

# SALVEMOS SANTIAGO

...Y SALVEMOS CHILE  
Los problemas  
ambientales de Chile  
y sus alternativas  
de solución



# **SALVEMOS SANTIAGO**

**Los problemas ambientales de Chile y sus  
alternativas de solución**

**Por Telmo Meléndez**

**ERCILLA**

107294

SALVEMOS SANTIAGO, por Telmo Meléndez

© Sociedad Editora Revista ERCILLA Ltda.

Inscripción N° 79.948.

Agosto, 1991

Composición y diagramación: Departamento de Fotocomposición de revista  
ERCILLA.

Impresa en los talleres de Editorial Lord Cochrane S.A., que sólo actúa como  
impresora.

IMPRESO EN CHILE / PRINTED IN CHILE.

# Prólogo

¿Qué duda cabe? Nuestra ciudad se está muriendo. Santiago es cada día una ciudad menos amable y cariñosa, e incapaz de ofrecer una buena calidad de vida a sus habitantes.

Sabemos que Santiago es una ciudad muy vulnerable frente a los problemas de contaminación; por sus características geográficas y climáticas, es una ciudad con poca ventilación (escasez de vientos y lluvias) y con sus puertas y ventanas muy cerradas (cordillera y cerros). Adicionalmente tiene el techo muy bajo (capa de inversión térmica). Si a esto agregamos la acción irresponsable del hombre, particularmente durante los últimos treinta años, tenemos las causas que explican su crítica situación actual.

Hemos contaminado el aire. Y ya no es sólo un problema de estética, de no poder ver la cordillera. Es también un problema de salud que afecta cruelmente a niños y ancianos. Hemos contaminado el agua. Ya el río Mapocho y el Zanjón de la Aguada parecen verdaderas cloacas a tajo abierto. Y con esas mismas aguas regamos nuestras hortalizas. Hemos contaminado el suelo con residuos tóxicos y con basura que producimos al ritmo de 100.000 toneladas por mes. Adicionalmente, Santiago es una ciudad sobredimensionada (ya abarca más de 50.000 hectáreas y devora año a año otras mil); congestionada (nuestras principales arterias se están transformando en permanentes tacos); ruidosa (y lo mejor de la vida, como la oración, el amor y la reflexión, requiere silencio), y cada día más desértica (hemos destruido sistemáticamente nuestros parques naturales).

En fin, para qué seguir. Este libro, *Salvemos Santiago*, constituye un valioso y oportuno aporte a perfeccionar el diagnóstico y permitirnos pasar ahora de las palabras a la acción.

La línea matriz de las soluciones la conocemos. Debemos frenar el crecimiento explosivo e inorgánico de la ciudad y recuperar el concepto de barrio. Debemos estructurar un sistema de transporte colectivo integrado y racional, que termine con la verdadera ley de la selva que ha imperado y permita la complementación de buses, micros, taxis, automóviles y bicicletas, con la columna vertebral que debe ser un sistema no contaminante como el Metro, la Línea 5 incluida. Debemos mejorar la tecnología y calidad de los motores y la limpieza de los combustibles. Debemos construir plantas de tratamiento de aguas servidas y establecer nuevos estándares para las chimeneas y residuos industriales. Debemos reforestar nuestra ciudad y reducir la cantidad, y cambiar la forma en que disponemos de nuestra basura.

Toda esto tomará tiempo, inteligencia y recursos. Pero mucho más tomaría permanecer indiferentes frente al problema, lo que haría de Santiago simplemente una ciudad no apta para la vida humana. Lo que no hagamos hoy día lo pagaremos con sangre, sudor y lágrimas mañana, igual como hoy estamos pagando las irresponsabilidades del pasado.

Éste no es un problema entre el gobierno y la contaminación. Éste es un problema entre todos los habitantes y nuestra ciudad. Cada uno de nosotros no sólo es parte del problema. También debe ser parte de la solución. Por eso llamamos a todos a trabajar juntos y a jugarle limpio a nuestra ciudad.

Felicito a revista ERCILLA, al autor y a los patrocinadores por la valiosa y oportuna contribución que representa este libro, *Salvemos Santiago*, e invito a todos a pensar que un ambiente y naturaleza sanos no los hemos recibido en herencia de nuestros padres, sino que los tenemos prestados de nuestros hijos, y de los hijos de nuestros hijos, y ante ellos deberemos responder. Por eso, llegó la hora de "jugarle limpio a nuestra ciudad".

*Sebastián Piñera E.*

## CAPÍTULO I

### EL DRAMA URBANO DE SANTIAGO

Aunque resulte demasiado doloroso, hay que poner el dedo en la llaga: cuatro y medio millones de santiaguinos están cabalgando en una bomba de tiempo. No es exageración, porque las materias contaminantes que envenenan la atmósfera están ingresando las veinticuatro horas de todos los días, en verano y en invierno, al indefenso organismo de los habitantes de Santiago.

Después de más de dos décadas de ingentes estudios, en 1990 se puso en marcha, por fin, un programa defensivo, estructurado científicamente por la recién creada Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana. Y desde mediados de ese año este organismo gubernamental, mediante las medidas de emergencia y preemergencia, inició sus intentos por retrasar el detonante de la poderosa bomba de *smog* que amenaza a la ciudad.

Al mismo tiempo, la Comisión planificó el trabajo que necesariamente deberá cumplirse para desactivar y desmontar definitivamente la bomba que la actividad urbana a diario contribuye a formar. Una ardua tarea, la cual, se sabe, requerirá de a lo menos diez años de continuos esfuerzos.

Tales son los remedios que se están empleando para lograr la mejoría de la ciudad enferma de contaminación. En la emergen-

cia, y como a un paciente humano, a Santiago hay que darle más oxígeno y, por lo tanto, deben bajarse los índices de los contaminantes atmosféricos; a mediano y largo plazo, en una más complicada, prolongada y costosa intervención quirúrgica, deberán ir extirpándose los tumores que provocan el mal.

Las acciones que se están llevando a cabo no dejan de ser polémicas y han sido duramente criticadas por algunos sectores. Sin embargo, lo que aparentemente son “soluciones de parche” —las medidas de emergencia adoptadas, en especial durante el invierno— le han permitido a Santiago sobrevivir a su drama urbano. Más tarde o más temprano —este año, el próximo o el siguiente—, en la capital chilena podrían haberse repetido los pavorosos cuadros de Londres, Nueva York, Pittsburg o del valle del Mosa, en Bélgica, donde el *smog* causó la muerte de miles de personas. La experiencia sufrida en todos esos casos sensibilizó a sus sufridos ciudadanos, que apoyaron las drásticas medidas adoptadas por las autoridades y que significaron cuantiosos desembolsos en millones de dólares.

## LA TRAGEDIA DE SANTIAGO

No existen dudas entre las varias decenas de expertos científicos que han estudiado el problema: en Santiago la contaminación es “más grave” de lo que piensan las personas que afirman que es “muy grave”.

Botones de muestra: por los tubos de escape de buses y liebres se expelen sustancias cancerígenas (es decir, que producen cáncer), y la escasa presencia de ozono a nivel de la superficie de la ciudad está indicando que la locomoción colectiva —principalmente— arroja a la atmósfera que respiran los santiaguinos “partículas mutagénicas”. No es necesario dibujar el horror que pueden causar tales compuestos.

Cuando las autoridades ordenan que un día se detenga el transporte colectivo urbano, no se trata de una persecución contra los empresarios de la locomoción, sino que se busca pre-

servar la normalidad de los nacimientos, previniendo dramáticos resultados, como el de la fatídica droga denominada talidomida, que en el pasado dio a luz a una generación de pequeños e inocentes monstruos.

Pese a todo, estamos ahora mejor preparados que en el dramático pasado de Londres, Pittsburg o las ciudades japonesas. Existe en Santiago una red de monitores que en breve lapso puede anticipar el peligro que acecha en el aire. Y éste es un paso importante. Porque, cuando los indicadores señalan un mayor riesgo de contaminación, la alarma roja permite detener las emisiones letales. Si un día se ha aumentado de dos a cinco dígitos la restricción vehicular, significa que cada automovilista y cada uno de los choferes de la locomoción colectiva que no acate la prohibición ha salido a las calles de la ciudad a disparar un arma mortal. Un disparo directo al habitante de Santiago.

Las medidas restrictivas, en un caso de emergencia, tocan también a las industrias que contaminan con sus chimeneas, a las instituciones que alimentan sus calderas con carbón o leña y, por supuesto, a las familias que disfrutan del agradable calorillo de una chimenea para una calefacción más barata que aquella proporcionada por la parafina, la electricidad o el gas.

El estudio científico del problema es claro y contundente: en cuanto a gases, las principales fuentes emisoras de la contaminación atmosférica en Santiago son los vehículos, y las partículas en suspensión derivan de las calles de tierra y también de las pavimentadas; en este último caso, por la suciedad depositada sobre el pavimento, que no es barrida.

Pero las partículas son aun más peligrosas: ellas absorben y transportan sustancias como el ácido sulfúrico y los sulfatos, los más críticos para la salud humana. No provienen, sin embargo, del polvo de tierra; su origen está ligado a las emisiones principalmente de vehículos a petróleo —la locomoción colectiva, que en el 95 por ciento utiliza el sistema diésel— y gasolina común, quemada precariamente en los automóviles y camionetas particulares. Pero también entregan su cuota de riesgo las calderas y

hornos, los procesos industriales y las chimeneas residenciales.

Cada uno de estos agentes está colocando en la atmósfera de Santiago un elemento explosivo para detonar la bomba de la contaminación. Una explosión que entre todos debemos abortar.

“El uso que hace el hombre del medio ambiente, para su subsistencia y desarrollo, produce alteraciones de las condiciones naturales existentes”, ha señalado el profesor Pablo Ulriksen, del Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de Chile.

### EL ABUSO DEL HOMBRE

Hugo Sandoval, investigador del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de esa universidad, agrega: “Santiago es una ciudad con un universo de industrias y un parque automotor de mediano tamaño. Sin embargo, debido a la topografía del valle en el cual está inserta y a lo adversos que son los parámetros meteorológicos que influyen en la dispersión de contaminantes, la ciudad presenta durante gran parte del año un alto grado de contaminación”.

Y así es en efecto. Ciudades con más de un millón de vehículos motorizados circulando por sus calles no tienen problemas. Por otra parte, toda actividad humana provoca, en menor o mayor grado, algún daño en el sistema ecológico y en especial en las grandes urbes. En el caso de Santiago, la contaminación es simplemente una consecuencia de una situación geográfica que no pudo prever Pedro de Valdivia. El fundador de la ciudad llegó a un valle pródigo, de ricas tierras cultivables, bañadas por el sol y regadas por el Mapocho y el Maipo. Un jardín del Edén, en 1541, generoso en dones naturales.

No podía adivinar, por cierto, que por su latitud ese valle se ubicaba en una zona de débiles vientos, con masas de aire que permanecían casi inalterables sobre la región, y que en un futuro como el nuestro sería una de las peores regiones del planeta para

la dispersión de los contaminantes del siglo veinte.

Y en realidad es así. Las condiciones naturales de la cuenca de Santiago son adversas. Está encerrada entre altas montañas de más de cuatro mil metros en los Andes y de unos mil a mil quinientos metros en la cordillera de la costa. El valle se cierra en el norte por el cordón de la cuesta de Chacabuco y, en el sur, por los cerros de Angostura de Paine. Es una cuenca de cien kilómetros de extensión —de norte a sur— y de unos cincuenta kilómetros de ancho.

En el fondo de este valle, en donde se encuentra la ciudad capital, los vientos son muy débiles. Se originan por el calentamiento del suelo, lo que permite que en verano sople una brisa que ventila el valle, arrastrando los contaminantes fuera de la cuenca. Pero en el invierno las condiciones meteorológicas se tornan más negativas. El frío impide las turbulencias; el viento no sobrepasa la lenta velocidad de dos metros por segundo y entonces se estabilizan las sustancias contaminantes que se expulsan a la atmósfera. Sólo la lluvia puede precipitarlas a tierra —desapareciendo el problema durante pocas horas—, pero no siempre llueve, especialmente en el mes de junio. Y la atmósfera se envenena.

Sobre este océano de oxígeno y gases contaminados, una fuerza inesperada cae desde lo alto como la tapa de una olla: es la capa de inversión de temperatura, responsable de que los gases calientes no asciendan a la atmósfera superior, en donde se dispersarían con rapidez. Su base, invisible a simple vista, se estaciona a unos ochocientos metros —y a veces a una altitud menor—, dejando encerrado y pegado a la superficie terrestre el aire con su peligrosa mezcla de contaminantes. De esta manera, las emisiones no encuentran los conductos de ventilación adecuados y permanecen de algunas horas a varios días envolviendo a la ciudad.

