales de visibilidad (Murray 1997). Y para alcanzar

esta meta de calidad del aire, es necesario desarrollar políticas y estrategias de calidad del aire apropiadas.

La política del gobierno es el fundamento del manejo de calidad del aire. Sin un marco político apropiado y una adecuada legislación, es difícil mantener un programa activo o exitoso de manejo de calidad del aire. Un marco político se refiere a políticas en varias áreas, incluyendo transporte, energía, planificación, desarrollo y medioambiente. Los objetivos de calidad del aire son alcanzados más fácilmente si estas políticas gubernamentales interconectadas son compatibles, y si existen mecanismos para coordinar las respuestas a asuntos que cruzan diferentes áreas de la política del gobierno. Las medidas adoptadas en muchos países desarrollados para integrar la política de calidad del aire con salud, energía, transporte y otras áreas están resumidas en un informe de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE 1999).

Un completo esquema de interrelaciones relevantes en el manejo de calidad del aire es descrito en el Cuadro 3. La complejidad de este cuadro refleja la complejidad de la tarea. Deben destacarse dos aspectos del Cuadro 3. Primero, el esquema indica claramente que el manejo de calidad del aire tiene como objetivo final, evitar los impactos para la salud y medioambiente debido a la contaminación del aire. Si la contaminación del aire provocada por el hombre tiene ningún efecto, las personas no se preocuparían. De este modo, todos los instrumentos desarrollados en el curso de los últimos cincuenta años, tales como inventarios de emisiones, modelo de dispersión, o inventarios de concentraciones, solo sirven para permitir a los tomadores de decisiones desarrollar legislaciones y regulaciones necesarias para evitar los efectos perjudiciales para la salud y el medioambiente. Los instrumentos mencionados son, por lo tanto, herramientas tácticas en el manejo de calidad del aire, mientras que la preservación de la salud y el medioambiente deben estar fundadas en metas y objetivos de manejo de calidad del aire. Los inventarios de emisiones, medición de concentraciones, modelos de dispersión y otras herramientas, son, por lo tanto, sin fin por sí mismas, el fin es la salud humana y el medioambiente saludable.

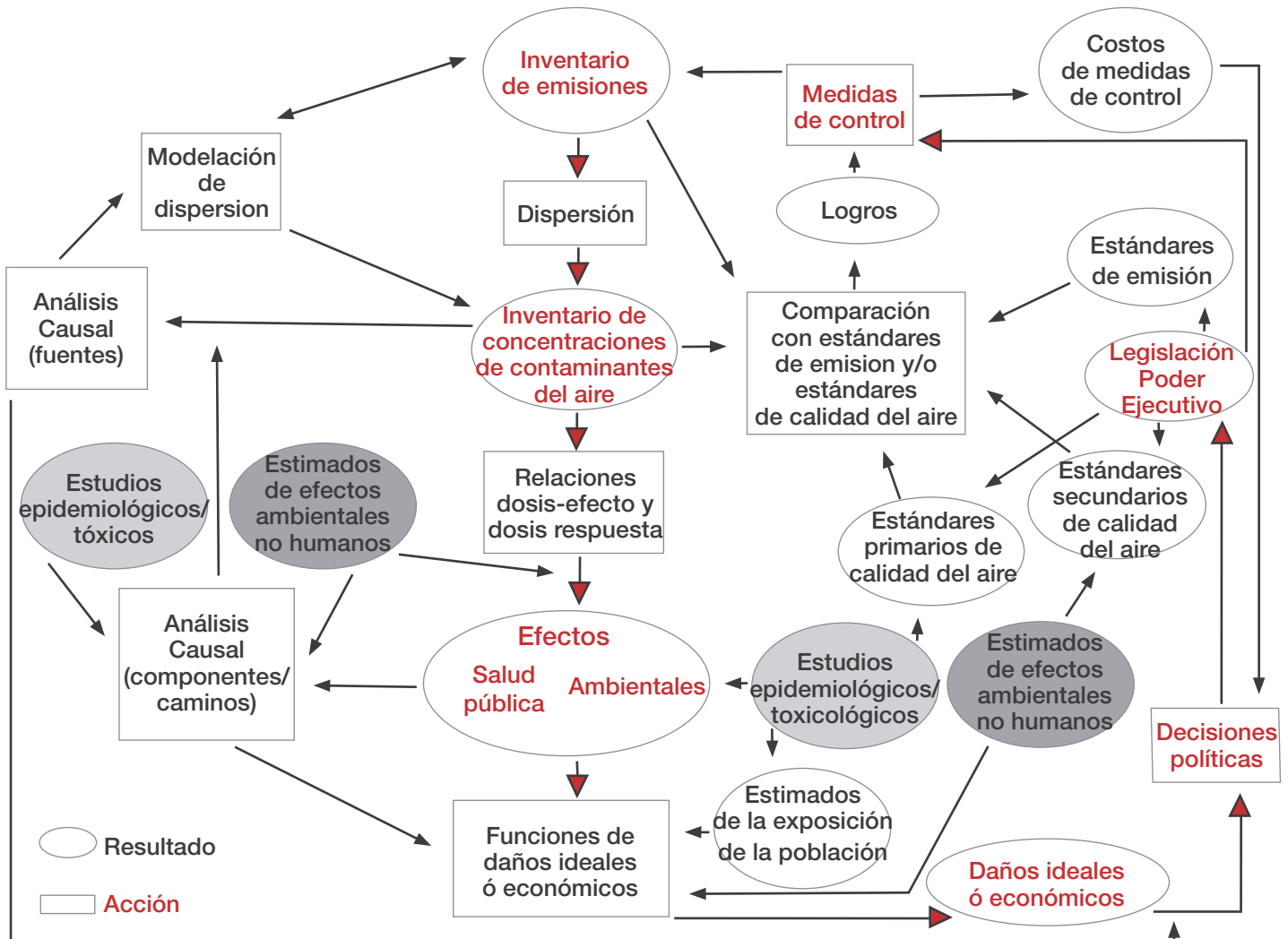
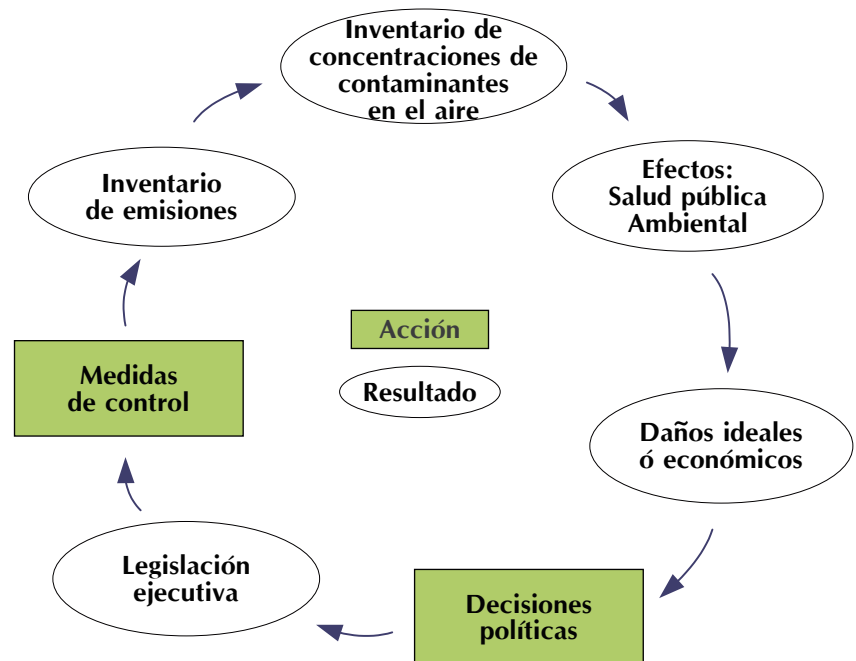


Fig. 3a y 3b

El campo del manejo de calidad del aire (arriba), y un ciclo simplificado de manejo de calidad del aire (izquierda).

Segundo, los datos de calidad conocida obtenidos de herramientas tácticas de monitoreo y evaluación en el manejo de calidad del aire, solo tienen el propósito de generar información para los encargados de tomar decisiones y el público, lo que lleva a decisiones políticas y la formulación de políticas apropiadas para prevenir los efectos adversos de la contaminación del aire en la salud humana y el medioambiente. También bajo este aspecto de formulación de políticas, la salud y el medioambiente tienen el papel destacado en la definición de los objetivos de las políticas y regulaciones. (Debe notarse que la información necesaria para los políticos es creada de “datos de calidad conocida” y no necesariamente de datos de alta calidad, los



cuales no pueden obtenerse siempre bajo las condiciones de muchos países en desarrollo.)

La creación de políticas y los aspectos del sistema de soporte de decisiones del manejo de calidad del aire, serán abordados en la Sección 6 de este módulo. En los siguientes párrafos se consideran en más detalle las herramientas para la evaluación de calidad del aire. Las principales herramientas son:

- inventario/mediciones de emisiones
- monitoreo externo
- modelos de dispersión.

Todas estas tres herramientas de evaluación son interdependientes en campo y aplicación. Por consiguiente, las evaluaciones de monitoreo, modelo y emisiones deben considerarse como componentes complementarios en cualquier propuesta integrada para exponer las evaluaciones de exposición, o determinar conformidad frente a cualquier criterio de calidad del aire.

Fig. 4

Una fundición de cobre en Ilo Perú.

Dietrich Schwela, OMS



Fig. 6

Depósito de basura en Lagos, Nigeria.

Dietrich Schwela, OMS



3.3 Inventarios de emisiones

3.3.1 Introducción

Un componente crucial para un plan de manejo de calidad del aire es un conocimiento cuantitativo razonable de las fuentes de las diferentes emisiones. Un inventario de emisiones es esencial. En algunos casos, las emisiones están descritas en grupos de fuentes. Estas podrían ser:

- **Fuentes puntuales** como chimeneas en grandes terrenos industriales (ver Figura 4).
- **Fuentes móviles** como vehículos motorizados en carreteras. Las fuentes móviles son muchas veces consideradas como fuentes en línea y no es factible considerar las emisiones de cada vehículo por separado, pero se consideran las emisiones totales a lo largo de la carretera (considerado una línea; ver Figura 5).
- **Fuentes areales** incluyen quemazón al aire libre de basura agrícola, forestal y limpieza de terrenos. Otras fuentes son los incendios forestales, emisiones por carga de combustible, vehículos no de carreteras y barcos, y combustión de combustible comercial y doméstica. Minería de superficie y sobre raspado de la tierra en áreas semiáridas puede también ser una fuente de partículas. Un típico terreno de fuente se muestra en Figura 6.



Fig. 5

Congestión vehicular en una calle en Bangkok.

Karl Fjellstrom, 2002

Fuentes naturales o biogénicas, tales como desiertos, áreas erosionadas, las emisiones agrícolas son una categoría de fuentes no antropogénicas, generalmente consideradas como fuentes areales.

3.3.2 Pasos en la construcción de un inventario de emisiones

No hay una manera única para desarrollar un inventario de emisiones. Los siguientes procedimientos han sido implementados previamente en países en desarrollo, y pueden ser considerados como un modelo.

1. Asignación de categorías de contaminantes

Estos incluyen:

- contaminantes que deben ser inventariados y para los cuales los datos están disponibles (comúnmente contaminantes primarios como plomo y partículas),
- contaminantes que deben ser incluidos pero de los cuales hay datos limitados o no disponibles,
- contaminantes secundarios que se forman en la atmósfera, que solo pueden ser atribuidos a las concentraciones de fuentes precursoras por modelos numéricos (como los niveles de ozono sobre la tierra).

2. Recopilación de datos

La construcción de un inventario requiere información de la fuente (el monto de las emisiones) de todos los emisores dentro de un área específica. Generalmente se reconocen cinco etapas en el cálculo de un inventario de emisiones. Estos incluyen:

- establecer una lista de fuentes puntuales, areales y móviles
- contactar y obtener de los operadores de las plantas estimados cuantitativos de las emisiones de las fuentes puntuales
- obtener datos primarios y derivar los datos de actividad en aquellos factores como el tamaño y clasificación de la flota vehicular, kilómetros recorridos, y un estimado en el consumo doméstico de combustible
- revisión de datos con respecto a validez e idoneidad
- procesamiento de los datos individuales de las fuentes y sus niveles de para entregar un inventario espacialmente disgregado.

Para algunos componentes de un inventario de emisiones, podrían existir datos exactos. Por ejemplo, debe haber disponibilidad de datos exactos de emisiones para algunas instalaciones industriales, para la medición de emisiones en chimeneas. En otros casos, las emisiones pueden ser calculadas desde estimados de insumos de procesos. Por ejemplo, las emisiones de SO₂ de plantas de generación de electricidad a carbón pueden ser, muchas veces, calculadas con una exactitud razonable, conociendo el consumo de combustible y su contenido de azufre y otras informaciones.

Mientras que se necesitan estimados de las emisiones para desarrollar inventarios de emisiones, las mediciones para confirmar la veracidad de los estimados son altamente deseables. Deben usarse estudios para las fuentes puntuales, tales como grandes instalaciones industriales para entregar datos de sus emisiones. Sin embargo, las informaciones de las compañías no son siempre completas, particularmente en relación a emisiones fugitivas (tales como fuga de sustancias volátiles, fuga en los equipos y pérdida de partículas finas de material almacenado), y por productos de combustión como HPA para los cuales tal vez no hay suficientes datos disponibles.

En algunos países en desarrollo, falta información estadística fidedigna para hacer un estimado de emisiones confiable. Sin embargo, donde se necesita actuar para mejorar la calidad del aire, la ausencia de esta información no debe impedir el desarrollo de un estimado preliminar de emisiones en base a indicadores de población, industrias, niveles socioeconómicos y datos relacionados con el tráfico. Puede usarse información básica de población, transporte, industria, combustibles y otra información para el cálculo preliminar de un estimado de emisiones (Kato y Akimoto 1992), con las correspondientes medidas para la reducción de emisiones del transporte. Esta información también está relacionada con la aplicación de planificación del transporte, control de tránsito, regulación de tránsito y otras medidas de manejo de tránsito, las cuales pueden reducir las emisiones de tráfico individuales, a través del manejo de mediciones móviles (ver Módulo 2b: *Manejo de la Movilidad*). Todos estos aspectos son útiles

Programas computacionales de factores de emisión

Los modelos de factores de emisiones vehiculares son herramientas computacionales para predecir los gramos por milla (o kilómetro) de emisiones de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), material particulado (MP) y tóxicos de vehículos, camiones y motocicletas bajo diferentes condiciones. La Agencia Federal Alemana para el Medioambiente (<http://www.uba.de>) ha desarrollado recientemente un Manual de Factores de Emisiones; un modelo de aplicación sofisticado, aplicable a diferentes flotas vehiculares y a diferentes condiciones climáticas.

para desarrollar e implementar un manejo de la calidad del aire, o implementación de planes de aire limpio. Dichos estimados de emisiones preliminares pueden ser revisados a medida que hay disponibilidad de información más exacta.

3. Determinación de factores de emisiones

Factores de emisiones relacionan las emisiones de contaminantes al nivel de actividad. Tabla 3 presenta ejemplos de estadísticas de nivel de actividad de varias fuentes.

Cuando faltan datos de fuentes de emisiones, es común usar los factores generales de emisiones, tanto para fuentes fijas como difusas. (Emisiones de fuentes difusas incluyen emisiones de vehículos motorizados y fuentes móviles no de carreteras, y fuentes areales como industrias de electricidad, quemas domésticas y de madera, así como también emisiones biogénicas de fuentes naturales como vegetación.) Los factores de emisiones para fuentes difusas usualmente son calculados usando datos específicos para cada tipo de fuente. Por ejemplo, las emisiones de vehículos motorizados pueden ser estimadas calculando la distancia recorrida por los vehículos, el número de vehículos, temperatura, consumo de combustible y la composición y propiedades de los combustibles utilizados.

Factores generales de emisiones para varios procesos industriales se encuentran disponibles de fuentes publicadas (tales como EEA (sin fecha); (USEPA 1998; 2000a; b) y otras actualizaciones y suplementos más recientes). Sin embargo, estos factores de emisiones necesitan ser usados con cuidado, porque podría necesitarse hacer ajustes, tomando en cuenta las diferencias de condiciones de operación, combustible y materiales de alimentación.

Fuentes de información de como preparar inventarios de emisiones rápidamente se incluyen en WHO 1993a; b; 1995; 1997. Estos incluyen el uso de factores de emisión para la flota vehicular en una ciudad, la cual se clasifica por tipo y edad del vehículo, cilindrada y convertidor catalítico, filtros a material particulado para vehículos diesel y otro equipamiento para la reducción de emisiones. Detalles de estas materias pueden encontrarse en WHO 1993a. La OMS, en colaboración con la Agencia de Protección del Medioambiente de Estados Unidos

ha desarrollado una *Guía para Profesores sobre la Contaminación del Aire por Vehículos Motorizados* consistiendo en un taller de entrenamiento de una semana (WHO 1996), que cubre todos los aspectos relevantes incluyendo estudios de casos en países en desarrollo. Otros aspectos se discuten en la Sección 6.

Inventarios más sofisticados de emisiones de vehículos motorizados incluyen diferentes medidas de control y permiten la evaluación de la efectividad de un plan regulatorio establecido. Algunos de los factores más importantes para ser incluidos en un inventario de emisiones más comprensible son:

- factores de emisiones previstos para vehículos nuevos
- deterioro de las emisiones con la edad y kilometraje del vehículo
- efectos por manipulación
- mantención del vehículo
- inspecciones y mantenimiento y controles anti manipulación
- kilometraje del vehículo por vehículo y edad
- pérdida de combustible, volatilidad del combustible y otras características del combustible, como contenido de azufre, características de destilación y contenido de oxígeno
- temperatura ambiental.

Algunos detalles de estos temas son entregados por Walsh 1999.

Una vez que se ha completado el inventario, es importante hacer un ejercicio de verificación de emisiones, para asegurar que la exactitud y precisión de los estimados se mantienen dentro de parámetros aceptables. La verificación consiste en determinar que los datos ingresados están completos y son consistentes y compromete controles en:

- como se han aplicado las definiciones de las fuentes y de los contaminantes
- que los datos ingresados para cada sector, subsector y actividad están completos
- la consistencia del inventario en diferentes niveles de disgregación espacial
- la transparencia del inventario de emisiones – si los datos ingresados son totalmente trazables de acuerdo a sus referencias.

La verificación también puede comprometer el uso de estudios de dispersión y estudios modelo

para evaluar el inventario en relación a las mediciones de calidad del aire.

3.4 Monitoreo de calidad del aire y evaluación

3.4.1 Herramientas de evaluación y funciones

El propósito final del monitoreo no es simplemente recoger datos, pero sí entregar la información necesaria a los científicos, creadores de políticas y planificadores para tomar decisiones fundamentadas para el manejo y mejoramiento del medioambiente. El monitoreo tiene un rol central en este proceso, entregando las bases científicas sólidas para el desarrollo de políticas y estrategias, establecimiento de niveles de actividad en las fuentes contaminantes, conformidad de las mediciones en comparación a metas y la aplicación de acciones (ver Figura 3).

Sin embargo, deben reconocerse las limitaciones en el monitoreo. En muchas circunstancias, solo mediciones pueden ser insuficientes – o poco prácticas – para el propósito de definir completamente la exposición de la población en una ciudad o país. Sin embargo, ningún programa de monitoreo, bien fundado y diseñado, puede esperar cuantificar comprensiblemente los patrones de contaminación del aire tanto en tiempo como en espacio. En el mejor de los casos, el monitoreo entrega una ilustración incompleta

Tabla 3: Ejemplos de estadísticas de un nivel típico de actividad de varias fuentes

Fuente	Contaminante	Nivel de actividad
Vehículos de cuatro tiempos a gasolina	NO _x	gramos de NO _x por km recorrido
	CO	gramos de CO por km recorrido
Caldera a vapor	partículas	gramos de partículas por tonelada de vapor producido
	NO _x	gramos de NO _x por tonelada de vapor producido
Planta de generación de electricidad	partículas	gramos de partículas por kilowatt encendido
	NO _x	gramos de NO _x por kilowatt encendido
Planta de ácido nítrico	NO _x	gramos de NO _x por tonelada de HNO ₃ producido

– pero útil – de la calidad del aire actual. El monitoreo, por lo tanto, muchas veces necesita ser usado en conjunto con otras técnicas objetivas de evaluación, incluyendo modelos de dispersión, medición e inventario de emisiones, interpolación y mapeo.

A la inversa, confiar en el modelo por sí mismo no es recomendable. Aunque los modelos pueden entregar una herramienta importante para la interpolación, predicción y optimización de estrategias de control, ellos dependen de la disponibilidad de datos confiables de emisiones. Un inventario completo para una ciudad o país, debe incluir emisiones de fuentes puntuales, fuentes areales y fuentes móviles; en algunas circunstancias, también puede tener que considerarse una evaluación de los contaminantes que son transportados al área en estudio. Es importante, también, que los modelos utilizados sean apropiados para las condiciones locales, fuentes y topografía, así como haber sido seleccionados para ser compatibles con los datos de emisiones y meteorológicos disponibles.

Los inventarios en las ciudades en desarrollo serán, en gran parte, estimados usando factores de emisiones apropiados para los diferentes sectores de fuentes (verificado por mediciones), y usado en conjunto con estadísticas sustitutas, como densidad de población, uso de combustible, kilometraje de los vehículos o producción industrial. Las mediciones de emisiones usualmente estarán disponibles para grandes fuentes industriales, o de tipos de vehículos representativos, bajo condiciones estandarizadas de circulación.

