

SEGUNDA AUDITORIA INTERNACIONAL
PLAN DE PREVENCIÓN Y DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA
DE LA REGIÓN METROPOLITANA (PPDA)

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
REGION METROPOLITANA

RESUMEN EJECUTIVO

James M. Lents
Gerhard Leutert
Humberto Fuenzalida

MARZO 2006

DR. JAMES LENTS

El Sr. James Lents es Doctor en Física/Plasmas Del Instituto Espacial de la Universidad de Tennessee, Estados Unidos. Posee 27 años de experiencia dirigiendo programas de calidad del aire a nivel nacional en Estados Unidos. Actualmente, es Director del Laboratorio de Políticas Ambientales, Procesos Atmosféricos y de Modelación de la Universidad de California, Riverside y Chairman del Centro de Contaminantes Tóxicos Atmosféricos Mickey Leland Air. Sus áreas de investigación incluyen el desarrollo de inventarios de emisión, desarrollo tecnológico, y programas de reducción de emisiones basado en transacción de emisiones. Posee 12 años dirigiendo el Programa de Control de la Contaminación Atmosférica de California del Sur (SCAQMD), 7 años dirigiendo el Programa de Control de la Contaminación Atmosférica de Colorado, y ocho años dirigiendo el Programa de Contaminación del Aire de Chattanooga. Además, estuvo a cargo del desarrollo de inventario de emisiones, modelación, y el proceso de control de emisiones control de Chattanooga, Tennessee, y Denver, Colorado.

En Colorado, desarrolló un test para automóviles en alta altitud y un programa de investigación de combustibles que finalizó en un trabajo para combustibles oxigenados. En el SCAQMD, Dr. Lents dirigió el desarrollo del primer Plan de Descontaminación del Aire a ser aprobado por la EPA de Estados Unidos y creó el primer programa de tecnología avanzada y el primer programa de reducción de emisiones basado en la transacción de emisiones.

Trabajó activamente en el desarrollo del Clean Act de California (1988) y en el Clean Air Act de Estados Unidos (1990), fue miembro de cuatro Comisiones Presidenciales de revisión de estándares de diesel, combustibles alternativos, emisiones de contaminantes globales en los automóviles, y normas de calidad del aire.

Su trabajo ha sido reconocido con los siguientes Premios: Air and Waste Management Associations Smith-Griswold, the Swedish Academy of Science/WASA International Environmental Achievement, the American Lung Association Environmental Achievement, the California Public Health Officer's Association Environmental Achievement, y el Clean Air Coalition's Air Quality Award.

Dr. Lents ha revisado y trabajado en programas de mejoramiento ambiental para Kuala Lumpur, Malasia; Sao Paulo, Brasil; Santiago, Chile; Ciudad de México, México; Taipei, Taiwan; y Guangzhou, China.

Ha sido miembro del Comité de la EPA para el desarrollo de guías para planes de descontaminación atmosférica para ozono a nivel federal, así como de estándares de particulado.

Dr. Lents ha realizado una investigación completa en emisiones de fuentes móviles, el impacto de los combustibles en los vehículos, transporte de residuos, procesos de combustión y producción eléctrica magnetohidrodinámica.

DR. GERHARD LEUTERT

El Sr. Gerhard Leutert posee un Master en física experimental y es Doctor en Ciencias Tecnológicas del Swiss Federal Institute of Technology (ETH) en Zurich. A partir de 1972 trabajó en la Swiss Federal Office of Environment en el área de desarrollo de tecnologías de reducción de contaminantes atmosféricos. Posteriormente, se desempeñó como Jefe de Sección

de Control de la Contaminación del Aire para Fuentes Fijas. Entre 1978 y 2004, fue Director de la División de Control de la Contaminación del Aire de la Swiss Federal Office of Environment.

La División Control de la Contaminación del Aire está dividida en cuatro departamentos: Estudios básicos, tráfico, energía e industria. Su principal tarea es elaborar la legislación federal suiza para el control de la contaminación del aire así como desarrollar estrategias de control de la contaminación atmosférica, planes de acción, análisis y control de la calidad del aire, evaluación de los efectos adversos de la contaminación del aire y aspectos económicos y políticas nacionales e internacionales de la contaminación atmosférica.

DR. HUMBERTO FUENZALIDA

El Sr. Humberto Fuenzalida es Doctor en Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Michigan de Estados Unidos, y se desempeña como investigador y académico del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. Como tal ha conducido varias investigaciones sobre los efectos de la radiación ultravioleta y su modelamiento numérico, así como de meteorología de mesoescala y sinóptica en Chile subtropical. Su actividad académica está respaldada por más de 30 publicaciones y la redacción de capítulos en libros sobre temas en atmósfera y cambio climático.

El Dr. Fuenzalida ha sido Miembro del Consejo Consultivo CONAMA R. Metropolitana (1996-1999), Miembro del Comité Cambio Global CONICYT (1995-2000), Representante al Programa Internacional de la Geosfera-Biosfera (IGBP) (1989-2000) y Miembro del Comité Científico Asesor del Interamerican Institute for Global Change Research (IAI), 1995-2000.

