

Capítulo 5

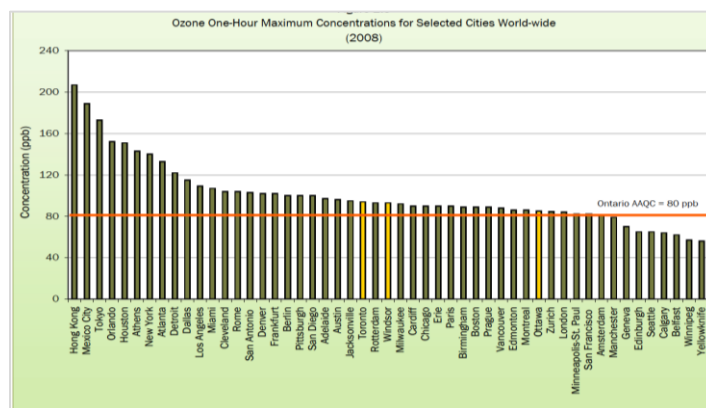
Experiencias internacionales en gestión de la calidad del aire

Este capítulo resume algunos de los ejemplos y experiencias internacionales exitosas de gestión de la calidad del aire que fueron revisadas con el propósito de retomar algunas ideas que pueden ser de utilidad para la ZMVM. La exploración de las medidas aplicadas advierte de una amplia variedad de casos en la configuración de políticas y acciones locales, pues éstas responden a combinaciones particulares de las características fisiográficas y meteorológicas de las ciudades; al menú de tecnologías disponibles; a las diferencias culturales y de diseño institucional en materia de administración pública; al grado de desarrollo económico y a las variaciones en el tipo e intensidad de las diferentes actividades productivas y sociales. Esta revisión constata la importancia de continuar reforzando acciones convencionales como las planteadas en los PROAIRE anteriores y fortalece la necesidad de innovar con medidas que incidan sobre las relaciones estructurales existentes entre la organización de las actividades productivas, culturales y sociales de las ciudades y la generación de todo tipo de contaminantes atmosféricos, medidas que son todavía muy escasas a nivel internacional.

5.1 La calidad del aire de la ZMVM en el contexto internacional

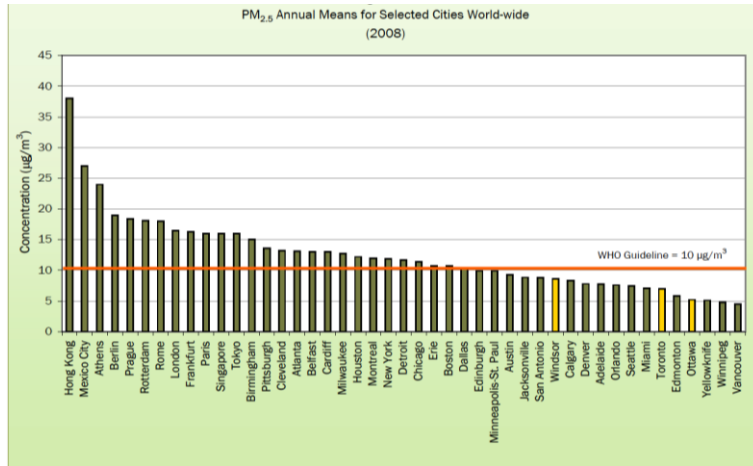
Para situar el estado de la calidad del aire de la ZMVM en el contexto internacional, se presentan las Gráficas 5.1.1 a 5.1.6 en las que se comparan las concentraciones de ozono, de $PM_{2.5}$, de dióxido de nitrógeno, de monóxido de carbono y de dióxido de azufre entre 51 ciudades seleccionadas que tienen programas de calidad del aire consolidados (Ontario, 2008).

Gráfica 5.1.1. Máximas concentraciones horarias de ozono para algunas ciudades del mundo



Fuente: Air Quality in Ontario, 2008 Report.

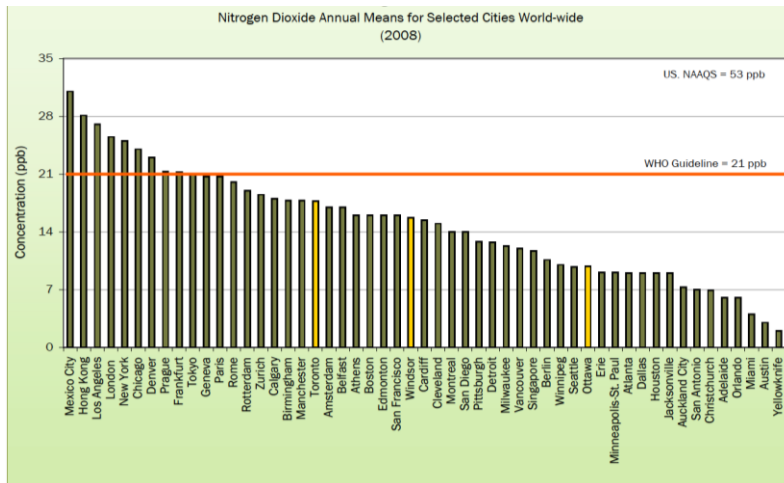
Gráfica 5.1.2. Concentraciones medias anuales de PM_{2.5} para algunas ciudades del mundo



Fuente: Air Quality in Ontario, 2008 Report.

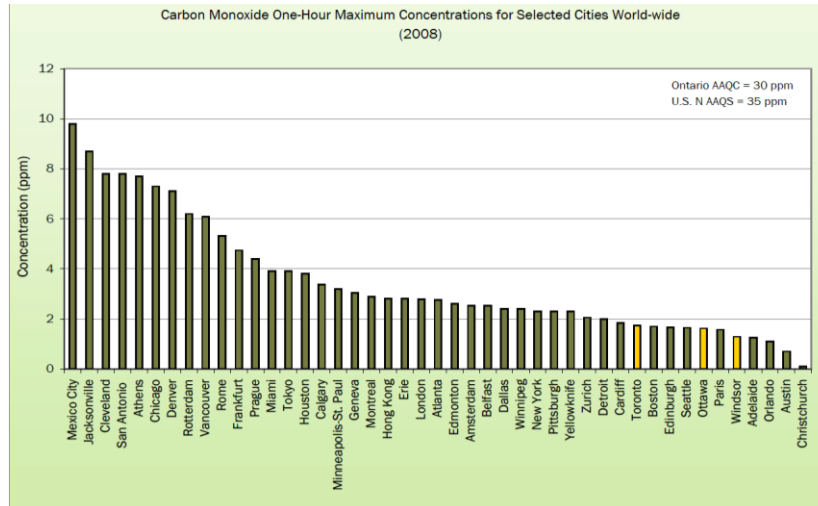
Se puede observar que la posición de la ZMVM, salvo en el caso del SO₂, representa los índices de concentración más altos, o los segundos más altos, para el año 2008. Esto refuerza el argumento ya mencionado en el sentido de que si bien es cierto que las tendencias de los contaminantes criterio en la ZMVM han ido a la baja en los últimos años, las concentraciones siguen estando en niveles altos en el contexto internacional.