3.4.2 Objetivos de monitoreo

El primer paso en el diseño o implementación de cualquier sistema de monitoreo, es definir los objetivos de monitoreo en forma clara, realista y alcanzable. Establecer objetivos de monitoreo muy restrictivos, difusos o ambiciosos tendrá como resultado programas costo-inefectivos y con una utilidad pobre de los datos. En esas circunstancias, no será posible hacer uso óptimo de los recursos disponibles. Los objetivos de monitoreo claros, realistas y alcanzables incluyen:

- Determinación de la exposición de la población y evaluación del impacto en la salud
- Información al público acerca de la calidad del aire y generar conciencia

Resolución espacial de inventarios de emisiones

En vista de las habilidades de las rápidas técnicas de OMS (ver ej. WHO 1995b) y de la PAHO/Banco Mundial DSS IPC (ver WHO/PAHO/WB 1995a) las emisiones de fuentes puntuales y de fuentes en línea pueden ser estimadas, y ser clasificadas de acuerdo a los emisores individuales en una forma simplificada. El uso de una red de un kilómetro sería apropiado solamente para fuentes de grandes áreas, y para el propósito de dibujar mapas de la densidad de las emisiones. Para medidas actuales costo-efectivas para fuentes puntuales, se necesita la contribución individual de cada fuente, por ejemplo los estimados de DSS IPC. Para vehículos motorizados la presentación como fuentes de línea es más informativa para los creadores de políticas.

- Identificación de las amenazas a ecosistemas naturales
- Determinación del cumplimiento con los estándares nacionales e internacionales
- Entregar el aporte de objetivos para el manejo de calidad del aire, planificación del tráfico y del uso de terrenos
- Distribución e identificación de las fuentes
- Desarrollo de políticas y priorización de acciones
- desarrollo/validación de herramientas de manejo (modelos, Sistemas de Información Geográfica, etc.)
- evaluación del impacto de fuentes puntuales o areales
- calificación de tendencias, para identificar futuros problemas o progresos en comparación con los objetivos del manejo/control.

Objetivos de monitoreo claramente definidos permiten la definición apropiada de la calidad de los datos. Los siguientes son los requerimientos esenciales que deben cumplir las mediciones, para que se cumplan todos los objetivos de monitoreo:

- exactitud y precisión de las mediciones
- trazabilidad a estándares de metrología
- integridad temporal (recopilación de datos)
- representatividad espacial y cobertura
- consistencia – de lugar en lugar y en el tiempo
- comparabilidad/homologación internacional.

A su vez, esto hace posible el desarrollo de un programa de aseguramiento de calidad objetivo y costo-efectivo.

Las relaciones entre los datos recopilados y la información que se deriva de éste deben ser consideradas cuando se planifica un programa de monitoreo. Esto enfatiza la necesidad de los usuarios y usuarios potenciales, de asegurarse de que los datos para ser usados en la planificación de estudios no solo son apropiados a sus necesidades, pero también que justifique la entrega de recursos. Debería reconocerse que las redes de monitoreo son invariablemente diseñadas para diferentes funciones. Estos pueden incluir un desarrollo político y estratégico, planificación local o nacional, mediciones en comparación con las recomendaciones internacionales, identificación/cuantificación de riesgo y conciencia pública.

3.4.3 Aseguramiento de Calidad y Control de Calidad (AC/CC)

El aseguramiento y control de calidad (AC/CC) son una parte esencial de cualquier sistema de monitoreo del aire. Es un programa de actividades que asegura que las mediciones alcanzarán estándares definidos y de calidad apropiados, con un nivel de confidencialidad establecido. La función de AC/CC es asegurar que los datos son adecuados para el propósito. Los principales objetivos de AC/CC son:

- mediciones exactas, precisas y creíbles
- datos representativos del ambiente o condiciones de exposición
- resultados que sean comparables y trazables
- mediciones que son consistentes en el tiempo
- alta captación de datos, distribuidos regularmente
- uso óptimo de recursos.

Los componentes funcionales del programa de AC/CC están definidos en la Tabla 4.

Los sistemas de AC/CC son considerados en más detalle en (UNEP/WHO 1994a; Bower 1997; WHO 2003) con respecto a:

- lugar de operación
- selección del lugar
- educación del equipo
- entrenamiento del operador
- laboratorio de AC
- punto de medición de AC
- la necesidad de investigación efectiva de los datos y su validación
- evitar la recopilación de datos falsos.

Tabla 4: AC/CC para monitoreo del aire: los componentes principales.

Aseguramiento de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de objetivos de monitoreo y calidad de datos. • Diseño de una red, sistemas de manejo y entrenamiento. • Selección de ubicación y establecimiento. • Evaluación y selección de equipos.
Control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones de rutina. • Establecimiento de una cadena de calibración/trazabilidad. • Auditorias en redes y pruebas de intercalibraciones. • Sistemas de mantención y soporte. • Revisión y manejo de datos.

3.4.4 Diseño de la red

No hay reglas universales para el diseño de una red, debido a que cualquier decisión será determinada en última instancia por los objetivos en conjunto y la disponibilidad de recursos. Aunque los sistemas de monitoreo tengan un solo objetivo específico, es más común para ellos tener un amplio rango de funciones programadas. Ningún estudio diseñado puede esperar cumplir completamente con todos los objetivos señalados en la Sección 3.4.2. Sin embargo, el diseño de estudios para alcanzar estos requerimientos individuales, muchas veces tiene características comunes y podrían usar datos comunes (para evitar duplicidad de esfuerzo) y datos sobrepuestos para verificar la credibilidad de los resultados y conclusiones. El objetivo general del diseño, es asegurar que se obtenga la mayor cantidad de información del trabajo asignado. Dónde las redes podrían ser operadas por una variedad de organizaciones, la estandarización o al menos, la armonización de los programas y datos comparados, es vital para evitar esfuerzos innecesarios y maximizar el costo-efectividad total.

Un asunto clave, que debe tratarse en la primera etapa del proceso de diseño de una red, es la disponibilidad de recursos. En la práctica, esto es lo determinante en el diseño de una red, lo que ejercerá una fuerte influencia en la elección del número de lugares, contaminantes a ser monitoreados e instrumentación seleccionada.

Es probable que se incurra en un amplio rango de obligaciones y costos en cualquier programa de monitoreo, incluyendo la compra de analizadores, mantención de equipos, costos de personal, y costos de operación. Antes de adquirir cualquier compromiso de capital o recursos, es entonces esencial planificar el estudio, evaluar la disponibilidad de recursos, seleccionar el equipamiento más apropiado y elegir los lugares para el monitoreo.

3.4.5 Cantidad de lugares y su selección

Para el propósito de diseño de una red, para evaluar la exposición de la población y el cumplimiento con las recomendaciones de calidad o estándares, es necesario tratar una cantidad de asuntos básicos, incluyendo:

- ¿Dónde está la población?

- ¿A que concentraciones de contaminantes están expuestos?
- ... y por cuanto tiempo?
- ¿En qué áreas o micro-ambientes la exposición es importante?

En práctica, el número y distribución de estaciones de monitoreo de calidad del aire que se requieren en cualquier red, o el número de captadores de muestras usados en un estudio, también dependen de:

- uso/objetivo de los datos requeridos
- área a ser cubierta
- variabilidad espacial de los contaminantes
- disponibilidad de recursos
- Instrumentos utilizados.

Una vez que el tipo de lugar es elegido, – por ejemplo: área residencial, área comercial, área industrial, cuneta – la condición real de la instalación de monitoreo es muy importante. Deben considerarse los siguientes requerimientos:

- acceso (y potencial de vandalismo)
- protección del lugar
- infraestructura (disponibilidad de electricidad, teléfono)
- cercanía a edificios
- exposición libre a corrientes de aire
- separación adecuada de fuentes o deposición.

Estos temas deben tratarse en forma detallada y transparente antes de iniciar la compra de la instrumentación. Más recomendaciones de una cantidad de planteamientos para el diseño de una red y selección del lugar es entregado en UNEP/WHO 1994a; WHO 2000a; 2003.

3.4.6 Estrategias y sistemas de captación de muestras

El monitoreo implica la evaluación del comportamiento de los contaminantes, tanto en espacio como en tiempo. Un buen diseño de la red debería, entonces, buscarse para optimizar la cobertura espacial y temporal, dentro de las restricciones de recursos disponibles (UNEP/WHO 1994a; Bower 1997). Métodos integrados de medición como captadores pasivos de muestras, aunque limitados fundamentalmente por su resolución en el tiempo, son útiles para la evaluación de exposiciones a largo plazo, así como es invaluable para una variedad de inves-

tigación de área, mapeo y funciones de diseño de red (UNEP/WHO 1994b). Sin embargo pueden surgir problemas, cuando se usan métodos de captación de muestras manuales en la aplicación de una estrategia intermitente, móvil o aleatoria.

Cuando se efectúan auditorías en instalaciones de monitoreo en todo el mundo, los sistemas de captación de muestras deficientes, son lejos los problemas más comunes. Usualmente, esto resulta de un diseño inadecuado o una limpieza deficiente del sistema de toma de muestras (ver más adelante UNEP/WHO 1994a; b; c; WHO 2000a; 2003).

3.4.7 Instrumentos

Las capacidades de las metodologías de monitoreo del aire, así como su inevitable implicación de recursos, ejerce una fuerte influencia en el diseño de la red. En esta sección se revisan algunos de estos temas.

Las metodologías de monitoreo del aire pueden dividirse en cuatro tipos genéricos principales, cubriendo un amplio rango de costos y niveles de rendimiento. Estos son los muestreos pasivos, muestreos activos, analizadores automáticos y sensores remotos. Las principales ventajas y características de estas tecnologías de monitoreo se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5: Técnicas de monitoreo del aire

UNEP/OMS 1994a

Método	Ventajas	Desventajas	Costo de capital
Captador pasivo de muestras	<ul style="list-style-type: none"> Muy bajo costo Muy simple No dependencia de suministro eléctrico Se puede utilizar en gran número Útil para investigación, mapas y estudio de bases 	<ul style="list-style-type: none"> No probado para algunos contaminantes En general solo entrega promedios mensuales y semanales Trabajo intensivo de uso/análisis Procesamiento lento de datos 	US\$ 10 - 70 por muestra
Captadores activos de muestras	<ul style="list-style-type: none"> Bajo costo Fácil de operar Confiable en su operación/ desempeño Datos históricos 	<ul style="list-style-type: none"> Entrega promedios diarios Trabajo intensivo de muestreo y análisis Se requiere análisis de laboratorio 	US\$ 1'000 - 3'000 por unidad
Analizadores automáticos	<ul style="list-style-type: none"> Probados Alto rendimiento Datos por hora Información en línea 	<ul style="list-style-type: none"> Complejo Caro Requiere grandes habilidades Alto costo recurrente 	US\$ 10'000 - 15'000 por analizador
Censores remotos	<ul style="list-style-type: none"> Entrega trayectoria o datos en línea resueltos Útil cercano a las fuentes Mediciones multi componentes 	<ul style="list-style-type: none"> Muy complejo y caro Difícil para asistir, operar, calibrar y validar No comparable con datos puntuales Visibilidad atmosférica e interferencias 	US\$ 70'000 - 150'000 por censor o más

Siempre es recomendable elegir la tecnología más simple para efectuar el trabajo. Equipamiento muy complejo, o propenso a fallas puede resultar en un pobre desempeño de la red, utilidad limitada de los datos y – lo peor de todo – una pérdida de dinero. Aunque los objetivos del monitoreo es el principal factor a ser considerado, también debe considerarse la restricción en los recursos y la disponibilidad de mano de obra capacitada. Claramente existe una relación entre el costo, complejidad, confiabilidad y desempeño del equipo. Sistemas más avanzados pueden entregar datos más refinados, pero usualmente son más complejos y difíciles de manejar.

“Captadores difusos de muestras ... son el método de elección para países en desarrollo que recién comienzan a implementar manejo de calidad del aire”

Los métodos de captadores de muestras no son, necesariamente, menos exactos que los analizadores automáticos. En la práctica, el uso combinado de captadores de muestras y analizadores automáticos en un programa de monitoreo “híbrido” puede ofrecer una propuesta versátil y costo-efectiva para el diseño de una red, en el ámbito municipal o nacional. Dicho diseño de red usará captadores de muestras activos

y pasivos para entregar una buena cobertura espacial y de resolución de área de las mediciones. Los analizadores automáticos, utilizados en lugares cuidadosamente seleccionados, pueden entregar datos de mejor resolución en el tiempo para evaluar concentraciones críticas o para la comparación con estándares de corto plazo. Los captadores de muestras activos usan bombas para sacar el aire a través de material de absorción. Los captadores de muestras activos, han sido usados ampliamente por décadas en muchos países de Europa, Norteamérica, y otros lugares (Figura 7). El tipo de equipamiento necesario para los captadores de muestras activos y el análisis de varios contaminantes del aire están fácilmente disponibles, y son fabricados y usados en muchos países en desarrollo (UNEP/WHO 1994a).

Los captadores de muestras pasivos, involucran la recolección de contaminantes sin el uso de bombas. Existen muchos tipos de captadores pasivos, incluyendo colectores de MP de la deposición seca, superficies sustitutas, colectores de flujo, captadores difusos y semi difusos, y más. Los captadores difusos son captadores pasivos especiales que recogen contaminantes del aire gaseosos a través de difusión molecular, utilizando material de absorción. El muestreo difuso puede ser especialmente útil para las siguientes actividades:

- clasificación de zonas
- evaluación preliminar de la calidad del aire
- herramienta para el diseño/optimización de redes
- monitoreo de calidad del aire en áreas no en riesgo de exceder los valores límites
- determinación de áreas de calidad de aire homogéneas
- evaluación de la exposición personal a contaminantes relevantes.

Los captadores difusos tienen muchas ventajas pero también algunas desventajas, en comparación a otros enfoques y por esto deben considerarse como complementarios de otras técnicas, tales como instrumentos fijos continuos o semi continuos, y métodos de bombeo manual. Debido a que generalmente son discretos y requieren una mínima participación del operador, los captadores difusos son la solución



Fig. 7

Un captador de muestras activo siendo usado para estudios de calidad del aire cerca de un aeropuerto en el Reino Unido.

Cortesía Jon Bower, AEA Technology

más costo-efectiva de problemas de medición, y son el método de elección para países en desarrollo que recién comienzan a implementar el manejo de la calidad del aire. Mientras que los captadores de muestras activos presentan mayores problemas de ubicación, debido a bombas ruidosas, los captadores difusos son silenciosos y pequeños y por lo tanto, fáciles de ubicar. No se necesita personal altamente calificado en el lugar de la instalación. Su principal desventaja, en comparación con métodos en los cuales el rango de muestreo puede ser controlado directamente por una bomba de captación de muestras, es que son útiles solamente para exposiciones a largo plazo, resultando en medición del promedio de concentraciones ponderado en el tiempo. Esta limitación, sin embargo, parece estar mitigada por el reciente desarrollo de captadores difusos radiales, por ejemplo para ozono.

El estado actual de las técnicas para las mediciones difusas fue presentado en una reciente conferencia de las Comunidades Europeas (EC 2002).

La selección cuidadosa de la localización de instalaciones de monitoreo y el montaje apropiado de los captadores de muestras difusos, es vital en estudios que usan tubos de difusión, como se ilustra por ejemplo en la Figura 8.

3.4.8 Transformando los datos en información

Como se enfatiza en la introducción de esta sección, el propósito del monitoreo no es meramente recoger datos, sino producir información útil para planificación, salud profesional, entes



Fig. 8
Protectores y buenos montajes son esenciales en estudios de captadores de muestras pasivos.

Dietrich Schwela, OMS

reguladores y públicos. Los datos básicos por sí mismos tienen una utilidad limitada. Estos primero deben ser depurados (por validación) y cotejados para producir datos confiables y creíbles (UNEP/WHO 1994a; Bower 1997). En Sistemas de Información de Manejo de Calidad del Aire efectivos, las mediciones validadas serán archivadas junto con los correspondientes datos de emisiones, modelos predictivos y otra información relevante para la toma de decisiones.

El siguiente paso en el manejo de los datos es el análisis e interpretación, diseñado para entregar información útil en un formato apropiado para los usuarios finales. Están disponibles diferentes metodologías estadísticas comprobadas, para el establecimiento de datos de calidad del aire, incluyendo procedimientos simples como cálculo de promedios, distribución de frecuencias, estimados de percentiles y otras maneras sofisticadas como los procedimientos de correlación, análisis de regresión y variación. Sin embargo, el nivel y método apropiados para el tratamiento de los datos será determinado por el uso final.

Un mínimo nivel de manejo de datos puede ser la producción de resúmenes diarios, mensuales y anuales, involucrando análisis simples gráficos y estadísticos, los que pueden mostrar distribución sobre el tiempo y de la frecuencia de los datos de monitoreo. Debería considerarse el uso de Sistemas de Información Geográfica, particularmente cuando la intención es combinar los datos de contaminación con aquellos provenientes de fuentes epidemiológicas, sociales, económicas o demográficas.

La información derivada de los datos medidos debe ser reportada o distribuida en forma oportuna a los usuarios finales. Esto debe ser en forma de datos completos, resúmenes procesados, estadísticas críticas o de promedios, superación de los estándares u objetivos, resultados analíticos, gráficos o mapas. Deberían diseñarse formatos de transferencia de información los cuales sean apropiados para las capacidades de la red y para los requerimientos de los usuarios.

3.4.9 Contaminantes claves y métodos de mediciones

Las técnicas de medición disponibles para determinar las concentraciones en el aire de los principales contaminantes “clásicos”, SO₂, NO₂, CO, O₃, MPS y plomo han sido descritas en UNEP/WHO 1994c;d; AEA 1996; WHO/SEARO 1996; WHO/PAHO 1997; BMU 1997; WHO 2003.

3.5 Modelación de calidad del aire

Como se indica más arriba, la comprensión adecuada de emisiones, topografía, meteorología y química permitirá el desarrollo de modelos matemáticos para la predicción de contaminantes, concentraciones primarias o secundarias, y en consecuencia la predicción de impactos (modelos de ambiente). Otros modelos estiman los factores de emisiones vehiculares en función de velocidad, temperatura ambiental, tecnología del vehículo y otras variables.

Los modelos computarizados desarrollados hasta ahora incluyen modelos para la predicción de la concentración de la contaminación del aire desde fuentes individuales, (*modelo pluma*), en una zona de corrientes de aire, una combinación de fuentes estacionarias y móviles (*modelo de corriente de aire*) o en un área geográfica sota-

vente de fuentes múltiples, como en las ciudades (***modelo de transporte de larga distancia***).

El planteamiento más simple utiliza un modelo de dispersión de una fuente puntual para estimar las concentraciones a nivel del suelo de los contaminantes de interés a cierta distancia (típicamente desde cientos de metros a decenas de kilómetros). Modelos más complicados permiten la inspección de fuentes múltiples, incluyendo fuentes areales.

El modelo de dispersión es una herramienta poderosa para la interpolación, predicción y optimización de estrategias de control. Los modelos permiten la comparación de las consecuencias de varias opciones para mejorar la calidad del aire. Sin embargo, los modelos necesitan ser validados por datos de monitoreo. Su exactitud depende de muchos factores, incluyendo la exactitud de los datos emisiones de la fuente, la calidad del conocimiento de las condiciones meteorológicas en el área, y la suposición acerca de procesos físicos y químicos en la atmósfera en relación al transporte y transformación de los contaminantes.

Los modelos de dispersión deben ser usados en las siguientes situaciones:

- Cuando un contaminante es muy difícil o muy caro para ser medido.
- Cuando se planifica alguna instalación nueva o modificación de alguna ya existente en un área urbana.
- Cuando se planifica algún cambio en la distribución del tráfico en una ciudad.

Los resultados de los modelos de dispersión son típicamente mapas que muestran las concentraciones de los contaminantes considerados (usualmente material particulado, CO, O₃, NO₂, etc.) por toda el área inmediata alrededor del punto de origen. La Agencia de Protección del Medioambiente de Estados Unidos y la Agencia de Medioambiente de Europa, proveen páginas web con modelos urbanos de dispersión (US EPA 2002; EEA 2002).

3.6 Punto de referencia de las capacidades de las ciudades en el manejo de calidad del aire

Para lograr una perspectiva global de la capacidad del manejo de calidad del aire de una

ciudad, es necesario desarrollar indicadores para evaluar cada componente de dicha capacidad. Una vez que esto se ha hecho podemos, entonces, agrupar estos indicadores juntos en un índice de capacidad de manejo de calidad del aire, los que pueden ser usados para identificar deficiencias, hacer comparaciones y así sucesivamente. En el estudio GEMS/AIR (UNEP/WHO/MARC 1996), se desarrollaron cuatro conjuntos de indicadores (índices) para representar los principales componentes de la capacidad de manejo del aire:

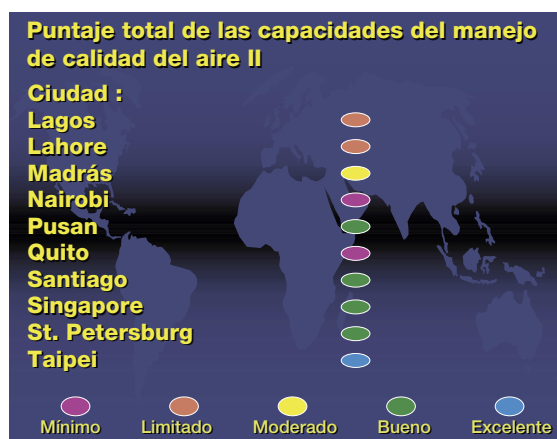
1. ***Índice de capacidad de medición de calidad del aire*** – evaluando el monitoreo del aire llevándose a cabo en una ciudad, y también la exactitud, precisión y representatividad de los datos producidos.
2. ***Evaluación de datos e índice de disponibilidad*** – evaluando de que manera los datos de calidad del aire son procesados para mejorar su valor y entregar información en forma para la toma de decisiones. El índice también evalúa hasta que punto hay acceso a la información y datos de calidad del aire a través de diferentes medios.
3. ***Índice de estimado de emisiones*** – evaluación de inventario de emisiones, conducidos para determinar hasta que punto la información relevante para la toma de decisiones, está disponible acerca de las fuentes de contaminación en la ciudad.
4. ***Índice de capacidades habilitadas de manejo*** – evaluando el marco administrativo y legislativo, a través del cual las estrategias de control son introducidas e implementadas para manejar la calidad del aire.