Finalmente, el Dr. Fuenzalida ha desarrollado los siguientes proyectos con financiamiento internacional:

- IDRC (International Development Research Centre, Canada): Stratocumuli as a water resource (Camanchaca Project), 1988-89. Principal Investigator.
- SAREC (Suecia): Climatic Change in Chile, 1991-1998. Principal Investigator.
- IAI (Interamerican Institute for Global Change Research): A South American ultraviolet radiation network. 1997-1998. Chilean leader investigator.
- IAI (Interamerican Institute for Global Change Research): Enhanced ultraviolet-B radiation in natural ecosystems as an added perturbation due to ozone depletion. Proj. CRN-026, 1999-2004. Chilean leader investigator.
- UE-6th Framework Project (Comunidad Económica Europea): Project CLARIS (A Europe-South America Network for Climate Change Assessment and Impact Studies), 2004-2007. Chilean leader investigator.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO

1.	Introducción e Información General	5
1.1	Acerca del estudio	5
1.2	Calidad del aire en Santiago y su condición actual	5
1.3	Principales fuentes de contaminación atmosférica	7
2.	Revisión de la obtención y distribución de información	8
2.1	Red observacional MACAM	8
2.2	Modelamiento de la calidad del aire	9
2.3	Impacto en la salud	10
2.4	Información, participación y educación	10
3.	Revisión de medidas actuales para reducir emisiones	11
3.1	Transporte público/ TRANSANTIAGO	11
3.2	Combustibles	11
3.3	Emisiones vehiculares	13
3.4	Calefacción domiciliaria	14
3.5	Procesos industriales	14
3.6	Generación eléctrica dispersa estacionaria	15
3.7	Compuestos orgánicos volátiles	16
3.8	Fiscalización	16
4.	Recomendaciones de futuras medidas	17
4.1	Organización y recursos económicos	17
4.2	Estrategias de control para la contaminación del aire	18
4.3	Medidas para obtener y distribuir información	20
4.4	Medidas para reducir emisiones	20
5.	Comentarios finales	22

Resumen Ejecutivo

1. Introducción e información general

En el marco del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA), una segunda auditoría se debía realizar durante el año 2005 con el fin de verificar el progreso logrado y la factibilidad de alcanzar las metas comprometidas para el año 2010. Esta auditoría que se debía completar durante los últimos cuatro meses del año, es un elemento clave para la actualización del PPDA a efectuarse en el año 2006.

1.1 Acerca de la Auditoría

- La auditoría tiene por objeto proporcionar una revisión del progreso alcanzado en el mejoramiento de la calidad del aire, presentar una visión general de los sistemas administrativos de la información, y bosquejar los futuros pasos a seguir para mejorar el sistema de administración de la calidad del aire en la Región Metropolitana de Santiago.
- El informe final debe incluir comentarios acerca del sistema actual y recomendaciones orientadas a mejorarlo.
- Este estudio recibió un financiamiento menor que la primera auditoría, por lo que esta revisión y análisis de la información actual debieron ser más acotados. El equipo auditor trabajó en conjunto por una semana sosteniendo entrevistas la mayor parte del tiempo y bosquejando los principales hallazgos.
- Se realizó un total de 26 entrevistas con diferentes grupos participantes en el proceso de administrar la calidad del aire para Santiago.
- La auditoría fue conducida por Humberto Fuenzalida, Gerhard Leutert, James Lents con el apoyo administrativo de Ximena Jara.

1.2 Estado Actual de la Calidad del Aire en Santiago.

- A fines de los años 80 Santiago identificó sus problemas de calidad del aire y se inició un proceso para diseñar un programa efectivo para su administración. El programa se fue

mejorando a través de los años 90 y los niveles de contaminación atmosférica comenzaron a disminuir. La primera auditoría se efectuó en 1999, la cual analizó los progresos alcanzados entre los años 1990 y 2000. Los contaminantes más problemáticos en Santiago son el material particulado PM10, PM2.5, Ozono y Monóxido de Carbono. Es posible que existan problemas con sustancias tóxicas, pero la información de calidad del aire recolectada no provee información apropiada para su evaluación.

- Según las mediciones hechas en Santiago en 2004 el PM10 excede en un 75% la norma chilena para promedios de 24 horas, el promedio horario de Ozono medido presenta es más del doble de la norma, y el Monóxido de Carbono medido supera la norma en un 80% para promedios de 8 horas. Solamente los niveles de material particulado en Santiago podrían estar contribuyendo a más de 1.000 defunciones por año de acuerdo a un estudio (Ostro et al., 1996) La Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica a Santiago entre las ciudades más contaminadas del mundo, lo que se debe principalmente a las emisiones originadas en emisiones de la industria y el transporte, empeoradas además por condiciones geográficas y meteorológicas desfavorables. Aún Los Angeles, que fuera considerada una de las capitales del SMOG, actualmente goza de niveles de contaminación atmosférica inferiores, en la mayoría de los casos, a aquellos medidos en Santiago.
- Lo que resulta más alarmante, es que la calidad del aire no ha mejorado significativamente desde el año 2000. Considerando la información recolectada en Santiago, desde el año 2000 hasta el 2004 (los cinco años desde la última auditoría) en la estación con registros más elevados, los niveles de Monóxido de Carbono han aumentado en promedio a razón de un 4% por año y los de Ozono lo han hecho a razón de un 1% anual. Sólo el PM10 ha mostrado alguna mejora, de un 2% anual lo que se debe comparar con disminuciones del 6% anual medidas entre 1997 y 2001. Con tales variaciones Santiago nunca gozará de un aire saludable.
- Aunque Santiago ha dado sucesivos pasos para controlar la contaminación de aire en el futuro, los recursos han sufrido una merma significativa, como se comentará más adelante, para sostener la mejor comprensión de sus fuentes de emisiones y para definir las mejores formas de alcanzar las reducciones necesarias.