Gráfica 5.1.3. Concentraciones medias anuales de NO₂ para algunas ciudades del mundo



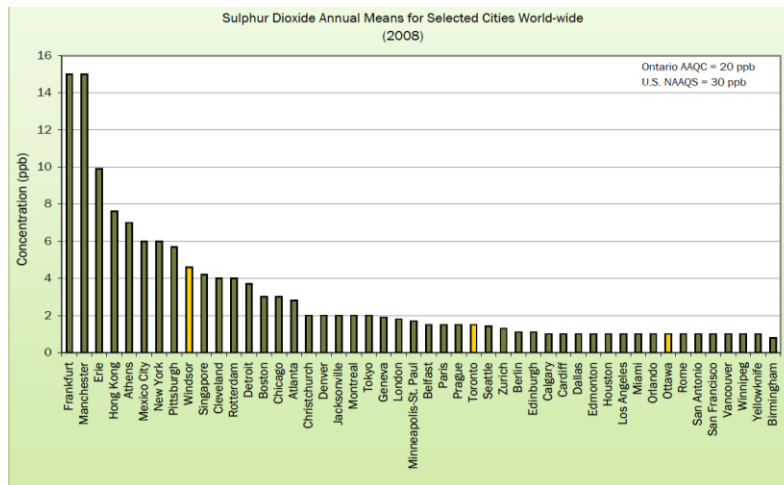
Fuente: Air Quality in Ontario, 2008 Report.

Gráfica 5.1.4. Concentraciones medias anuales de CO para algunas ciudades del mundo



Fuente: Air Quality in Ontario, 2008 Report.

Gráfica 5.1.5. Concentraciones medias anuales de SO₂ para algunas ciudades del mundo



Fuente: Air Quality in Ontario, 2008 Report.

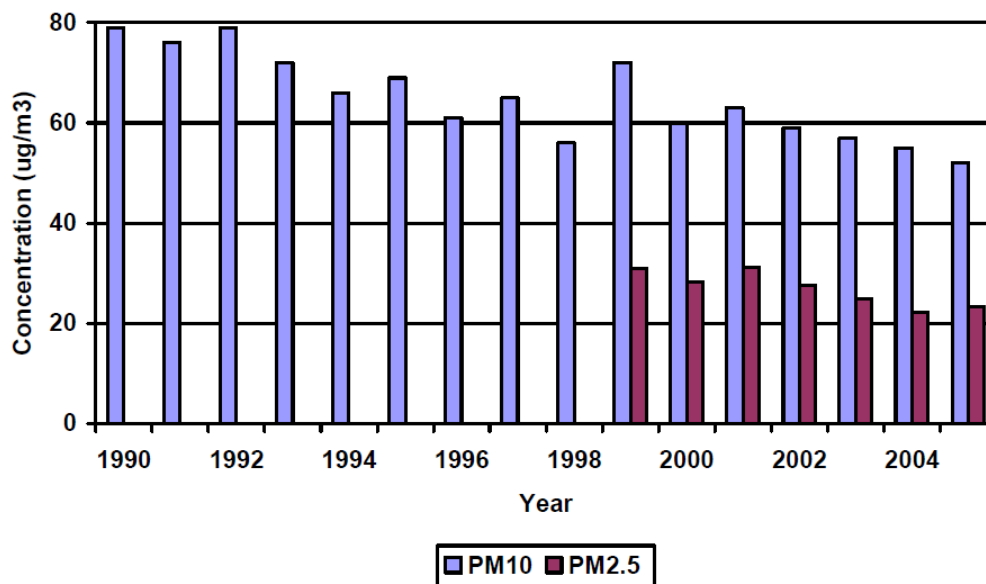
5.2 La gestión de la calidad del aire en ciudades seleccionadas

El menú de acciones y medidas aplicadas en otras ciudades es muy amplio y abarca aspectos relacionados con calidad de combustibles, regulación industrial, control de la circulación vehicular, normatividad, sistemas de información en tiempo real, sistemas de verificación vehicular, instrumentos económicos y medidas de promoción del transporte público, entre otros. En cuanto a las ciudades seleccionadas, se presentan los casos de Los Ángeles y Nueva York en los Estados Unidos, de Toronto en Canadá, de São Paulo, Brasil, de Santiago de Chile y de Berlín, Alemania.

Los Ángeles, California

Desde el punto de vista de la gestión de la calidad del aire, a la gran zona metropolitana que rodea a la ciudad de Los Ángeles se le identifica como la Cuenca Atmosférica de la Costa Sur del estado de California (SoCAB, South Coast Air Basin). Si bien es una zona con problemas de contaminación atmosférica (circulan en ella más de 10 millones de vehículos a gasolina y 250 mil a diesel) la SoCAB se ha distinguido desde hace lustros por estar a la vanguardia internacional en gestión de la calidad del aire. Las partículas PM_{10} y el CO han disminuido durante la última década, el máximo de O_3 disminuyó de 500 ppb en 1980 a menos de 200 ppb en el año 2000. Sin embargo, las concentraciones de O_3 se han estabilizado recientemente y sus estimaciones indican que éstas podrían incrementarse como resultado del crecimiento poblacional y del aumento de kilómetros recorridos por el parque vehicular.

Gráfica 5.2.1. Concentraciones máximas anuales de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en la SoCAB

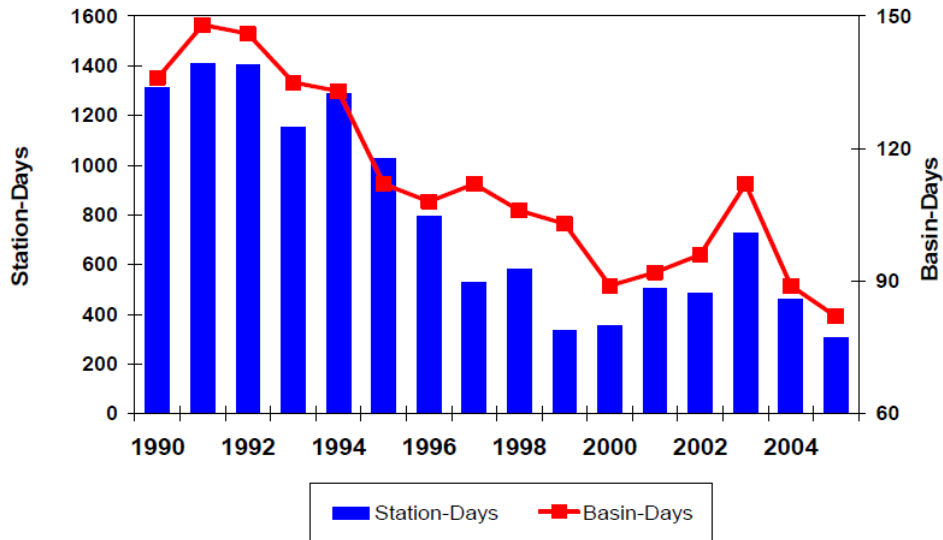


Fuente: Air Quality Management Plan, 2007, SoCAB.