Cada uno de estos cuatro índices de componentes constan de un número de indicadores constituyentes. Por ejemplo, el índice de capacidad de medición de calidad del aire consta de los siguientes indicadores: validez de los datos (AC y CC); mediciones de calidad del aire tomadas para determinar las tendencias y distribución espacial en las concentraciones de contaminantes y los efectos en la salud, crónicos y agudos; y mediciones tomadas de concentraciones en la calle. Cada uno de los cuatro índices consisten de un número de indicadores de componentes, los cuales son diseñados para determinar si la ciudad tiene una capacidad útil con respecto a



Fig. 9
Índices de capacidad de manejo de calidad del aire para Alejandría, Egipto.

UNEP/OMS/MARC 1996



Figs. 10 (arriba) & 11 (abajo)
Capacidades de manejo de 20 ciudades principales.

UNEP/OMS/MARC 1996

un elemento en particular de la capacidad de manejo.

La Figura 9 ilustra esta estimación en la ciudad de Alejandría, Egipto. Las capacidades de 20 ciudades colaboradoras con respecto a cada componente de la capacidad del manejo de calidad del aire, se muestran en las Figuras 10 y 11.

Solamente Birmingham, Hong Kong, Kiev, Pusan, Santiago y Taipei tienen una buena o excelente capacidad de manejo en todos los elementos. Solo Taipei logró un nivel general excelente en la capacidad de manejo. La mitad de las ciudades participantes lograron una evaluación general buena, dos fueron moderadas, seis limitadas y una mínima. Es aparente que algunas ciudades en este estudio tienen todas las capacidades requeridas para generar estrategias de manejo de calidad del aire; muchas, sin embargo, tienen algún nivel de capacidad útil. En la mayoría de las ciudades las capacidades de manejo pueden ser desarrolladas haciendo mejor uso de los recursos existentes y a través de entrenamiento; algunas ciudades requieren el desarrollo de infraestructura más costosa para mejorar significativamente el rango de información disponible para los encargados de tomar decisiones.

Las ciudades que colaboran en este estudio tienen mejores capacidades que las que podrían esperarse para la mayoría de las ciudades en desarrollo (una consecuencia inevitable de la naturaleza colaborativa del proyecto). La Figura 10, sin embargo, demuestra que las ciudades en este estudio representan un margen de capacidades. Puede, entonces, observarse que representa un cuadro general de las capacidades globales de manejo.

Los puntos más importantes pueden resumirse como sigue:

- De los diferentes componentes de la capacidad de manejo, las ciudades en desarrollo generalmente tienen la mayor capacidad para medir la calidad del aire. El ochenta y cinco por ciento de las ciudades participantes en el estudio han establecido redes de monitoreo operacionales. En el resto de las ciudades, algunas mediciones han sido o están siendo hechas recientemente. La medición de MP y dióxido de azufre (SO₂) es la más gene-

ralizada; las mediciones menos hechas son para plomo (Pb), ozono (O₃) y monóxido de carbono (CO). Las técnicas activas de toma de muestras son las metodologías más usadas, con la creciente introducción de redes de monitoreo continuo. Los captadores pasivos de muestras tienen un uso muy limitado en las ciudades participantes en este estudio; esta técnica puede entregar información adicional de utilidad para caracterizar la calidad del aire a un bajo costo.

- La mayoría de las ciudades en este estudio llevan a cabo calibraciones de rutina y chequeos de flujo para asegurar la exactitud de los datos monitoreados; pocas ciudades validan formalmente sus resultados y muy pocas han establecido objetivos formales de calidad de datos, o efectúan revisiones técnicas o auditorías en las instalaciones. Para muchas ciudades en desarrollo es, por lo tanto, difícil determinar la calidad de los datos monitoreados y si éstos son adecuados para su propósito.
- Las evaluaciones efectuadas a los datos monitoreados fueron generalmente limitadas a simples estadísticas, percentiles, tendencias y excesos en los estándares de calidad del aire. Muy pocas ciudades en desarrollo usan datos de monitoreo de calidad del aire en combinación con indicadores de salud y estudios epidemiológicos, o usan datos meteorológicos o de emisiones para producir modelos de dispersión o pronósticos de episodios de contaminación. Sin embargo, los computadores fueron usados para el análisis de datos en un 8 de las ciudades participantes. En general, las ciudades no hicieron un óptimo uso de sus datos de calidad del aire.
- El acceso a la información de calidad del aire en la mayoría de las ciudades en desarrollo, está disponible a través de informes publicados con resúmenes anuales, aunque el número de informes impresos es algunas veces, muy limitado y consecuentemente, los documentos no pueden distribuirse ampliamente. La información de calidad del aire está disponible a través de los medios en más de la mitad de las ciudades en desarrollo participantes y en algunas de éstas, se usan descripciones cualitativas para ayudar al entendimiento de las personas que no son expertas en el tema. Sólo 6 de las 20 ciudades en el estudio emitieron alertas durante períodos de pobre calidad

del aire; la publicación de advertencia a individuos sensibles para describir como reducir el impacto o la exposición a la contaminación del aire, es por lo tanto poco común. Controles adicionales de emisiones durante períodos de mala calidad del aire han sido introducidos en muy pocas de las ciudades.

- La estimación de las emisiones es generalmente el componente más limitado en la capacidad de manejo; menos del 50% de las ciudades participantes en este estudio han calculado algún estimado de emisiones. Además, en la mayoría de las ciudades en las que se ha derivado un estimado, pocos se han validado y la mayoría no incluyen fuentes no de combustión. En muchas ciudades en desarrollo, las cuales han construido estimados de emisiones, éstos deben, por lo tanto, ser considerados solo como aproximaciones preliminares y de certeza desconocida, particularmente para algunos contaminantes.

4. Propuesta de control de emisiones para ciudades en desarrollo

4.1 Comando y control

Las leyes y regulaciones son el fondo de las estrategias de manejo de calidad del aire. La propuesta tradicional para el desarrollo e implementación de estrategias de manejo de calidad del aire han sido las de “comando y control”. Estas propuestas tienen muchas características centradas alrededor de regulación de emisiones. El método de comando y control involucra:

- el desarrollo y la regulación legal de estándares de emisiones
- otorgamiento de licencias para fuentes de emisiones
- monitoreo y reporte de emisiones
- multas por el no cumplimiento de las condiciones de la licencia.

Bajo este sistema, las técnicas a ser usadas en aquellas áreas de control de contaminación son determinadas por el gobierno, y su cumplimiento es controlado por inspectores gubernamentales. El gobierno emite las licencias, establece estándares de emisiones y efectúa controles de cumplimiento con los estándares. Los casos de incumplimiento normalmente van a la corte, la cual considera las circunstancias atenuantes y establece las multas. Desarrollos nuevos o principales cambios a efectuarse en las fuentes, usualmente están sujetos a una evaluación del impacto ambiental, y las fuentes nuevas pueden estar sujetas a estándares más estrictos que los existentes.

Los puntos fuertes del enfoque de “comando y control” incluyen:

- confianza pública
- certeza judicial para la industria y el público
- establecimiento de condiciones mínimas
- en algunas condiciones el enfoque de comando y control ha funcionado extremadamente bien, y en muchos países ha reducido las emisiones de partículas gruesas de SO₂, y ha reducido o eliminado las emisiones de plomo del petróleo.

Las debilidades de este enfoque incluyen:

- consumo de tiempo, caro y legalista
- las multas ligeras impuestas pueden ser poco satisfactorias para todos los involucrados
- enfoque rígido, con la posibilidad de decisiones arbitrarias y enfocada a soluciones end-of-pipe, en vez de enfoques más comprensivos de la prevención de la contaminación
- no otorga incentivos para minimizar las emisiones
- usualmente ignora la equidad, con frecuencia requiriendo las tecnologías más caras para nuevas fuentes, mientras que las fuentes existentes con un bajo nivel de tecnología continúan contaminando.

A pesar de estas debilidades, el enfoque “comando y control” es la técnica más usada alrededor del mundo, tanto en países en desarrollo como en países desarrollados.

En años recientes, la tendencia de los países más desarrollados ha sido hacia la disminución del uso del enfoque de comando y control, y a aumentar el uso de otras formas regulatorias de control – instrumentos económicos, co-regulación, y autorregulación (ver Tabla 6). En el enfoque de autorregulación se discute que algunos grupos de industrias están familiarizados con las mejores prácticas dentro de sus propias industrias. Por lo tanto, pueden establecer códigos de prácticas, estándares industriales y objetivos, incluyendo auto monitoreo de conformidad y pueden estar sujetas a auditorías. Sin embargo, las mediciones autorreguladas pueden inspirar menos confianza del público, que los controles regulatorios del gobierno.

El uso de instrumentos económicos disminuye los costos de operación para la prevención de la contaminación, por ejemplo, reducción de subsidios en el uso de energía; y subsidiando los productos con cero emisiones (UNECE 1999). Las políticas de precios son un instrumento económico poderoso para los progresos en la calidad del aire. Otro enfoque orientado al mercado es un sistema de permiso de emisiones transables. En este sistema, la autoridad reguladora cuantifica la masa total de emisiones permitidas en el área y emite un número equivalente de derechos negociables de emisiones.

Tabla 6: Tipos de regulación ambiental

Según Bradfield et al. 1996

Tipo	Descripción	Ejemplo
Comando y control	Emisión de licencias, establecimiento de estándares, controles para el cumplimiento con estándares, sanciones para los que no cumplen	Control de contaminación del aire Auditorías gubernamentales Estándares de emisiones
Instrumentos económicos	Uso de fijación de precios, subsidios, impuestos, cargos a alteración de producción y patrones de consumo de organizaciones y al público	Cargos por cantidad de emisiones Permisos negociables de emisiones Impuestos diferenciales Fijación real de precio de recursos
Co-regulación	Formulación y adopción de reglas, regulaciones y recomendaciones en acuerdo con los actores involucrados, negociadas dentro de plazos establecidos	Registros nacionales de contaminación Inventarios de emisiones
Auto-regulación	Auto imposición de regulaciones y recomendaciones y auditoría ambiental por grupos industriales. Adopción voluntaria de medidas de manejo ambiental.	Códigos voluntarios de prácticas Auto auditoría Objetivos de reducción de emisiones Sistemas de manejo ambiental

Estos permisos negociables pueden ser comprados y vendidos libremente.

Las empresas y sus organizaciones industriales han sido incluidas en las discusiones de opciones de reforma de regulaciones, y en la revisión de estas opciones. Esta evaluación pro-activa por las organizaciones industriales ha llevado a un grado de correulación en algunas áreas. Esto ha resultado en la adopción de regulaciones y recomendaciones consideradas prácticas y realistas por los actores involucrados, y han simplificado y reducido los costos de cumplimiento para los gobiernos nacionales.

La autorregulación está basada en una creciente adopción mundial de sistemas de manejo ambiental. Estos incluyen el British Standard 7750, el European Union Eco-Management y Audit Scheme, el sistema de manejo ambiental de la Organización Internacional para Estandarización, la serie ISO 14000 (ISO 1996a; b; Sheldon 1997). La adopción de sistemas de manejo ambiental ha influenciado el proceso en el cual los gobiernos definen las consecuencias de las emisiones industriales, mientras no se prescribe a la industria como estos resultados pueden lograrse. Más detalles de instrumentos económicos, correulación y autorregulación se discuten en WHO 2000, y en el Módulo 1d: *Instrumentos Económicos*.

Las opciones de control de emisiones deben involucrar amplios enfoques estratégicos, como el uso del terreno, transporte, energía y planificación de desarrollo industrial. A menos que la planificación de calidad del aire tenga una

consistencia con estas otras áreas, el progreso substancial es difícil. Complejos modelos han sido desarrollados para evaluar la interacción y consecuencias de cambios en estas áreas para la calidad del aire. Sin embargo, cambios en el uso del terreno, transporte, energía, y planificación de desarrollo industrial puede tomar décadas para mejorar substancialmente la calidad del aire, entonces se necesitan tácticas más específicas para el control de emisiones. Un sistema de soporte de decisiones para el control de la contaminación del aire por la industria está disponible, el cual pretende apoyar a los creadores de políticas y a los directores en analizar y formular opciones de políticas y medidas de control (WHO 1995b).

4.2 Evaluación de opciones de control

A no ser que regulaciones legales ordenen una opción particular de control, la evaluación de opciones de control debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- factibilidad técnica
- factibilidad financiera
- equidad social de costo y beneficio
- costo y beneficios para la salud y el medioambiente
- rapidez con la cual pueden implementarse las opciones de control
- factibilidad de ejecución.

Aunque se han logrado grandes mejoras en la calidad del aire en algunos países desarrollados, los costos financieros han sido altos, y la de-

manda de recursos para algunos planteamientos los hacen poco factibles para países en desarrollo más pobres.

Algunos países determinan los requerimientos para el control de la contaminación del aire en base a una evaluación de los efectos de los contaminantes en la salud y el medioambiente (orientado al efecto). Pueden permitirse emisiones elevadas donde la evaluación sugiere que no habrán impactos en la salud o el medioambiente, o no se excederán los estándares de calidad del aire. Puede tomarse acción para reducir las concentraciones externas donde está demostrado que ocurrirán impactos o excesos. Otros países basan sus políticas de manejo de calidad del aire en el requerimiento de la mejor tecnología disponible, o mejores técnicas disponibles no implicando un costo excesivo (orientado a la fuente). La mayoría de los países más desarrollados aplican una combinación de ambos, el principio orientado al efecto y a la fuente (UNECE 1999).

4.3 Control de fuentes puntuales

Las opciones de manejo de calidad del aire para fuentes puntuales se refieren a:

- ubicación y planificación
- reducción de emisiones de la fuente
 - manejo y cambios operacionales
 - optimización de procesos
 - modificaciones de combustión
 - modificaciones de combustible
- control de emisiones.

Las opciones de manejo de calidad del aire más poderosas y costo-efectivas ocurren durante las etapas de la planificación de una nueva instalación. Las opciones de planificación involucran la cuidadosa selección del lugar para maximizar la dispersión y ubicación de la instalación propuesta, lejos de los receptores sensibles, tales como áreas residenciales o áreas sensibles naturales o comerciales. Las opciones que involucran cambios en los procesos productivos existentes o tecnología de control de contaminación son más limitadas en su alcance. Los planteamientos costo-efectivos para controlar las fuentes existentes de contaminación son aquellos que implican una reducción de las emisiones de la fuente: cambios de manejo y operación; optimización del proceso; modificaciones de combustión; y

modificaciones de combustible. Cada planteamiento tiene un nivel de efectividad diferente en los diferentes contaminantes del aire. Por ejemplo, la optimización de un proceso puede reducir considerablemente las emisiones de componentes peligrosos y volátiles, pero pueden tener un pequeño efecto en las emisiones de NO_x y SO_2 . En contraste, las modificaciones de combustible pueden disminuir las emisiones de NO_x y SO_2 pero pueden tener un pequeño efecto en componentes peligrosos y volátiles.

Las auditorías de manejo de emisiones, las fuentes, y la solidez de la fuente, y los posteriores cambios en la operación requieren la implementación de buenas prácticas en gestión y mantención, para asegurar que los sistemas para controlar que el equipo es mantenido están instalados, y que el personal está entrenado y supervisado apropiadamente. Su propósito es minimizar las emisiones fugitivas, y pérdidas desde líquidos y sólidos almacenados, a través del cambio en la composición de materiales utilizados. Con esto se pueden reducir las emisiones manteniendo la calidad del producto.

La optimización de procesos busca lograr reducir las emisiones alterando el proceso de producción sin perder la calidad del producto o volumen de producción. Usualmente involucra efectuar una serie de cambios en los cuales, un factor implicado en el proceso de manufactura es alterado, como la temperatura, ventilación o velocidad de la línea.

Cambios en los cuales ocurre la combustión, el aumento del flujo de combustibles en los quemadores, cambios en la geometría de la cámara de combustión, y estrecho control sobre la alimentación de oxígeno al quemador pueden reducir significativamente las emisiones de NO_x .

“Las opciones de manejo de calidad del aire más poderosas y costo-efectivas ocurren durante las etapas de planificación de una nueva instalación”

El planteamiento más simple para la modificación del combustible es cambiar desde un combustible relativamente sucio, como el carbón, a un combustible más limpio como el gas natural. Esta es usualmente una forma más barata de reducir las emisiones que depurar el SO_2 de las

emisiones. La mezcla de combustibles también es utilizada, como la mezcla de carbón bajo en azufre con carbón de alto azufre, y mezclas de carbón/petróleo para reducir las emisiones de SO_2 . Las emisiones de procesos que usan carbón como combustible pueden también reducirse a través del lavado del carbón, lo cual reduce la proporción de contaminantes en el carbón.

Tradicionalmente se han usado chimeneas altas para reducir las concentraciones a ras del suelo de los contaminantes ambientales, a un mínimo costo para el productor. Su efectividad depende de la altura, la velocidad y temperatura de los gases de la chimenea, y las condiciones atmosféricas tales como la velocidad y dirección del viento, estabilidad atmosférica, topografía local y calidad del aire. Chimeneas de 200 – 400 metros de altura son razonablemente efectivas en la reducción de concentración de contaminantes a ras del suelo, cuando están ubicadas adecuadamente. Sin embargo, las chimeneas altas no reducen emisiones. Las distribuyen sobre amplias áreas. Donde la magnitud de las emisiones en una región es significativa, o el ambiente receptor es sensible, se producen serios efectos al medioambiente, tales como deposición de ácido y deterioro en los bosques en áreas remotas.

Existen muchas técnicas para controlar las emisiones de partículas y de gases (descritas en detalle en publicaciones de estándares; ejemplo: Liu and Liptak 1997). Mientras que estas técnicas de control pueden ser muy efectivas, algunas

son caras con respecto al capital e infraestructura de mantenimiento, y pueden estar más allá de los recursos de algunos países desarrollados y en desarrollo. Sin embargo, no todas las aplicaciones son necesariamente caras. Las técnicas de reducción de fuentes son muchas veces las medidas más apropiadas y costo-efectivas para muchos países en desarrollo. Éstas incluyen modificaciones de combustible, como la preparación y uso de combustible bajo en azufre y combustible bajo en cenizas, combinados con propuestas de manejo y operaciones para reducir las emisiones.

4.4 Control de fuentes móviles

4.4.1 Análisis de situación

En el centro de las ciudades, los vehículos pueden ser responsables del 90 – 95% de CO y Pb y 60 – 70% de NO_x y HC. Como las emisiones de los vehículos usualmente ocurren cerca de la zona donde las personas respiran, las exposiciones pueden ser altas y pueden representar riesgos significativos para la salud.