- Con su economía en alza, Chile esta buscando comerciar y operar como uno de los países más desarrollados del mundo. Pero no será capaz de avanzar y mantener acuerdos comerciales si no enfrenta agresivamente sus problemas ambientales, como lo ha hecho el mundo desarrollado.

1.3 Principales Fuentes de Contaminación del Aire

- El problema de Santiago se origina por el efecto combinado de un gran número de fuentes de diferentes clases y cada una de ellas hace contribuciones significativas.
- Debido a la escasez de estudios analíticos de emisiones en Santiago, las fuentes precisas, sus tasas de emisión diurnas, y la distribución espacial de los problemas de contaminación del aire no están bien comprendidos. Por tal razón, cualquier atribución de problemas de calidad del aire a determinadas causas debe entenderse de carácter aproximada. La tabla siguiente presenta la contribución aproximada de diferentes tipos de fuentes a los problemas de contaminación atmosférica y a través de ella las fuentes que deben ser priorizadas al combatirlos.

<i>Tipo de fuente</i>	<i>Partículas</i>	<i>Ozono</i>	<i>Monóxido de Carbono</i>
<i>Vehículos pesados</i>	49%	26%	5%
<i>Vehículos livianos</i>	27%	27%	88%
<i>Fuera de rutas</i>	1%	1%	1%
<i>Puntuales estacionarias</i>	19%	7%	4%
<i>De Area</i>	4%	39%	2%
<i>Total</i>	100.0%	100.0%	100.0%

- Para Monóxido de Carbono, sobre la base de la información actual, la única fuente que debe ser priorizada son los vehículos livianos. Sin embargo, es posible que esté siendo subestimada la contribución de fuentes residenciales en áreas con altos niveles de este contaminante.
- Para Ozono, sobre la base de la información actual, deben privilegiarse los vehículos livianos y pesados junto con fuentes de área, y en menor medida las fuentes industriales.
- Para material particulado, sobre la base de la información actual, deben ser atendidas preferencialmente las emisiones de los vehículos pesados y livianos y las fuentes industriales.
- Aunque no se ha definido una norma nacional para PM2.5, las mediciones de esta fracción más fina de partículas indica que tanto en el promedio anual como el promedio de los máximos sobre 24 horas están muy por encima los estándares internacionales de 15 y 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.
- Debe destacarse que, como política seguida a nivel mundial, las reducciones de contaminación se aplican a todas las fuentes, aún cuando su contribución sea relativamente pequeña, si su control es de bajo costo. De esta manera, ninguna fuente de emisiones debe ser excluida en el programa de reducción de la contaminación atmosférica de Santiago.

2. Revisión de Medidas Actuales para Obtener y Distribuir Información

2.1 Red de Monitoreo de Calidad del Aire MACAM

- El actual sistema de monitoreo del aire en Santiago se considera escasamente adecuado para el análisis de los contaminantes criterio en una escala regional. Pero deben existir, otros sitios cerca de las carreteras donde los niveles de algunos contaminantes pueden ser elevados. Estos, no se reflejan en las mediciones de la red MACAM y los resultados de mediciones en la vecindad de carreteras tampoco están generalmente disponibles, ya que pertenecen a privados. Esto da lugar a que el público argumente que la situación real de contaminación en Santiago es aún peor que la conocida oficialmente. Además, debe darse alguna consideración a estudios especiales sobre contaminantes tóxicos, que podrían estar respirando los residentes de Santiago.

- Los datos de la calidad del aire no están siendo validados en tiempo real y el atraso en este sentido se remonta en algunos casos a más de un año. La validación de los datos observados no debe prolongarse más allá de seis meses desde que son tomados, para ser puestos a disposición del público e investigadores.
- Se recomienda la ejecución de auditorías inter laboratorios para poder certificar la precisión de los instrumentos usados en las mediciones.
- Los estudios asociados que buscan determinar los orígenes de material particulado deben continuarse y mejorarse sobre la base de los datos que ya existen.

2.2 Modelamiento de la Calidad del Aire

- El modelamiento de la calidad del aire ha venido progresando desde la última auditoría, permitiendo esbozar algunas conclusiones prácticas con el actual sistema de modelación. No obstante, no es tan bueno como debiera, en razón de la pobre calidad tanto de los datos de emisiones como meteorológicos, que se encuentran disponible para los modeladores.
- Deberían efectuarse algunos estudios con trazadores biológicamente inofensivos, como el hexafluoruro de azufre (SF_6), lo que ayudaría a una mejor comprensión del movimiento del aire contaminado en Santiago, y esto a su vez permitiría mejorar los actuales esfuerzos en la modelación de la calidad del aire.
- La importancia del pronóstico de los episodios de contaminación atmosférica ha disminuido, debido a la menor frecuencia de los mismos. En efecto, la predicción de los episodios de contaminación debiera tener en el futuro inmediato una menor prioridad frente a la necesidad de comprender mejor los procesos atmosféricos.
- Existe un debate acerca de cual sería la mejor estrategia para controlar el ozono. El sector industrial cree que la reducción del NO_x podría ir en detrimento del control del ozono. No obstante, la reducción de los NO_x es importante para lograr los estándares del material particulado. Para asegurar una mejor comprensión del tema, es necesario desarrollar modelamiento seguido de una evaluación adecuada de los datos. Probablemente, se requerirá de una mayor reducción de NO_x en el futuro, como también de todos los otros contaminantes, para así enfrentar el problema de la contaminación en Santiago, no solo desde el punto de

vista de la formación de ozono, sino también debido a que el NO₂ es un contaminante con efectos negativos en la salud y porque el NO_x es un precursor en la formación del PAN, otros oxidantes fotoquímicos y contaminantes tóxicos.