Para hacer frente a los problemas de la contaminación atmosférica, la SoCAB publicó en 2007 su más reciente plan de gestión de la calidad del aire (Air Quality Management Plan). El plan establece que el cumplimiento de la norma de $PM_{2.5}$ se deberá alcanzar en el 2015 y el de la norma de 8 horas de ozono en el 2024. Para lograr esas metas propone básicamente las medidas siguientes:

1. Modernización de plantas industriales (NO_x , COV, $PM_{2.5}$).
2. Eficiencia y conservación energética
 - Atenuar la isla de calor urbana (todos los contaminantes).

Gráfica 5.2.2. Número de días por arriba de la norma federal de ozono para 8 horas en la SoCAB



Fuente: Air Quality Management Plan, 2007, SoCAB.

3. Gestión de buenas prácticas

- Mejorar la detección y reparación de fugas de COV
- Reducción de emisiones de COV de la transferencia y venta de gasolina
- Reducción de emisiones de COV en tuberías y en tanques de almacenamiento de desgasificación
- Dispositivos de control de partículas $PM_{2.5}$ en industrias (casas de bolsas, lavadores húmedos, precipitadores electrostáticos y otros dispositivos)
- Reducción de emisiones de COV y $PM_{2.5}$ en el compostaje de residuos vegetales
- Mejorar la puesta en marcha de equipos, paros y otros procedimientos (todos los contaminantes).

4. Incentivos de Mercado / Flexibilidad en Cumplimiento

- Programa de certificación de recubrimientos limpios(COV)
- Reducciones adicionales del programa de SO_x para el mercado regional de incentivos de aire limpio (RECLAIM) con la mejor tecnología de control disponible (BARCT)
- Programas de incentivos económicos (todos los contaminantes)
- Programa piloto para refinerías de petróleo (COV y $PM_{2.5}$).

5. Programas de fuentes de área

- Reducción de COV emitidos por lubricantes
- Certificación de productos de consumo y de reducciones de emisiones de COV del uso de productos de consumo en instalaciones comerciales e institucionales

- Reducciones de emisión de COV debidas a la disminución del contenido de COV en productos de consumo no regulados por el estado de California
- Reducción de emisiones de COV del asfalto
- Reducción de NO_x en hornos y secadores
- Reducción adicional de NO_x en otros secadores
- Nuevas especificaciones del gas natural (todos los contaminantes)
- Programa de control localizado de fuentes críticas de emisiones de PM_{2.5}
- Reducción de PM_{2.5} en estufas y quemadores que usan madera
- Reducciones adicionales de emisiones de PM_{2.5} de la norma 444 de quemas abiertas
- Reducciones de partículas de asados de carne en parrillas
- Reducción de emisiones de COV del estiércol
- Cuotas de emisiones del Acta de Aire Limpio para las principales fuentes fijas (COV, NO_x).

6. Gestión del crecimiento de emisiones

- Reducciones de emisiones de NO_x, COV y PM_{2.5} de proyectos nuevos o rediseñados
- Mitigación de emisiones de proyectos con permisos federales.

7. Programas de fuentes móviles

- Cuotas de mitigación para fuentes federales (todos los contaminantes)
- Medidas para fuentes indirectas de emisiones de puertos e instalaciones relacionadas (todos los contaminantes)
- Reducción de emisiones del Programa Carl Moyer (NO_x, PM_{2.5})
- Programa de identificación de vehículos de carga ligeros altamente contaminantes (NO_x, COV)
- Programa de identificación de vehículos de carga medianos altamente contaminantes (NO_x, COV)
- Reducciones asociadas a las estrategias de calentamiento global (todos los contaminantes).

Nueva York

Posee el sistema de transporte público más largo de Norte América con cerca de 250 rutas y 14,000 estaciones y tiene el índice más bajo de automóviles per cápita. Su principal problema de contaminación es el de partículas, derivado del alto consumo de diesel. En los últimos años han bajado la cantidad de azufre en el diesel y se han enfocado en el desarrollo de tecnologías para reducir la cantidad de partículas y NO_x. Las partículas suspendidas provienen en un 52% de la combustión del diesel.

El programa de control de emisiones más exitoso es el de diesel limpio para camiones de transporte público, cuyos logros se muestran en la Gráfica 5.2.3.

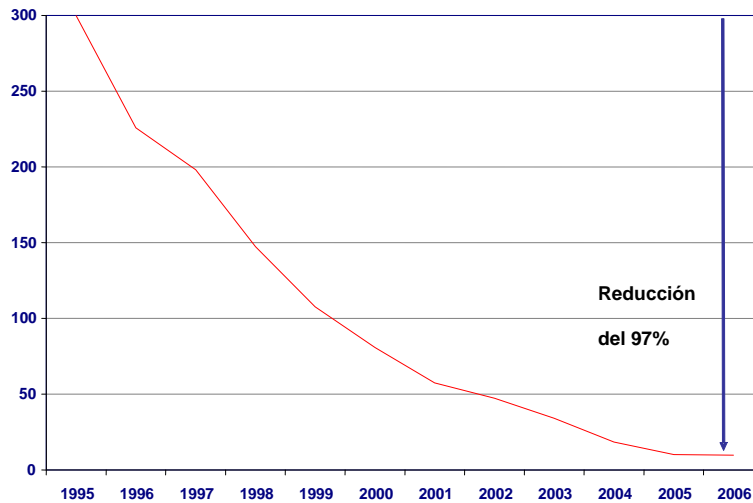
El programa fue planteado de la siguiente manera:

Meta 1: Establecer los objetivos tecnológicos y de rendimiento de combustible sin condicionamientos tecnológicos o de combustibles *a priori*, lo cual permitió desarrollar programas para todas las tecnologías de punta y los combustibles disponibles.

Meta 2: Reducir las emisiones de todo el parque de transporte público lo más rápido y de la manera más costo-efectiva posible, lo cual requirió evitar costos innecesarios de infraestructura y mejorar la eficiencia del sistema.

Meta 3: Crear un programa que fuese escalable y replicable en otros lugares y que sentara las bases para su aplicación a nivel nacional.

Gráfica 5.2.3. Emisiones anuales de partículas suspendidas de la flota de camiones de transporte público de la ciudad de Nueva York, en ton/año



Fuente: Kassel, 2009.