Mientras la mayor cantidad de vehículos se encuentra en las ciudades desarrolladas, la contaminación por vehículos motorizados en países en desarrollo está empeorando rápidamente, debido al crecimiento de la flota vehicular (Figura 12), aumento en las distancias recorridas, y alta tasa de emisiones de la flota vehicular. Las causas de las altas tasas de conta-

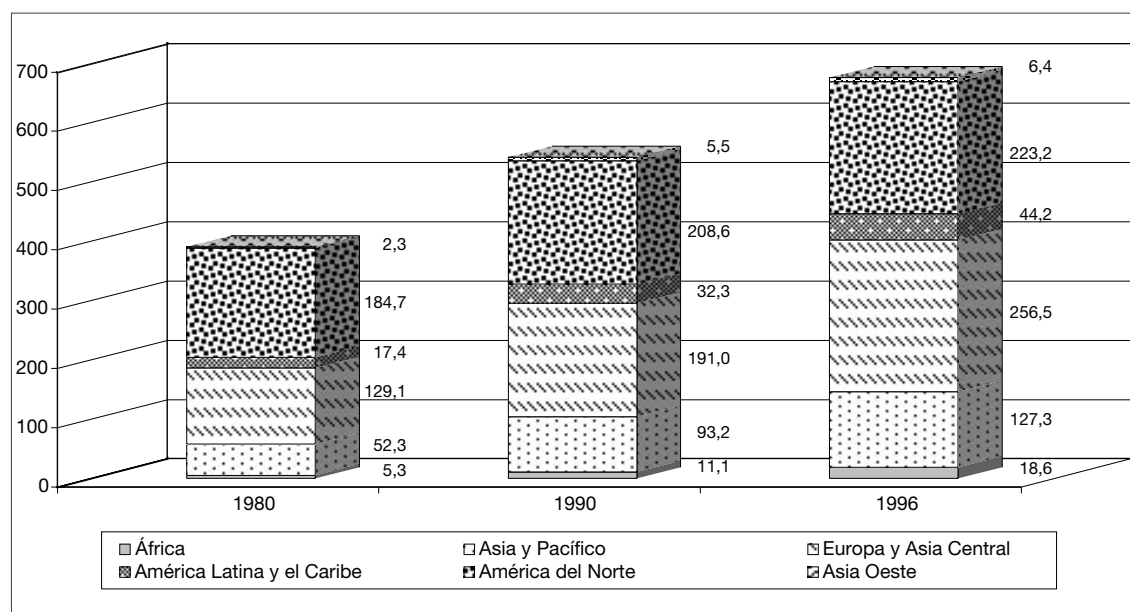


Fig. 12
*Cantidad (en millones)
y distribución espacial
de vehículos en el
mundo.*

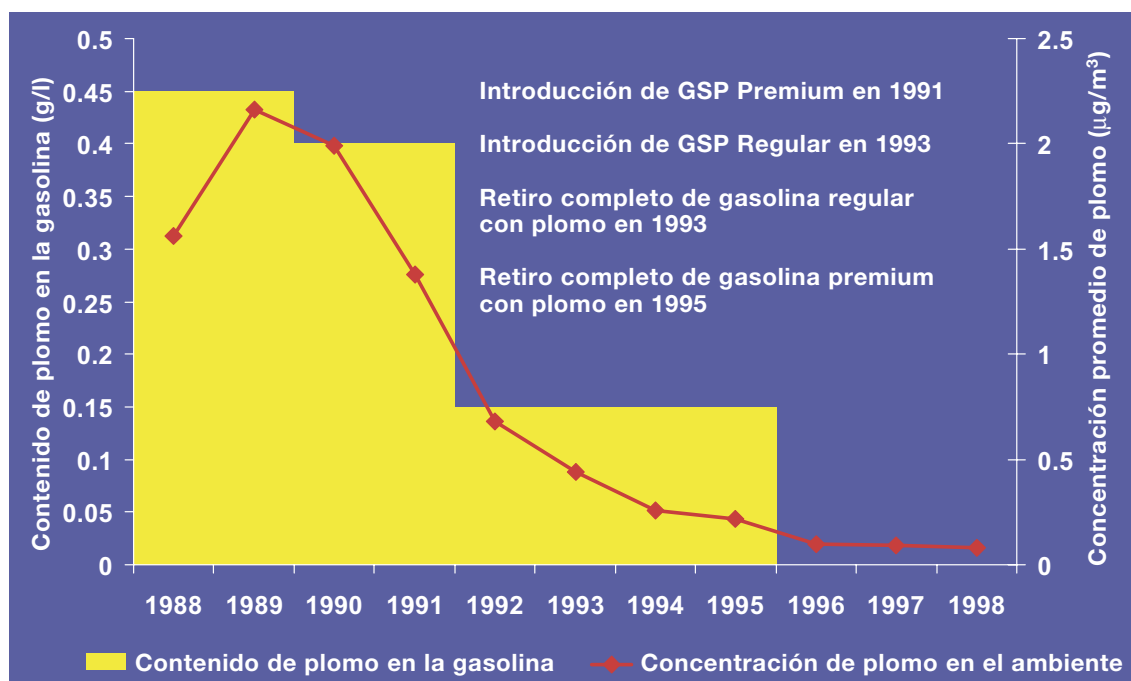
UNEP 1999

Tabla 7: Eliminando el plomo en Asia.
<http://adb.org/vehicle-emissions>, Aug. 2002

2005		
2003	←	Prohibición en todo Indonesia
2002		
2001	←	Prohibición en todas Las Filipinas
	←	Prohibición en la ciudad de Yakarta
2000	←	Prohibición en toda la India
	←	Prohibición en toda la RP China
	←	Prohibición en todo Taipei, China
1999	←	Prohibición en todo Bangladesh
	←	Prohibición en todo Hong Kong
1998	←	Prohibición en todo Malasia
	←	Prohibición en todo Singapur
1997		
1996	←	Prohibición en todo Tailandia
	←	Prohibición en todos los Estados Unidos
1995		
1990		
1985	←	Retiro gradual en Malasia
1984	←	Retiro gradual en Tailandia
1973	←	Retiro gradual en Tailandia

minación incluye la alta proporción de vehículos contaminantes con motores a dos tiempos, congestión en los caminos lo cual aumenta las emisiones por kilómetro recorrido, mala calidad de combustibles incluyendo alto contenido de plomo, controles de emisiones inadecuados, mala mantenimiento y alto promedio en la edad de la flota vehicular (ver los factores señalados en el recuadro 9).

Muchos países han actuado para regular y aplicar reducción de emisiones, por esto las concentraciones en el medioambiente de contaminantes relacionados con los vehículos – NO_x, CO, plomo e hidrocarburos – han disminuido en las últimas dos décadas en la mayoría de los países desarrollados (USEPA 1995; UNECE 1999). Aunque en los países en desarrollo más prósperos están ocurriendo mejorías significativas en la calidad del aire, en muchos otros países en desarrollo para los cuales existen datos disponibles, tanto las emisiones de vehículos como las concentraciones de contaminantes relacionados con los vehículos en el medioambiente han aumentado (WHO 1997). Todos los países, sin embargo, que han quitado el plomo como un aditivo a la gasolina han observado una disminución significativa de las concentraciones de plomo en el aire. Estos últimos éxitos se basan en la consideración de reducir las emisiones de las fuentes más relevantes que después fueron consideradas de ser la fuente en la que una manipulación sería más costo-efectiva. Éxitos


Fig. 13

Concentraciones de plomo (PB) en el aire en Bangkok y Pb en la gasolina, 1988 – 1998.

Supat, ADB Taller de Combustibles Limpios, Nueva Delhi, Mayo 2001

Recuadro 8: Manejo de Calidad del Aire en Santiago de Chile

En 1998, Santiago de Chile adoptó un plan comprensible de manejo de calidad del aire (Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica) bajo el amparo de la autoridad ambiental competente de Santiago CONAMA y con la participación de 17 instituciones de 9 ministerios. Además de sus mecanismos puramente técnicos, el plan también incluye algunos instrumentos claramente orientados al mercado. La rápida urbanización junto con altas tasas de industrialización y el aumento de los volúmenes de tráfico desde los años 1980, hicieron necesario dar drásticos pasos para hacer frente a las intolerables transgresiones a los estándares de calidad del aire para polvo, partículas respirables, monóxido de carbono y ozono.

El plan está basado en seis principios:

- La participación de grupos sociales en el diseño e implementación de las medidas;
- prevención;
- responsabilidad de los contaminadores;
- el “principio contaminador paga” (principio de causa);
- la efectividad (costo) de las medidas; y
- la implementación gradual de medidas para permitir su adaptación gradual.

Las medidas definidas, son más de 100, aplicables a los sectores de transporte, industria, construcción y agricultura. Además del establecimiento y monitoreo de estándares de emisiones para las actividades industriales y transporte y regulaciones que rigen la reducción de emisiones de material particulado, el plan también cuenta con instrumentos económicos y de mercado. Nuevas industrias, por ejemplo, son actualmente requeridas para la compra de derechos de emisiones correspondiente al 120% de las emisiones propias de la industria (sobre compensación). También se han creado incentivos de impuestos y tasas con vista a internalizar los efectos externos – ejemplo: a través de impuestos específicos a combustibles.

El ambicioso objetivo del plan es reducir para el año 2011, las emisiones más dañinas a aproximadamente el 50 % de sus niveles de 1997 - a pesar de un desarrollo económico anticipado. La implementación del plan está sujeto a monitoreo regular, y actualización periódica del plan (comenzando en el año 2000).

La GTZ ha estado haciendo importantes contribuciones a los esfuerzos de Chile en el pasado para

controlar la contaminación del aire y en la elaboración del plan y continuará haciéndolo en el futuro. La fase actual del proyecto que termina en el final del año 2003 está enfocado a la provisión de servicios de consultoría para coordinar la implementación del plan de control de calidad del aire, el trabajo de relaciones públicas y participación de la comunidad, la integración de desarrollo urbano y planificación de movilidad, y los futuros mejoramientos en los sistemas de monitoreo para fuentes de emisiones móviles y estacionarias, incluyendo definición de estándares. En el curso de la implementación del proyecto, alianzas públicas-privadas, transferencia de tecnología y cooperación regional entre ciudades en Latinoamérica, están ganando importancia en las áreas más importantes.

GTZ, Oct. 2002

como estos constituyen un incentivo de enfocar medidas futuras a los grandes contaminadores en ciudades en desarrollo, lo que actualmente se dedica a vehículos con motores diesel. La reducción de emisiones de vehículos con motor diesel podría entonces ser el paso más costo-efectivo en adelante para reducir las concentraciones de MP y los efectos correspondientes a la salud en ciudades en desarrollo.

Una legislación para disminuir o remover los aditivos de plomo de la gasolina ha sido o será muy pronto implementada en muchos países en desarrollo. Esta estrategia puede ser muy exitosa en la reducción inmediata de la concentración de plomo en la atmósfera. La Tabla 7 muestra un itinerario para la eliminación del plomo en la gasolina en Asia.

La Figura 13 muestra la correlación entre la gasolina con plomo y los niveles de plomo en el aire en Bangkok, demostrando que una rápida disminución de los niveles de plomo en el aire es posible con la eliminación del plomo en la gasolina.

4.4.2 Control

Los principales componentes de una estrategia integrada de manejo de calidad del aire para una ciudad en desarrollo, generalmente incluyen:

- vehículos y combustibles más limpios
- manejo de tráfico, y medidas económicas y financieras para desincentivar el uso de auto-

Tabla 8: Fechas de implementación de estándares de emisión para vehículos de pasajeros nuevos en Asia.

<http://adb.org/vehicle-emissions/ASIA/standards.asp?pg=allasia#f1>

consultado el 14 de febrero de 2003

País	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4
Bangladesh	2002*			
Cambodia				
Hong Kong	1995	1997	2001	
India	2000	2001#	2005**	
Indonesia		2007*		
Malaysia	1997	2000		
Nepal	2000			
Philippines	2003			
China	2000	2004		
Singapore	1994	2001		
Sri Lanka				
Taipei, China				
Thailand	1996	1999	2002	2007
Vietnam	1998			

* = propuesto

= Cuatro ciudades

+ = Euro 3 en 7 megaciudades

Notas: (i) Taipei, China adoptó los estándares US Tier 1 en 1999; (ii) Sri Lanka planifica adoptar estándares ralenti para CO & HC/ Humo de Diesel en 2003

móviles privados y motocicletas e incentivar el uso de transporte público y formas no motorizadas de transporte

- mejoramiento del transporte público
- reformas institucionales y políticas, y participación pública.

Principales ejemplos de dichas estrategias integradas MCA son Ciudad de Méjico y Santiago de Chile (ver Recuadro 8).

Una visión general de oportunidades en reducir emisiones de vehículos individuales, y pruebas que examinan los efectos y beneficios potenciales de las opciones técnicas para reducir las emisiones vehiculares, son presentadas en el Módulo 4a: *Combustibles y Tecnologías Vehiculares más Limpios*.

Estándares de emisiones vehiculares, actualmente en uso en todos los países industrializados, también han sido adoptados en muchos países en desarrollo. La Tabla 8 muestra los estándares de emisiones para nuevos vehículos en Asia; tanto existentes como para ser implementados.

Mejorando la calidad del combustible se reducirán inmediatamente las emisiones de todos los equipos que consumen combustible, sin la instalación de cualquier equipamiento adicional o cambio de utilización.

En el largo plazo, es posible también cambiar el patrón del desarrollo urbano para reducir la cantidad de viajes y por lo tanto, el monto de combustible usado y las emisiones producidas.

Como se ha comprobado, las estrategias de manejo de calidad del aire más efectivas deberían usar un rango de control de emisiones para lograr una calidad del aire aceptable como está definido a través de un estándar de calidad del aire.

La experiencia con programas de inspección vehicular (ver Módulo 4b: *Inspección, Mantenimiento y Acondicionamiento para la Vía Pública*) en países en desarrollo con frecuencia ha sido pobre (una razón anecdótica para esto puede deducirse de la Figura 13), y se espera que el uso de tecnologías sofisticadas de control vehicular tengan mucha utilidad solamente en los países desarrollados más avanzados. El planteamiento más prometedor para el control de las emisiones vehiculares en países en desarrollo, parece ser a través de políticas para promover el mayor uso de

Fig. 14
Puede ver la lectura?



transporte público, bicicletas, caminatas, y restringir el crecimiento del uso de automóviles privados. El reforzamiento de los programas de manejo de tránsito, mejoramiento en el transporte público, restricción de vehículos motorizados, y promover el uso de combustibles más limpios en la flota, también son formas costo-efectivas para reducir las emisiones vehiculares, como está establecido en varios módulos de este *Manual*.

“Políticas para controlar la propiedad y uso de vehículos y promover otras formas de transporte, son también empleadas comúnmente para apoyar los programas de emisiones vehiculares”

La mayoría de los países desarrollados aplican regulaciones para emisiones vehiculares como parte de un proceso internacional, bajo el cual los vehículos y sus componentes necesitan ser aprobados antes de su venta. Algunos países también se requieren inspecciones y mantenimientos regulares para emisiones y seguridad, como una condición para la operación continua de los vehículos. Esto incluye reacondicionamiento o eliminación de vehículos que no están en conformidad. El requerimiento de tecnologías para vehículos nuevos en la mayoría de los países desarrollados incluye convertidores catalíticos de tres vías, con circuito cerrado de control y canister de carbón activo para vehículos de pasajeros a gasolina. También existen requerimientos que se aplican al diesel, camiones pesados y livianos, y buses. Las motocicletas convencionales a dos tiempos están prohibidas en algunos casos. Hay programas para controlar las pérdidas de combustible durante la carga. Virtualmente todos los países desarrollados requieren actualmente el uso de combustibles sin plomo para automóviles nuevos, y promueven su uso a través de instrumentos económicos.

Políticas para controlar la propiedad y uso de vehículos, y promover el uso de otras formas de transporte, son también empleadas comúnmente para apoyar los programas de emisiones vehiculares. Por ejemplo, estrecho control sobre la propiedad y uso de vehículos en Singapur, especialmente dentro del distrito comercial

Recuadro 9: Factores influyendo las emisiones de vehículos motorizados

Una cantidad de factores influyen la emisión de contaminantes de fuentes móviles incluyendo, por ejemplo:

Características del vehículo/combustible

- tipo de motor y tecnología; inyección de combustible, tipo de sistema de transmisión, otras características del motor
- tubo de escape, cárter del cigüeñal, convertidor catalítico, recirculación de gases de escape
- edad, kilometraje, estado mecánico del motor y mantenimiento apropiado
- propiedades y calidad del combustible (ver generalmente los módulos del Manual Vehículos y Combustibles).

Características de la flota

- composición vehicular (número y tipo de vehículos en uso)
- uso del vehículo (kilómetros por vehículo por año) por tipo de vehículo
- perfil de edad de la flota vehicular
- estándares de emisión en uso e incentivos/desincentivos para la compra de vehículos más limpios
- aceptabilidad y cobertura de los programas de mantención de la flota
- programas de combustibles limpios.

En las ciudades en desarrollo, una pequeña cantidad de la flota vehicular ('grandes emisores') con frecuencia contribuyen en gran medida a la proporción de contaminantes.

Características operacionales

- altitud, temperatura, humedad (para NO_x)
- modelo de uso de vehículos—número y longitud de los viajes, cantidad de partidas en frío, velocidad, carga, agresividad del comportamiento del conductor
- grado de congestión vehicular, capacidad y calidad de infraestructura de las carreteras, y sistemas de control de tránsito
- programas de manejo de demanda de transporte.

durante el día, ha contribuido a reducir la contaminación del aire proveniente de los vehículos motorizados (ver Módulo 1d: *Instrumentos Económicos*). Frente a los nefastos problemas de la contaminación del aire, algunas ciudades de Latinoamérica han introducido programas tales como días sin conducir, como último recurso en días donde la contaminación del aire alcanza niveles extremos. Otras medidas mejor aceptadas socialmente, incluyen incentivos para desarrollar y usar el transporte público, tales como buses, trenes ligeros y bicicletas. La planificación del uso del terreno enfocado a incentivar el uso de transporte público y desincentivar el uso de vehículos privados son medidas atractivas y costo-efectivas a largo plazo (ver Módulo 2a: *Planificación de Uso del Terreno y Transporte Urbano*).

4.5 Control de fuentes areales

El control contaminantes de fuentes areales involucra varias estrategias, debido a que las características de fuentes areales son altamente variables. Las opciones para controlar las fuentes areales pueden clasificarse como estrategias técnicas, regulatorias, educacionales y de mercado (ver Tabla 9).

Tabla 9: Estrategias para controlar las fuentes areales.

Estrategia	Descripción
Técnicas	Buscar alternativas para las actividades contaminantes existentes, Implementar una producción más limpia, Prevención de la contaminación y buenas prácticas.
Regulatorias	Prohibición de emisiones, prohibición de quemas, multas, control de la calidad de los combustibles.
Educacionales	Informar al público sobre las emisiones, impactos de la contaminación, mala calidad de combustibles.
De Mercado	Contaminador paga, incentivos para el uso de combustibles limpios, facilitar las licencias de emisión para adoptar mejores prácticas, precios reales referente a los costos de los recursos.

5. Educación y comunicación

Educación y comunicación efectiva son importantes herramientas en crear preocupación pública en los temas relacionados con la contaminación del aire. El éxito de las estrategias de manejo de calidad del aire con frecuencia ha involucrado sus actuaciones en todos los niveles de la comunidad. En muchos casos, las medidas adoptadas por el gobierno central son provocadas por los reclamos de los ciudadanos locales. Las acciones para controlar la contaminación del aire algunas veces han sido posibles solo por la comunicación entre las comunidades locales, gobierno local y la agencia nacional gubernamental responsable de los temas ambientales. La comunicación bilateral entre las comunidades locales y aquellos responsables de la calidad del aire es esencial, y requiere del uso de muchas técnicas para tener éxito.

“El éxito de las estrategias de manejo de calidad del aire con frecuencia involucra la acción en todos los niveles de la comunidad”

Reportar la información de calidad del aire en una forma que sea generalmente entendible para el público, es un problema difícil. Un planteamiento es el uso de un índice estándar de contaminantes. Este sistema permite reportar un amplio rango de componentes de la calidad del aire, concentraciones y promedios sobre el tiempo al público en una cifra simple y normalizada. Aunque un índice de contaminación es una forma simple y fácil de propagar la información acerca del nivel de contaminación del aire, existen dificultades asociadas con el establecimiento de esos índices. Muchas de estas dificultades surgen del hecho que la mezcla de los componentes de los contaminantes es variable, tanto en tiempo como en espacio, y los componentes de la mezcla tienen diferentes impactos en la salud.

Para un conjunto de herramientas y planteamientos para crear conciencia pública y otros temas de campañas de comunicación, por favor refiérase al Módulo 1e: *Acciones para Mejorar el Conocimiento Público sobre Transporte Urbano Sostenible*.

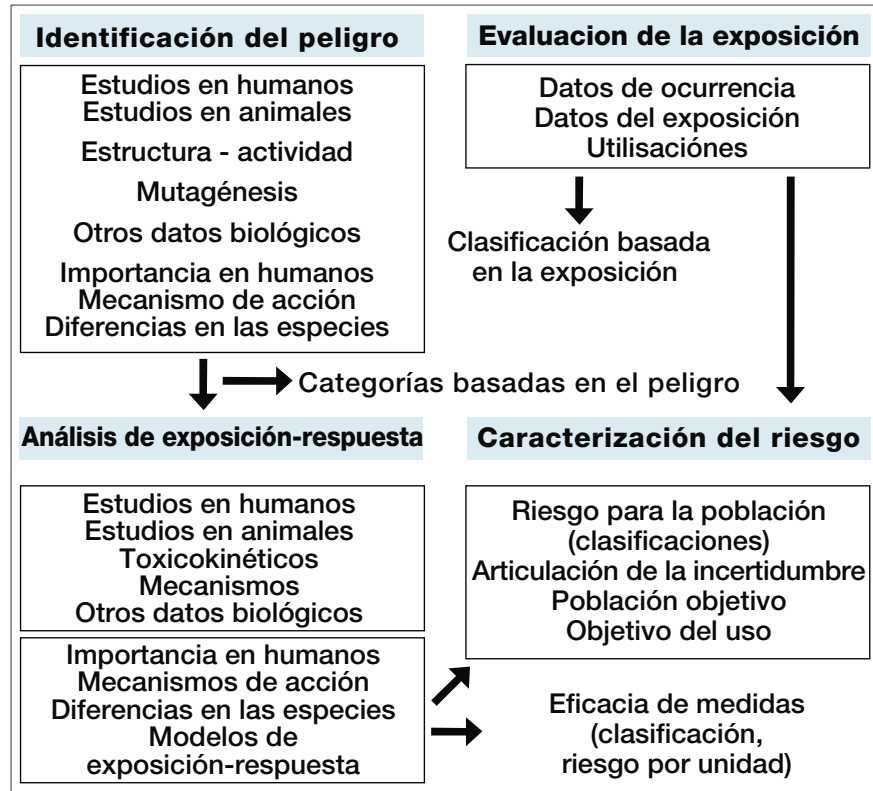
6. Establecimiento de prioridades en MCA

6.1 Introducción

El establecimiento de prioridades en el manejo de calidad del aire será diferente para cada ciudad, porque una ciudad o un país establecerán sus prioridades en el manejo de la calidad del aire de acuerdo a sus objetivos, necesidades y capacidades. El establecimiento de prioridades en el manejo de la calidad del aire se refiere a dar prioridad en los riesgos para la salud, debido a la contaminación atmosférica, con la correspondiente priorización de los contaminantes y concentrándose en las fuentes más importantes de contaminación. Se dará alta prioridad para los riesgos de la salud a aquellos componentes que implican “alta” toxicidad y “alta” exposición de la población. En el contrario, la baja prioridad para los riesgos de la salud involucra los agentes de “baja” toxicidad y “baja” exposición. Los riesgos de prioridad “media” incluyen aquellos compuestos para los cuales la toxicidad es “baja” y la exposición es “alta,” o viceversa. Los elementos básicos de la estimación y priorización de los riesgos para la salud se componen de cuatro etapas: identificación del riesgo, evaluación de la exposición, análisis de respuesta a la exposición, y caracterización del riesgo (ver Figura 15) (Younes *et al.* 1998; WHO 2000a).