2.3 Impactos en la Salud

- Los datos sobre salud que se están recolectando actualmente en Santiago parecen ser bastante buenos. Sin embargo, la relación de estos datos con la calidad del aire en Santiago no se está haciendo lo cual es una omisión grave considerando que el principal objetivo del PPDA es la protección de la salud de la población.
- Considerando lo anterior, los esfuerzos en tal sentido debieran redoblar permitiendo así obtener una mejor y más amplia visión sobre los daños en la salud causados por la contaminación del aire, para poder definir y establecer con propiedad las políticas y medidas con relación al tema.

2.4 Información, Participación y Educación

- CONAMA ha dirigido sus esfuerzos en el pasado a aumentar la comprensión del público sobre los problemas de la contaminación del aire en Santiago. Sin embargo, durante las entrevistas sostenidas se ha comprobado que muchos de los expertos de las agencias del gobierno y de las organizaciones no gubernamentales, poseen poca información sobre temas relevantes en la calidad del aire, fuera de aquellas propias de su área de directa responsabilidad. Esto revela poca comunicación de la información entre las agencias.
- Tanto CONAMA como las agencias de Salud operan sitios web con información útil y relacionada con la calidad del aire. Estos sitios pueden ser mejor aprovechados con el objeto de aumentar su utilidad hacia el público, investigadores, sector industrial, y otras agencias del gobierno. Por ejemplo, los datos de calidad del aire podrían estar disponibles en varios formatos, tales como tablas y gráficos. Así, los grupos no gubernamentales y el sector industrial tendrían un acceso fácil a los datos de emisiones y a las regulaciones propuestas además de las ya adoptadas. Debe ponerse un mayor empeño en asegurar que la información entregada sea fácilmente accesible también a usuarios inexpertos.

- Se recomienda formar un Grupo Asesor en la Calidad del Aire, con el objeto de coordinar este trabajo de información.

3 Revisión de medidas actuales para reducir emisiones

3.1 Transporte público/ TRANSANTIAGO

- El desarrollo del concepto detrás del TRANSANTIAGO merece ser destacado por la inclusión un sistema mejorado de buses (1800 nuevos buses con estándar EURO III, instalación de filtros de partícula de alto rendimiento en 3200 buses antiguos) y un Metro con mayor recorrido (con expansión de 45 a 92 km de línea)
- El sistema TRANSANTIAGO debería reducir la contaminación del aire significativamente y proporcionar movilización rápida y eficiente a la población para desplazarse a través de la ciudad. Se esperan reducciones de un 75% en PM10 y de 40% en las emisiones de NOx en relación con el sistema anterior de transporte público.
- Existe algún peligro que la economía nacional en desarrollo implique un aumento del número de propietarios de vehículos de transporte privado, lo que conllevaría un recorte de los beneficios de largo plazo de TRANSANTIAGO. Es preciso desarrollar esfuerzos para que TRANSANTIAGO se mantenga como el medio más limpio y rápido de movilidad pública.
- Desafortunadamente la implementación de TRANSANTIAGO se encuentra atrasada en 18 meses, pero parece que estará completamente operativo dentro de un año.
- En el mediano plazo, todos los buses públicos deben estar equipados con filtros de partículas de alta eficiencia y en el largo plazo, deberían tomarse precauciones para que los buses nuevos (o antiguos acondicionados) emitan menor cantidad de NOx.

3.2 Combustibles

- La principal estrategia de reducir emisiones provenientes de la industria y del consumo residencial de energía, ha sido la conversión a gas natural. Ante la inminencia de una escasez de gas natural comprimido, el sector industrial ha expresado su deseo de regresar al “fuel oil”

y momentáneamente postergar los nuevos estándares de emisión. Al respecto cabe notar que existen métodos relativamente baratos para reducir las emisiones del “fuel oil”, tales como quemadores de bajo NOx e inyección de urea o amoníaco. Tales tecnologías están bien establecidas y se aplican tanto en Europa como los Estados Unidos, así como en otras partes del mundo y perfectamente pueden ser aplicadas también en Chile.