Los elementos clave del programa 2000-2004 fueron:

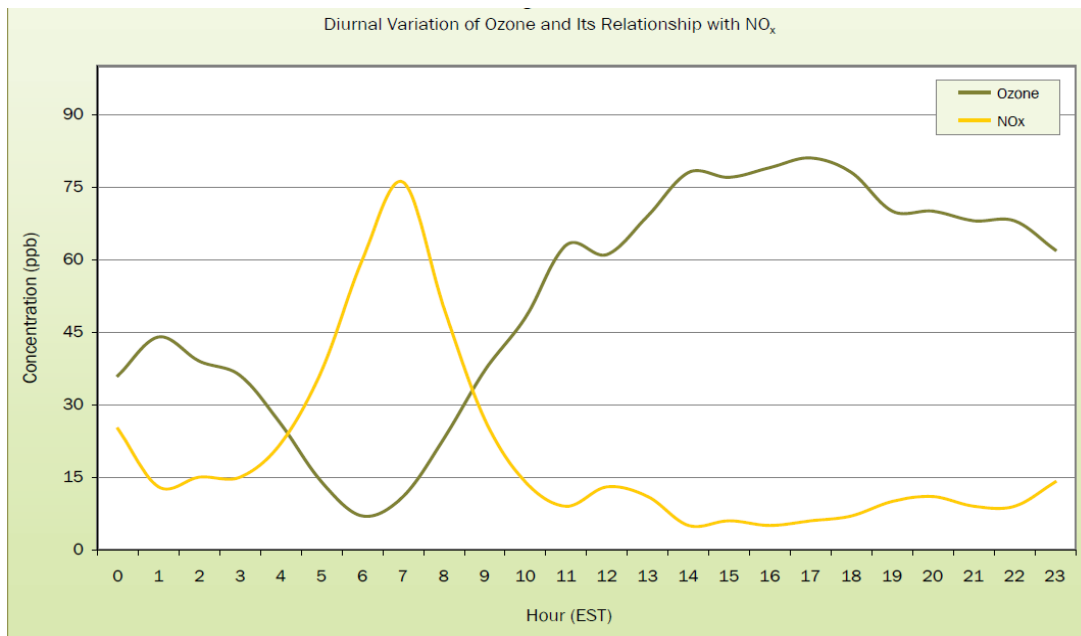
1. Retiro anticipado de operación de los motores a diesel de dos tiempos.
2. Diesel de ultra bajo azufre disponible en el otoño de 2000.
3. Más de 3,200 nuevos autobuses comprados (incluyendo 600 de GNC y 825 Híbridos-eléctricos).
4. Más de 4,000 reconversiones de filtros de partículas (retrofit).
5. Firma de un acuerdo de camiones limpios con los puertos de Nueva York y Nueva Jersey, que incluye a los 16,000 camiones que trabajan en las terminales. El acuerdo tiene dos fases:
 - Fase 1: A partir del 1º de Enero de 2011 no se permite el uso de vehículos anteriores a 1994.

- Fase 2: A partir del 1° de Enero de 2017 no se permitirá el acceso de vehículos que sean anteriores a 2007.
6. Se están creando incentivos financieros y operativos para ayudar a los propietarios de camiones, como préstamos a bajo interés y subsidios privilegiados para cambios fast-track.
 7. Aplicación de la ley de Nueva York sobre vehículos en ralentí: no más de 3 minutos en general y no más de 1 minuto en ralentí, si se está cerca de una escuela.

Área Mayor de Toronto y Región Central de Ontario, Canadá

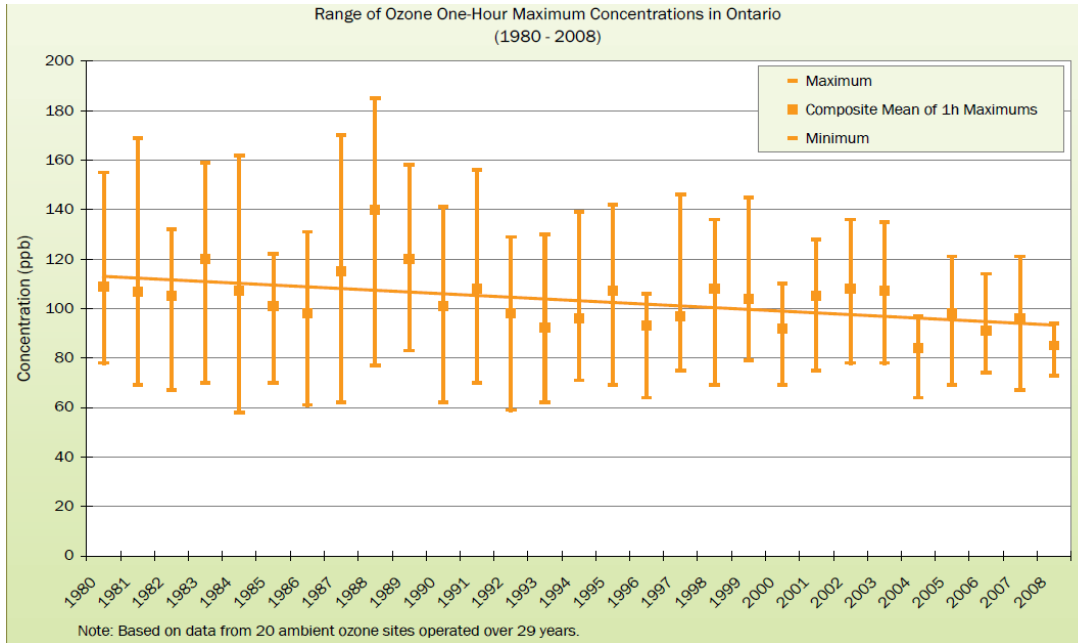
La Región Central de Ontario (COR, *Central Ontario Region*) está formada por la región metropolitana de Toronto. Su situación no es crítica en términos de calidad del aire, pero desde hace varios años aplican medidas estrictas para el combate de la contaminación atmosférica (Gráficas 5.2.4, 5.2.5 y 5.2.6).