Para asegurar una base para las decisiones de medidas para la reducción del riesgo y estrategias para el manejo de calidad del aire, incluyendo una derivación consistente y transparente de los estándares de calidad del aire, se requiere incluir un marco político, regulador y administrativo. En dicho marco es necesario incluir las siguientes consideraciones:

- aspectos legales
- el potencial de la contaminación atmosférica de causar efectos adversos en la salud para la población en riesgo
- relaciones exposición-respuesta de los contaminantes y mezclas de contaminantes y la responsabilidad actual de los riesgos para la salud y/o ambientales
- la aceptación del riesgo
- consideraciones costo-beneficio



- contribución de los actores involucrados en el establecimiento de estándares.

Estas materias son discutidas en las secciones siguientes.

6.2 Aspectos legales

Un marco legislativo, usualmente entrega las bases para las políticas en el proceso de toma de decisiones, en el establecimiento de estándares de calidad del aire en el nivel municipal, regional o nacional y supra nacional. El establecimiento de estándares depende fuertemente de la estrategia de manejo de riesgo adoptada, la cual, a cambio, es influenciada por las consideraciones socio-políticas y económicas de cada país y/o por acuerdos internacionales. La legislación y los estándares de calidad del aire varían de país en país, pero en general, las Recomendaciones para la Calidad del Aire de la OMS (WHO 2000a) y la información entregada por el Sistema de Información de Manejo de Calidad del Aire (AMIS) pueden entregar una guía de como considerar los siguientes temas en los países en desarrollo:

- **Identificación de los contaminantes para ser considerados** – Asumiendo que los tipos

Fig. 15

Elementos básicos para la estimación y priorización de los riesgos para la salud.

de fuentes son conocidas, las directrices y los procedimientos rápidos de evaluación de AMIS pueden identificar las fuentes más importantes y estimar sus emisiones.

- ***Concentraciones existentes del fondo de la contaminación del aire*** – El conocimiento de las concentraciones globales de la base de datos de AMIS en concentraciones de contaminantes ambientales y del OMM Global Atmospheric Watch pueden servir para estimar las concentraciones del fondo. El Sistema de Soporte de Decisiones para el Control de la Contaminación Industrial (DSS IPC), es un instrumento amigable para el usuario, para estimar las concentraciones en la base de los estimados iniciales de emisiones y modelos simples de dispersión (WHO 1995b).
- ***Metodología aplicable de monitoreo y su aseguramiento de calidad*** – La forma más barata y apropiada para el monitoreo a ras de suelo puede ser seleccionada en las bases de AMIS-GEMS/AIR Methodology Handbook Review Series (UNEP/WHO, 1994a; b; c; d; WHO 2003). En estas publicaciones, la UNEP y OMS entregan consejos simples en monitoreo, ubicación y aseguramiento de calidad donde la información y los medios son mínimos. Publicaciones de otras agencias también entregan una percepción en estrategias de monitoreo (BMU 1997; AEA 1996; WHO/PAHO 1997; WHO/SEARO 1996).
- ***El valor numérico de los estándares de los diferentes contaminantes o el proceso de toma de decisiones*** – Los estándares de calidad del aire pueden estar basados en las recomendaciones de calidad del aire de la OMS, pero otros aspectos, tales como la factibilidad tecnológica, costos de conformidad, niveles predominantes de exposición, sociales, condiciones económicas y culturales, también son relevantes para el procedimiento de establecimiento de estándares, y el diseño de medidas apropiadas para la disminución de las emisiones. Se pueden establecer varios estándares de calidad del aire, por ejemplo: estándares orientados al efecto como una meta de largo plazo y estándares menos estrictos para ser cumplidos dentro de intervalos de corto tiempo. Como una consecuencia, los estándares de calidad del aire difieren ampliamente de país en país (WHO 1998). Las *Recomendaciones para Calidad del Aire*, permiten a un país derivar un estándar de calidad del aire específico, basado en concentraciones existentes o estimadas. La Unión Europea y Suiza han adoptado la mayoría de las recomendaciones de la OMS como estándares.
- ***Medidas de control de emisiones y estándares de emisiones*** – Dados los tipos de fuentes y las estimaciones de sus emisiones a través de un método rápido de evaluación y su distribución en el espacio, el DSS IPC puede servir para simular la eficiencia de las medidas de control y ayuda a establecer estándares de emisiones apropiados para las principales fuentes (WHO 1993a;b; WHO/PAHO/WB 1995).
- ***Identificación y selección de efectos adversos en la salud pública y el medioambiente que deben evitarse*** – Los efectos en la salud van desde la muerte, y enfermedades agudas a enfermedades crónicas y persistentes, enfermedades temporales, a cambios fisiológicos o psicológicos temporales. Los estándares deben estar basados en los efectos adversos de los contaminantes en el aire. Las consideraciones de los efectos en la salud que son, tanto temporales como reversibles, o que involucran cambios bioquímicos o funcionales con una importancia clínica incierta, no necesitan ser considerados en la primera etapa de la obtención de estándares en países en desarrollo. Los juicios como la adversidad de los efectos en la salud pueden diferir entre las ciudades, debido a, por ejemplo, diferentes niveles de formación cultural y diferentes niveles de estatus en salud. Los estándares de calidad del aire influyen fuertemente en la implementación de políticas de control de contaminación atmosférica. En muchos países, la superación de los estándares está ligada a una obligación de desarrollar planes de acción a nivel municipal, regional y nacional, para eliminar la contaminación atmosférica (planes de implementación de aire limpio).
- ***Identificación de la población que debe ser protegida de los efectos adversos en la salud*** – Los subgrupos más sensibles de la población son los niños, mujeres embarazadas, discapacitados y ancianos. Otros grupos

pueden considerarse bajo alto riesgo debido a la exposición prolongada (trabajadores al aire libre, atletas, niños). Los grupos sensibles de la población pueden variar a través de los países debido a diferencias en el cuidado médico, nutrición, estilo de vida, factores genéticos predominantes, o debido a enfermedades endémicas o a la existencia de enfermedades debilitantes. Las directivas de la calidad del aire se han establecido con respecto a los subgrupos más sensibles a la contaminación. Estableciendo estándares en la base de las directivas y considerando la consecuencia de la incertidumbre entrega, al menos, alguna protección para aquellas sub poblaciones.

6.3 Efectos adversos en la salud

En el establecimiento de estándares de calidad del aire, usualmente se decide proteger a la población de efectos adversos debido a la contaminación del aire. La distinción entre efectos adversos y no adversos, sin embargo, plantea considerables dificultades (WHO 1987). Muy a menudo, el término “efectos adversos en la salud” es usado en leyes de aire limpio y regulaciones, sin entregar una definición. Recientemente, un comité experto de la American Thoracic Society intentó identificar los factores, los cuales podrían ayudar a definir un efecto respiratorio adverso debido a la contaminación atmosférica, aunque no se entregan los límites específicos para la separación de los efectos adversos de los no adversos (ATS 2000). De acuerdo a las deliberaciones del comité, los efectos adversos de la contaminación atmosférica en la población o al nivel individual, incluyen:

- cualquier efecto en la mortalidad
- efectos perceptibles en las medidas clínicas
- cualquier efecto perceptible en la pérdida permanente de la función pulmonar
- disminución de la calidad de vida relacionada a la salud
- pérdida reversible de la función pulmonar, en combinación con la presencia de síntomas
- un cambio en la distribución del factor de riesgo, y por lo tanto un cambio en el perfil del riesgo de la población expuesta.

“Los estándares de calidad del aire influyen fuertemente la implementación de políticas de control de contaminación”

La OMS ha definido los efectos adversos para la salud en varias publicaciones (WHO 1978; 1994; WHO/ EURO 1987). La definición más reciente es: *“Un efecto adverso es cualquier cambio en la morfología, fisiología, crecimiento, desarrollo o lapso de vida de un organismo, que resulta en un perjuicio de la capacidad funcional, o perjuicio en la capacidad de compensar el estrés adicional, o aumenta la sensibilidad a los efectos dañinos de otras influencias ambientales.”*

La OMS anota, sin embargo, que incluso dicha definición elaborada incorpora subjetividad e incertidumbre significativas en la determinación de un efecto adverso de los contaminantes en la salud. Los efectos más serios son, generalmente, aceptados como adversos. Pero cuando los efectos en la salud son tanto temporales como reversibles, o involucran cambios bioquímicos o funcionales, con una importancia clínica incierta, se requiere un juicio si estos efectos menos serios deben ser considerados cuando se emiten estándares de calidad del aire. Los juicios de si los efectos en la salud son adversos, pueden ser diferentes en cada país, debido a factores que incluyen diferentes formaciones culturales y diferentes niveles de estatus de salud. El uso de indicadores biológicos u otros indicadores de exposición pueden entregar una base para establecer estándares de calidad del aire. Los cambios en dichos indicadores, aunque no necesariamente sean efectos adversos por si mismos, pueden ser presagios de efectos adversos en la salud. Un ejemplo es el contenido de plomo en la sangre, como un indicador de un probable daño en el desarrollo del comportamiento neurológico.

6.4 Población en riesgo

La población en riesgo es la parte de la población que está expuesta a crecientes concentraciones de contaminación. Cada población tiene grupos sensibles o sub poblaciones, los cuales tienen un mayor riesgo de desarrollar efectos en

la salud después de estar expuestos a la contaminación. Los grupos sensibles incluyen individuos afectados por enfermedades concurrentes u otras limitaciones fisiológicas, y aquellos con características específicas, que los hacen más vulnerables a los contaminantes del aire (ej. infantes, ancianos). Otros grupos pueden ser considerados en alto riesgo debido a la exposición prolongada (trabajadores al aire libre, atletas, niños). Los grupos sensibles en una población pueden variar en cada país debido a diferencias en cuidados médicos, estatus nutricional, estilos de vida, y/o factores genéticos preexistentes o enfermedades debilitantes preexistentes.

6.5 Relaciones exposición-respuesta

En general, hay poca información disponible en las relaciones exposición-respuesta para contaminantes orgánicos e inorgánicos, especialmente en exposiciones bajas. Las *Recomendaciones para la Calidad del Aire* de la OMS, entregan una relación exposición-respuesta lineal (junto con sus intervalos de confianza del 95%) para material particulado, en vez de valores recomendados. Para MP_{10} y $MP_{2.5}$ los cambios en diferentes resultados relacionados con la salud, tales como la mortalidad diaria y las admisiones en los hospitales con cada $10 \mu g/m^3$ de aumento en las concentraciones, son cuantificados por

estas relaciones (WHO 2000a). Un ejemplo de estas relaciones de exposición se entrega en la Figura 16

La figura debe ser interpretada como sigue: La exposición diaria a $50 \mu g MP_{10}/m^3$ correspondería a un aumento de alrededor de un 5% en la mortalidad diaria o 10% en admisiones hospitalarias diarias. Para un creador de políticas que decidirá un valor específico de un estándar de calidad del aire para MP_{10} , la relación exposición-respuesta en la Figura 16 indicaría qué porcentaje de aumento puede tolerarse en la población. Este es un punto de vista radicalmente nuevo, debido a la no existencia de información de cuando comenzaron los efectos en la salud humana causados por el material particulado, lo que no permite establecer valores de referencia para material particulado, en contraste con otras publicaciones previas de la OMS. En esta situación, es útil, sin embargo, cotizar valores históricos recomendados para MP, entregados en varias publicaciones de la OMS (reemplazados por WHO 2000a). Esto ha sido hecho en la Tabla 10.

Debe tenerse en mente que las relaciones exposición-respuesta indicadas arriba, no son líneas exactas pero están dadas en WHO 2000a con su intervalo de confianza de 95% (una medida de inexactitud de las curvas). Más relaciones exposición-respuesta para $MP_{2.5}$ y sulfatos, las limitaciones de la validez de las relaciones, y las implicaciones para las decisiones de los políticos, sobre el establecimiento de estándares de calidad del aire, se discuten extensamente en WHO 2000a, Schwela 2000a; b).

Para componentes cancerígenos, la evaluación cuantitativa de riesgos entrega un estimado aproximado de las respuestas a diferentes concentraciones. Estas relaciones, las cuales son discutidas ampliamente en *Recomendaciones para Calidad del Aire*, entregan ayuda a los encargados de tomar decisiones, para determinar el riesgo aceptable para la exposición de la población a material particulado y a componentes cancerígenos y establecen las correspondientes concentraciones como estándares.

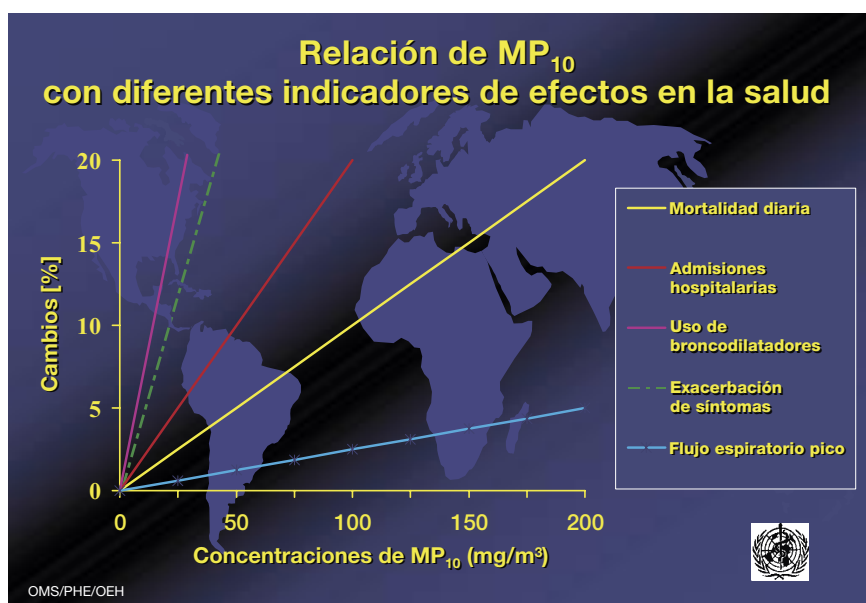


Fig. 16
Porcentaje de cambio en diferentes resultados en la salud con concentración de MP_{10}
WHO/PHE/OEH

6.6 Caracterización de la exposición

La exposición a la contaminación atmosférica no está determinada solamente por concentraciones

de contaminantes en el aire. En la derivación de estándares de calidad del aire, que protegen contra el impacto de los efectos adversos en la salud, un factor importante a considerar es el tamaño de la población en riesgo (ej. exposición a crecientes concentraciones de contaminantes). La exposición total de las personas también depende del tiempo que pasan en los diferentes ambientes: en el exterior, interior, lugar de trabajo, en el vehículo y otros. La exposición también depende de las diferentes vías por las cuales se absorben los contaminantes en el cuerpo humano: aire, agua, comida y fumar tabaco. Por lo tanto, debe tenerse en mente que es una débil relación entre las concentraciones contaminantes y las exposiciones personales. Un ejemplo de esta débil relación es entregado por la contaminación intradomiciliaria, cuando se usan bio-combustibles para calefaccionar o cocinar. Sin embargo, en países en desarrollo, las concentraciones en el aire son, en el momento, el único sustituto disponible para estimar las exposiciones de las personas.

6.7 Evaluación de riesgo

Las directivas y estándares para la calidad del aire están basadas en modelos de riesgo para la salud o la ecología. Estos modelos entregan una herramienta que está siendo cada vez más usada, para informar a los creadores de políticas acerca de algunas posibles consecuencias de los contaminantes atmosféricos en diferentes niveles que corresponden a varias opciones de estándares. Usando esta información, el creador de políticas es capaz de efectuar una evaluación del riesgo de los efectos provocados por la contaminación atmosférica a través del ente regulador. Dicha evaluación del riesgo en el manejo de calidad del aire, incluye los siguientes pasos: identificación del riesgo, desarrollo de relaciones exposición-respuesta, análisis de exposición y estimación cuantitativa del riesgo.

El primer paso, **identificación del riesgo**, – y, en algún grado, el segundo paso, **relaciones exposición-respuesta** – ya han sido entregadas en las directivas de calidad del aire. El tercer paso, **análisis de exposición**, puede predecir cambios en la exposición asociados con reducciones de emisiones, desde alguna fuente específica o algún grupo de fuentes bajo diferentes opciones de control. El último paso en la evaluación

Tabla 10: Valores históricos de referencias de la OMS para material particulado en el aire exterior e intradomiciliario.

Fuente	Contaminante	Valor de referencia [µg/m³]	Media aritmética	Significado estadístico
OMS 1972	Humo negro; en conjunto con dióxido de azufre	120 40	24 horas 1 año	98-percentil media aritmética
OMS 1979	Humo negro; en conjunto con dióxido de azufre	100 - 150 40 - 60	24 horas 1 año	98-percentil media aritmética
	PTS; en conjunto con dióxido de azufre	150 - 230 60 - 90	24 horas 1 año	98-percentil media aritmética
OMS /EURO 1987	Humo negro; en conjunto con dióxido de azufre	125 50	24 horas 1 año	No señalado Media aritmética
	PTS; en conjunto con dióxido de azufre	120	24 horas	No señalado
	MP ₁₀ ; en conjunto con dióxido de azufre	70	24 horas	No señalado

del riesgo, **análisis de riesgo**, se refiere a la estimación cuantitativa del riesgo de efectos en la salud en la población expuesta (ej.: el número de individuos que pueden ser afectados).

La evaluación del riesgo a través del ente regulador puede resultar en diferentes estimados de riesgo, a través de los países, y regiones económicas, debido a diferencias en los patrones de exposición y en el tamaño y características de los grupos sensibles.

6.8 Aceptación del riesgo

En la ausencia de los límites donde aparecen los efectos en la salud – como en los casos de material particulado fino y ultra fino y componentes cancerígenos – la selección de un estándar de calidad del aire que otorgue una protección adecuada para la salud pública, requiere a los reguladores determinar un riesgo aceptable para su población. La aceptabilidad de los riesgos, y por lo tanto los estándares seleccionados, dependerán de la incidencia esperada y la severidad de los efectos potenciales, el tamaño de la población en riesgo y el grado de incertidumbre científica que los efectos se producirán en algún nivel de contaminación atmosférica. Por ejemplo, si existe la sospecha que un efecto incierto en la salud es severo, y el tamaño de la población en riesgo es grande, sería más apropiado hacer un planteamiento más cauteloso, que si el efecto fuese menos alarmante o si la población fuese más pequeña.

La aceptación del riesgo puede variar entre los países debido a diferencias en normas sociales, grado de aversión al riesgo y percepción de la población general o de los diferentes actores involucrados. La aceptación del riesgo también está influenciada por la comparación de los riesgos asociados con la contaminación atmosférica, con riesgos de otras fuentes o actividades humanas.

6.9 Análisis costo-beneficio

El análisis costo-beneficio es una herramienta para ayudar en la toma de decisiones con respecto a la contaminación atmosférica. La contaminación atmosférica resulta en un costo social potencial, en forma de enfermedades (*morbilidad*) o muerte prematura (*mortalidad*). Dichos costos pueden ser cuantificados a través de varios planteamientos. Un enfoque creciente común – aunque como con otros planteamientos no está exento de problemas – es el uso de estudios de Voluntad para Pagar. Determinando cuantas personas están dispuestas a pagar para evitar un nivel de riesgo en particular, ese riesgo extra (de muerte o enfermedad) puede ser cuantificado en términos monetarios. La valoración económica de los efectos en la salud por la contaminación atmosférica, debe ser incluida como variable dentro del análisis de costo-beneficio de las medidas de control de mitigación de la contaminación del aire.

Los parámetros incluidos para la predicción de los costos asociados con la contaminación son, con frecuencia, solo estimaciones, por esto los valores monetarios atribuidos a los costos de la contaminación atmosférica, son solamente aproximaciones.

Una visión de conjunto de las etapas en la determinación de la evaluación del medioambiente/daño (Shah *et al.*, 1997) incluye lo siguiente:

1. Identificación de la población y bienes en riesgo producto de la contaminación a través del uso de herramientas tales como matrices de impacto.
2. Determinación del número de personas o bienes dentro del área potencial de impacto. Por ejemplo, aquellos en riesgo pueden ser los residentes de un área contaminada. Podrían considerarse en riesgo los residentes que viven

cerca de una carretera en un área limitada por una línea de valores iguales de MP_{10} , que sobrepasan los estándares de salud determinados.

3. Identificación de las funciones dosis-respuesta que relacionan los niveles de contaminación atmosférica con los impactos en la salud humana o los bienes. Como los impactos están relacionados con las concentraciones de contaminación, con frecuencia esto toma la forma de un algoritmo matemático, para describir los impactos dependientes.
4. Determinación de los impactos físicos marginales multiplicando la población en riesgo y/o los bienes en riesgo con el impacto por unidad de contaminación del punto 3.
5. Determinación de las pérdidas monetarias atribuidas a cada impacto físico marginal. Como se ha destacado anteriormente, un número de los costos físicos pueden ser equiparados directamente con los precios de mercado (costos de limpieza, pérdida de cosechas al valor del mercado), pero los impactos en la salud humana son mucho más difíciles de equiparar.
6. El cálculo del valor monetario de daño/beneficio debido a cambios en la contaminación atmosférica multiplicando cifras obtenidas en el punto 4 por aquellas del punto 5.