- Como alternativa al mencionado problema con el gas natural comprimido (CNG), se ha pensado en recurrir al gas natural licuado (LNG) Los estándares de LNG no están bien establecidos a nivel mundial y la composición del LNG suele ser distinta a la del CNG, lo cual puede aumentar las emisiones y dañar algunos tipos de equipos al usarlo. Ante esta posibilidad, es preciso definir especificaciones de LNG que mantengan bajas las emisiones y protejan los equipos.
- Los estándares de combustibles adoptados en Chile son excelentes. En la Región Metropolitana, a contar desde el mes de Julio de 2004 el máximo contenido de azufre en la gasolina es de 30 ppm y el valor análogo para el diesel es de 50 ppm. Hacia el año 2010 este último valor se espera que se reduzca a 10 ppm. Estos bajos contenidos de azufre permiten el uso de toda una gama de opciones de control en vehículos motorizados y ellos deberían ser adoptados.
- Tanto la preocupación por el calentamiento global como el alza de precio de los combustibles puede generar una preferencia por vehículos diesel en Chile. Los vehículos diesel tienen la característica de ofrecer un medio de transporte más limpio siempre que se exijan controles de material particulado y NOx. Expediente mediante el cual, manteniendo normas exigentes en combustible diesel se tendría mayor flexibilidad en el futuro.
- Existe el peligro de que combustibles con mayor contenido de azufre se usen en Santiago ya que están disponibles fuera de la ciudad. Deben tomarse precauciones para que el precio de combustibles con más azufre se mantenga por encima del precio de aquellos con bajo contenido de azufre para desalentar tal práctica. En el largo plazo, todo Chile debería convertirse a las opciones más limpias para permitir el uso de la próxima generación de vehículos muy baja emisión en el resto de las ciudades.

3.3 Emisiones vehiculares

- El país debería continuar exigiendo vehículos con menores emisiones. Con las tecnologías actuales y con combustibles más limpios en Santiago, es perfectamente posible obtener vehículos casi libres de emisiones.
- Una vez que una mejor tecnología entre en producción en las fábricas de vehículos, el país debería insistir en que esas tecnologías sean usadas por los fabricantes de vehículos que llegan al país, al mismo tiempo que las nuevas regulaciones de emisiones sean implementadas en Europa o los Estados Unidos ya que se han dado los pasos necesarios para tener combustibles limpios en Santiago. Vehículos modernos con los mejores niveles tecnológicos deben ser exigidos para aprovechar las recientes innovaciones.
- Actualmente en Santiago hay un vehículo cada cinco habitantes. esto contrasta con un vehículo por habitante en los Estados Unidos y una relación intermedia en Europa. El progreso económico del país debe redundar en un aumento de vehículos particulares implicando un gran potencial de crecimiento del parque automotriz capitalino. Es preciso exigir los autos más limpios posibles y prohibir su uso en partes de la ciudad para mantener a TRANSANTIAGO como el medio de transporte básico en Santiago.
- El actual sistema de certificación vehicular no asegura que los vehículos satisfagan las normas en el largo plazo. Como se discutirá en la sección de fiscalización se deben desarrollar esfuerzos para corregir este problema.

3.4 Calefacción domiciliaria

- La quema de leña es un gran problema de los hogares santiaguinos. La combustión de la leña genera material particulado, monóxido de carbono y sustancias carcinógenas.
- Alguna regulación de emisiones debe ser implementada para la calefacción por leña, pero en una ciudad del tamaño de Santiago, eventualmente tales regulaciones resultarán inadecuadas. En el largo plazo los hogares deberían calefaccionarse con gas natural o licuado y prohibirse la quema de leña salvo con propósitos recreativos en días con buen poder dispersivo.

3.5 Procesos industriales

- Las emisiones de origen industrial han sido reducidas a través de negociaciones, pero en muchos casos tecnologías modernas de control son capaces de proveer mayores reducciones de emisiones de las que se exigen en la actualidad.
- De manera general, este equipo auditor es escéptico en relación con los sistemas de compensación bajo las condiciones actuales de la administración de la calidad del aire en Chile y consideran no recomendable ampliarlo en sus diversas formas, hasta que el problema de la contaminación atmosférica esté mejor comprendido y tanto los inventarios de emisiones como los programas de fiscalización sean más confiables. Esto es particularmente válido para las compensaciones entre distintos contaminantes y entre fuentes móviles y estacionarias.
- Actualmente en Chile opera un sistema de compensación de emisiones¹ análogo a permisos transables para PM10 y se está considerando desarrollar un sistema que incluya además los NOx. Tal sistema de compensación puede disminuir los costos industriales en la reducción de emisiones, pero también puede ser objeto de abusos. Si las instituciones ejecutoras son débiles (lo que es probable por escasez de personal, conocimiento o recursos financieros), el sistema puede resultar contraproducente para el ambiente.
- Podría ampliarse el sistema de compensación *cap-and-trade*, pero con gran cuidado, de manera progresiva y mejorando la infraestructura de fiscalización para que sea capaz de administrarlo adecuadamente. En ciertas circunstancias cuidadosamente controladas tal

¹ : El sistema de compensaciones usado en Chile es conocido como de “cap-and-trade” en otros lugares.

sistema podría funcionar. Sin embargo, existe un gran peligro de que la reducción de emisiones, necesarias para mejorar la calidad del aire en la ciudad, sean sacrificadas en el proceso.

- No se recomienda compensar emisiones industriales con fuentes móviles en tanto el sistema de fiscalización no haya sido perfeccionado. En Los Angeles tales compensaciones están normalmente limitadas a situaciones de alivio temporal en lugar de ser usadas en reducciones permanentes. En el caso concreto de compensaciones entre los sectores industrial y transporte, resulta difícil comprender por qué el progreso logrado en reducciones de emisiones vehiculares deba ser compensado por mayores emisiones industriales.
- Las compensaciones entre distintos contaminantes deben ser evitadas, pues el modelamiento requerido para comprenderlas es demasiado complejo e impreciso para determinar la magnitud correcta a transar. Aún más, las compensaciones entre diferentes contaminantes es difícil de comprender porque cada sustancia tiene impactos propios específicos.

3.6 Generación eléctrica dispersa estacionaria

- La inseguridad en la oferta de electricidad y sus tarifas han impulsado la adquisición y uso de generadores con motores de combustión diesel en Santiago. Se estima que existen varios miles de grupos electrógenos operando que no están incluidos en los inventarios de emisiones de la ciudad. Los equipos actuales de este tipo pueden ser grandes productores de contaminantes por lo que en la mayor parte de los Estados Unidos su uso está limitado a situaciones de emergencia.
- Una investigación de este problema en Santiago ha mostrado que, sobre una base anual, los grupos electrógenos diesel son responsables de un 4% del material particulado y un 18% de las emisiones de NOx provenientes de fuentes estacionarias. Como tales generadores no operan todo el año, sobre una base diaria su contribución es aún mayor alcanzando al 11% de las partículas y a un 34% de las emisiones de NOx de todas las emisiones estacionarias.
- Un esfuerzo para generar un marco regulatorio que controle tales emisiones en la Región Metropolitana ya ha sido iniciado y debe ser acelerado.

- Si los propietarios de grupos electrógenos desean tener generación auxiliar, se les debe obligar a adquirir alternativas de baja emisión. Algunos generadores a gas natural pueden ser de emisión relativamente baja si son configurados adecuadamente. También se puede recuperar energía térmica de los generadores para aumentar el rendimiento.
- El tarifado eléctrico debe ser revisado para asegurar la consecución del objetivo original y no permitir su uso como alternativa para reducir costos.

3.7 Compuestos orgánicos volátiles (COVs)

- En Santiago existen regulaciones que exigen sistemas de recuperación de vapores o emisiones para grandes estanques de almacenamiento de gasolina ($> 100 \text{ m}^3$), para estaciones de servicio nuevas y para parte de las antiguas, así como para los camiones tanque que distribuyen la gasolina desde los grandes estanques a estas estaciones. Este programa contribuirá a reducir las emisiones de COVs. La recuperación de vapores debe ser ampliada a todo estanque o camión tanque que cargue gasolina o cualquier combustible de similar volatilidad.
- Como parte de las futuras mejoras al PPDA, se debe incluir la recuperación de vapores para los vehículos gasolineros que recarguen en el área Metropolitana de Santiago.
- No existen límites de emisión de COVs para procesos industriales. Puesto que muchos de ellos emiten grandes cantidades de COVs, esto representa una omisión importante que debería ser corregida definiendo límites específicos para ciertas categorías de procesos industriales.

3.8 Fiscalización

- La fiscalización de medidas contenidas en el PPDA no está en manos de una agencia de control única de la contaminación del aire, sino en varias agencias diferentes que, aun más, pertenecen a distintos ministerios, cada uno con sus propias prioridades y presupuestos. Esto dificulta la fiscalización del PPDA y la aplicación de prioridades generales de acuerdo a la urgencia de una tarea de fiscalización particular. Así, puede ocurrir que una agencia disponga

de generosos recursos para proyectos con prioridad secundaria, en tanto que otras carezcan de medios para implementar tareas fiscalizadoras de gran importancia.

- Actualmente, alrededor de 30 inspectores intentan controlar 4.000 fuentes estacionarias. Ellas son visitadas una vez al año, a menos que se reciban quejas. Claramente la relación entre el número de inspectores y el número de fuentes es muy baja.
- Debería organizarse un sistema de visitas sorpresa para asegurar el cumplimiento de las regulaciones de emisiones, el que requiere un número adicional de inspectores a los comentados en el punto anterior.
- En el caso de fuentes móviles, no parece haber seguridad de que los vehículos motorizados satisfagan las normas de emisión en el largo plazo. Las actuales están restringidas a unos pocos vehículos nuevos. Deben iniciarse pruebas periódicas en gran escala para asegurar que los vehículos las cumplan a medida que envejecen. Tales controles durante el uso permitieron a fiscales en los Estados Unidos identificar un plan fraudulento de los fabricantes de camiones. Pruebas realizadas por el ISSRC en Sao Paulo y Ciudad de México, sugieren que hay un rápido deterioro de los sistemas de escape en vehículos livianos. Esto debe ser verificado rutinariamente en Chile.

4 Recomendaciones de Futuras Medidas

4.1 Organización y recursos económicos

- Desde 1990, Chile ha desarrollado un gran esfuerzo para obtener un sistema de administración de la calidad del aire de primera clase. En los últimos años, el financiamiento para este sistema ha sido severamente recortado y como probable consecuencia el actual sistema de administración puede estar fallando. Como se hizo notar en la sección de seguimiento del aire, los niveles de ozono y monóxido de carbono, están aumentando después de una década de progreso y el nivel de la contaminación del aire en Santiago continúa siendo malo. Debe haber un financiamiento permanente para mantener una planificación y fiscalización adecuadas y consecuentes. El financiamiento actual es simplemente inapropiado.

- Con referencia a la estructura organizacional, una administración de la calidad del aire ideada de forma más integrada y por lo tanto más fuerte, sería más beneficioso para Chile. Como mínimo, debieran integrarse: la planificación, la fiscalización y el seguimiento del aire, en una única agencia de control. La asignación de un financiamiento apropiado para esta agencia de control permitiría asegurar su funcionamiento efectivo.
- Además, se recomienda tener una fiscalización no sólo a nivel administrativo y técnico, si no también a nivel político. Un Ministerio del Medio Ambiente contribuiría a obtener mayores progresos en el control de la calidad del aire en la región metropolitana de Santiago, elevaría el problema de la contaminación y su control –y la protección del medio ambiente en general– políticamente al mismo nivel que otros importantes temas que conciernen a la sociedad.
- Podrían utilizarse tarifas de emisión para las industrias y los permisos de circulación vehiculares para proveer del financiamiento necesario para las actividades de administración en la calidad del aire. En este sentido, quién contamina debe pagar por los esfuerzos requeridos para mantener una buena calidad del aire. Tales tarifados son comunes en Estados Unidos, aportando un 80% del presupuesto operacional de las agencias de control del aire como es el caso de la ciudad de Los Angeles.

4.2 Estrategias de control para la contaminación del aire

- La lucha contra la contaminación atmosférica en Santiago, iniciada alrededor de 15 años atrás, ha logrado grandes progresos. Hoy en día, las situaciones de *emergencias* han dejado de ocurrir y el número de *alertas* y *preemergencias* han disminuido a 4 y 2 respectivamente durante el 2005. Sin embargo, la situación dista de ser buena, y mucho más debe hacerse para reducir la contaminación atmosférica a los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o aún para cumplir las normas nacionales.
- La definición de una norma para el material particulado fino (PM2.5) sería muy beneficioso para la administración de la calidad del aire en Chile. Las partículas finas son la fuente primaria de impacto en la salud y visibilidad. Por lo tanto, el establecimiento de un estándar para el PM2.5 traería significativos beneficios para los ciudadanos.

- La baja frecuencia actual de breves episodios de alta contaminación atmosférica, aconseja introducir un cambio de estrategia. El evitar tales episodios deja ya de ser un objetivo básico y debe sustituirse, por la reducción de los períodos prolongados con niveles medios inaceptables de alta contaminación. El objetivo de largo plazo pasa a ser entonces, el logro de al menos el cumplimiento de las normas nacionales.
- El presente plan de manejo de la calidad del aire debe seguir siendo actualizado regularmente, ya que tanto la información como las tecnologías de control progresan continuamente.
- El plan de administración de la calidad del aire va a imponer un alto costo a la ciudadanía. Si bien tal costo vale la pena, resulta imperativo tomar decisiones óptimas, esto es, dirigidas a obtener la mayor reducción en la contaminación del aire al menor costo posible. Ello requiere de una efectiva planificación de la administración de la calidad del aire, la cual no debe ser realizada a expensas de los recursos necesarios para estudios. Si los ingresos fiscales de la recaudación de impuestos resultaran insuficientes para sostener el financiamiento, entonces se debe considerar el cobro por emisiones, los permisos de circulación vehiculares y los impuestos a los combustibles, de modo que las entidades causantes del problema sean las que financien su solución.
- Como se comentó en la sección de modelamiento, aún se discute sobre la necesidad de controlar las emisiones de NO_x. Para algunos esta reducción puede ser contraria a la reducción de ozono. Otros piensan que las reducciones de NO_x son relevantes para cumplir con los estándares de material particulado, así como también para evitar efectos nocivos en la salud por dióxido de nitrógeno (NO₂) y otras sustancias agresivas derivadas de los NO_x. Este tema requiere ser enfrentado a través de un proceso de administración de la calidad del aire integral y actualizado, que considere todos los contaminantes y defina la estrategia más económica y efectiva.
- Cuando se discute sobre la mitigación de la contaminación del aire, se deben especificar también los beneficios asociados a tales medidas. Los progresos en la calidad del aire no solo tendrán efectos positivos en la salud de la población, sino que en la mayoría de los casos también favorecerán la economía del país, haciendo que los beneficios superen a los costos.

4.3 Medidas para obtener y distribuir información

- En Chile se ha adoptado un software integrado, desarrollado en Suecia, para la administración de la calidad del aire. Es preciso integrar tanto como sea posible a usuarios y expertos en informática computacional para un mejor aprovechamiento de este sistema.
- Como ya ha sido mencionado, los sitios web tanto de CONAMA como de la Autoridad Sanitaria poseen un buen nivel, pero aún se pueden desarrollar significativos progresos buscando hacerlos más amigables e informativos para el público, permitiendo que este último se familiarice con esta forma de divulgación.
- Deben desarrollarse programas de formación medioambiental, que incluyan elementos sobre la calidad del aire para ser usados en la educación básica y media, instruyendo así a niños y jóvenes, en temas vinculados al desarrollo de una sociedad sustentable con miles de millones de habitantes en la Tierra.
- Una herramienta importante para apoyar el desarrollo de programas de administración de la calidad del aire y las regulaciones asociadas, es la existencia de un Consejo Asesor. Se recomienda la creación de este organismo, de manera tal que sea representativo de la comunidad de la Región Metropolitana.

4.4 Medidas para reducir emisiones

- Reconociendo que se ha avanzado razonablemente en la identificación de medidas orientadas a la reducción de emisiones, se piensa que aún existe un potencial significativo más allá de las adoptadas.
- En el mediano plazo, todos los buses deberían estar equipados con filtros Diesel de alta eficiencia para partículas. En el largo plazo, las emisiones de NOx de los buses pueden reducirse sustancialmente ya sea reemplazándolos o reacondicionándolos.
- Los nuevos automóviles diesel, también deben ser equipados con filtros Diesel para partículas, en forma masiva como se ha hecho en Europa, donde sin una obligación legal ha habido toma de conciencia de parte de los usuarios.

- Las normas de emisión para vehículos livianos y pesados deben hacerse más restrictivas, al mismo tiempo que se establezca un sistema de fiscalización que asegure el cumplimiento de las mismas a lo largo de la vida del vehículo y no sólo cuando está nuevo.
- Toda vez que se incorpore una tecnología mejorada en la fabricación de vehículos, Chile debe insistir en recibir este nuevo tipo, para ser ofrecidos simultáneamente con las últimas regulaciones de emisión implementadas en la Unión Europea o en los Estados Unidos. El país debería poner en vigencia las mismas regulaciones de emisión que la Unión Europea o los Estados Unidos. Al aceptar vehículos compatibles con los requisitos de cualquiera de ambos, se les proporcionan alternativas al comercio y a sus clientes.
- Un programa de cooperación agresivo con Brazil y tal vez con Argentina ayudaría a asegurar que las casas matrices modernicen sus fábricas sudamericanas, para producir vehículos lo más limpios posibles.
- La actual inspección aleatoria de emisiones realizada a los buses en la vía pública, debería extenderse a los camiones.
- Deben definirse normas generales de emisión para procesos industriales (es decir, para una variedad de fuentes industriales) y para contaminantes tóxicos en el aire. Las probadas Instrucciones Técnicas Alemanas de Control de Calidad del Aire (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, TA Luft) son un buen ejemplo, ya que han sido muy exitosas reduciendo la contaminación del aire en Alemania.
- La quema de biomasa debe ser estrictamente restringida en la Región Metropolitana.
- Debe implementarse en Santiago, la recuperación de vapores (COVs) al abastecer a vehículos con gasolina en las estaciones de servicio.
- Deben crearse normas estrictas o un impuesto que desincentive el contenido de COVs en las pinturas usadas para la reparación de vehículos, productos manufacturados y pinturas de construcciones.
- Como la congestión vehicular está aumentando rápidamente en Santiago, es importante evitar el incremento del tránsito suburbano por automóviles particulares. Deben tomarse medidas para establecer sistemas eficientes de transporte masivos (trenes) desde comunas distantes al

centro de Santiago. Con ello, el uso de automóviles particulares podría limitarse a distancias relativamente cortas, por ejemplo, desde el hogar a la estación ferroviaria más próxima.

5. Comentarios finales

En la actualidad problema de la contaminación atmosférica en Santiago tiene un oscuro pronóstico, a menos que se apliquen drásticas correcciones. La prometedora disminución de las concentraciones de los cinco contaminantes criterio (PM, CO, NO_x, SO_x y O₃) durante el período 1997-2000 ha decaído considerablemente, se ha detenido, o aún invertido entre los años 2000 y 2005. Como resultado, el contaminante criterio PM₁₀ aún exhibe un promedio sobre 24 horas que sobrepasa la norma chilena (150 µg/m³) en un 75%, aunque tal norma triplique la norma europea (50 µg/m³). Considerando que reducciones adicionales deben ser progresivamente más costosas y difíciles de lograr, la condición actual está lejos de ser satisfactoria, particularmente en vista a los objetivos fijados para fines de la década actual, que las estaciones de muestreo de calidad del aire han sido ubicadas para ser representativas de grandes sectores y que localmente concentraciones mayores deben estar ocurriendo en ubicaciones próximas a las grandes fuentes.

Durante los últimos cinco años, escasa o ninguna mejora se ha registrado en calidad del aire o en reducción de emisiones industriales. Los dos elementos clave en la reducción de emisiones, la introducción del gas natural para las fuentes industriales y el Plan TRANSANTIAGO para las fuentes móviles, han sufrido serios tropiezos. La regularización del abastecimiento de gas se estima que tardará a lo menos tres años. Por otra parte, TRANSANTIAGO se encuentra retrasado en 18 meses, de paso retardando el impacto favorable de los mejores combustibles que ENAP ha puesto en el mercado.

Existen dificultades substanciales de naturalezas estructural y económica en la definición de normas y su fiscalización, agravadas por un rápido crecimiento del tráfico, de la industria, de la población y del tamaño de la ciudad. En tal contexto, las reducciones presupuestarias de un 50% y de recurso humano en 40% del grupo encargado de calidad del aire dentro de la CONAMA RM, la repartición directamente encargada con el PPDA, constituyen elementos regresivos de primera importancia.

El obstáculo fundamental detrás de muchos de los problemas identificados, es la falta de *una* organización con poder de decisión sobre los múltiples aspectos que se mezclan en el problema ambiental urbano. La dispersión de tareas y responsabilidades en los aspectos de vigilancia y fiscalización en una decena de oficinas pertenecientes a lo menos cinco ministerios distintos ha resultado altamente insatisfactoria.

La creación de un Oficina del Medio Ambiente a nivel de ministerio puede resolver muchos de los problemas actuales al elevar el rango de la autoridad ambiental y con ello la prioridad con que se atiendan los problemas del área. Si además, se la dota de un presupuesto razonable o un mecanismo de financiamiento, las iniciativas protectoras del ambiente tendrán asegurado su sostén, incluyendo las tareas de seguimiento y fiscalización así como la realización de estudios específicos orientados a la mejora progresiva de la calidad del aire en Santiago.