Gráfica 5.2.4. Relación horaria entre NO_x y ozono en Ontario



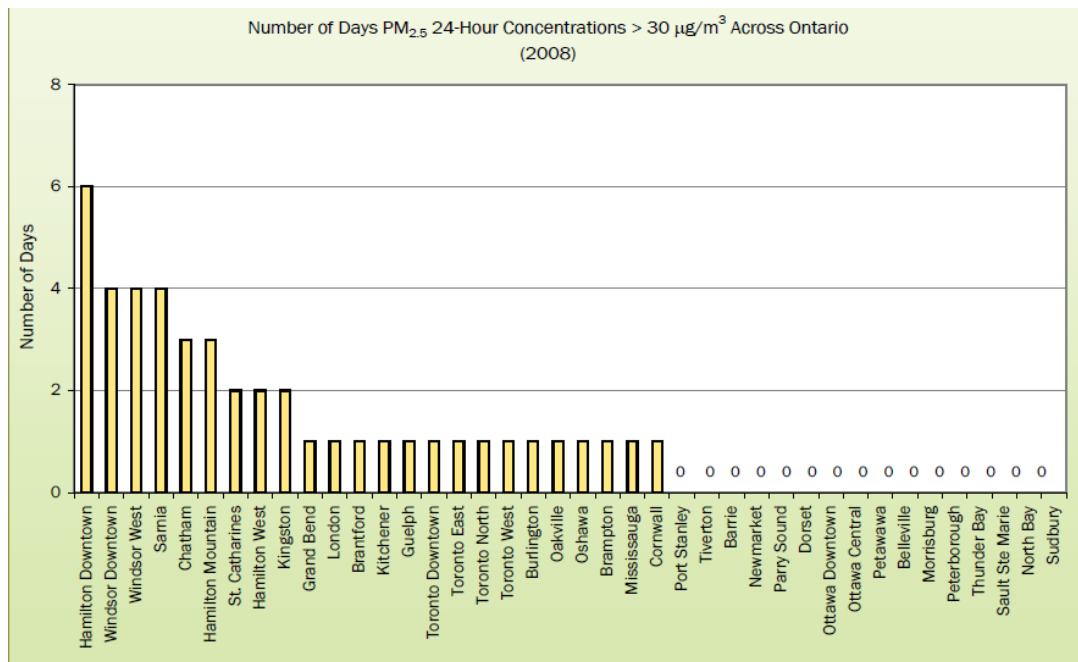
Fuente: Air Quality in Ontario, 2008 Report.

Gráfica 5.2.5. Concentraciones horarias máximas de ozono en Ontario (1980-2008)



Fuente: Air Quality in Ontario, 2008 Report.

Gráfica 5.2.6. Número de días en los que las concentraciones de PM_{2.5} en 24 hrs. son mayores de 30 µg/m³ en centros de población de Ontario, en 2008



Fuente: Air Quality in Ontario, 2008 Report.

Los principales componentes de la estrategia para combatir la contaminación atmosférica de Ontario son:

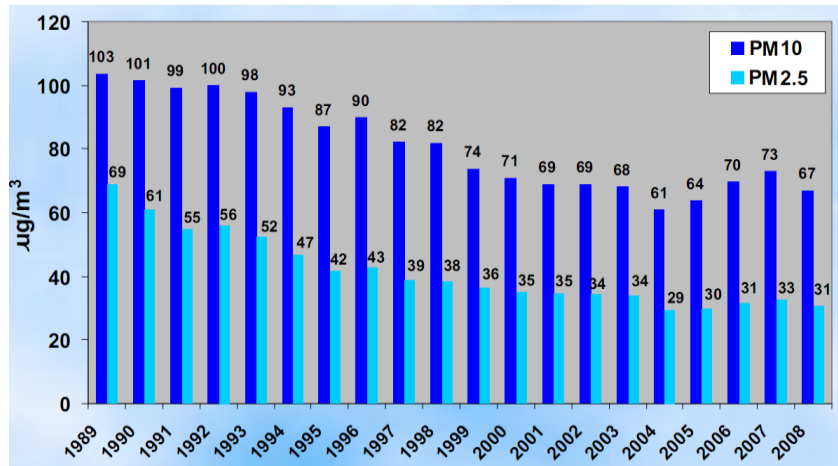
1. El artículo noveno de su instrumento legal de protección al ambiente (Ontario's Environmental Protection Act) requiere que todas las instalaciones que tienen el potencial de emitir contaminantes al medio ambiente tienen que solicitar autorización del Ministerio de Medio Ambiente para hacerlo.
2. Se ofrece información por internet en tiempo real del Índice de Calidad del Aire (AQI) y del Programa de Alerta de Smog.
3. Existe un programa de inspección de emisiones y de mantenimiento de vehículos.
4. El instrumento denominado Ontario Regulation 194/05 establece límites estrictos de emisiones de NO_x y SO₂ para la industria.
5. El instrumento denominado Ontario Regulation 419/05 establece las normas de calidad del aire para las sustancias tóxicas para proteger a las comunidades locales.
6. El instrumento denominado Ontario Regulation 397/01 establece techos de emisión de NO_x y SO₂ en el sector eléctrico.
7. El instrumento denominado Ontario Regulation 127/01 exige que las instalaciones con sede en Ontario que emiten ciertas cantidades de sustancias específicas deben notificar sus emisiones al gobierno y al público en general.

Santiago de Chile

La capital de Chile ocupa aproximadamente 135 km² y tiene una población de más de 5.3 millones, que representa casi el 40% de la población del país. Se localiza en un valle, a una elevación de 520 metros sobre el nivel medio del mar. El clima en Santiago es mediterráneo: los veranos son cálidos y secos con temperaturas que alcanzan los 35 °C. Los patrones topográficos y meteorológicos restringen la ventilación y dispersión de los contaminantes dentro del valle, haciendo que Santiago sea particularmente susceptible a una calidad pobre de aire ambiente, especialmente durante el invierno (abril a septiembre).

Desde el principio de la década de 1990, el gobierno chileno ha tomado numerosos pasos para mitigar los niveles de contaminación del aire. Estos pasos incluyen un sistema de alerta de contaminación basado en la máxima concentración de partículas (Gráfica 5.2.7), un calendario rotatorio que restringe el número de vehículos permitidos en las calles y la modernización del sistema de transporte público de la región metropolitana. Santiago también ha participado en el programa internacional de ciudades limpias del Departamento de Energía de los Estados Unidos para incrementar el uso de combustibles alternativos en el transporte público.

Gráfica 5.2.7. Evolución de PM₁₀ y PM_{2.5} en la ciudad de Santiago de Chile



Fuente: Comisión Metropolitana de Santiago, 2009.

En 1998 se comenzó con un plan de gestión ambiental a largo plazo para reducir las emisiones de sustancias dañinas emitidas a la atmósfera y cumplir así con las normas de calidad de aire vigentes en Chile, al que se le llamó Plan de Prevención y Descontaminación para la Región Metropolitana (PPDA), el cual comprende las siguientes medidas:

1) Renovación en transporte

- Retiro de 2,700 buses sin sello verde al 2004.
- TranSantiago: Sistema de Transporte Público de Santiago.
- Norma Euro III avanzada y EPA98.
- Renovación de camiones, Norma Euro III y EPA98.
- Incorporación de sistemas de post-tratamiento.
- Nuevas normas de ingreso para vehículos livianos y medianos.

2) Mejoramiento de los combustibles

- Reducción de la cantidad de azufre en el diesel de 300 ppm a 50 ppm y mejora de la gasolina y gas licuado.