En ausencia de valores locales derivados para cualquier punto mencionado anteriormente, pueden determinarse valores aproximados de estudios equivalentes o similares en cualquier lugar, y aplicarlos hasta que puedan determinarse valores más relevantes. Debe tenerse cuidado cuando se interpretan los resultados de los valores determinados, en base a valores determinados por otros grupos culturales o socio-económicos. Por ejemplo, estimados dosis-respuesta de los Estados Unidos asumen una masa corporal promedio de 70 kg. Esto no es razonable en el contexto de la consideración de impactos en países donde el peso promedio puede ser significativamente menor.

En el análisis de opciones necesitamos considerar los costos y beneficios de medidas técnicas y políticas para reducir las emisiones.

Es necesario considerar los costos de las estrategias para aliviar la contaminación en contraste

con los beneficios de la comunidad para reducir las muertes y enfermedades, aumentar la productividad, o impactos relacionados con la contaminación. Por ejemplo, la Tabla 11 representa un resumen de varios dispositivos para la reducción de emisiones de vehículos de pasajeros, y sus costos.

6.10 Revisión de la fijación de estándares

La fijación de estándares debe abarcar un proceso que comprometa a los actores involucrados y (industria, autoridades locales, organizaciones no gubernamentales, y el público en general) que asegure – tanto como sea posible – equidad social o imparcialidad para todas las partes involucradas. También debe proporcionar información suficiente para garantizar la comprensión por parte de los involucrados de las consecuencias científicas y económicas. Mientras más pronto los actores están involucrados, más probable es su cooperación. La transparencia en el cambio de recomendaciones de calidad del aire a estándares de calidad del aire, ayuda a aumentar la aceptación del público de las medidas necesarias. Crear conciencia pública de los efectos en la salud y el medioambiente producidos por la contaminación del aire, (cambiando la percepción del riesgo) sirve para obtener apoyo del público para la acción de control necesaria, ej. respecto a emisiones vehiculares. La información entregada al público, en referencia a la calidad del aire durante episodios de contaminación y los riesgos que esto implica, lleva a un mejor entendimiento en la materia (comunicación de riesgo).

Los estándares de calidad del aire deberían ser revisados y ajustados regularmente a medida que aparece nueva evidencia científica de los efectos en la salud pública.

6.11 Aplicación de los estándares de calidad del aire: implementación de planes de aire limpio

Es la aplicación de los estándares de calidad del aire, lo que asegura que las acciones son tomadas para controlar que las fuentes contaminantes cumplen con los estándares. Los instrumentos utilizados para alcanzar este objetivo son

Tabla 11: Comparación de dispositivos que reducen las emisiones gaseosas.

Adaptado de Banco Mundial, 1997

MEDIDA	
Aplicación de convertidores catalíticos de 3 vías	
Emisión controlada	Emisiones del tubo de escape (CO, COV, NO _x , y plomo) de vehículos con motor de 4 tiempos a gasolina encendido por chispa
Efectividad	90% de reducción de emisiones del tubo de escape de CO, NO _x , y COV. Deben ser usados en conjunto con gasolina sin plomo
Viabilidad	Requerimientos estrictos de inspección y mantenimiento, junto con un suministro de gasolina sin plomo. El catalizador puede contaminarse a través del uso de gasolina con plomo o de mala calidad.
Costos	Para catalizadores del tubo de escape y sistemas de control de combustible, hasta US\$ 400.
Aplicación de convertidores catalíticos (catalizadores de oxidación)	
Emisión controlada	Emisiones del tubo de escape (CO, COV, NO _x , y plomo) de vehículos con motor de 4 tiempos a gasolina encendido por chispa (incluyendo algunos motores bi-combustibles)
Efectividad	90 % de reducción de emisiones del tubo de escape de CO y COV. Deben ser usados en conjunto con gasolina sin plomo
Viabilidad	Requerimientos estrictos de inspección y mantenimiento, junto con un suministro de gasolina sin plomo. El catalizador puede contaminarse a través del uso de gasolina sin plomo o de mala calidad. Esta tecnología requiere menos modificaciones al motor de los vehículos.
Costos	Cerca de US\$ 200 por vehículo.

los Planes de Implementación de Aire Limpio (PIAL). El perfil de este plan, usualmente está definido en las políticas y estrategias de regulación. Los PIAL fueron implementados en varios países desarrollados durante las décadas de los años 1970 y 1980. En estos tiempos la situación de contaminantes del aire fue caracterizada por una multitud de diferentes fuentes, llevando a una evaluación extremadamente difícil acerca de los riesgos en la salud pública, con respecto a una fuente o a un grupo de fuentes. Como una consecuencia, y en la base del principio que los contaminadores pagan, se desarrollaron sofisticadas herramientas para evaluar las fuentes contaminantes, concentración de contaminantes en el aire, efectos en la salud y el medioambiente y medidas de control. Las herramientas también efectuaron una conexión causal entre las emisiones, la situación de la contaminación atmosférica y la eficiencia en las medidas de control necesarias. El PIAL ha probado ser el instrumento más eficiente para la eliminación de la contaminación atmosférica en países desarrollados (Schwela y Köth-Jahr 1994).

Tabla 12: Efectos de la aplicación de estrategias de reducción de contaminantes en Taipei

Fuente: Taipei City Environmental Protection Bureau

Contaminante	Comentario
Material Particulado total en Suspensión	Reducciones conseguidas principalmente de fuentes fijas, el programa de control para lugares de construcción y el mejoramiento de la prueba de emisiones para vehículos diesel.
MP ₁₀	Reducciones conseguidas principalmente del examen y comprobación de automóviles nuevos, pero también del control de emisiones de vehículos diesel y el retiro programado de buses diesel.
Óxidos de Azufre (SO _x)	Reducciones conseguidas principalmente del control de azufre contenido en el combustible diesel y en parte por el control de fuentes fijas.
Óxidos de nitrógeno (NO _x), hidrocarburos no metánicos (HCNM), CO	Además de las reducciones desde fuentes fijas, NO _x , HCNM y CO también se han reducido desde fuentes móviles. (ej. Promulgando estándares más estrictos para gases de escape). Una causa secundaria es el efecto de líneas exclusivas para buses y del estilo de la red vial de buses como tablero de ajedrez (Figura 16)

**Fig. 17**

Taipei ha desarrollado una red de líneas exclusivas de buses de 57 kilómetros desde Marzo de 1998 (a un costo promedio de US\$ 500'000 por km.), en el contexto de un marco político más amplio enfatizando: una red de líneas exclusivas para buses; alta calidad de lugares de transferencia; buses 'verdes'; aplicaciones de Sistemas de Transporte Inteligente; desarrollo orientado al tráfico; y mejorías en la calidad del aire y medioambiente. La red de líneas de buses también ha resultado en una reducción en el número y gravedad de los accidentes.

Jason Chang, 2002

Estrategias de ejecución y control en Taipei

La Administración de Protección Ambiental de Taiwán (APA) es la principal agencia reguladora que supervisa las políticas relacionadas con la contaminación del aire. El marco regulatorio de todas las políticas de manejo de calidad del aire está basado en la siguiente legislación: el Acta de Contaminación del Aire (1992), Reglas de Implementación del Acta de Contaminación del Aire (1993), y la Ordenanza para el Manejo de Agencias a Cargo del Pruebas de Emisión de Contaminantes y Ruidos Producidos por Automóviles y Motocicletas (1998). (el régimen de estándares de emisiones para motocicletas más avanzado al nivel mundial está descrito en el Módulo 4c: *Two- and Three-Wheelers*.) Desde que Taipei fue reorganizada como una municipalidad, algunas leyes y regulaciones ambientales fueron enmendadas para enfocarse a asuntos de calidad del aire urbano, y se ha establecido una agencia especializada en el Gobierno de la Ciudad de Taipei para tener a cargo todos los trabajos de limpieza ambiental, tales como control de la contaminación del aire y el agua, control de ruidos molestos, esterilización ambiental, y transferencia de estiércol humano y basura. La División Técnica de la Oficina de Protección Ambiental (OPA) de la ciudad de Taipei supervisa la calidad de las inspecciones y monitoreo.

Lin Chun-Yi, el actual director de la APA de Taiwán y anterior director de Greenpeace Taiwan, ha hecho un claro su intento de observar que se impongan estándares ambientales estrictos en muchos proyectos controversiales actualmente en revisión. También se espera que Taiwán continúe su cambio de fuentes de energía, tales como energía nuclear y carbón, a fuentes más benignas para el medioambiente como el gas natural. Además, un creciente y poderoso grupo ambiental ha presionado al Gobierno de Taiwán para ser más agresivo en la ejecución de las medidas de regulación ambiental y ha jugado un papel significativo en la formación de políticas de calidad del aire. Además, mucho del futuro del medioambiente de Taiwán puede también depender de su relación con el continente de China, debido a que los lazos comerciales están más abiertos y las cuestiones políticas están resueltas.

Para los años recién pasados, la OPA de Taipei ha implementado un programa para mejorar la calidad del aire y ha tenido éxito en reducir continuamente las emisiones de contaminación atmosférica (Tabla 12). Las principales medidas promovidas para controlar la contaminación atmosférica incluyen:

- **Controlando fuentes móviles** – incluye la promoción de vehículos de bajas emisiones, el mejoramiento en las pruebas y la eliminación de vehículos altamente contaminantes, y así sucesivamente.

- **Controlando fuentes fijas** – reforzamiento de las inspecciones en negocios tales como restaurantes, tiendas de reparación de automóviles, lavanderías, estaciones de gas, e instalaciones industriales ubicadas en la ciudad, así como entregando asistencia para mejorar los controles de emisiones.
- **Controlando fuentes fugitivas** – controlando emisiones contaminantes de construcciones y medidas relacionadas como barrido de calles.
- **Proyecto de manejo integrado** – evaluación general de la calidad del aire, reforzamiento de capacidades y crear conciencia pública.

Para reforzar la promoción del Proyecto Nacional de Medioambiente, la OPA se enfoca en la característica de la contaminación en la ciudad y el objetivo de reducir las emisiones contaminantes, y evalúa cada instrumento para hacer cumplir las medidas, para redactar la 'Policy of Restraining Air Pollution in Taipei Municipal'. Como se menciona más arriba, aparte de algunas pocas fuentes fijas y fugitivas, la contaminación en la ciudad viene principalmente de los vehículos motorizados. Para controlar las fuentes móviles, la OPA ha estado formulando progresivamente estándares estrictos para las emisiones vehiculares. Comparado con las políticas de otros países, los estándares de Taipei son considerados relativamente estrictos. Sin embargo, la experiencia de otros países ha demostrado que, además de controlar las emisiones de fuentes móviles, las prácticas de manejo de tráfico son un aspecto importante en la estrategia total de transporte. Los esquemas de manejo de tránsito pueden reducir la congestión vehicular, reducir el tiempo de ralentí del motor y reducir el número de kilómetros recorridos por el total de la flota vehicular. También se reducirá el consumo de combustible y por esto, el total de las emisiones a la atmósfera puede disminuirse.

Con la concesión de contaminación atmosférica subsidiada por la Oficina de Transporte, la ciudad de Taipei mejora continuamente las medidas relacionadas con el control. La OPA ha implementado un número de estrategias para controlar las emisiones de fuentes móviles (Figura 17). Estas medidas han incluido la educación al público para comprometerse a una mantención y control periódica de sus vehículos, para asegurar que el vehículo cumple con las regulaciones de protección ambiental. Los proyectos de la OPA en el año 2001 incluyen:

- una inspección de gases de escape de vehículos diesel
- un programa de promoción de motocicletas eléctricas
- publicidad de inspecciones periódicas de gases de escape de motocicletas
- auditoría y evaluación de los gases de escape para motocicletas (Figura 18)
- inspección periódica de estaciones de gasolina en la ciudad de Taipei

- control de la contaminación atmosférica de fuentes móviles a través de inspecciones en la calle a motocicletas.

Las futuras estrategias para el control de fuentes móviles en Taipei incluyen:

- Promoción de vehículos poco contaminantes (motocicletas y bicicletas eléctricas, automóviles a gas licuado, buses a gas natural comprimido, y otros combustibles alternativos)
- estudios de las características de la contaminación para facilitar la formulación de medidas de control
- reemplazo de vehículos altamente contaminantes con estrictos estándares de emisiones
- promoción de dispositivos para el control de la contaminación en los vehículos, particularmente para emisiones diesel
- reducción de emisiones contaminantes de las motocicletas a través de inspecciones regulares, campañas publicitarias y de regulaciones
- estrategias de mediano y largo plazo para fuentes móviles.

Una evaluación general de los sistemas de transporte y estrategias de control de tráfico también están en marcha en Taipei (ver Figura 17).

Además del continuo reforzamiento de los controles de emisiones para varios contaminantes atmosféricos, la estrategia de control de contaminación del aire en la ciudad de Taipei también tendrá que tratar las emisiones de gases de invernadero (GI). La OPA aumentará el conocimiento de los ciudadanos acerca de asuntos de cambios climáticos para reducir las emisiones de GI. Debido a que las fuentes móviles son la principal causa de contaminación en la ciudad, la OPA cooperará con las autoridades de otras ciudades para aumentar el control de las fuentes móviles y coordinar actividades. Además, debido a los avances de la tecnología y cambios en el estilo de vida, la OPA está examinando las medidas más apropiadas de manejo y control. El propósito de dichas acciones es mantener la salud de los ciudadanos, mejorar la calidad de vida y proteger el medioambiente.



Fig. 18

Controlar las emisiones de motocicletas es una parte clave del programa medioambiental de Taipei.

Gerhard Metschies, GTZ Urban Transport Photo CD

En países en desarrollo, la situación de la contaminación atmosférica con frecuencia está caracterizada por una multitud de fuentes de varios tipos y algunas veces de pocas fuentes. Usando la experiencia obtenida en países desarrollados, la acción de control que debe tomarse es, algunas veces, muy clara. Como una consecuencia, un monitoreo bajo sería suficiente, y los modelos de dispersión pueden ayudar a estimular la distribución espacial de las concentraciones, en los casos donde solamente hay datos útiles limitados de monitoreo. Solamente se debería desarrollar un PIAL simplificado para ciudades de países en desarrollo o en transición. Actualmente, los principales contaminadores en muchas ciudades del mundo en desarrollo, son vehículos antiguos y algunas fuentes industriales tales como plantas de energía, hornos para ladrillos y fábricas de cemento.

En dichas situaciones, una implementación de planes de aire limpio simplificada puede incluir:

- una rápida evaluación de las fuentes más importantes (WHO 1993a; b)
- una instalación mínima de monitores de concentraciones de contaminantes (UNEP/WHO 1994a; c; d)
- simulación de distribución espacial de los contaminantes usando modelos de dispersión simples (WHO/PAHO/WB 1995)
- comparación con estándares de calidad del aire
- medidas de control y sus costos (WHO/PAHO/WB 1995)
- planificación de transporte y uso del terreno.

Ejemplos de PIAL simplificados y exitosos en países en desarrollo se entregan en un reciente informe sobre capacidades de manejo de calidad del aire en 20 ciudades principales, (UNEP/WHO/MARC, 1996), en la 3ª edición del AMIS CD-ROM para 70 ciudades (WHO 2001), y en el *Informe de Referencia* de APMA (UNEP/WHO/SEI/KEI 2002b). En el estudio del caso anterior (“Enforcement and Control Strategies in Taipei”), se describen recientes aplicaciones y estrategias de control exitosas de Taipei.

7. Programas internacionales e iniciativas nacionales seleccionadas

7.1 United Nations Centre for Human Settlements/United Nations Environmental Program

El programa de Ciudades Sustentables (SCP) es un proyecto en conjunto de UN-HABITAT/UNEP para aumentar las capacidades de planificación y manejo en áreas urbanas. Este programa se funda en un planteamiento cruzado de sectores y en la participación de los actores involucrados. Este promueve un buen ejercicio del poder a nivel urbano. Actualmente el SCP opera en 20 ciudades principales de demostración y 25 ciudades reproductivas alrededor del mundo, incluyendo China, Chile, Egipto, Ghana, India, Kenya, Corea, Malawi, Nigeria, Filipinas, Polonia, Rusia, Senegal, Sri Lanka, Tanzania, Túnez y Zambia. Actividades preparatorias están en marcha en Bahrein, Camerún, Irán, Kenya, Lesotho, Ruanda, Sudáfrica y Vietnam (UNHCS/UNEP 2002).

Importantes publicaciones de este proyecto incluyen el SCP Source Book Series. El volumen 6 de estas series está dirigido al manejo de calidad del aire en áreas urbanas. Este documento cubre progresos de:

- información y experiencia para MCA
- estrategias, planificación de acción y toma de decisiones
- implementación e institucionalización.

Estudios de casos para Manila y Colombo ilustran el planteamiento escogido en el proyecto SCP (UNHCS/UNEP 2001).

7.2 Organización Meteorológica Mundial (OMM)

El proyecto Urban Research Meteorology and Environment de OMM VAG (GURME) recientemente ha comenzado, en respuesta a las solicitudes de Los Servicios Nacionales de Meteorología e Hidráulica (NMHSs). La OMM estableció el GURME como un asunto para mejorar las capacidades de los NMHSs para manejar los aspectos meteorológicos y aspectos relacionados con la contaminación urbana.

Los NMHSs tienen un rol importante en el estudio y manejo del medioambiente urbano, debido a que ellos recogen información y tienen capacidades que son esenciales en el pronóstico de la contaminación atmosférica urbana, y para la evaluación de los efectos de las diferentes estrategias de control de emisiones. Más detalles acerca de este programa pueden encontrarse en su sitio web (GURME 2002).

7.3 United Nations Environmental Program/ Organización Mundial de la Salud: Sistema Global de Monitoreo del Aire (GEMS/AIR)

GEMS/AIR se ha desarrollado a partir de un proyecto piloto de calidad del aire urbano de la Organización Mundial de la Salud, el cual comenzó en 1973. Desde 1975 a 1995, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de Medioambiente de las Naciones Unidas (PMNU) operaron el programa en conjunto, como un componente del Sistema Global de Monitoreo Ambiental (GEMS). El GEMS es un componente del sistema de Observación Mundial de las Naciones Unidas.

Los objetivos originales del GEMS/AIR fueron:

- reforzar el monitoreo de la contaminación atmosférica urbana y la evaluación de las capacidades en los países participantes
- mejorar la validez y comparabilidad de los datos entre las ciudades
- e una evaluación global de los niveles y tendencias de los contaminantes atmosféricos urbanos, y sus efectos en los ecosistemas y en la salud humana
- recoger datos de concentraciones de contaminación atmosférica por dióxido de azufre y material particulado en suspensión.

Entre 1973 y 1995 GEMS/AIR fue el único programa global que proporcionó datos de monitoreo de contaminación atmosférica a largo plazo para ciudades de países en desarrollo. De este modo, el programa permitió la producción de una evaluación global de los niveles y tendencias de contaminación atmosférica urbana, y las capacidades de manejo de la contaminación.

GEMS/AIR ha publicado numerosos artículos en los últimos 20 años, siendo los más recientes:

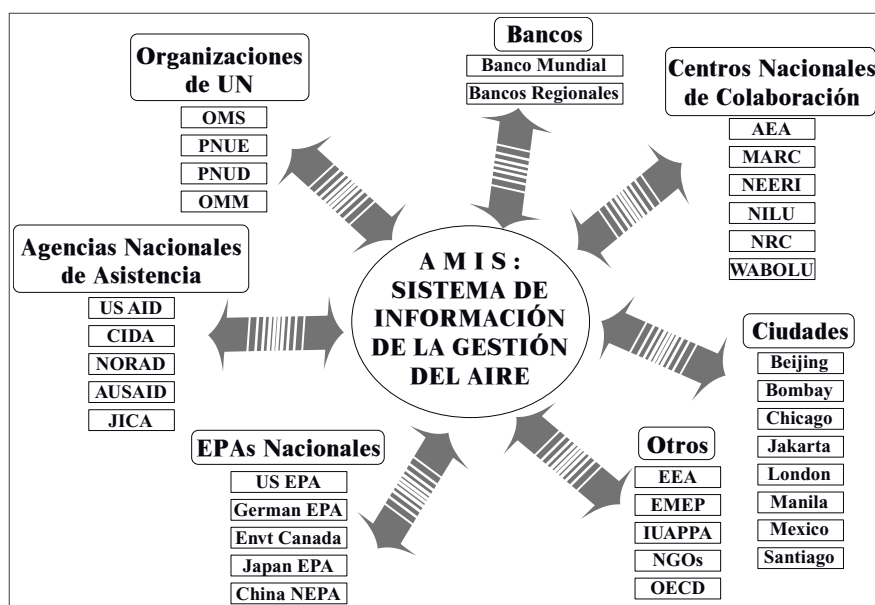
- Urban Air Pollution in Megacities of the World, 1992
- GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series, 1994/5
- GEMS/AIR City Air Quality Trends 1992/3
- GEMS/AIR Report on Air Quality Management Capabilities of Cities, 1996.

El programa GEMS/AIR terminó en 1997.