3) Nuevas normas para la industria

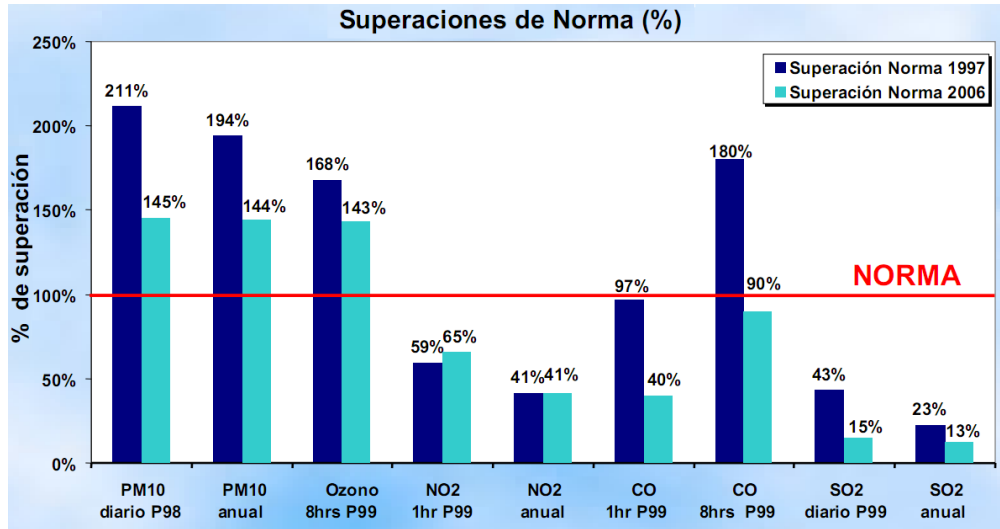
- Asignación de cuotas de emisión de PM₁₀ y NO_x al sector industrial, correspondientes al 50% de las emisiones base 1997.
- Programa de reducción de óxidos de azufre en los procesos que más emiten.
- Norma de emisión de monóxido de carbono.
- Norma de emisión de óxidos de azufre.

4) Control de polvo y manejo de áreas verdes.

5) Programas de medición para evaluar el PPDA.

En la Gráfica 5.2.8, se muestran los avances obtenidos a partir de la instauración del PPDA, en la ciudad de Santiago de Chile.

Gráfica 5.2.8. Resultados de la aplicación del PPDA

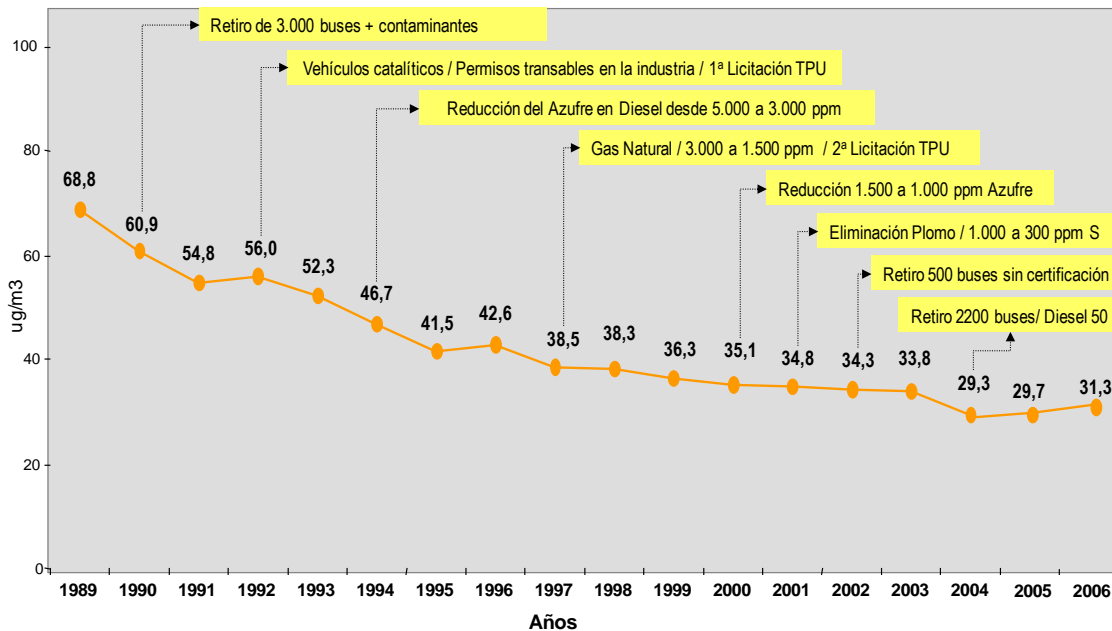


Fuente: Comisión Metropolitana de Santiago, 2009.

Logros principales del PPDA (ver Gráfica 5.2.9):

- Para PM₁₀, se ha reducido un 57% del total requerido para el cumplimiento de la norma anual y de un 50% para el cumplimiento de la norma diaria.

Gráfica 5.2.9. Medidas aplicadas para el control de PM_{2.5} y evolución de las concentraciones en Santiago de Chile



Fuente: Comisión Metropolitana de Santiago, 2009.

- Para el material particulado fino (PM_{2.5}), desde el año 1990, se ha logrado una reducción desde 69 a 33 µg/m³ promedio anual (52%).
- Para el dióxido de nitrógeno (NO₂), la región metropolitana ya no se encuentra en estado de latencia.
- Para monóxido de carbono (CO), la situación de saturación en sus normas de 1 hora y de 8 horas, ya no se verifica; no obstante, se mantiene el estado de latencia para la norma de 8 horas.
- En ozono se ha logrado una reducción de un 32% del total requerido para alcanzar el cumplimiento de la norma de 8 horas vigente (datos al año 2006).
- Para el dióxido de azufre (SO₂), las concentraciones registradas se han mantenido en cumplimiento de norma, aunque registran una reducción significativa producto del PPDA.

São Paulo, Brasil

El área mayor de São Paulo tiene más de 20 millones de habitantes repartidos en 39 municipalidades que cubren casi 8,000 km², a una elevación de 800 metros sobre el nivel medio del mar. Posee una flota vehicular de alrededor de 9 millones de vehículos, de los cuales 7.4 millones son de ciclo Otto, repartidos en 70% gasohol (gasolina con 23% de etanol), 12% etanol y 18% flex fuel (vehículos que funcionan con gasolina o alcohol). La flota se completa con 490,000 vehículos a diesel y 1.2 millones de motocicletas.

El combustible más usado en Brasil es el gasohol y una fracción pequeña de la flota de automóviles funciona con etanol. Como consecuencia de ello en su atmósfera se encuentran altas concentraciones de aldehídos, particularmente de acetaldehído (entre 6 y 11 ppm) y de formaldehído (HCHO, 4-8 ppm) (Grosjean D., 1990), (Tanner P.L., 1988), además de los altos niveles que se suelen tener de O₃ y PM₁₀.

El estándar de 24 horas de 150 µg/m³ para PM₁₀ se excede frecuentemente, principalmente durante el invierno. En esta última temporada, capas poco profundas de inversión atrapan contaminantes dentro del rango de los 200-400 metros durante varios días, resultando en concentraciones elevadas de contaminantes. Las emisiones vehiculares son responsables de un 35% de PM₁₀, mientras que las emisiones industriales son responsables del 25%, el polvo resuspendido del 20% y los sulfatos secundarios de otro 10%.