7.4 Organización Mundial de la Salud: Sistema de Información de Manejo de la Calidad del Aire

El Sistema de Información de Manejo de la Calidad del Aire (AMIS), es un programa establecido por la OMS como un sucesor del programa UNEP/OMS GEMS/AIR, entrega información valiosa en el monitoreo y manejo de contaminación atmosférica en ciudades principales y megaciudades (WHO 2001). AMIS es un conjunto de bases de datos que fue desarrollado por la OMS al abrigo del Programa Ciudades Saludables (Figura 19). El objetivo de AMIS es transferir información sobre el manejo de calidad del aire (instrumentos de manejo de calidad del aire usados en ciudades, concentraciones de contaminantes, efectos en la salud, estándares de calidad del aire, herramientas de evaluación rápida de emisiones, estimados globales regiona-

Fig. 19
La Asociación Global de Calidad del Aire.



les y nacionales de las enfermedades producidas debido a la contaminación atmosférica) entre los países y las ciudades. En este contexto, AMIS actúa como un sistema de intercambio global de información de calidad del aire. Los programas de actividades del AMIS incluyen:

- coordinación de bases de datos con información de asuntos de calidad del aire en ciudades principales y megaciudades
- actúa como un agente de información entre los países
- entrega y distribución de documentos técnicos de calidad del aire y salud
- publicación y distribución de Análisis de Tendencias sobre concentraciones de contaminantes atmosféricos
- cursos de organización y entrenamiento en calidad del aire y salud.

AMIS entrega un conjunto de bases de datos fáciles para el usuario de Microsoft Access. Una base de datos central que contiene resúmenes estadísticos de datos de contaminación atmosférica, tales como promedios anuales, percentiles 95%, y el número de días en los cuales se han sobrepasado las recomendaciones de la OMS. Cualquier componente para el cual existen recomendaciones de la OMS puede ser ingresado en la base abierta de datos. El manejo de los datos es fácil y la validación de los datos puede asegurarse relativamente de pocas maneras. En la versión actual, están representados los datos de cerca de 150 ciudades en 45 países (la mayoría de 1986 a 1998) (WHO 2001). Otra base de datos de AMIS cubre las capacidades y procedimientos de manejo de la contaminación atmosférica de las ciudades. También están en planificación las bases de datos referente al uso y accesibilidad de los modelos de dispersión, acciones de control, efectos en la salud y las magnitudes de sus respectivos costos.

7.5 Banco Mundial: Estrategia de Manejo de Calidad del Aire Urbano (URBAIR)

El Banco Mundial, a través del Programa Metropolitano de Mejora de Medio Ambiente (MEIP), comenzó el URBAIR en 1992. La primera fase de URBAIR cubrió cinco ciudades

Mumbai (Bombay), India; Jakarta, Indonesia; Kathmandu, Nepal; Metro Manila, Filipinas; y Colombo, Sri Lanka. Los estudios de URBAIR están basados en los datos disponibles e informes, junto con información de talleres y misiones llevadas a cabo en 1993–94 por consultores locales y expertos del Instituto Noruego de Investigación Atmosférica (NILU) y el instituto Holandés para Estudios Ambientales (IES). Su esfuerzo resultó en este plan de acción para la eliminación de la contaminación atmosférica (Banco Mundial 1998).

URBAIR es un esfuerzo de colaboración mundial que compromete a los gobiernos, academias, organizaciones internacionales, ONGs, y el sector privado. Su principal objetivo es ayudar a las instituciones locales en el desarrollo de planes de acción, los que pueden ser parte integral de un sistema de manejo de calidad del aire para regiones metropolitanas. Se ha diseñado el compendio técnico *Air Quality Management Strategy and Action Plan Guidebook de URBAIR*, para los creadores de políticas relacionados con el medioambiente urbano (Banco Mundial 1997a). La Guía detalla los pasos involucrados en el sistema de manejo de calidad del aire y entrega detalles de modelos de calidad del aire, alternativas de medidas de eliminación, y como se efectúa el análisis costo-beneficio para escoger las medidas apropiadas. De acuerdo al manual, los componentes de un plan de acción son: *valorización, acción, monitoreo y evaluación*.

Estudios específicos de URBAIR realizados en Mumbai, India; Manila, Filipinas; Jakarta, Indonesia; y Kathmandu, Nepal, fueron publicados para ser usados por instituciones locales en conjunto con el manual para formular decisiones políticas y para comenzar sus propias estrategias de inversión (Banco Mundial 1997b, c, d, e). Dos documentos editados al mismo tiempo se refieren a temas de combustibles limpios para Asia (Walsh y Shah 1997) y conversión exitosa a gasolina sin plomo en Tailandia.

7.6 Banco Mundial: Iniciativa de Aire Limpio

La Iniciativa de Aire Limpio (IAL) ha sido diseñada en el contexto de la estrategia urbana general del Banco, con el objetivo de trabajar con los gobiernos nacionales y locales para

desarrollar, entre otras cosas, “ciudades habitables [...] asegurando que los pobres alcancen un estándar de vida saludable y digno, [...] tratando la degradación ambiental”.

La misión de IAL es adelantar formas innovadoras para mejorar la calidad del aire en ciudades, compartiendo conocimientos y experiencias a través de sociedades en regiones seleccionadas. Los socios y participantes de IAL promueven acciones para mejorar la calidad del aire en las ciudades. La Iniciativa entrega un nivel de experiencia en desarrollo urbano, transporte, reforma de energía, manejo y salud ambiental (Banco Mundial 2002a). La Iniciativa actualmente está activa en cuatro regiones:

- Asia (Banco Mundial 2002b)
- América Latina (Banco Mundial 2002c)
- África Sub-Sahara (Banco Mundial 2002d)
- Europa y Asia Central (Banco Mundial 2002e).

Las metas del programa IAL incluyen:

- Compartir conocimientos y experiencias en manejo de calidad del aire
- Mejoramiento del marco político y regulador a nivel regional
- Ayudar a las ciudades en la implementación de los sistemas integrados de manejo de calidad del aire
- Reforzamiento de capacidades y compartir información
- Promoción de tecnologías limpias de tecnologías limpias.

7.7 UNEP/OMS/SEI/KEI: Contaminación Atmosférica en Megaciudades de Asia

El proyecto Contaminación Atmosférica en Grandes Ciudades de Asia (APMA) es un esfuerzo conjunto de UNEP y OMS, en colaboración con el Instituto Coreano de Medioambiente (KEI) y el Instituto Medioambiental de Estocolmo (KEI), para tener un punto de referencia del manejo de calidad del aire urbano en ciudades principales y megaciudades en Asia. APMA tiene sus cimientos en los esfuerzos de UNEP/OMS en contaminación atmosférica en

megaciudades, bajo el Programa de Monitoreo de Calidad del Aire Urbano (GEMS/Air), el cual forma parte del Sistema Global de Monitoreo Ambiental de las Naciones Unidas (GEMS), y el Sistema de Información de Manejo Ambiental AMIS de la OMS. El proyecto APMA está enfocado al desarrollo de políticas para manejar la contaminación atmosférica urbana en megaciudades de Asia. Se propone aumentar la capacidad de las autoridades de gobierno y de las ciudades para tratar con los temas de contaminación atmosférica urbana, desarrollando planes de acción regionales y estableciendo una red urbana de contaminación para las megaciudades de Asia (UNEP/WHO/SEI/KEI 2002a).

El APMA ha sido fundado por el Ministerio Coreano de Medioambiente (MCM) y la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (ASDI), como parte de su Programa Contaminación Atmosférica Regional en Países en Desarrollo (RAPIDC) (UNEP/WHO/SEI/KEI 2002a).

Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico: Iniciativa para un Medioambiente Limpio de Kitakyushu

La ciudad de Kitakyushu es reconocida por haber superado exitosamente la severa contaminación del aire urbano. También tiene un acuerdo de cooperación para ayudar a una cantidad de autoridades locales en la Región de Asia y el Pacífico. La experiencia exitosa de mejorar el medioambiente puede ser compartida y también reproducida. La “Iniciativa para un Medioambiente Limpio de Kitakyushu” ha sido desarrollada para contribuir, a través de su experiencia, a hacer un progreso tangible en el medioambiente y en el desarrollo de Asia y el Pacífico. La Iniciativa de Kitakyushu intenta sacar lecciones de las prácticas y experiencias de las ciudades y ponerlas juntas en un menú de acciones efectivas, que pueden ser útiles en otras ciudades de la región (UN ESCAP 2002).

Instituto Medioambiental de Estocolmo/Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo

Un Programa en Contaminación Atmosférica Regional en Países en Desarrollo (RAPIDC) ha sido desarrollado por el Instituto Medioambiental de Estocolmo (SEI) y financiado por la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (ASDI).

La meta del RAPIDC es facilitar el desarrollo de acuerdos y protocolos y métodos para implementar medidas para prevenir y controlar la contaminación atmosférica. El programa está centralizado en la comprensión de la información científica, la cual necesita ser comunicada efectivamente a los encargados de tomar decisiones, en los diferentes niveles de la sociedad para alcanzar el progreso. El programa intenta aumentar, a través de la cooperación internacional, la capacidad de los expertos de los países en desarrollo para investigar el 'problema compartido' de la contaminación del aire en sus regiones. RAPIDC está coordinado por SEI y llevado a cabo en colaboración con universidades Suecas y organizaciones de investigación, junto con agencias intergubernamentales en Asia, Latinoamérica y África (SEI 2002d).

Manejo de calidad del aire urbano en Europa

Los objetivos de la Directiva del Consejo 96/62/CE en evaluación y manejo de calidad del aire, (CEE 1996) son esbozar una estrategia común para:

- establecer límites de emisiones para mejorar la calidad del aire
- evaluar la calidad del aire en UE en base a métodos y criterios comunes
- asegurar información adecuada disponible para el público
- mantener la calidad del aire donde es bueno y mejorarlo en otros casos.

La Directiva (CEC 1996) considera estándares de calidad del aire para contaminantes que ya están regulados (SO₂, NO₂, MP, Pb, y O₃) y para benceno, monóxido de carbono, hidrocarburos policíclicos aromáticos, cadmio, arsénico, níquel y mercurio. El Marco Directivo y sus Directivas siguientes (CEC 1996; CEC 1999; CEC 2000) incluyen una agenda para la implementación de estándares de calidad del aire para 12 contaminantes individuales. Los objetivos de las Directivas siguientes son armonizar las estrategias de monitoreo, métodos de medición,

métodos de evaluación de calibración y calidad para lograr mediciones comparables a toda la UE y buena información al público. Tabla 4.4 en el Anexo 3 presenta los valores límites para los diferentes contaminantes cubiertos por el Marco Directivo y sus directivas siguientes.

La Unión Europea (UE), en su programa para Aire Limpio para Europa (CAFE) ha desarrollado una estrategia temática para mejorar la calidad del aire en Europa. Esta estrategia está basada en cuatro elementos (EC 2001):

1. Desarrollar límites de emisiones para calidad del aire;
2. Combatir los efectos de la contaminación transfronteriza;
3. Identificar las reducciones costo-efectivas en las áreas destinadas, a través de programas integrados;
4. Introducir medidas específicas para limitar las emisiones.

Los principales elementos del Programa son:

- Revisar la implementación de directivas de calidad del aire y la efectividad de los programas de calidad del aire en los Estados Miembros.
- Aumentar el monitoreo de calidad del aire y la provisión de información al público, incluyendo el uso de indicadores; prioridades para futuras acciones, la revisión y actualización de estándares de calidad y topes de emisiones nacionales y el desarrollo de mejores sistemas para reunir información, modelo y pronóstico.

Enfoques de la GTZ para el manejo de calidad del aire

Por más de 15 años la GTZ ha entregado servicios de asesoría para proyectos de manejo de calidad del aire en más de 20 países. El enfoque de la GTZ para el Manejo de Calidad del Aire (MCA) está basado en un conjunto de servicios comprensibles integrados, los que incluyen:

- **Mejorar los marcos legales e institucionales** a través de la creación de políticas de consenso, reformas institucionales y legales, y promover la cooperación entre los principales actores (gubernamentales y no gubernamentales).
- **Introducir y monitorear estándares de emisión y de calidad de combustibles**, incluyendo inspecciones vehiculares y mantenimiento.
- **Reforzar las capacidades** (calificación, conocimientos) de todos los actores relevantes en MCA, incluyendo ministerios, autoridades reguladoras, ONGs, los medios, asociaciones e instituciones de investigación.

- **Mejorar la información de calidad del aire** a través de unidades de monitoreo, sistemas de información de calidad del aire, modelos de dispersión y tendencias, etc.
- **Promover la integración de MCA en planificación urbana y planificación de transporte** a través del apoyo a la elaboración e implementación de estrategias MCA a largo plazo y estrategias de desarrollo urbano sustentable.
- **Mejorar la comunicación social y participación del público** para crear compromiso del público y los medios, y habilitar a las personas para que apoyen las estrategias de MCA.
- **Promover la cooperación internacional** a través de redes, experiencias compartidas, iniciativas internacionales de conjunto tales como la Iniciativa de Aire Limpio del Banco Mundial, donde la GTZ ha sido miembro del comité de dirección en Latinoamérica y juega un rol activo en IAL en Asia.

Actualmente, hay más de 30 proyectos en desarrollo cubriendo un amplio rango de temas de contaminación atmosférica, incluyendo:

- Estrategias integradas de MCA para megaciudades, como ciudad de México (ver GTZ 2002), Santiago de Chile (ver Recuadro 8), Kuala Lumpur, y otras ciudades. Estos proyectos cubren un amplio rango de los módulos de servicio de MCA descritos más arriba.
- Reformas legales para los candidatos a miembros de la UE, como Polonia, Hungría, etc. Los proyectos apuntan a armonizar los sistemas legales de los miembros candidatos con el Acquis Communautaire de la UE. >>>
- Estrategias para el aire limpio y la planificación de acciones ambientales en Macedonia, Brasil, etc. Las medidas de aire limpio son parte de muchas estrategias ambientales locales y nacionales que también cubren otros temas ambientales como agua, basura, sanidad, etc.
- Desarrollo urbano sustentable en “ciudades ecológicas” ej. en Surabaya/Indonesia, Yangzhou, Changzhou/China, etc. El planteamiento de “ciudad ecológica” está enfocado a un conjunto de políticas urbanas y medidas de planificación para ayudar un desarrollo urbano sustentable (de ese modo incluyendo muchas estrategias como está representado en este Manual).
- Otros planteamientos con componentes de MCA incluyen un gran número de proyectos de desarrollo eco-industrial, producción eco-eficiente y energía eco-eficiente, carbón más limpio y energía doméstica.

Para mayor información y detalles por favor ver <http://www.gtz.de>.

8. Conclusiones

Dadas las consecuencias económicas de la contaminación atmosférica, tales como el aumento en los gastos de servicios de salud y daños en los ecosistemas que son necesarios para la economía, y reducción de productividad de los trabajadores por enfermedades relacionadas con la contaminación, está claro que hay beneficios en la oportuna reparación de los problemas de contaminación. Aunque los mecanismos de control pueden ser inicialmente muy costosos, al final los costos serán recuperados. Por ejemplo, cuando en los Estados Unidos cambiaron el uso de combustibles con plomo a combustibles sin plomo, se ahorraron US\$ 10 por cada \$ 1 invertido en el proceso de conversión, debido a la disminución de costos de salud, reducción de necesidad de mantenimiento a los motores, y el aumento en la eficiencia del combustible (WRI/UNEP/UNDP/WB 1998). Lo mismo es válido para cambiar a formas más limpias de energía, lo que disminuirá las peligrosas emisiones de los combustibles fósiles. La energía solar, por ejemplo, es cara en su instalación, pero el costo de la mantención de los paneles solares es muy bajo. A la larga, el dinero que es ahorrado por la reducción del consumo de combustibles fósiles, es mayor que el dinero que se gastó en la instalación de los paneles solares.

Las reducciones en el consumo de combustibles fósiles, y por lo tanto la reducción en la contaminación atmosférica, puede venir de diferentes áreas. Para empezar, los precios de los combustibles deberían reflejar el costo actual del consumo de combustible en la sociedad. Actualmente, los precios de los combustibles son muy bajos, lo que alienta el sobre consumo de un recurso no renovable.

La mayor combustión de combustibles fósiles se produce en el sector del transporte. Por lo tanto, los gobiernos necesitan establecer restricciones en el uso de vehículos, mientras que deben mejorar la eficiencia y disponibilidad de los sistemas de transporte público y las alternativas no motorizadas. Este método ha funcionado extremadamente bien en Singapur, donde los niveles de contaminación del aire han sido más bajos que las recomendaciones de la OMS desde 1986. La situación de contaminación bien regulada, puede atribuirse al pronto reconocimiento

del problema y a la política eficiente e informada y a prácticas de manejo (Roychoudhury *et al.*, 2000).

El gobierno de Singapur buscó la solución del problema de contaminación desde su fuente: el excesivo uso de vehículos. Por lo tanto, estableció severas restricciones económicas a los dueños y al uso de automóviles, haciendo muy caro el uso de transporte privado para una persona promedio.

Por ahora, sin embargo, el uso de combustibles fósiles es una parte tan integral de la vida, a la cual es necesario controlar la tasa de emisiones y la composición tóxica de las emisiones, tanto antes, durante o después de la combustión. Antes de la combustión es posible controlar las emisiones tóxicas a través del uso de combustibles bajos en azufre o sin azufre (incluyendo gas natural), depuración de combustibles y gasolina sin plomo. Durante la combustión, los contaminantes podrían ser controlados usando quemadores bajos en NO_x , o combustión en lecho fluido que es conocida por reducir las emisiones de NO_x y SO_2 . Después de la combustión, deben usarse catalizadores en estaciones de energía y en vehículos para reducir el NO_x . También deben usarse lavadores de gases para remover los contaminantes de las emisiones gaseosas después de quemar combustibles fósiles.

Cuando casi todas las naciones en el mundo tienen problemas con la contaminación atmosférica, el problema puede asumirse como un asunto global. Para remediar la naturaleza global del problema, cada nación debe hacer esfuerzos para controlar su propia contaminación. A nivel nacional, debería evaluarse la información acerca del medioambiente, salud, economía y leyes para desarrollar una política que sea práctica para los gobiernos locales. Mientras tanto, debe entregarse información a las clínicas o centros de salud sobre las enfermedades relacionadas con la contaminación atmosférica para tratar a aquellos que ya están afectados por la contaminación y para educar a la comunidad sobre los efectos adversos a la salud debido a la contaminación atmosférica y las mejores maneras de evitar la exposición (UNEP/UNICEF 1997).

Ambos problemas, de la salud y ambientales, tienen causas múltiples. Para resolver exitosamente

este tipo de problemas, los gobiernos nacionales necesitan promover la coordinación de actividades e información entre los ministerios o departamentos que tratan con cada aspecto de estos problemas. También se necesita más colaboración entre las agencias gubernamentales y no gubernamentales u organizaciones comunitarias, que muchas veces tienen más experiencia con la base del problema y por lo tanto están más familiarizados con las condiciones de la vida real (UNEP/UNICEF, 1997).

Localmente, el monitoreo de las condiciones de salud entregará información sobre la gravedad de la contaminación atmosférica y entregará datos para decidir que debe hacerse para tratar estos problemas. Además, los gobiernos locales necesitan entregar el conocimiento a las personas para protegerse de la contaminación atmosférica.

Los temas medioambientales no pueden ser tratados en forma aislada; la protección del medioambiente debe asumirse teniendo en mente un número de factores sociales y económicos, incluyendo política económica y de salud. La colaboración entre los actores involucrados y los ministerios de gobierno es necesaria para el exitoso control de la contaminación atmosférica.

El control de la contaminación atmosférica tampoco puede alcanzarse ordenando a las industrias y dueños de vehículos que cambien sus medios de producción o formas de vida. Deben proporcionarse incentivos para persuadir el cumplimiento de las regulaciones de contaminación atmosférica. En el caso de las industrias, los incentivos pueden ser permisos comerciales y otras políticas orientadas al mercado. Las personas, por otro lado, pueden convencerse para proteger el medioambiente si están conscientes de o sienten los efectos de los problemas para la salud que vienen acompañados con la contaminación atmosférica.

Tanto los países en desarrollo como los países desarrollados necesitan adoptar tecnologías amigables para el medioambiente, cambiar los patrones de consumo, y desarrollar combustibles de fuentes renovables. En muchos casos, incluyendo en el sector de transporte urbano, los países en desarrollo pueden aprender de los éxitos y fracasos del mundo desarrollado.

Referencias

- AEA. 1996. *Air Quality Monitoring : A Handbook for Local Authorities*, AEA Technology (sous la direction de J. McGinley, J. Vallance-Plews et J. Bower). Atomic Energy Agency, AEA/ RAMP/20029001/ 01, Royaume-Uni
- AEE. 1995. *L'environnement en Europe – Le rapport Dobbris*, Agence européenne pour l'environnement, Copenhague. http://reports.eea.eu.int/92-826-5409-5/en/tab_abstract_RLR
- AEE. 1998. *L'environnement en Europe – Deuxième évaluation*, Agence européenne pour l'environnement, Copenhague. http://reports.eea.eu.int/92-828-3351-8/en/tab_abstract_RLR
- AEE. 2002. *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 3ème édition*. Rapport technique N° 30. Agence européenne pour l'environnement (AEE), Copenhague. http://reports.eea.eu.int/technical_report_2001_3/en/tab_content_RLR
- AEE. 2002. *Guidance Report on preliminary assessment under EC air quality directives*. Rapport technique N°. 11. Agence européenne pour l'environnement (AEE), Copenhague. <http://reports.eea.eu.int/TEC11a/en/page014.html>
- Banque mondiale. 1997a. *Urban air quality management strategy in Asia Guidebook*. Directeurs de la publication Shah JJ, Nagpal T, Brandon CJ. La Banque mondiale, Washington, D.C.
- Banque mondiale. 1997b. *Urban air quality management strategy in Asia. Kathmandu Valley Report*. Directeurs de la publication Shah JJ, Nagpal T. Document technique de la Banque mondiale N°378. La Banque mondiale, Washington, D.C.
- Banque mondiale. 1997c. *Urban air quality management strategy in Asia. Jakarta Report*. Directeurs de la publication Shah JJ, Nagpal T. Document technique de la Banque mondiale N°379. Directeurs de la publication Shah JJ, Nagpal T, Brandon CJ. La Banque mondiale, Washington, D.C. http://www.worldbank.org/wbi/cleanair/caiasia/topics/aqm_strategies.htm
- Banque mondiale. 1997d. *Urban air quality management strategy in Asia. Metro Manila Report*. Directeurs de la publication Shah JJ, Nagpal T. Document technique de la Banque mondiale N°380. Directeurs de la publication Shah JJ, Nagpal T, Brandon CJ. La Banque mondiale, Washington, D.C.
- Banque mondiale. 1997e. *Urban air quality management strategy in Asia. Greater Mumbai Report*. Directeurs de la publication Shah JJ, Nagpal T, Brandon CJ. La Banque mondiale, Washington, D.C.
- Banque mondiale. 1998. *Confronting air pollution in Asia's cities*. News Release. La Banque mondiale Régions Asie du sud /de l'est et Pacifique. <http://www.worldbank.org/html/extdr/extme/1906.htm>
- Banque mondiale. 2002a. *Clean Air Initiative*. La Banque mondiale, Washington, D.C. <http://www.worldbank.org/cleanair>
- Banque mondiale. 2002b. *Clean Air Initiative for Asia*. La Banque mondiale, Washington, D.C. <http://www.worldbank.org/cleanair/caiasia>
- Banque mondiale. 2002c. *Clean Air Initiative for Latin America and the Caribbean*. La Banque mondiale, Washington, D.C. <http://www.worldbank.org/cleanair/cailac>
- Banque mondiale. 2002d. *Clean Air Initiative for Africa*. La Banque mondiale, Washington, D.C. <http://www.worldbank.org/cleanair/caiafrica>
- Banque mondiale. 2002e. *Clean Air Initiative for Europe and Central Asia*. La Banque mondiale, Washington, D.C. <http://www.worldbank.org/cleanair/caieca>
- BMU. 1997. *Determination and Evaluation of Ambient Air Quality - Manual of Ambient Air Monitoring in Germany* (sous la direction de E. Lahmann). Deuxième édition révisée. Office fédéral de l'environnement, Berlin, Allemagne.
- Bower JS. 1997. *Ambient Air Quality Monitoring*, Dans : Hester R. Harrison R (directeurs) Issues in Environmental Science & Technology No.8 Air Quality Management, Société royale de Chimie, Royaume-Uni, octobre 1997.
- Bradfield PJ, Schulz CE, Stone, MJ. 1996. *Regulatory approaches to environmental management*. Dans : Mulligan DR (directeur de publication) Environmental management in the Australian minerals and energy industries, pp. 46-73. Univ. of New South Wales Press, Sydney, Australie
- CCE. 1996. *Directive 96/62/CE du Conseil du 27 septembre 1996 concernant l'évolution de la gestion de la qualité de l'air ambiant*. Journal Officiel L 296, 21/11/1996, p. 55-63, Bruxelles. http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=EN&numdoc=31996L0061&model=guichett
- CCE. 1999. *Directive du Conseil n° 1999/30/CE du 22 avril 1999 relative à la fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant*. Journal Officiel n° L 163, 29/06/1999, p. 41-60. http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=EN&numdoc=31999L0030&model=guichett
- CCE. 2000. *Directive 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 concernant les valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant*. Official Journal n° L 313 du 13/12/2000, p. 12-21. http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=EN&numdoc=32000L0069&model=guichett
- CE. 2000. *Proposition modifiée de directive du Parlement européen et du Conseil relative à l'ozone dans l'air ambiant*. COM(2000) 613 final, 02.10.2000. Commission européenne, Bruxelles. <http://europa.eu.int/eur-lex/en/archive/2001/ce02920010130en.html>

- CE. 2001. Communication de la Commission : *Le programme Air Pur pour l'Europe (CAFÉ) : Vers une stratégie thématique de la qualité de l'air*. COM (2001) 245 final, 04.05.2001. Commission Européenne, Bruxelles. <http://www.europa.eu.int/comm/environment/docum>
- CE. 2002. *Proceedings of the International Conference Measuring Air Pollutants by Diffusive Sampling*, Montpellier, 26-28 Septembre 2001. Sous la direction de RH Brown, TL Hafkenscheid, KJ Saunders, A Borowiak, E de Saeger. EUR 20242 EN. Centre de recherche conjoint de la Commission européenne, Ispra, Italie. Requêtes concernant le rapport : erlap@jrc.it
- CEE-ONU. 1999. *Strategies and policies for air pollution abatement*. ECE/EB.AIR/65. Nations unies, New York et Genève. Site Internet associé : <http://www.umweltbundesamt.de/whocc/nl25/publi-25.htm>
- CESAP ONU. 2002. *Kitakyushu Initiative for a Clean Environment*. Commission économiques et sociale pour l'Asie et le Pacifique, Nations unies, Bangkok, Thaïlande. <http://www.unescap.org/mced2000/kitakyushu.pdf>
- CMED. 1987. *Notre avenir à tous*. Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement. Nations unies, New York. Résumé sur le site : <http://www.wsu.edu:8080/~susdev/WCED87.html>
- CNUED. 1992. Agenda 21 : *Plan d'action pour le développement durable*, Conférence des Nations unies pour l'environnement et le développement, 3-14 juin 1992, Rio de Janeiro. <http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21.htm>
- CNUEH/PNUE. 2001. *Urban Air Quality Management Handbook*. The SCP Source Book Series. Volume 7. Programme des villes durables, Centre des Nations unies pour les établissements humains (CNUEH), Nairobi, Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), Nairobi. <http://www.unhcs.org/programmes/sustainablecities/documents/aqbook.pdf>
- Eurocities. 1996. *Good Practice in European Urban Air Quality Management*. <http://www.eurocities.org>
- Eurocities. 2000. *The Air Action Project : Achieving Change Locally*. <http://www.eurocities.org>
- Faiz A, de Lardere JA 1993 *Automotive air pollution in developing countries : outlook and control strategies*. *The Science of the Total Environment* 134 : 325-334
- GTZ. 2002. *Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México*, <http://www.gtz.org.mx/cam-aire>
- GURME 2002 *Le projet GURME de recherche sur la météorologie et l'environnement urbains relevant de la VAG*, OMM, <http://www.cgrer.uiowa.edu/people/carmichael/GURME/GURME.html>
- ICSI. 2000. *La santé des enfants du Canada : un profil de l'ICSI*, 3ème édition, Institut canadien de la santé infantile, Ottawa. <http://www.cich.ca/resource.htm>
- Krzyzanowski M, Schwela D. 1999. *Patterns of air pollution in developing countries* dans Holgate, S T, Samet, J M, Koren, H S, Maynard R L (directeurs de publication) *Air Pollution and Health*, pp105-113. Academic Press, Londres, Royaume-Uni
- Liu DHF, Liptak B. 1997. *Environmental Engineers' Handbook*. Deuxième édition. CRC Press, Boca Raton, FL
- Murray F. 1997. *Urban air pollution and health effects*. Dans : D. Brune, D.V. Chapman, M.D. Gwynne, J.M. Pacyna (directeurs de publication) *The Global Environment*, pp. 585-598, Publications scientifiques scandinaves, VCH, Weinheim, Allemagne
- Murray, C.J.L. et Lopez, A.D. (directeurs de publication). 1996. *The Global Burden of Disease. A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020*. Harvard School of Public Health, Harvard University Press
- OMS. 1972. *Air quality criteria and guides for urban air pollutants*. Rapport d'un comité d'expert de l'OMS, Série des Rapports techniques N° 506. Organisation mondiale de la santé (OMS), Genève.
- OMS. 1978. *Principles and Methods for Evaluating the Toxicity of Chemicals*, Environmental Health Criteria Series 6, OMS, Genève. <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>
- OMS. 1979. *Sulfur oxides and suspended particulate matter*. Environmental Health Criteria No. 8. OMS, Genève. <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>
- OMS. 1993a. *Assessment of Sources of Air, Water and Land Pollution, Part One : Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution* par Alexander Economopoulos. OMS/PEP/GETNET/93.1-A, OMS, Genève
- OMS. 1993b. *Assessment of Sources of Air, Water and Land Pollution, Part Two : Approaches for Consideration in Formulating Environmental Control Strategies* par Alexander Economopoulos. OMS/PEP/GETNET/93.1-B, OMS, Genève
- OMS. 1994. *Assessing Human Health Risks of Chemicals : Derivation of Guidance Values for Health-based Exposure Limits*. Critères environnementaux de santé 170, OMS, Genève. <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>
- OMS. 1995a. *Critères environnementaux de santé 165*. OMS, Genève. <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>
- OMS. 1995b. *Decision Support System for Industrial Pollution Control. User Manual and program* (voir OMS 1998). Organisation panaméricaine de la Santé, Banque mondiale, Washington D.C.
- OMS. 1996. *Motor Vehicle Air Pollution : Teacher's Guide – One Week Training Workshop*. OMS/EHG/96.16. OMS, Genève

- OMS. 1997. *Health and Environment in Sustainable Development - Five Years after the Earth Summit*. OMS, Genève
- OMS. 1998. *Healthy Cities Air management information system*, AMIS 2.0. CD ROM. OMS, Genève
- OMS. 2000a. *Guidelines for Air Quality*. OMS/SDE/OEH/00.02. OMS, Genève, Suisse. <http://www.who.int/peh>
- OMS. 2000b. *Guidelines for Community Noise*, publié par l'Institut d'épidémiologie environnementale, Ministère de l'Environnement, Singapour et OMS, Genève, Suisse, <http://www.who.int/peh>
- OMS. 2001. *Air Management Information System*, AMIS 3.0, CD ROM. OMS, Genève
- OMS. 2003. *Air Quality Monitoring : Methodology Review Handbook*. Préparé dans le cadre du projet de l'OMS Système d'information sur la gestion de l'air (AMIS). Directeurs de la publication Schwela D, Bower J, Ferm M, Hangartner M, Morawska L. OMS, Genève. Préparation en cours.
- OMS. 2003. *AMIS Handbook of methodologies in air pollution management*. OMS, Genève.
- OMS/EURO. 1987. *Air Quality Guidelines for Europe*, Publications régionales de l'OMS, Série européenne N°23, Copenhague, Danemark
- OMS/EURO. 2000. *Air Quality Guidelines for Europe*, Deuxième édition, Publications régionales de l'OMS, Série européenne N°91. OMS, Copenhague. <http://www.who.dk/document/e71922.pdf>
- OMS/PAHO. 1997. *Introducción al Monitoreo Atmosférico* (Directeurs de la publication A.P. Martinez et I. Romieu). OMS, Organisation panaméricaine de la Santé, Mexico DF. http://www.lamolina.edu.pe/capacitacion/ciclo_optativo/calidad_ambiental/monitoreoatm.html
- OMS/PAHO/BM. 1995a. *Decision Support System for Industrial Pollution Control (DSS IPC)*. Programme pour ordinateur PC permettant l'évaluation des inventaires de rejets atmosphériques, des inventaires de déchets liquides et solides, ainsi que l'estimation de la pollution de l'air, de l'eau et du sol. PAHO/Banque mondiale, Washington DC. Description du site Internet : <http://www.worldbank.org/html/opr/pmi/envind12.html>. À commander auprès de l'OMS, Genève ou PAHO, Washington.
- OMS/SEARO. 1996. *Ambient Air Quality Monitoring Networks : Considerations for Developing Countries* []. OMS, Bureau régional pour l'Asie du sud est, New Delhi. Les commandes peuvent être placées auprès du Bureau régional de l'OMS pour l'Asie du sud est, New Delhi
- PNUE. 1999. *L'avenir de l'environnement mondial 2000*, PNUE, Nairobi. <http://www.grida.no/geo2000>
- PNUE/OMS. 1994a. *GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series*. Volume 1. *Quality Assurance in Urban Air Quality Monitoring*. PNUE, Nairobi, Kenya ; Organisation mondiale de la santé, Genève.
- PNUE/OMS. 1994b. *GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series*. Volume 2. *Primary Standard Calibration Methods and Network Intercalibrations for Air Quality Monitoring*. PNUE, Nairobi, Kenya ; Organisation mondiale de la santé, Genève.
- PNUE/OMS. 1994c. *GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series*. Volume 3. *Measurement of Suspended Particulate Matter in Ambient Air*. PNUE, Nairobi, Kenya ; Organisation mondiale de la santé, Genève.
- PNUE/OMS. 1994d. *GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series*. Volume 4. *Passive and Active Sampling Methodologies for Measurement of Air Quality*. PNUE, Nairobi, Kenya ; Organisation mondiale de la santé, Genève.
- PNUE/OMS/MARC. 1996. *GEMS/AIR Air Quality Management and Assessment Capabilities in 20 Major Cities. Environmental Assessment Report*, PNUE, Nairobi, Kenya ; Organisation mondiale de la santé, Genève, Suisse ; The Monitoring and Assessment Research Centre, Londres, Royaume-Uni.
- PNUE/OMS/SEI/KEI. 2002a. *Urban air pollution management and practice in major and megacities of Asia*. Directeurs de la publication Haq G, Han Wha-Jin, Kim C. PNUE, Nairobi ; Organisation mondiale de la santé, Genève ; Institut de Stockholm pour l'Environnement, Stockholm ; Institut Coréen pour l'Environnement, Séoul. <http://www1.york.ac.uk/inst/sei/rapid2/apma.html>
- PNUE/OMS/SEI/KEI. 2002b. *Benchmarking urban air pollution management and practice in major and megacities of Asia – Stage I*. Directeurs de la publication Haq G, Han Wha-Jin, Kim C, Vallack H. PNUE, Nairobi ; Organisation mondiale de la santé, Genève ; Institut de Stockholm pour l'Environnement, Stockholm ; Institut Coréen pour l'Environnement, Séoul. <http://www1.york.ac.uk/inst/sei/rapid2/apma.html>
- PNUE/TERI. 1999. *Domestic Environment and Health of Women and Children*, Gopalan, H N B et Saksena, S (directeur de publication) PNUE, Nairobi, Kenya, Institut Tata de recherche sur l'énergie, New Delhi. Site Internet associé : <http://www.teriin.org/pub/books/dom.htm>
- PNUE/UNICEF. 1990. *Children and the Environment in The State of the Environment 1990*, PNUE, Nairobi, Fonds des Nations unies pour l'Enfance, New York
- PNUE/UNICEF. 1997. *Childhood Lead Poisoning : Information for Advocacy and Action*, PNUE, Nairobi, Fonds des Nations unies pour l'Enfance, New York, http://www.chem.unep.ch/irptc/Publications/leadpoison/lead_eng.pdf
- PNUE/UNICEF/OMS. 2001. *Children and the Environment (Draft)*. PNUE, Nairobi, Fonds des Nations unies pour l'Enfance, New York, Organisation mondiale de la santé, Genève. Site Internet : <http://www.unep.org/ceh/ch-foreword.html>

- Roychoudhury, A, Gupta, A. 2000. *Singapore : Breathing Easy, Down To Earth*, 9, pp34–38. http://www.cseindia.org/html/dte/dte20000831/dte_analy.htm
- Sayeg P. 1998. *Successful conversion to unleaded gasoline in Thailand*. Document technique de la Banque mondiale N° 410. Banque mondiale, Washington, D.C. <http://www.worldbank.or.th/html/pdf/news/urbair.pdf>
- Schwela D. 1999. *Local ambient air quality management*. Dans : *Health and air pollution in rapidly developing countries*. Éditeurs. McGranahan G, Murray F. Institut de Stockholm pour l'environnement, Stockholm
- Schwela, D H.1999. *Public health and the Air Management Information System (AMIS)*, Epidemiology, 10, pp647–655
- Schwela, D H. 1996. *Exposure to environmental chemicals relevant for respiratory hypersensitivity : global aspects*, Toxicology Letters, 86, pp131–142
- Schwela, D.H. 1998. *Health and Air Pollution - A Developing Country's Perspective*. Allocution principale devant le 11ème Congrès mondial de l'Air Pur, Durban, Afrique du Sud, 13-18 septembre, 1998
- Schwela, D.H. 2000a. Organisation mondiale de la santé *Guidelines for Air Quality. Part 1 : Exposure-response relationships and air quality guidelines*. EM juillet 2000, 29-34.
- Schwela, D.H. 2000b. Organisation mondiale de la santé *Guidelines for Air Quality. Part 2 : Air quality management and the role of the guidelines*. EM août 2000, 23-27.
- Schwela, D.H. et Köth-Jahr, I. 1994. *Leitfaden für die Aufstellung von Luftreinhalteplänen*. Rapport No. 4. Landesumweltamt Nordrhein Westfalen, Essen, Allemagne
- SEI/Sida. 2002a. *Regional Air Pollution in Developing Countries – RAPIDC – Air Pollution in Latin America*. SEI, SIDA, Stockholm. <http://www2.york.ac.uk/inst/sei/rapidc2/latin/lamerica.html>
- SEI/Sida. 2002b. *Regional Air Pollution in Developing Countries – RAPIDC. – Air Pollution in Asia*. SEI, SIDA, Stockholm. <http://www2.york.ac.uk/inst/sei/rapidc2/asia/aspoltex.html>
- SEI/Sida. 2002c. *Regional Air Pollution in Developing Countries – RAPIDC – Air Pollution in Africa*. SEI, SIDA, Stockholm. <http://www2.york.ac.uk/inst/sei/rapidc2/apina/airpolaf.html>
- SEI/Sida. 2002d. *Regional Air Pollution in Developing Countries – RAPIDC*. Institut de Stockholm pour l'environnement (SEI), Agence suédoise de coopération pour le développement (SIDA), Stockholm. <http://www2.york.ac.uk/inst/sei/rapidc2/rapidcover.html>
- SMDD. 2002. *Sommet mondial sur le développement durable – Plan de mise en œuvre*. Johannesburg, Afrique du Sud. <http://www.johannesburgsummit.org>
- UNCHS/UNEP. 2002. *Programme des villes durables (SCP)*, CNUEH, Nairobi, PNUE, Nairobi. http://www.unhcs.org/programmes/sustainablecities/eng_home.asp
- US EPA. 1995. *National air pollutant emission trends 1994*. Rapport n° EPA-454/R-95- 014. USEPA Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC, États-Unis.
- US EPA. 1998. *Compilation of air pollutant emission factors*. 5ème édition. Volume I : *Stationary point and area sources*. United States Environmental Protection Agency (US EPA), Research Triangle Park, NC. AP-42. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42>
- US EPA. 2000a. *Compilation of air pollutant emission factors*. Volume II : *Mobile sources*. US EPA, Research Triangle Park, NC. AP-42. <http://www.epa.gov/otaq/ap42.htm>
- US EPA. 2000b. *Compilation of air pollutant emission factors*. 5ème édition. Volume I : Suppléments A, B, C, D, E et F., US EPA, Research Triangle Park, NC. AP-42. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/app42supp.html>
- US EPA. 2002. *Modèles de dispersion. Technology Transfer Network. Support Center for Regulatory Air Models*. US EPA, Research Triangle Park, NC. <http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm#rec>
- Walsh M, Shah JJ. 1997. *Clean fuels for Asia – Technical options for moving towards unleaded gasoline and low-sulfur diesel*. Document technique de la Banque mondiale N°377. La Banque mondiale, Washington, D.C.
- Walsh M. 1999. *Emission control measures*. Dans : *Urban Traffic Pollution*. Directeurs de la publication Schwela D, Zali O. Publié pour le compte de l'Organisation mondiale de la santé, Genève, et de la République et Canton de Genève par E & FN Spon, Londres, New York
- WRI/PNUE/PNUD/BM. 1998. *World Resources : A Guide to the Global Environment – Environmental Change and Human Health*, World Resources Institute, PNUE, Programme des Nations unies pour le Développement, la Banque mondiale. Oxford University Press, New York. <http://www.wri.org/wri/wr-98-99>
- Younes M, Meek ME, Hertel RF, Gibb HJ, Schaum J. 1998. *Risk Assessment and Management*. Dans : Herystein JA, Bunn III BM, Fleming LE, Harrington JM, Jeyaratnam J, Gardener IR (directeurs de publication) *International Occupational and Environmental Medicine*. Mosby, New York

Abreviaciones usadas en este módulo

AC/CC	aseguramiento de calidad y control
CMDS	Cumbre Mundial de Desarrollo Sustentable
CO	monóxido de carbono
HC	hidrocarburos
HPA	Hidrocarburos policíclicos aromáticos
MP	material particulado
MP ₁₀	partículas de menos de 10 micrones de diámetro (1 micrón = 0,001 milímetros)
MP _{2.5}	partículas de menos de 2,5 micrones de diámetro
MPS	material particulado en suspensión
NO ₂	dióxido de nitrógeno
NO _x	óxidos de nitrógeno
O ₃	ozono
OMS	Organización Mundial de la Salud
Pb	plomo
SO ₂	dióxido de azufre
TPS	total de partículas en suspensión
UBA	Umweltbundesamt, Agencia Federal Alemana para el Medioambiente
US EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos



Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
Postfach 5180
D - 65726 Eschborn / Alemania
Teléfono +49-6196-79-1357
Fax +49-6196-79-7194
Internet: <http://www.gtz.de>

Comisionado por



Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung