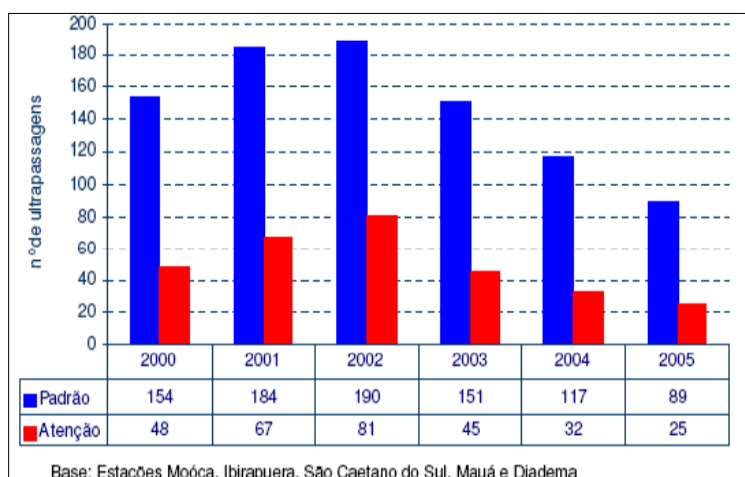
En la Gráfica 5.2.10, se muestra el número de días al año en los que se excedió la norma para ozono; las barras rojas indican el número de días críticos y las azules los días en los que los valores se excedieron poco.

Medidas adoptadas:

A nivel federal

- Normas para vehículos pesados: Euro V a partir de 2012
- Normas para automóviles: Euro V a partir de 2013/14
- Normas para motocicletas: Euro III a partir de Enero de 2009
- Inventario nacional de fuentes móviles, Marzo de 2010
- Mejora de la calidad de los combustibles
- Política nacional para el cambio climático.

Gráfica 5.2.10. Número de días del año que exceden la norma de ozono en São Paulo



Fuente: Ibsen, 2009.

A nivel estatal

- Inventario estatal de fuentes móviles y fijas, Marzo de 2010
- Proyecto "etanol verde" para reducir la quema de paja de caña de azúcar
- Política estatal para el cambio climático (20% de reducción en la emisión de GEI)
- Proyecto "Respira São Paulo":
 - ✓ Campañas de sensibilización para los conductores de vehículos
 - ✓ Verificación de motores para camiones y autobuses
 - ✓ Intensificación de la fiscalización de los vehículos diesel en las carreteras (humo negro)
 - ✓ Fiscalización de emisiones con opacímetro en las calles
 - ✓ Expansión de la red de monitoreo de la calidad del aire.

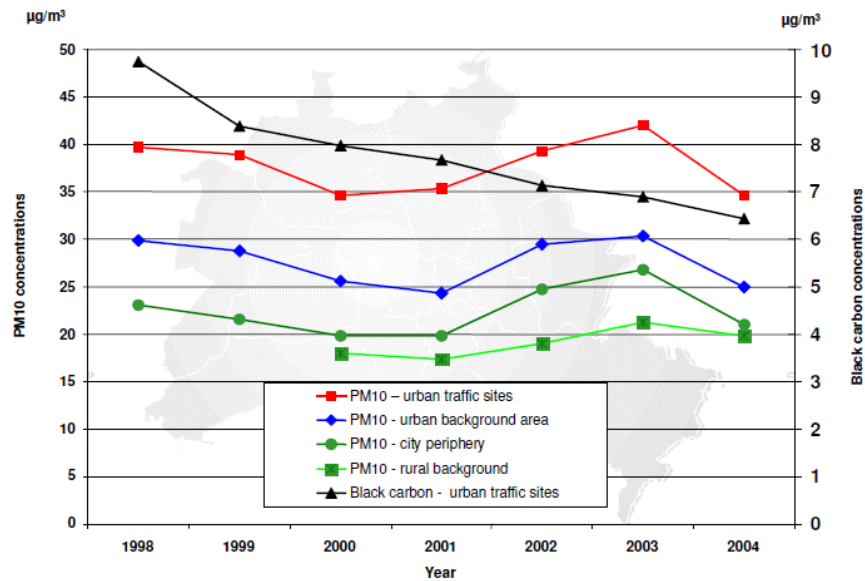
Berlín, Alemania

El plan de calidad del aire de Berlín menciona, adicionalmente al grupo de medidas similares a las mencionadas en los apartados anteriores, un paquete de acciones incorporadas en el Plan de Desarrollo Urbano y de Transporte de Berlín (Stadtentwicklungsplan (StEP)-Verkehr) para apoyar el logro de las metas de reducción de emisiones contaminantes (Gráfica 5.2.11).

Publicado en 2003, el StEP se distingue por ser uno de los primeros planes que reconoce explícitamente las relaciones que hay entre el desarrollo urbano, el transporte y la emisión de contaminantes. Si bien sus propuestas son sencillas y no plantea grandes transformaciones estructurales, por lo menos establece la necesidad futura de limitar el aumento del tráfico a través de la planificación integral para la ciudad y la región, planear un transporte integrado a la política de asentamientos humanos, desarrollar el concepto de "ciudad compacta" orientada hacia el uso intensivo de trenes, mejorar

gradualmente la gestión de estacionamientos para reducir el gran número de vehículos en búsqueda de un lugar de estacionamiento y fomentar que los viajeros puedan hacer transferencias a modos de transporte no contaminantes. Sobre los estacionamientos sugiere la gestión de la demanda con tarifas diferenciadas.

Gráfica 5.2.11. Tendencias en concentraciones de PM₁₀ y carbón negro en Berlín

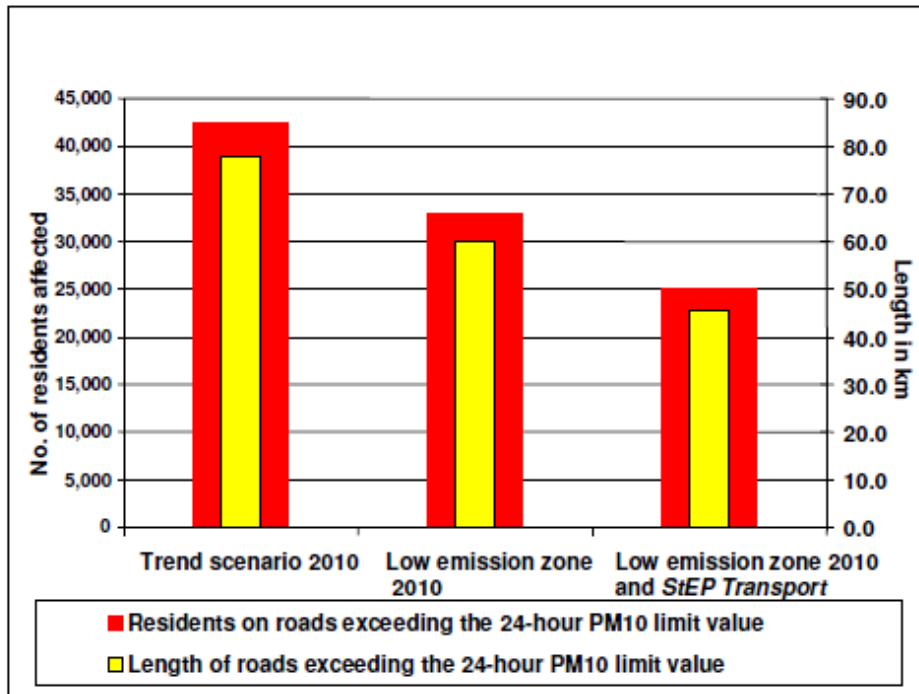


Fuente: Clean Air and Action Plan for Berlin 2005 – 2010.

La Gráfica 5.2.12 ilustra los beneficios estimados para tres escenarios en una zona modelada, denominada "Großer Hundekopf", en la que se mantiene un estado de baja emisión como consecuencia de dos condiciones: todos los vehículos deben cumplir al menos la norma Euro III y tener un retrofit con filtro de partículas. El primer escenario es el tendencial, el segundo es el resultado de la aplicación de las medidas tecnológicas mencionadas y el tercero es la combinación de este último más las medidas de desarrollo urbano propuestas.

La columna de la derecha corresponde a la suma de los efectos obtenidos de las medidas tecnológicas más los efectos estimados de la aplicación de las medidas de desarrollo urbano. Lo que muestran las barras se refiere, primero, a la reducción esperada del número de residentes afectados por valores de PM₁₀ que exceden la norma correspondiente, y segundo, la longitud de las vialidades en las que esto sucede. Comparada con el escenario tendencial, esta opción reduce en más de 15,000 el número de personas afectadas y aproximadamente 30 km de vialidades primarias. Esto es, los beneficios de este tipo de combinación de medidas pueden ser de más del doble que si aplican únicamente las medidas tecnológicas.

Gráfica 5.2.12. Beneficios obtenidos de tres escenarios de reducción de emisiones de PM₁₀ en una zona de la ciudad de Berlín (tendencial, medidas tecnológicas y combinación de medidas tecnológicas con desarrollo urbano)



Fuente: Clean Air and Action Plan for Berlin 2005 – 2010.

5.3 Observaciones finales

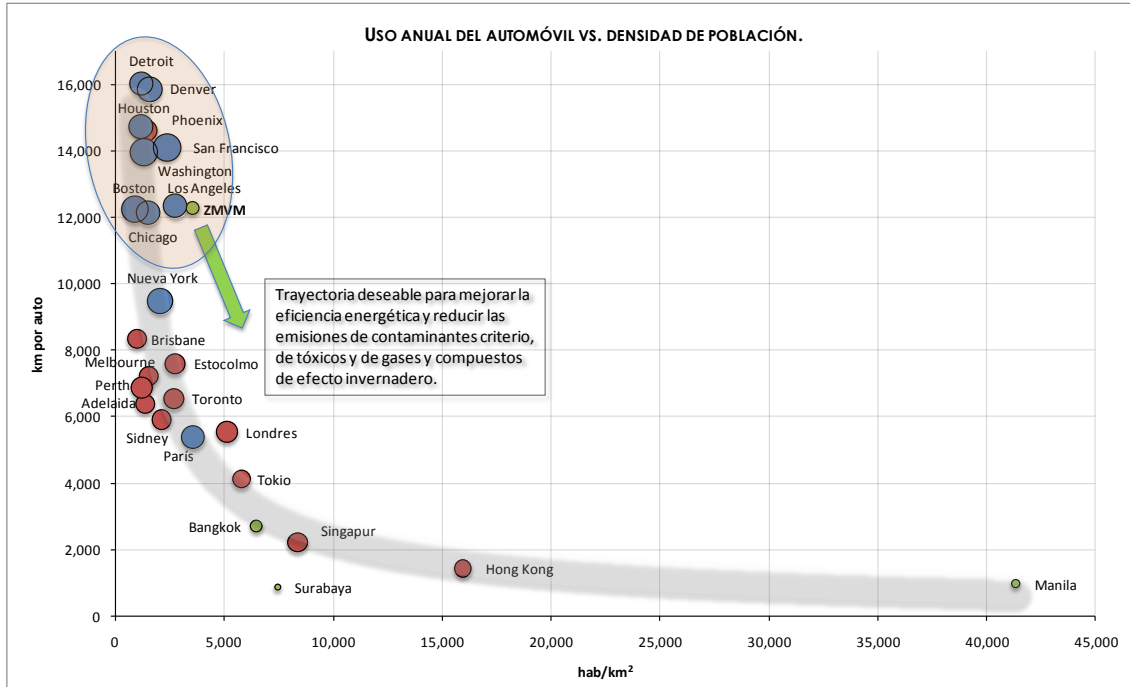
La exploración hecha de planes y programas de gestión de la calidad del aire incluyó un mayor número de ciudades que las que se mencionan en este capítulo, sin embargo y a pesar de la diversidad de énfasis y enfoques, en general el tipo de medidas encontradas no va más allá de las resumidas en los párrafos anteriores. Los esfuerzos están dirigidos básicamente a mejorar la calidad de los combustibles, hacer más estricta la normatividad ambiental, reforzar los programas de inspección y vigilancia, a la renovación del parque vehicular y en el caso específico de Berlín, también se mencionan estas medidas pero se incluye un componente que no aparece explícitamente en otros programas: la necesidad de planear la ciudad considerando los efectos del tipo de desarrollo sobre las emisiones contaminantes.

Este último enfoque corresponde a una nueva generación de medidas que pretende incidir sobre los aspectos estructurales de la contaminación atmosférica, principalmente de la que proviene de las fuentes móviles.

La importancia que puede tener este enfoque se muestra de manera sencilla en la Gráfica 5.3.1, en donde se grafica la relación existente entre los kilómetros recorridos en automóvil por año y la densidad de población medida en habitantes por km², para 38 ciudades del mundo.

Nótese cómo las ciudades con menor densidad de población son las que más kilómetros recorridos en automóvil presentan, lo cual significa mayor consumo energético y más emisiones contaminantes. Si bien la densificación es solo uno de los instrumentos recomendados con estos nuevos enfoques, una vez que se combina con otros su contribución en la mejora de la calidad del aire puede ser de la mayor importancia.

Gráfica 5.3.1. Comparación internacional de la relación entre kilómetros recorridos por automóvil y densidad de población urbana



Nota: Las ciudades en rojo tienen un producto interno bruto per cápita (PIBPC) alto, las ciudades en azul tienen un PIBPC de nivel medio y las que tienen color verde tienen un PIBPC bajo.

Fuente: Elaborado con datos de fuentes de las ciudades seleccionadas y de sus correspondientes países.