En invierno, además, la masa de aire se traslada lentamente hacia el este —a la precordillera— durante el día; pero en la noche suaves brisas la moverán hacia el oeste. Es la consecuencia

del oscilante régimen de vientos del valle de Santiago.

El relieve, los factores geográficos y el clima son, entonces, las desventajas de la capital chilena, las que impiden que —como en otras grandes ciudades— las emisiones contaminantes se dispersen en la alta atmósfera... Y no hay fuerza humana que pueda modificar un escenario creado por la naturaleza. Pero, si es así, quizás el efecto que produce el trabajo del hombre podrá minimizarse.

¿Qué puede hacer la población de Santiago para que sea más limpio el aire que respira?

Durante muchos años, nadie se preocupó mucho de la contaminación. Pero felizmente en cierto momento se escuchó un dramático llamado: se necesitaban el concurso y la capacidad de nuestros hombres de ciencia para analizar el problema. Fue la mejor iniciativa. En medio de la nube gris de la contaminación apareció un rayito de luz.

## UN CRUDO DIAGNÓSTICO

Los primeros estudios sobre la contaminación en Santiago se hicieron a partir de 1960, como un desafío académico. A nadie le preocupaba mayormente el problema, pero en nuestras universidades los estudiosos no dormían tranquilos. En la pasada década —entre 1981 y 1983— surgió un primer estudio, que puso las cosas en su lugar. Se estableció que los más grandes responsables de la contaminación eran la locomoción colectiva y los procesos industriales. El monóxido de carbono provenía de los vehículos motorizados y los compuestos de azufre, de los procesos industriales, del uso del petróleo y del carbón.

Desde 1983 hasta 1985 quedó claro, tras una serie de investigaciones, que el problema de las partículas era grave. Se estableció que un componente del polvo natural era tan diminuto y peligroso, que podía penetrar al sistema respiratorio. Pero era al mismo tiempo uno de los más graves de los contaminantes por sus altas concentraciones. Desde los motores diésel de la lo-

comoción colectiva emanaban otras microscópicas partículas; entre ellas, algunas de tipo cancerígeno y mutagénico.

En 1985 se tomó el toro por las astas. El gobierno definió una política descontaminante, allegó recursos con el auxilio del BID y organizó un ejército para combatir la contaminación, designando como comandante en jefe al ingeniero Ricardo Katz, coordinador ejecutivo de la campaña de descontaminación de Santiago.

Paralelamente, la intendencia regional metropolitana llamó a licitación internacional para realizar algunos estudios que servirían de información básica para la lucha contra la contaminación. De esta manera se invirtieron más de cuatro millones de dólares para trazar el diagnóstico preciso y realista del problema en la región metropolitana.

La autoridad acometió luego el problema extendiendo una red de estaciones monitoras para estudiar las condiciones meteorológicas y para medir contaminantes de la atmósfera, como el anhídrido sulfuroso, los oxidantes fotoquímicos, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, el material de partículas y los óxidos de nitrógeno.

Al mismo tiempo se iniciaron estudios específicos sobre aire, agua y ruido, estrechamente vinculados entre sí. Entregadas a instituciones privadas y a laboratorios universitarios, estas investigaciones se referían a los efectos de la contaminación atmosférica en salud, a las fuentes emisoras de contaminantes, a un modelo de dispersión de contaminantes, a los derechos de emisión, al control de la contaminación del agua y a la generación de niveles de ruido.

## HACIA LAS SOLUCIONES

Aquellos estudios permitieron entregar un diagnóstico más acabado de la situación, y uno de ellos fue especialmente valioso, ya que aportaba un modelo computacional para simular el problema, con el cual pueden evaluarse las medidas que se adop-

tan, analizando los resultados que se obtendrán en la práctica. De esta forma no se tomarían decisiones equivocadas.

Los numerosos organismos públicos involucrados en el problema, coordinados con el cuerpo ejecutivo que conducía la campaña de descontaminación, comenzaron a comprender la necesidad de consolidar un estrecho y unido frente de ataque. Así se iniciaron acciones para aligerar la peligrosa carga de los vehículos de transporte. La Comisión Nacional de Energía comenzó a trabajar con combustibles alternativos para reemplazar el petróleo y la bencina con plomo, utilizando buses que salieron a las calles movidos por gas natural, gas licuado, metanol y bencina sin plomo, entre otros carburantes, para pruebas prácticas en terreno.

Al expirar la década de los ochenta, por fin se habían establecido bases sólidas para proponer las soluciones que requería el gran drama urbano de Santiago.

El despegue definitivo se produjo en 1990, cuando el gobierno creó la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama), que encabeza el ministro de Bienes Nacionales, y la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana —con amplios poderes de decisión—, que preside el ingeniero Eduardo Arriagada y cuyo secretario ejecutivo es el profesor Juan Escudero, uno de los más destacados expertos en el tema.

Este último organismo propuso y después puso en marcha el Programa de Descontaminación Ambiental del Área Metropolitana de Santiago, que consulta un "plan maestro" para alcanzar las metas inmediatas y las de mediano y largo plazo que ya se han establecido.

Lo que se ha alcanzado hasta ahora y lo que se hará en los años siguientes en el titánico e incomprendido esfuerzo por lograr la descontaminación de la ciudad capital de la república es el tema de los siguientes capítulos de este libro.

## CAPÍTULO II

### LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

En agosto de 1990 los profesores Ernst R. Hajek, Patricio Gross y Guillermo A. Espinoza (\*) publicaron un estudio titulado *Problemas Ambientales de Chile*, que sin duda constituye el primero y más importante trabajo de investigación con que cuenta el país en esta materia.

Con los auspicios de la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID) y de la Pontificia Universidad Católica de Chile, investigaron y reunieron toda la información disponible sobre el estado del medio ambiente en el país, presentando los principales problemas del deterioro y alteración ambiental detectados en cada una de las regiones. Los objetivos del estudio fueron definir los problemas ambientales y reconocer los principales parámetros que permiten identificarlos y analizar su importancia y la posibilidad de controlarlos.

---

(\*) Ernst R. Hajek es Jefe del Departamento de Ecología y Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Católica de Chile. Patricio Gross es Director del Instituto de Estudios Urbanos y Profesor Titular de la Facultad de Arquitectura y Bellas Artes de la Universidad Católica. Guillermo A. Espinoza, Geógrafo y Profesor de la Universidad Mayor de Chile, es miembro de la Comisión Nacional del Medio Ambiente e Investigador Asociado en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Católica.

Los autores explican en la introducción:

“Las evidencias de una mayor preocupación por el medio ambiente en Chile, enumeradas en forma sucinta, se orientan a los siguientes puntos: Una mayor sensibilidad de la prensa hacia las problemáticas ambientales; creación y activación de grupos ecologistas y ambientalistas, principalmente organizaciones no gubernamentales (ONGs); activación de cátedras universitarias y de programas de entrenamiento en estas variables; iniciación y desarrollo de las evaluaciones de impacto ambiental (EIA); creación de divisiones administrativas medioambientales en organizaciones públicas; formación de un organismo central, la Comisión Nacional de Ecología, y, dentro de éste, de la Comisión de Legislación Ambiental (Colma) y recientemente (junio de 1990) la creación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente. En la Constitución de 1980 se decreta: ‘El derecho de los ciudadanos a vivir en un medio ambiente libre de contaminación’. Agregando: ‘Es deber del Estado velar por que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza’. Los recursos de protección, establecidos en dicha Constitución, también han sido de uso frecuente por parte de las comunidades nacionales afectadas por problemas ambientales. Se han establecido también la Asociación Chilena de Derecho Ambiental (Achi-dam) y el Comité de Ciencias Ambientales de Conicyt; el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (Snaspe); los Encuentros Científicos Sobre el Medio Ambiente, estos últimos organizados por el Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente (Cipma) en 1983, 1986 y 1989. Anteriormente, en la década del setenta, el Consejo de Rectores de las universidades chilenas organizó variadas actividades de esta índole. Se han publicado diversos libros y artículos en revistas especializadas y de divulgación. Se ha propendido a regular la política nacional de desarrollo urbano. Ha existido presión comunitaria, circulación de anteproyecto de ‘ley marco’, y se ha sentado jurisprudencia a partir de numerosos ‘casos ambientales’.”

“Se ha visto también en el último tiempo que, con la incorpo-

ración de la dimensión ambiental (integración de los sistemas físico-biológicos y los sociales), algunos proyectos de investigación han sido más realistas en sus planteamientos básicos referidos a los problemas o desajustes entorno-hombre.”

“No obstante todos los esfuerzos desplegados, y descritos anteriormente, persisten en el país preocupantes situaciones ambientales, sobre las cuales muchas veces se desconocen sus características, su magnitud, importancia y el grado de impacto en el desarrollo y en la economía del país. También ha existido un desconocimiento respecto de la forma en que dicha problemática es percibida por la comunidad y por los expertos, y de cómo un marco legal adecuado podría eventualmente acotar dichos problemas y a la vez regular una Política Nacional Ambiental.”

“De ello se desprende que si bien ha existido un aumento de la preocupación ambiental en los últimos años, y se han tratado de detectar los diversos *problemas ambientales* y de atribuirles una cierta expresión cuantitativa, se ha tenido poca claridad sobre cuáles son los principales a nivel del país, de qué modo afectan a la vida nacional, cómo son percibidos, cómo se podrían sistematizar adecuadamente y de qué modo una ordenación y priorización podrían aportar a su solución.”

## LA REGIÓN METROPOLITANA

Al tratar la situación de la Región Metropolitana, la investigación dejó en claro que su deterioro ambiental va mucho más allá de la contaminación atmosférica que tanto inquieta a la opinión pública. En efecto, fueron detectados 78 problemas, que ordenaron de acuerdo a su importancia y luego según la posibilidad de resolverlos. Al mismo tiempo, recogieron las opiniones de expertos multidisciplinarios para calificar su impacto, proyecciones y solución.

La obra los presenta calificados, según su importancia, de acuerdo a la siguiente tabla de 0 a 5:

- 0 = Variable irrelevante.  
 1 = Variable de mínima importancia.  
 2 = Variable de baja importancia.  
 3 = Variable de importancia moderada.  
 4 = Variable muy importante.  
 5 = Variable de máxima importancia.

Para el caso de la Región Metropolitana, es interesante conocer los problemas ambientales ordenados según su importancia, la clasificación por categoría y los comentarios de los expertos.

## PROBLEMAS AMBIENTALES ORDENADOS POR IMPORTANCIA

	Importancia
1. Contaminación atmosférica .....	4,81
2. Excesiva extensión de la ciudad .....	4,75
3. Escasez de vivienda .....	4,73
4. Contaminación de cursos de aguas producto de aguas servidas y residuos industriales líquidos .....	4,67
5. Hacinamiento y promiscuidad en la vivienda .....	4,67
6. Falta de saneamiento básico en poblaciones radicadas .....	4,60
7. Mala planificación del desplazamiento de los servicios del transporte público .....	4,60
8. Escasa planificación en el crecimiento y desarrollo de las áreas urbanas .....	4,60
9. Mala localización industrial .....	4,53
10. Estructura física socialmente segregada .....	4,50
11. Mala localización de basurales .....	4,46
12. Escasez de áreas verdes .....	4,44
13. Contaminación de aguas de regadío .....	4,44
14. Congestión vehicular, especialmente en áreas céntricas .....	4,38

---

15. Pérdida de suelo agrícola, especialmente por expansión urbana .....	4,31
16. Escasez de lugares de esparcimiento al interior de la ciudad .....	4,31
17. Inadecuada e insuficiente reforestación .....	4,27
18. Contaminación de áreas de cultivos .....	4,25
19. Uso indiscriminado de recursos naturales renovables .....	4,20
20. Falta de planificación del tránsito urbano .....	4,20
21. Inundaciones .....	4,19
22. Pérdidas de áreas verdes .....	4,13
23. Falta de infraestructura sanitaria en la vivienda .....	4,07
24. Falta de vegetación en la periferia urbana .....	4,07
25. Contaminación del entorno de la vivienda .....	4,07
26. Mala calidad de la vivienda .....	4,00
27. Falta de preservación del patrimonio arquitectónico .....	4,00
28. Malas condiciones ambientales en lugares de trabajo .....	4,00
29. Ausencia de lugares de esparcimiento en los alrededores de la ciudad .....	3,93
30. Falta de higiene de locales que venden alimentos .....	3,93
31. Falta de espacio público vitalizador de la ciudad .....	3,86
32. Contaminación bacteriológica del suelo en áreas residenciales de escasos recursos .....	3,83
33. Mala localización de áreas residenciales .....	3,83
34. Falta de equipamiento urbano .....	3,82
35. Falta de equipamiento policial .....	3,79
36. Falta de redes de alcantarillado .....	3,77
37. Estilo tradicional inapropiado en el diseño de áreas verdes .....	3,75

38. Malas características de redes viales .....	3,71
39. Deficiente sistema de redes de evacuación de aguas lluvia .....	3,71
40. Inadecuado sistema de recolección y disposición de desechos sólidos urbanos .....	3,69
41. Mala calidad estética en el paisaje urbano .....	3,67
42. Redes viales insuficientes .....	3,67
43. Deficiente aislación térmica de vivienda y edificios .....	3,64
44. Contaminación acústica .....	3,63
45. Destrucción de recursos naturales por mala localización industrial .....	3,62
46. Exceso de comercio ambulante .....	3,60
47. Falta de letrinas en lugares públicos .....	3,47
48. Deforestación, especialmente por la indiscriminada tala de árboles y arbustos para leña .....	3,46
49. Erosión de suelos .....	3,43
50. Falta de pavimentación de aceras y calzadas .....	3,43
51. Escasez de teléfonos públicos .....	3,42
52. Falta de redes de agua potable .....	3,38
53. Redes viales poco seguras para automóviles y peatones .....	3,33
54. Desertificación .....	3,33
55. Servicios de transporte público insuficientes .....	3,29
56. Contaminación del aire en el interior de las viviendas .....	3,23
57. Falta de aseo público .....	3,21
58. Lentitud y descoordinación de las obras públicas .....	3,17
59. Extracción de áridos en zonas urbanas .....	3,08
60. Ausencia de defensas fluviales .....	3,08
61. Falta de autenticidad en la arquitectura de edificios .....	3,07

62. Falta de condiciones antisísmicas de viviendas y edificios .....	3,00
63. Mala visibilidad en el área metropolitana .....	2,87
64. Alta densidad residencial .....	2,77
65. Contaminación de aguas lluvia .....	2,73
66. Insuficiencia de vías peatonales .....	2,71
67. Caza clandestina .....	2,70
68. Presencia de insectos molestos .....	2,67
69. Mala calidad estética en el paisaje rural .....	2,64
70. Arrastre de sedimentos y depósito en partes bajas de ríos .....	2,64
71. Mala localización de centros de alimentos .....	2,60
72. Falta de pavimentación y mantención de caminos rurales .....	2,58
73. Falta de vías especiales para bicicletas .....	2,57
74. Presencia de insectos transmisores de enfermedades .....	2,50
75. Mala localización de aeropuertos .....	2,14
76. Inundaciones por napas freáticas .....	2,13
77. Contaminación por olores .....	2,13
78. Pérdida de vías vehiculares por creación de paseos peatonales .....	0,92

## PROBLEMAS AMBIENTALES CLASIFICADOS POR CATEGORÍA

### AIRE

● Contaminación atmosférica .....	4,81
● Contaminación acústica .....	3,63
● Mala visibilidad en el área metropolitana .....	2,87

### AGUA

● Contaminación de cursos de aguas producto de aguas servidas y residuos industriales líquidos .....	4,67
--	------

● Contaminación de aguas de riego .....	4,44
● Inundaciones .....	4,19
● Contaminación de aguas lluvia .....	2,73
● Arrastre de sedimentos y depósito en partes bajas de ríos .....	2,64
● Inundaciones por napas freáticas .....	2,11

## TIERRA

● Contaminación de áreas de cultivos .....	4,25
● Contaminación bacteriológica del suelo en áreas residenciales de escasos recursos .....	3,83
● Erosión de suelos .....	3,43
● Desertificación .....	3,33
● Extracción de áridos en zonas urbanas .....	3,08

## FAUNA

● Caza clandestina .....	2,70
● Presencia de insectos molestos .....	2,67
● Presencia de insectos transmisores de enfermedades .....	2,50

## FLORA

● Inadecuada e insuficiente reforestación .....	4,27
● Falta de vegetación en la periferia urbana .....	4,07
● Deforestación, especialmente por la indiscriminada tala de árboles y arbustos para leña .....	3,46

## RECURSOS NATURALES

● Pérdida de suelo agrícola, especialmente por expansión urbana .....	4,31
● Uso indiscriminado de recursos naturales renovables .....	4,20
● Destrucción de recursos naturales por mala localización industrial .....	3,62

**VIVIENDA Y EDIFICACIÓN**

● Escasez de vivienda .....	4,73
● Hacinamiento y promiscuidad en la vivienda .....	4,67
● Falta de infraestructura sanitaria en la vivienda .....	4,07
● Contaminación del entorno de la vivienda .....	4,07
● Mala calidad de la vivienda .....	4,00
● Deficiente aislación térmica de vivienda y edificios .....	3,64
● Contaminación del aire en el interior de las viviendas .....	3,23
● Falta de condiciones antisísmicas de vivienda y edificios .....	3,00
● Alta densidad residencial .....	2,77

**INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS PÚBLICOS**

● Falta de saneamiento básico en poblaciones radicadas .....	4,60
● Mala planificación del desplazamiento de los servicios del transporte público .....	4,60
● Falta de redes de alcantarillado .....	3,77
● Malas características de redes viales .....	3,71
● Deficiente sistema de redes de evacuación de aguas lluvia .....	3,71
● Inadecuado sistema de recolección y disposición de desechos sólidos urbanos .....	3,69
● Redes viales insuficientes .....	3,67
● Falta de pavimentación en aceras y calzadas .....	3,43
● Escasez de teléfonos públicos .....	3,42
● Falta de redes de agua potable .....	3,38
● Redes viales poco seguras para automóviles y peatones .....	3,33
● Servicios de transporte público insuficientes .....	3,29
● Falta de aseo público .....	3,21

● Lentitud y descoordinación de las obras públicas .....	3,17
● Ausencia de defensas fluviales .....	3,08
● Insuficiencia de vías peatonales .....	2,71
● Falta de pavimentación y mantención de caminos rurales .....	2,58
● Falta de vías especiales para bicicletas .....	2,57

### ESTRUCTURA INTERNA

● Excesiva extensión de la ciudad .....	4,75
● Escasa planificación en el crecimiento y desarrollo de las áreas urbanas .....	4,60
● Mala localización industrial .....	4,53
● Estructura física socialmente segregada .....	4,50
● Mala localización de basurales .....	4,46
● Congestión vehicular, especialmente en áreas céntricas .....	4,38
● Falta de planificación del tránsito urbano .....	4,20
● Mala localización de áreas residenciales .....	3,83
● Mala localización de centros de alimentos .....	2,60
● Mala localización de aeropuertos .....	2,14

### EQUIPAMIENTO

● Escasez de áreas verdes .....	4,44
● Escasez de lugares de esparcimiento al interior de la ciudad .....	4,31
● Pérdidas de áreas verdes .....	4,13
● Malas condiciones ambientales en lugares de trabajo .....	4,00
● Ausencia de lugares de esparcimiento en los alrededores de la ciudad .....	3,93
● Falta de higiene de locales que venden alimentos .....	3,93
● Falta de equipamiento urbano .....	3,82
● Falta de equipamiento policial .....	3,79
● Exceso de comercio ambulante .....	3,60
● Falta de letrinas en lugares públicos .....	3,47

**VALORES FORMALES Y CULTURALES**

- Falta de preservación del patrimonio arquitectónico ..... 4,00
- Falta de espacio público vitalizador de la ciudad ..... 3,86
- Estilo tradicional inapropiado en el diseño de áreas verdes ..... 3,75
- Mala calidad estética en el paisaje urbano ..... 3,67
- Falta de autenticidad en la arquitectura de edificios ..... 3,07
- Mala calidad estética en el paisaje rural ..... 2,64

## **COMENTARIOS DE LOS EXPERTOS SOBRE ALGUNOS DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES**

**1. Contaminación atmosférica.**

- Tiene un fuerte componente de importancia por su repercusión en la salud humana.
- El problema no es técnicamente complejo. Sólo requiere la decisión política de actuar.

**2. Excesiva extensión de la ciudad.**

- El Estado podría controlar este factor, dejando de lado la permisividad que lo caracteriza. Es cosa de disposición y de contar con más fondos.
- El problema no es técnicamente complejo. Sólo requiere la decisión política de actuar.

**4. Contaminación de cursos de aguas producto de aguas servidas y residuos industriales líquidos.**

- El control de esta variable requiere de decisión política expresada en un importante esfuerzo de inversión en procesos de tratamiento, dictación de normas y control de su aplicación.

**5. Hacinamiento y promiscuidad en la vivienda.**

- Si bien requiere de enorme esfuerzo de inversión y acción pública y privada, es posible controlarla.

**9. Mala localización industrial.**

- Hay un gran daño que ya está hecho.

**12. Escasez de áreas verdes.**

- Santiago ha perdido sus más importantes zonas de áreas verdes. Ejemplo: Fundo San Luis, hoy Parque Arauco; Viña Manquehue, hoy Santa María; Parque O'Higgins y Quinta Normal, zonas muy difíciles de revertirlas. Además, crear nuevas áreas verdes es casi imposible, por el alto costo que significaría.
- La escasez es aparente sólo al usar estándares anglosajones de superficie de parques por habitante. En términos absolutos, la pérdida no ha sido grande.

**16. Escasez de lugares de esparcimiento al interior de la ciudad.**

- Si por "lugar de esparcimiento" se incluyen aquellos típicamente urbanos, como bares, juegos electrónicos, etcétera, no hay escasez.

**17. Inadecuada e insuficiente reforestación.**

- La Región Metropolitana nunca ha tenido grandes bosques, no cabe hablar de reforestación.

**21. Inundaciones.**

- Si bien esta variable es localizada para los sectores afectados, en su mayoría pobres, es muy importante.
- Las inundaciones han provocado graves daños a bienes y personas en los últimos años. Es problema de máxima importancia.

**24. Falta de vegetación en la periferia urbana.**

- Es de muy difícil control, por dos razones: inconstancia del chileno y el grado de pobreza de la periferia. En el primer caso

ayudará a plantar árboles, pero no los regará durante el tiempo necesario; en segundo lugar, la vegetación que logre crecer será cortada como combustible. Es nuestra experiencia.

### **25. Contaminación del entorno de la vivienda.**

- Es difícil pedir apoyo a la no contaminación de parte de la población si su entorno inmediato no está libre de ella.

### **29. Ausencia de lugares de esparcimiento en los alrededores de la ciudad.**

- Si se supone que se está refiriendo a aquellos lugares que no pueden proveerse dentro de la ciudad, es decir, áreas con naturaleza, la escasez es aguda.

- Su importancia es grande para los sectores modestos y pobres de la población de Santiago, que son la mayoría.

### **30. Falta de higiene de locales que venden alimentos.**

- Fuera del problema de salud humano involucrado en ello, es importante también el aspecto educacional que involucra.

### **31. Falta de espacio público vitalizador de la ciudad.**

- Santiago es una ciudad que carece de espacios públicos necesarios para su población. Es de máxima importancia dotarla de ellos. Es una población estresada la nuestra, agresiva, violenta; necesita de esparcimiento; el mayor de ellos, el Parque Metropolitano, luego será privado. (¿Adónde irá el pueblo?)

### **33. Mala localización de áreas residenciales.**

- El problema no es técnicamente complejo. Sólo requiere la decisión política de actuar.

### **35. Falta de equipamiento policial.**

- Basado en el fuerte crecimiento de delitos (estadísticas) y existencia de temor en la población.

- Es de máxima importancia lograr seguridad para la población;

hoy no existe ni en el centro, barrio alto o periferia; los vecinos han establecido guardias privados en las calles, creando verdaderos ghettos. Estamos prefiriendo gastar más en seguridad que en distribuir mejor la riqueza.

- Sobran en el país.

### **37. Estilo tradicional inapropiado en el diseño de áreas verdes.**

- La escasez es aparente sólo al usar estándares anglosajones de superficie de parques por habitante. En términos absolutos, la pérdida no ha sido grande.

### **38. Malas características de redes viales.**

- Con falta de visión nos especializamos en "rotondas", nudos de tráfico; deben hacerse pasos a nivel sobre o bajo él, si fuéramos a solucionar el *smog* de la ciudad. Con respecto a su control, esto es difícil por la falta de presupuesto para ello; un nuevo gobierno seguramente destinará sus recursos a otros fines. En esa perspectiva veo muy difícil su control.

### **39. Deficiente sistema de redes de evacuación de aguas lluvia.**

- Ver 21; están vinculadas:

### **41. Mala calidad estética en el paisaje urbano.**

- Su control es fácil mediante medidas simples y fuerte participación ciudadana.
- No es tan grave ni cuesta tanto resolverlo si hay la voluntad política.

### **42. Redes viales insuficientes.**

- Una de las causas importantes de contaminación del aire de Santiago es la insuficiencia de redes viales. Es vital mejorarlas para ayudar a solucionar este grave problema. El centro de Santiago carece de fácil desplazamiento para los vehículos, igual la zona de Providencia, Las Condes, etcétera.
- El número y calidad de las redes viales no guardan equilibrio

alguno, en la actualidad, con el parque de vehículos circulantes, y como consecuencia se generan efectos negativos sobre toda la vida de la ciudad.

- No es tan grave ni cuesta tanto resolverlo si hay la voluntad política.

#### **43. Deficiente aislación térmica de vivienda y edificios.**

- Parece que dentro de los requerimientos municipales es posible incluir requisitos más estrictos de aislación térmica que permitan mejores ambientes invernales y ahorro de calefacción. El uso de mejores aislantes, como poliuretanos (pese a que contribuyen al efecto invernadero), podría aumentar notablemente la eficiencia.

- En la práctica, significaría aumentar presupuestos en la construcción, aspecto que la empresa privada no ha considerado mucho.

#### **45. Destrucción de recursos naturales por mala localización industrial.**

- La mala ubicación industrial de Santiago, sector sur, mayoritariamente está destruyendo, por razones atmosféricas, el aire de Santiago, y éste es uno de los recursos más importantes. Debe con tiempo promoverse el cambio de ellas hacia el norte de la ciudad. Una sola de las industrias metalúrgicas, ubicada al lado sur, contribuye con el 35 por ciento del azufre en el aire.

- De hecho se sigue produciendo destrucción de recursos naturales por industrias como en La Pintana, donde se destrozó terreno agrícola para instalar una empresa de microbuses.

- No es tan grave ni cuesta tanto resolverlo si hay la voluntad política.

#### **46. Exceso de comercio ambulante.**

- Una adecuada política de empleo disminuiría en forma significativa esta variable.

- La calle Ahumada no es la Región Metropolitana.
- Hay exceso de comercio ambulante, situación de máxima importancia, porque es fruto del desempleo y debe abordarse con prioridad para beneficio del cesante y del hombre que circula con dificultad en medio de los ambulantes. Obsérvese el centro de Santiago.

#### **48. Deforestación, especialmente por la indiscriminada tala de árboles y arbustos para leña.**

- El problema existe, pero la solución no es compleja.
- Este factor queda demostrado por el aumento del insumo de leña en la región, de 50 mil a 450 mil toneladas en pocos años. Muchas de ellas fueron extraídas de los faldeos de los cerros en Santiago. Por ejemplo, cerros cercanos al Chena, en San Bernardo.
- En los alrededores de Santiago es muy significativa.

#### **49. Erosión de suelos.**

- La erosión antropogénica no es un problema de primera magnitud en la Región Metropolitana; es factible de controlar con técnicas bien conocidas.

#### **54. Desertificación.**

- Su importancia en la región parece significativa: el desierto ya parece estar en la puerta norte de Santiago.
- No es tan grave ni cuesta tanto resolverlo si hay la voluntad política.

#### **59. Extracción de áridos en zonas urbanas.**

- Por la destrucción y deterioro del paisaje urbano que crea una condición negativa a la concientización de la población.

#### **60. Ausencia de defensas fluviales.**

- Las defensas no son solución. No debe construirse en el lecho de los ríos.

- Ver además variable 21.

### **63. Mala visibilidad en el área metropolitana.**

- Es una variable de máxima importancia, ya que esto se produce, según los técnicos, por el material particulado, no de los elementos de mayor polución en el aire. Por los daños en la salud, este elemento es importante abordarlo.
- Si se refiere al *smog*, mostrarles a microbuseros lo importante de la buena combustión; el acompañamiento de racionalización y multas no se ve tan difícil. Con las industrias es más complicado.
- Es un indicador de un problema grave de contaminación del aire en Santiago.

### **64. Alta densidad residencial.**

- El problema es baja densidad, no alta densidad.
- Santiago tiene uno y medio piso de altura, es ciudad plana, esto trae problemas.
- No hay uso de espacios intramanzana.
- En los sectores modestos y pobres de Santiago ha parecido muy significativa.

### **65. Contaminación de aguas lluvia.**

- La contaminación de la lluvia significa una falla en el medio ambiente que no ha sido controlada.

### **67. Caza clandestina.**

- No es importante en la Región Metropolitana.

### **68. Presencia de insectos molestos.**

- Debe pensarse especialmente en insectos del cuerpo e insectos picadores, en sectores localizados de la ciudad. También insectos de las casas.

### **72. Falta de pavimentación y mantención de caminos rurales.**

- Parece evidente su importancia.

### **73. Falta de vías especiales para bicicletas.**

- Si hay mucho *smog*, esta ausencia es grave.
- No es problema ambiental.

### **74. Presencia de insectos transmisores de enfermedades.**

- Por la salud pública.

### **75. Mala localización de aeropuertos.**

- Los afectados se fueron a vivir ahí a sabiendas de que existían aeropuertos. No hay otra localización lógica para ellos sin destruir cientos o miles de hectáreas agrícolas.

## **LA VARIABLE ECOLÓGICA**

La investigación realizada en 1989 por los profesores Hajek, Gross y Espinoza —y en la que colaboraron cerca de cuatrocientos expertos de todas las regiones chilenas— fue el primero y más importante paso que se dio en el país para estructurar un inventario completo de los problemas ambientales que lo afectan.

Con los resultados del estudio de los investigadores de la Universidad Católica, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama) retomó la iniciativa, realizando numerosos trabajos complementarios para llegar a un catastro oficial por regiones de los problemas ambientales de Chile, que se esperaba concluir en el tercer trimestre de 1992.

Al mismo tiempo, Conama recopilaba la normativa legal que existe sobre la protección del medio ambiente en el país —dispersa en aproximadamente un millar de normas insertas en innumerables leyes— para proponer una nueva legislación que incorpore la variable ecológica en todas las actividades nacionales y en especial en lo que se refiere al desarrollo económico.

Para llevar a cabo esta política ambiental, la investigación de la Universidad Católica constituyó el más importante fundamento científico.

## CAPÍTULO III

### LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación atmosférica tiene su origen en dos categorías de fuentes emisoras. La primera de ellas la constituyen los procesos naturales, tales como erupciones volcánicas, afloramiento de hidrocarburos, decaimiento de la materia orgánica, etcétera. La segunda —y la única que se puede controlar con la actual tecnología— es de responsabilidad humana. Ejemplos de la acción contaminante del hombre son el polvo de las araduras en la agricultura, el humo de quemas, los gases y partículas producidos por los motores de vehículos, el humo y otras sustancias liberadas por la actividad industrial y la calefacción doméstica.

Basta observar la densa nube gris que cubre la ciudad de Santiago para comprobar la presencia de la contaminación atmosférica. En efecto, en toda la cuenca de la capital chilena el aire contiene partículas y gases tóxicos que en determinadas épocas del año alcanzan niveles de concentración de tal magnitud que disminuyen la visibilidad, provocan molestias y deterioran la calidad de vida de sus habitantes.

No resulta fácil definir el término “contaminación atmosférica”. En el estudio *Algunas medidas para la descontaminación de Santiago*, sus autores (\*) expresan: “Una aproximación bas-

---

(\*) En el estudio (1989), patrocinado por Odeplán y la Universidad Católica de

tante acertada de lo que significa es la siguiente: contaminación atmosférica es la presencia en el aire de uno o más elementos, compuestos o sus derivados, o cualquier combinación de ellos en concentraciones y por tiempos tales que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar humano, la flora y fauna, o degraden la calidad de los bienes y recursos públicos o privados”.

Los contaminantes son, en consecuencia, “sustancias susceptibles de causar contaminación atmosférica y producir daños a las personas y al medio ambiente”. Sus efectos sobre la salud humana en los casos de situaciones extremas —cuando la inmisión (\*) se eleva a niveles excesivos— han sido denominados “episodios”, los que en Santiago se registran siempre en el periodo de mayo a julio.

## LAS DESVENTAJAS NATURALES

La excesiva contaminación que aqueja a Santiago obedece a dos de tres factores —el tercero es la actividad del hombre— que originan el problema local. El nivel de contaminantes que soporta la atmósfera de un lugar depende de la cantidad de emisiones, pero también de su capacidad de dilución de los gases y partículas que ensucian el aire, lo cual depende de sus condiciones topográficas y climáticas. Si permiten una ventilación suficiente, la cantidad de emisiones puede ser elevada, sin que ello provoque altos niveles de inmisión.

En el caso de la cuenca geográfica que ocupa Santiago, tanto los factores topográficos como los climáticos presentan caracte-

---

Chile, participaron: Eduardo Araya N., Virginia Garrigó R., Francisco Matus D., Andrés Mc Donnell H., Joel A. Prieto V., Hilde Rohland H., Raúl Valpueda A. y Alejandro Vial L.

(\*) Clínicamente se define la inmisión como la entrada de aire a los pulmones. Por extensión, el término se usa para denominar concentraciones de contaminantes en la atmósfera.

rísticas desfavorables para la dispersión de contaminantes. Por ello, el parque automotriz de tamaño mediano, pero muy inferior al de otras ciudades del mundo —donde incluso supera el millón de vehículos—, representa en el área metropolitana el mayor de los problemas.

La reducida velocidad media de las brisas, la presencia de la capa de inversión térmica y los cordones de cerros que rodean la ciudad, limitan la ventilación horizontal y el ascenso de contaminantes hacia la alta atmósfera. Las limitaciones son más graves durante el periodo de abril a agosto, debido a los adversos factores climáticos. Son estas características las que hacen de la ciudad y de toda la región en que se ubica, un lugar altamente restrictivo en cuanto a la emisión de contaminantes.

Tomando como base la descripción del capítulo correspondiente del estudio citado, se pueden comprender cuáles son las condiciones geográficas de la ciudad, que ocupa unos 400 kilómetros cuadrados, y su cuenca, una llanura inclinada levemente hacia el oeste.

## EL CLIMA

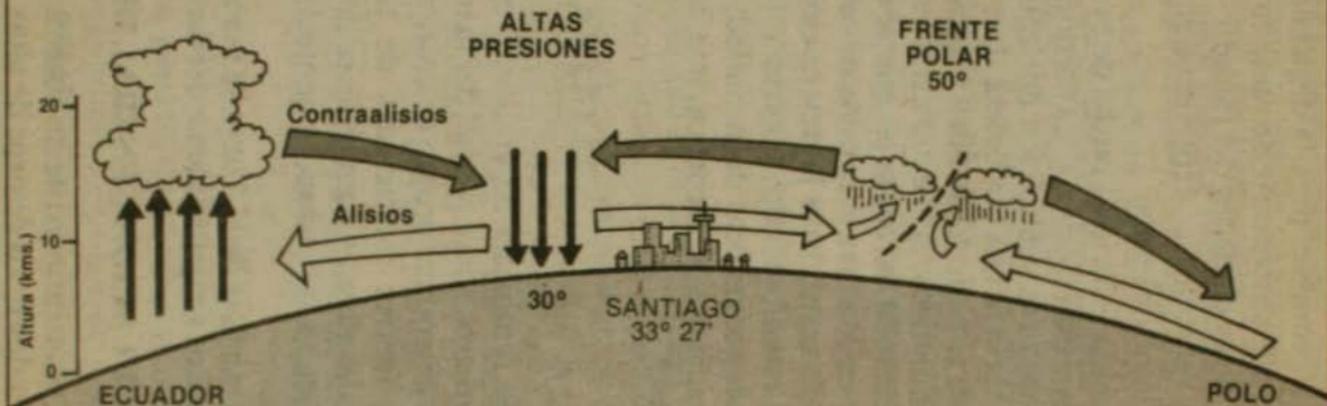
Santiago se ubica a 33 grados 27 minutos de latitud sur y a unos 500 metros sobre el nivel del mar, un punto dominado por un clima subtropical propio de costa occidental, con escasa humedad y fuertes oscilaciones de temperatura. Esta latitud corresponde, además, a un régimen de anticiclón permanente, lo que significa altas presiones por efecto de corrientes de aire descendentes.

En la superficie de la Tierra se mantienen zonas de calma, en que los vientos son sumamente débiles.

## CIRCULACIÓN GENERAL DE LA ATMÓSFERA

A nivel planetario existe un sistema de circulación de aire que se desplaza desde los centros de altas presiones a los centros de

# CIRCULACIÓN DE LOS VIENTOS



bajas presiones, en superficie, cómpensadas por vientos de altura de dirección contraria.

En principio, hay un gran centro de altas presiones sobre cada polo y una faja de bajas presiones en el ecuador. Las primeras actúan como dispersoras de vientos y las segundas los atraen. Sin embargo, el efecto de Coriolis —que desvía los fluidos hacia el oeste cuando se dirigen de altas a bajas latitudes, y hacia el este, cuando el desplazamiento es de baja a alta latitud— hace que tanto los polos como el ecuador queden desvinculados y entre los trópicos y los círculos polares aparezca un tercer circuito de circulación de aire.

Este esquema de tres circuitos en cada hemisferio determina la existencia de fajas climáticas latitudinales, donde se alternan altas y bajas presiones y vientos del este y del oeste. Así, alrededor de los 40 grados se desarrolla el “frente polar” y alrededor de los 30 grados, la referida faja anticiclónica.

La situación antes descrita hace que Santiago se encuentre fuera de la acción de los grandes vientos planetarios. Siendo una zona de alta presión, es una zona de calmas.

### LA INVERSIÓN TÉRMICA

El aire es una mezcla gaseosa que, entre otras características, permite el paso de la radiación solar sin calentarse. Por esta causa, la atmósfera se calienta principalmente por efecto de la radiación térmica del suelo —la tierra retiene el calor de los rayos solares—. es decir, se calienta por la base. Como efecto de este proceso, la temperatura va disminuyendo en zonas de mayor altitud. En otras palabras, la temperatura va bajando con la altura.

De la misma manera como el aire se calienta por la base, en invierno se enfría por contacto con el suelo, que se encuentra a menor temperatura que la atmósfera, formándose una capa de aire frío —más denso— cercana al suelo, produciéndose un efecto de “inversión de la temperatura”. En estos periodos, la capa de in-

LA INVERSIÓN TÉRMICA  
SOBRE SANTIAGO

CAPA DE INVERSIÓN

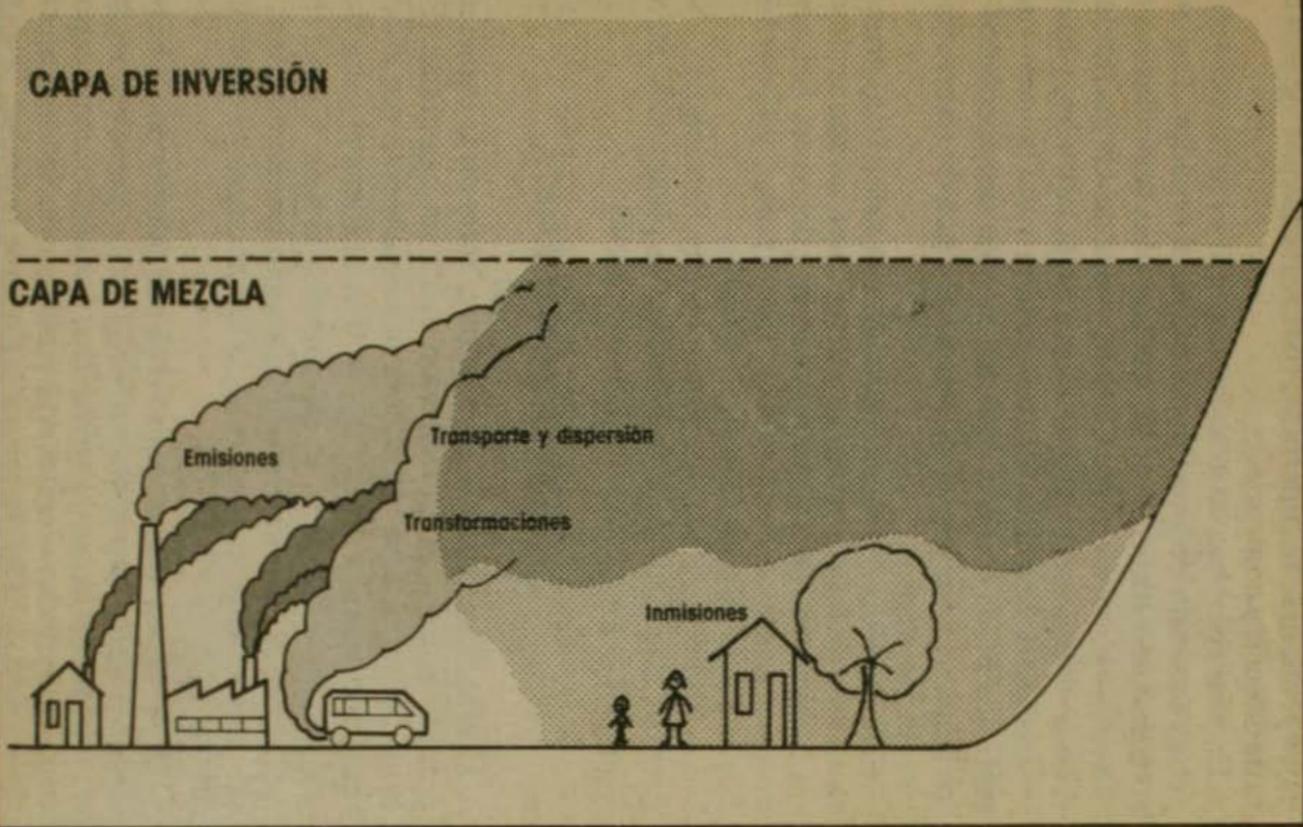
CAPA DE MEZCLA

Emisiones

Transporte y dispersión

Transformaciones

Inmisiones



versión térmica se encuentra aproximadamente a 400 metros del nivel del suelo y en momentos críticos puede alcanzar alturas de sólo 200 metros.

El fenómeno puede entenderse con el enunciado de que las masas de aire caliente ascienden en la atmósfera. Pero sobre los cielos de Santiago se encuentran las corrientes de mayor temperatura que provienen de las zonas tropicales; al subir el aire desde el suelo, que se va enfriando aun más con la altura, choca contra esa masa más caliente de la alta atmósfera, frenándose su circulación ascendente. En esta frontera se marca la llamada "inversión térmica", que en Santiago puede observarse a simple vista desde la cumbre de los cerros o de un avión en vuelo. Aparece como una línea perfectamente trazada, en donde por debajo se advierte la enorme nube gris que cubre la ciudad y toda la cuenca, mientras por sobre ella aparece un cielo límpido y transparente.

La comparación que se ha hecho del valle en invierno como una verdadera olla tapada explica cómo los contaminantes, en la capa inferior —llamada "capa de mezcla"—, permanecen estacionados por horas y días sobre la ciudad, debido a la falta de ventilación y tiraje. La tapa de la olla impide el ascenso de los gases y partículas que recibe la atmósfera. En verano, en tanto, al recalentarse el suelo, la capa de inversión sube y desaparece, aumentando en la atmósfera la capacidad para recibir las emisiones que arroja la ciudad.

## COMPORTAMIENTO METEOROLÓGICO

Santiago, como todo lugar situado en latitudes intermedias, está sometido a los vaivenes del desplazamiento que el sistema de circulación general de la atmósfera presenta siguiendo al sol. Efectivamente, el esquema descrito se desplaza en latitud estacionalmente: hacia el norte en nuestro invierno y hacia el sur en nuestro verano. Este movimiento permite que en invierno alcan-

ce hasta Santiago el "frente polar", que produce las lluvias. En verano, en cambio, hace que se instale el anticiclón del Pacífico, imponiendo una importante limitación a la ventilación en sentido vertical.

Sin embargo, la alta insolación y la alta sequedad del aire en verano permiten la existencia de un sistema de brisas de montaña y valle que aumenta la circulación local de aire y posibilita una mayor ventilación.

### LA TOPOGRAFÍA

La cuenca de Santiago se encuentra rodeada de cordones de cerros que la limitan desde el punto de vista de la ventilación. Los contrafuertes andinos, hacia el oriente, sobrepasan los 3.000 metros, impidiendo el paso del aire, y los cordones del San Cristóbal-Manquehue y Chacabuco, más al norte, limitan fuertemente la circulación de sur a norte. Como la mayor abertura de la cuenca la representa el curso medio del río Maipo, el aire ingresa a ella desde el mar, aproximadamente por el suroeste, ya que por el sur está cerrada por el cordón de Chada (Angostura de Paine).

Al observar el relieve que rodea a Santiago, efectivamente se descubre que la ciudad está encerrada por los cerros que la circundan.

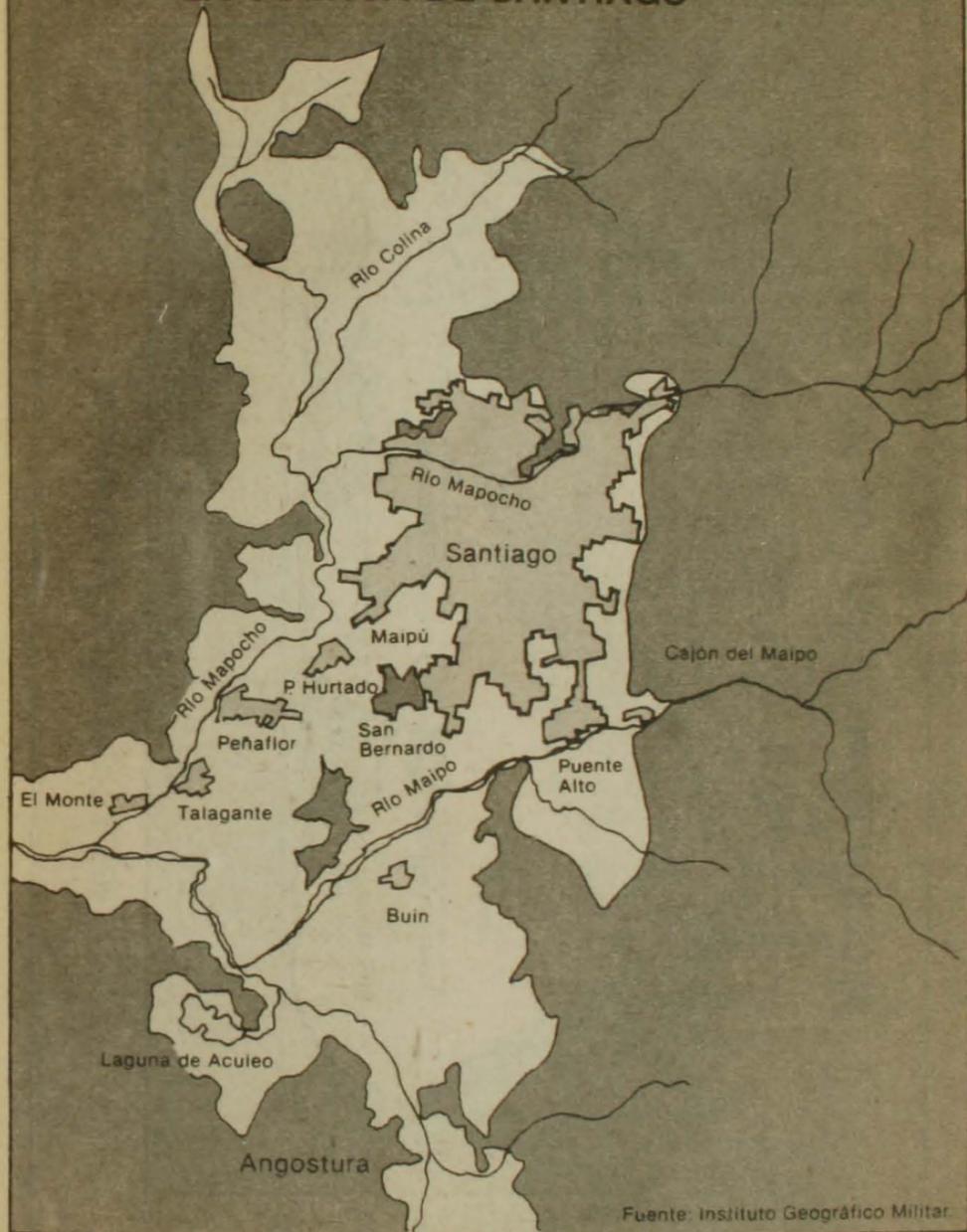
Cuando la capa de inversión térmica presenta una altura de 300 metros en los meses de invierno, no alcanza a superar los cerros que cierran la cuenca por el norte, impidiendo una ventilación adecuada. Se produce así una estrecha relación emisión-inmisión.

Por todo esto la ventilación de la cuenca es precaria. El profesor Pablo Ulriksen (\*) señala que las escasas brisas del valle se generan por el calentamiento diurno del suelo y se dirigen al SO

---

(\*) *Diagnóstico de la contaminación atmosférica en la Región Metropolitana e influencia de factores Meteorológicos* (1985), profesor Pablo Ulriksen U., del

# LA CUENCA DE SANTIAGO



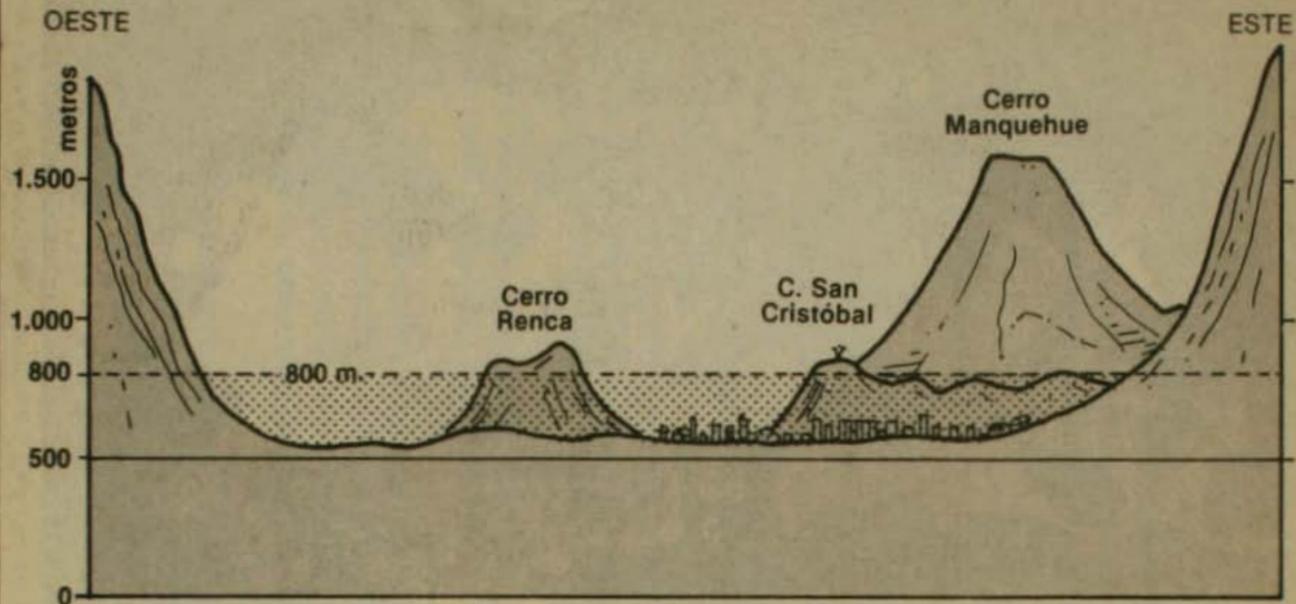
Área urbana



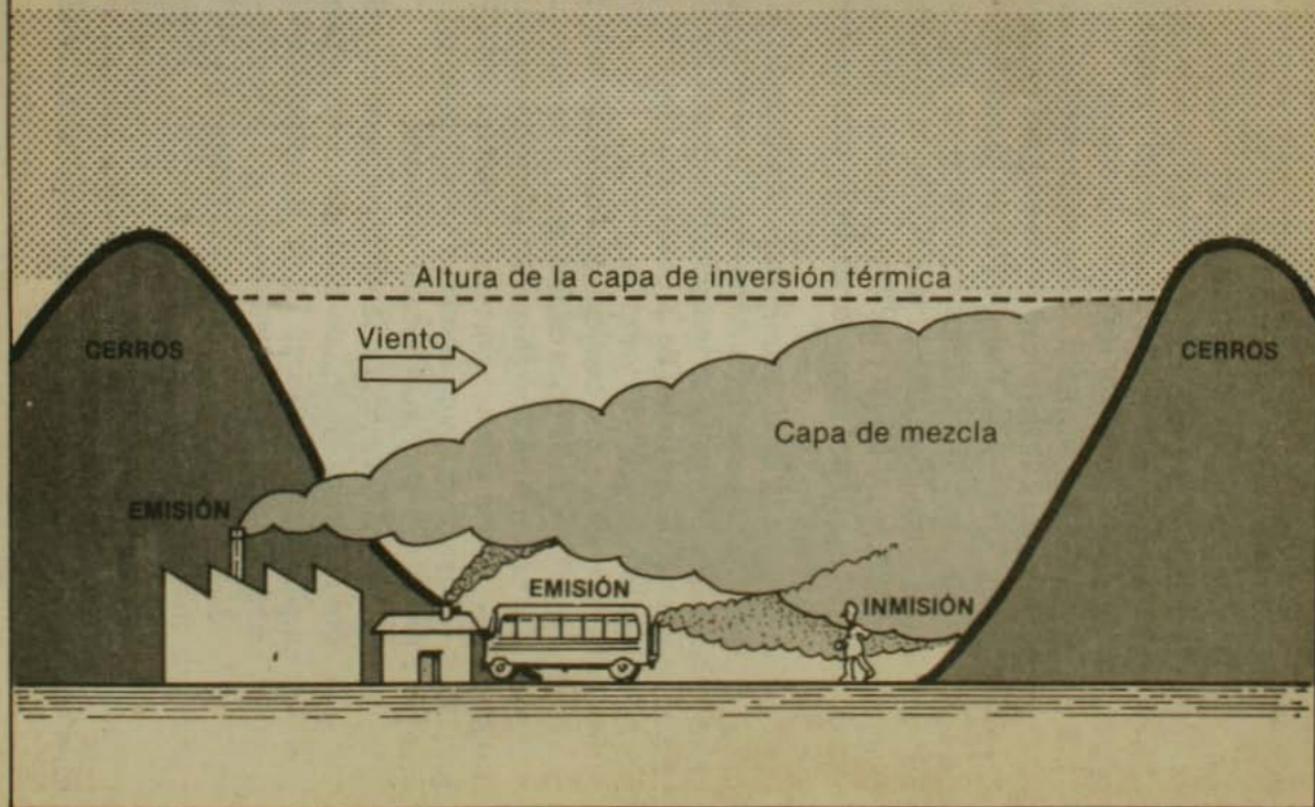
Cerros



# SECCIÓN TRANSVERSAL DE SANTIAGO



## RELACIÓN EMISIÓN-INMISIÓN



durante el día, ladera arriba de los cerros, permitiendo en el verano la evacuación de los contaminantes por los valles cordilleranos, especialmente por el sector norte y NE.

Al caer la noche, el enfriamiento produce una capa delgada de aire algo más denso, que se desliza ladera abajo y genera una brisa nocturna que limpia el sector oriente de la ciudad.

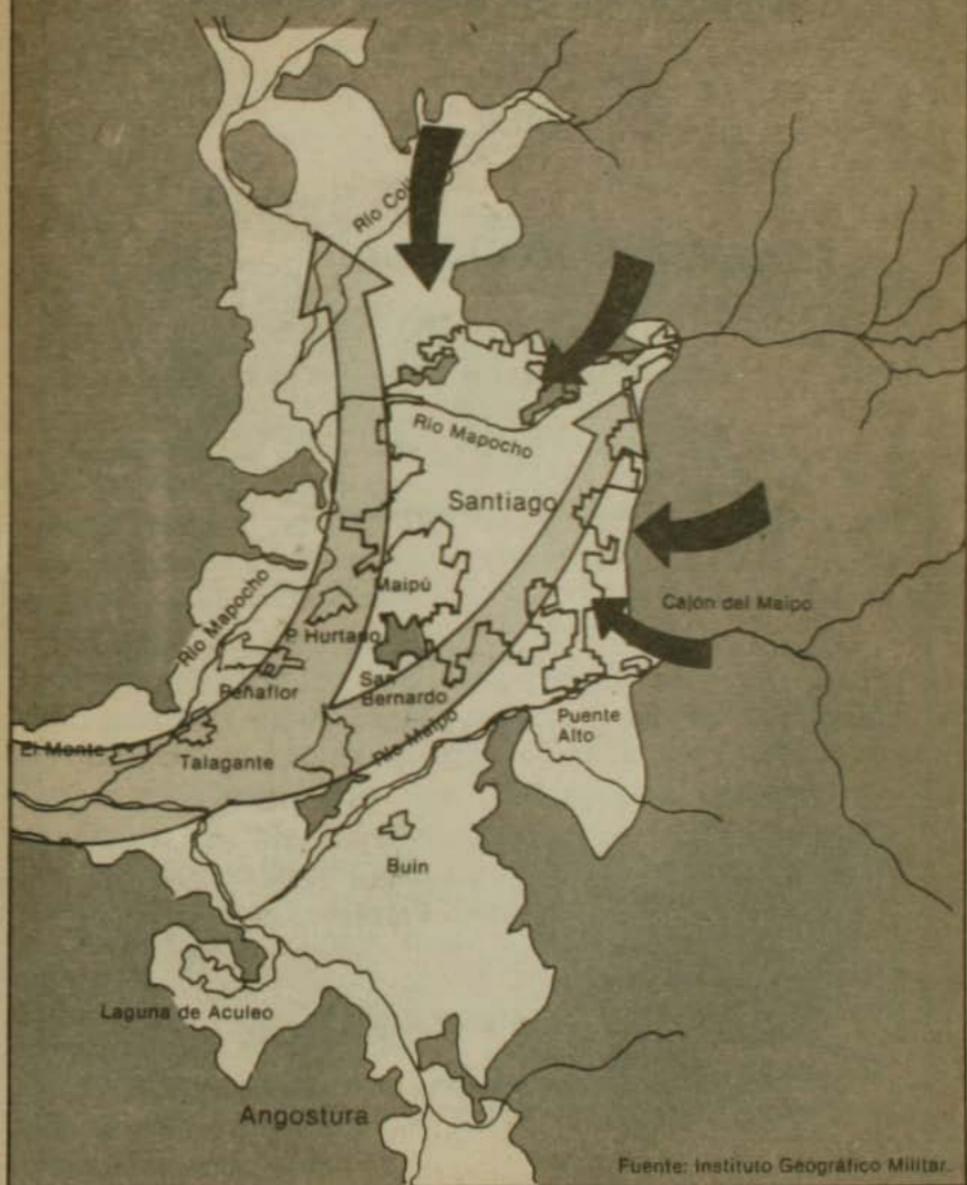
Desde luego, la brisa diurna es de mayor intensidad en la estación cálida, llegando a valores medios de 4 a 5 metros por segundo entre las 16 y las 19 horas. En invierno, en cambio, estos valores son cercanos a los 2 metros por segundo —no más de nueve kilómetros por hora— durante la tarde. Y la brisa nocturna es mucho más débil: entre las 00 y las 07 horas, sus valores medios van de 1,0 a 1,5 metro por segundo; es decir, alcanza apenas 5,4 kilómetros por hora.

Como la dispersión de contaminantes depende del grado de mezcla turbulenta existente en la atmósfera (capa de mezcla), las bajas velocidades del viento en invierno impiden la limpieza del aire, aumentando la gravedad de la contaminación muy por encima de los ya altos niveles del verano.

Son estas razones las que explican que todos los episodios de alta contaminación atmosférica en Santiago se produzcan en los meses fríos, el periodo del año en que las autoridades aplican los programas de preemergencia y emergencia para evitar los niveles peligrosos del *smog* atrapado contra el suelo por la capa de inversión térmica en la cerrada cuenca de la ciudad.

Este cerco natural que rodea a Santiago no pudo ser advertido por el conquistador español. Los cordones montañosos parecían demasiado lejanos del Santa Lucía, donde Valdivia fundó la ciudad; pero el idílico valle del pasado iba a transformarse siglos después en una trampa de calmos vientos para cuatro y medio millones de personas.

# LOS VIENTOS EN LA CUENCA DE SANTIAGO



Fuente: Instituto Geográfico Militar.

Vientos diurnos

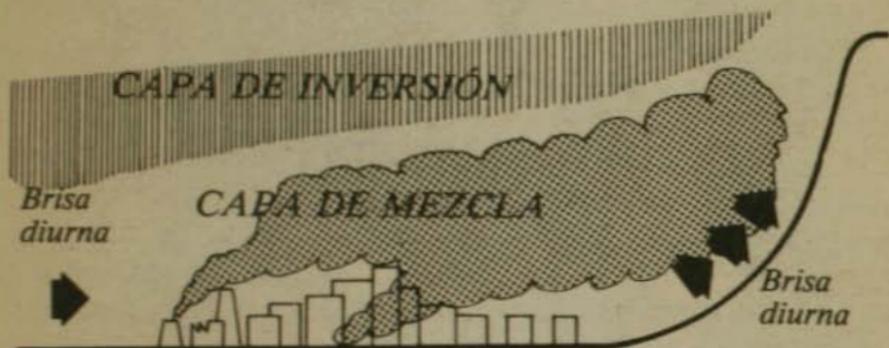


Vientos nocturnos



# CIRCULACIÓN DEL AIRE EN INVIERNO

## DÍA



## NOCHE



## CAPÍTULO IV

### IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES

Sólo en las dos últimas décadas se ha tomado conciencia de la gravedad del problema que aflige a Santiago. Los hombres de ciencia chilenos, primero que nadie, comenzaron a estudiar la contaminación mucho antes de que se popularizaran en nuestro medio —no advertidos cuando en realidad ocurrieron— los tristes episodios que afectaron a otras urbes del mundo.

En los primeros días de diciembre de 1930, una espesa niebla cayó sobre el valle del Mosa, en Bélgica, mientras la industria arrojaba a la atmósfera los desechos de la combustión de sus procesos de producción. Los contaminantes comenzaron a causar efectos en la población del encajonado valle. Los primeros síntomas se observaron en el aparato respiratorio, desde opresión al pecho y vómitos, pasando por irritación de garganta, tos, irritación ocular, etcétera. Miles de personas estaban afectadas, y entre el cuarto y el quinto día, el saldo era de más de sesenta muertos... Entre los más perjudicados se contaban ancianos y niños, personas débiles, asmáticos y cardiacos (\*).

Casos parecidos horrorizaron al mundo en Donora, Pensilvania, en 1948, y en Londres, en donde el *smog* provocó dos trage-

---

(\*) *Santiago agoniza: la contaminación*, Gustavo Alessandri (1989).

días. Entre el 5 y el 9 de diciembre de 1952, la contaminación alcanzó altísimos niveles en el valle del Támesis, provocando más de 4 mil muertes; diez años después, en 1962, de nuevo el dióxido de azufre y contaminantes particulados que se originaban en la combustión de carbón cobraron otras 700 víctimas fatales. El drama urbano tocaría más tarde a Poza Rica, en México, y a la ciudad de Nueva York.

**Cuadro N° 1**  
**Episodios de contaminación atmosférica más conocidos**

Lugar	Fecha	Contaminantes	Efectos
Valle del Mosa (Bélgica)	1930	SO <sub>2</sub> (9,6 a 38,4 partes por millón)	63 muertes
Donora (Estados Unidos)	1948	SO <sub>2</sub> + partículas	20 muertes 5.910 afectados
Londres	1952	SO <sub>2</sub> + partículas	4.000 muertes
Londres	1962	SO <sub>2</sub> + partículas	700 muertes
Nueva York	1966	SO <sub>2</sub> + partículas	168 muertes

**Fuente:** Dr. Bello S., Sergio: "Efectos de la contaminación atmosférica sobre el sistema respiratorio", aparecido en Rev. Enf. Respir. y Circ. Torác. N° 4 (págs. 151-158), 1988.

Dr. Sandoval P., Hernán; "Contaminación ambiental", aparecido en Cuadernos Médicos Sociales. Vol. XXX, N° 1, 1989 (págs. 6-17).

Con toda probabilidad, Santiago no correrá igual suerte. Aunque la polémica arrecia en Chile con la crítica por un supuesto mal manejo del problema de la contaminación, una red

de monitores está midiendo en forma permanente los niveles de los gases tóxicos y material particulado presentes en la atmósfera. Así, cuando los índices ascienden a los tramos peligrosos, se disparan las alarmas y la comunidad puede restringir a tiempo las actividades de mayor riesgo para la salud de las personas.

**Cuadro N° 2**  
**Clasificación general de los**  
**contaminantes gaseosos del aire**

Clase	Contaminantes primarios	Contaminantes secundarios
Compuestos azufrados	Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) Ácido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)	Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ) Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )
Compuestos orgánicos	Compuestos C <sub>1</sub> -C <sub>5</sub>	Cetonas, aldehídos, ácidos
Compuestos nitrogenados	Óxido nítrico (NO) Amoniacó (NH <sub>3</sub> )	Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
Óxido de carbono	Monóxido de carbono (CO) Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	(Ninguno)
Halógenos	Ácido clorhídrico (HCl) Ácido fluorhídrico (HF)	(Ninguno)
Oxidantes fotoquímicos	(Ninguno)	Ozono (O <sub>3</sub> ) Nitrato de peroxiacetil (PAN) Nitrato de peroxibenzol (PBN)

Los contaminantes atmosféricos han sido clasificados en primarios y secundarios. Los primarios son los que emiten directamente las fábricas, establecimientos comerciales, calderas de edificios, residencias, etcétera —las llamadas fuentes fijas— y los autos, buses, camiones y camionetas, que constituyen las fuentes móviles, es decir, aquellos emisores que se desplazan por el área afectada.

El otro tipo de contaminantes, los secundarios, se forman en la atmósfera por una reacción química de los primarios, como es el caso de los oxidantes fotoquímicos, entre los que se incluye el ozono.

Por último, en términos generales, las emisiones se pueden diferenciar en gases y material particulado, conocido este último como PTS (partículas totales en suspensión). Y quien se encarga de medirlos es el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SSMA).

## LAS INMISIONES

Para la medición de los niveles de inmisión, el SSMA cuenta con dos redes de estaciones de muestreo. La primera de ellas, de tipo semiautomático, que llegó a contar con diecisiete estaciones —en la actualidad la forman solamente nueve—, fue instalada en 1976 y sirvió para los primeros estudios que se hicieron sobre los problemas ambientales. La red entra en operación algunos días de la semana en forma simultánea.

En 1987 se agregó una red automática para realizar mediciones continuas, a objeto de determinar variaciones diarias y horarias. Forma parte del sistema de Monitoreo Automático de Contaminantes Atmosféricos (Macam). La red consta de cuatro estaciones fijas y una móvil, conectadas a un computador central.

## Cuadro N° 3

Registros de las estaciones de muestreo de la red semiautomática  
(periodo 1978-1988)

Estación			
N°	Ubicación/calle	Comuna	Periodo de medición
1	Agustinas/Estado	Santiago	1978 a 1987, registros parciales
2	Santo Domingo 978	Santiago	1978 a 1983
3	Mac-Iver 541	Santiago	1984 a 1988
4	Santo Domingo 2398	Santiago	1979 a 1984, registros parciales
5	Avenida Matta 576	Santiago	1978 a 1988
6	P. de Valdivia 963	Providencia	1978 a 1988
7	Independencia 939	Independencia	Midió sólo polvo sedimentable hasta 1982
8	Cinco de Abril 4936	Maipú	Midió sólo polvo sedimentable hasta 1987
9	Ismael Valdés 2020	San Miguel	Midió sólo polvo sedimentable hasta la fecha
10	Marathon 1000	Ñuñoa	1982 a 1985
11	Independencia 3540	Conchalí	1978 a 1988
12	Teniente Cruz 1087	Pudahuel	1978 a 1988
13	Cerrillos 674	Maipú	1978 a 1987, registros parciales
14	La Pintana	La Granja	1978 a 1988
15	V. Mackenna 7196	La Florida	1978 a 1984, registros parciales
16	Apoquindo 7520	Las Condes	Midió sólo polvo sedimentable hasta 1982
17	Borgoño 1270	Santiago	1982 a 1984, registros parciales

**Cuadro N° 4**  
**Estaciones de la red MACAM (\*)**

Estación	Ubicación
A	Plaza Lorenzo Gotuzzo (detrás del Ministerio de Hacienda)
B	Avenida Providencia 200 (Parque Providencia)
C	Avenida La Paz 1003 (Clínica Siquiátrica Hospital J.J. Aguirre)
D	Parque O'Higgins (entrada Tupper)
M (móvil) Meteorológica	Estadio Las Condes Quinta Normal

**Variables medidas:**

—Todas las estaciones, excepto la meteorológica, miden concentraciones de los contaminantes: CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, PM10 e hidrocarburos totales (incluido metano).

—La estación móvil mide concentración de metano de fondo.

—Las estaciones B, C, D y M miden variables meteorológicas: temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento.

—La estación meteorológica mide todas las variables meteorológicas de interés y tiene un sondeador acústico para determinar la altura de la capa de inversión térmica.

(\*) Red de Monitoreo Automático de Contaminantes Atmosféricos.

**Fuente:** Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, red MACAM, 1989.

## NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

La inmisión de contaminantes produce daños a la salud de las personas, dependiendo del tipo de que se trate, del nivel de concentración y del tiempo de exposición. Las normas se establecen en función de los daños que se quieren evitar, y, así, las *primarias* consideran los efectos en la salud humana y fijan los niveles de concentración máxima en el aire para cada contaminante durante distintos periodos de tiempo.

Para evitar efectos agudos, se establecen normas primarias para periodos cortos, que pueden ser de una, ocho o 24 horas, mientras que para prevenir efectos crónicos, se fijan normas para periodos prolongados de un año o más.

Las *normas secundarias*, en tanto, consideran, además, los efectos sobre la fauna, la flora y el medio ambiente en general. Y por ser estos organismos más frágiles, las normas secundarias tienden a ser más restrictivas que las primarias.

Por resolución del Ministerio de Salud, Chile estableció, en 1978, las normas primarias de calidad del aire.

## LAS EMISIONES

Las primeras mediciones que se realizaron en Santiago permitieron allegar antecedentes que fueron descubriendo la gravedad del problema ambiental. En 1984 pudieron agruparse los contaminantes según el tipo de fuente emisora, obteniendo resultados que sugerían la gran incidencia de los vehículos motorizados y de los procesos industriales.

No obstante, aquellos antecedentes resultaban aún insuficientes. En mayo de 1989, la Intendencia de la Región Metropolitana dispuso de un inventario mucho más acabado a través de un estudio que analizó las emisiones de automóviles particulares, taxis, vehículos de carga, buses y taxibuses, en el caso de las fuentes móviles; y de industrias químicas, de alimentos, mine-

**Cuadro N° 5**  
**Norma chilena primaria de calidad del aire**  
**(en microgramos/m<sup>3</sup>)**

Contaminantes	Periodos			
	1 hora	8 horas	24 horas	1 año
Monóxido de carbono (CO)	40.000	10.000	—	—
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	—	—	365	80
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	—	—	—	100
Ozono (O <sub>3</sub> )	160	—	—	—
Partículas totales en suspensión (PTS)	—	—	260	75
Fracción respirable (PM10)	—	—	150	50*

(\*) Norma de la E.P.A. (Environment Protection Agency, USA), no oficializada en Chile. Sólo se usa en el país como referencia.

Fuente: Ministerio de Salud, Resolución N° 1215 del 22-06-78.

ras, textiles, estaciones bencineras, panaderías, etcétera, en el caso de las fuentes fijas.

De nuevo los resultados apuntaban hacia la industria y los vehículos motorizados. Y en este último caso, tanto los gasolineros como los diésel aparecían con una alta cuota de responsabilidad, ya que los contaminantes que entregan a la atmósfera corres-

Cuadro N° 6

Rangos de los niveles de concentración de los contaminantes atmosféricos considerados aceptables en diversos países (en microgramos/m<sup>3</sup>)

Contaminantes	Periodos			
	1 hora	8 horas	24 horas	1 año
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	260-900	—	50-500	30-150
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	400-850	—	40-2.000	60-100
Ozono (O <sub>3</sub> )	100-200	60-200	30-200	30
Partículas totales en suspensión (PTS)	—	—	100-300	60-150

Fuente: Odeplán, "Estudio de impuestos a la emisión de contaminantes de aire y agua en la Región Metropolitana". Diciembre 1980.

ponden a los gases y partículas que ofrecen el mayor riesgo para la salud humana.

Entretanto, estudios encargados en 1988 por la Intendencia Metropolitana en el marco del proyecto de Descontaminación Ambiental —en total, siete trabajos altamente técnicos sobre aire, agua y ruido—, permitieron identificar los contaminantes y su origen.

En el caso de los contaminantes primarios, y considerando los que se estaban midiendo en Santiago, se analizaron las partículas totales en suspensión (PTS), los óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles (COV).

Cuadro N° 7

## Resumen de las emisiones totales de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Santiago

Categoría	N° de fuentes	Totales en toneladas/año				
		Partículas totales en suspensión (PTS)	Oxido de azufre (SOx)	Oxido de nitrógeno (NOx)	Compuestos orgánicos volátiles (COV)	Monóxido de carbono (CO)
<b>FUENTES FIJAS</b>		44.168 (94,3%)	19.426,1 (86,6%)	1.290,7 (10,1%)	14.987,3 (51,7%)	44.097,4 (19,4%)
<b>Combustión</b>						
Ext. indus.	3.197	3.443,6	4.439,8	739,7	471,9	19.651,3
Int. indus.	12	1,3	1,2	19,7	8,9	215,5
Ext. com./inst.	652	209,3	702,2	70,4	4,9	95,3
Residencial	—	1.660,9	379,0	237,0	418,7	20.114,0
Quemas abiertas	—	438,2	26,0	161,4	846,8	2.376,7
<b>Evaporación</b>						
Compuestos orgánicos volátiles (COV) no industr.	415	—	—	—	5.347,6	—
<b>Procesos indust.</b>	1.780	4.504,7	13.877,9	62,5	7.890,5	1.644,6
<b>Polvos fugitivos</b>						
—calles s/pavimentar	—	21.747,8	—	—	—	—
—calles pavimentadas	—	10.951,6	—	—	—	—
—otros	—	1.210,3	—	—	—	—
<b>FUENTES MÓVILES</b>		2.661,5 (5,7%)	3.008,4 (13,4%)	11.530,8 (89,9%)	14.010,9 (48,3%)	183.057,1 (80,6%)
—diésel	9.000	1.759,7	1.943,7	3.961,1	1.052,8	5.426,3
—gasolina	325.000	901,8	1.064,7	7.569,7	12.958,1	177.630,8
<b>Total</b>	—	46.829,2	22.434,5	12.821,5	29.000,2	227.154,5

**Fuente:** Intendencia Región Metropolitana, "Universo de fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos e inventario real de emisiones para Santiago", mayo 1989.

Los resultados fueron los siguientes:

**Partículas totales en suspensión (PTS):** En la ciudad de Santiago tienen su origen en los siguientes procesos:

- Combustión de leña, carbón, petróleo y gas.
- Procesos industriales.
- Molienda de minerales.
- Erosión.
- Levantamiento de polvos en calles pavimentadas y sin pavimentar.

**Óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>):** Tienen su origen en:

- Procesos de fundición.
- Combustión de carbones y petróleos con alto contenido de azufre.

**Óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>):** Se forman por reacción del nitrógeno atmosférico con elementos oxidantes en presencia de altas temperaturas, principalmente en:

- Hornos industriales con inyección de aire.
- Vehículos con motor a bencina o a petróleo.
- Estufas y cocinas a gas.
- Liberación del nitrógeno contenido en los combustibles.

**Monóxido de carbono (CO):** Es producto de la combustión incompleta en:

- Motores bencineros.
- Braseros y estufas.
- Chimeneas residenciales a leña.
- Combustión de compuestos orgánicos.

**Compuestos orgánicos volátiles (COV):** Son producto de la evaporación de hidrocarburos contenidos en:

- Combustibles.
- Diluyentes.

- Solventes de adhesivos y pinturas.
- Combustión incompleta.

En cuanto a los contaminantes secundarios, los oxidantes fotoquímicos son producto de la reacción entre hidrocarburos volátiles, el oxígeno y los óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar. Los principales son el ozono ( $O_3$ ), los aldehídos (RCHO), las cetonas, el nitrato de peroxiacetil (PAN) y el nitrato de peroxibenzol (PBN).

### LAS FUENTES RESPONSABLES

Por último, fue posible, gracias a las mediciones permanentes de las dos redes de monitoreo en operación, determinar porcentualmente la incidencia de las fuentes emisoras de los distintos contaminantes.

De esta manera, cuando expiraba la década de los ochenta, se pudieron conocer valiosos y mucho más concretos antecedentes que permitían formular programas para atacar a fondo el problema de la contaminación atmosférica.

La Comisión de Descontaminación reunió los siguientes antecedentes, que corresponden a los aportes anuales en cada caso:

<b>Monóxido de carbono (CO)</b>	<b>Porcentaje</b>
Residencias y otros	9%
Industria	10%
Vehículos a gasolina	79%
Vehículos diésel	2%
<b>Óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>Porcentajes</b>
Residencias y otros	2%
Industria	8%
Vehículos a gasolina	59%
Vehículos diésel	31%

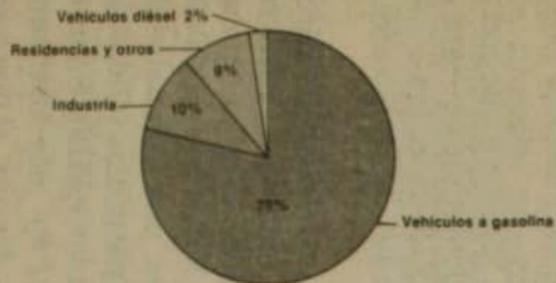
<b>Óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	
	<b>Porcentajes</b>
Residencias y otros	5%
Industria	82%
Vehículos a gasolina	9%
Vehículos diésel	4%
<b>Compuestos orgánicos volátiles (COV)</b>	
	<b>Porcentajes</b>
Residencias y otros	23%
Industria	29%
Vehículos a gasolina	44%
Vehículos diésel	4%
<b>Partículas totales en suspensión (PTS)</b>	
	<b>Porcentajes</b>
Residencias y otros	5%
Industria	17%
Polvo natural	72%
Vehículos a gasolina	2%
Vehículos diésel	4%

Al analizar la tabla de las PTS, pareciera que con apenas el 4 por ciento la incidencia de los vehículos diésel —que corresponden mayoritariamente a la locomoción colectiva— sobre el total de emisiones no tuviese ninguna relevancia. No obstante, la situación es muy distinta.

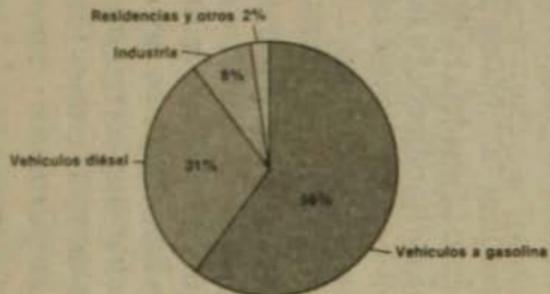
La gravedad de las PTS estriba en su diámetro aerodinámico, es decir, en su tamaño. En efecto, la tabla se refiere en general a partículas de un diámetro menor de 60 micrones (un micrón es la milésima parte de un milímetro). Sin embargo, en este material particulado también se distingue una denominada *fracción respirable*, que corresponde a las partículas sólidas de diámetro menor de 10 micrones (denominadas PM10). Entre ellas destacan las *partículas respirables (PR)* más diminutas, de un diámetro menor que 2,5 micrones, las que, al ingresar al sistema broncopulmonar, van a alojarse en los alvéolos pulmonares, en un proceso irreversible.

## FUENTES EMISORAS DE GASES CONTAMINANTES

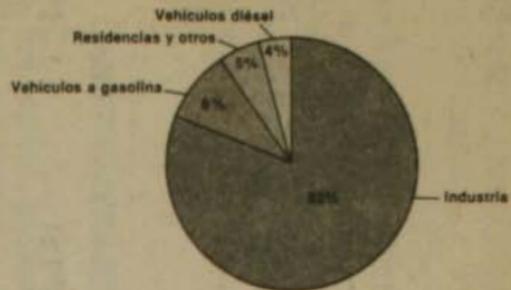
### MONÓXIDO DE CARBONO



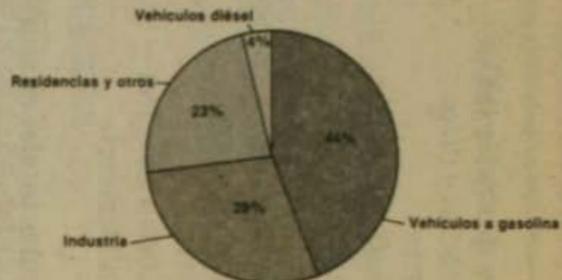
### ÓXIDOS DE NITRÓGENO



### ÓXIDOS DE AZUFRE



### COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES



Luego de estas consideraciones, de las PTS se desprende otra tabla, que corresponde a la fracción respirable:

<b>Partículas respirables (PM10)</b>	<b>Porcentaje</b>
Residencias y otros	7%
Industria	20%
Polvo natural	49%
Vehículos a gasolina	5%
Vehículos diésel	19%

Para aclarar definitivamente la participación en el *smog* de las partículas emitidas por los motores diésel, debe considerarse otra variable. El tramo PM10 corresponde a un material de densidades muy bajas, siendo estas partículas, por lo tanto, extremadamente livianas, y, por tal motivo, permanecen en suspensión, contaminando la atmósfera por largos periodos de tiempo.

Esta característica implica que la participación porcentual de las partículas respirables en las concentraciones contaminantes no guarde relación con las emisiones. La tabla que sigue revela la participación relativa de las distintas fuentes, que pone de relieve el efecto que producen los motores de la movilización colectiva de Santiago.

<b>Partículas respirables (PM10)</b>	<b>Participación en concentración ambiental</b>
Residencias y otros	2%
Industria	6%
Polvo natural	15%
Vehículos a gasolina	6%
Vehículos diésel	71%

Además de su contribución directa a las concentraciones de PM10, los vehículos en general también son los responsables de

producir polvo del desgaste de sus neumáticos, balatas de frenos, discos de embrague, y de levantar polvo desde las calles de tierra y pavimentadas.

La toxicidad de las emisiones diésel es además mucho más alta que la del polvo natural, implicando que en rigor su participación porcentual en la contaminación ambiental debería ser corregida a través de la aplicación de un factor mayor a 1.

### LOS MÁS PELIGROSOS CONTAMINANTES

Algunos de los contaminantes que afectan a Santiago revisten mayor gravedad, debido a que exceden con frecuencia las normas de calidad del aire. Aunque no son los únicos, los dos más peligrosos son las partículas respirables que emiten los motores diésel de la locomoción colectiva y el monóxido de carbono (CO), responsabilidad de los vehículos gasolineros.

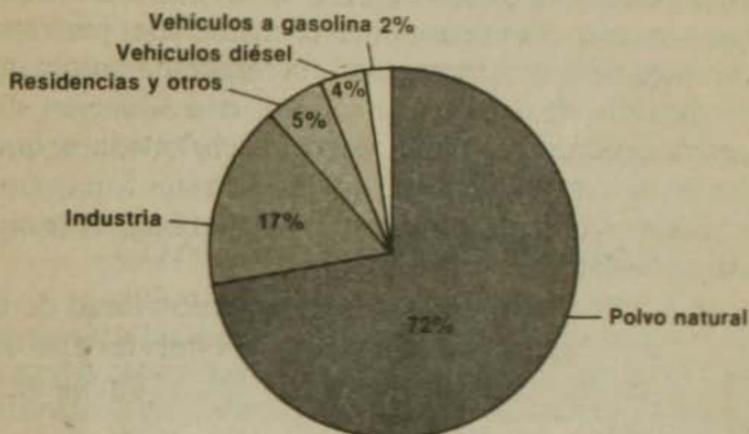
Esta situación se complica bastante más y, por otra parte, explica las acciones que promueve la Comisión de Descontaminación a través de los organismos públicos encargados del control.

Durante los años recientes, las principales fuentes emisoras de contaminantes han estado creciendo a ritmos altos. El parque de buses y taxibuses de Santiago se dobló entre 1980 y 1988 (de 6 mil a 12 mil). El parque de automóviles registrados en la Región Metropolitana ha crecido 30 por ciento en los últimos tres años, alcanzando a 450 mil en diciembre de 1990.

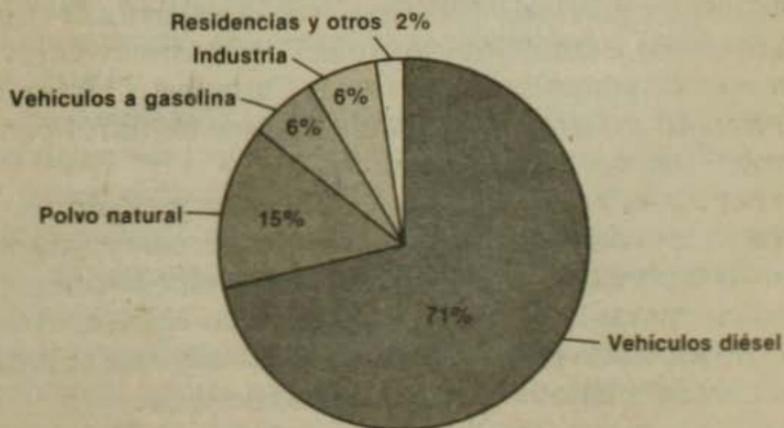
De acuerdo a la información disponible (entendiendo por ésta la obtenida a través de las mediciones de la red monitorea —Macam y monitores secuenciales semiautomáticos del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, SSMA— y la entregada por los distintos estudios y proyectos efectuados durante los últimos cinco años), *en Santiago se superan las normas de calidad ambiental de CO (de 1 u 8 horas) en los meses de mayo a septiembre; de oxidantes fotoquímicos (éste es un contaminante secundario producido por la reacción de óxidos de nitrógeno y*

## FUENTES EMISORAS DE PARTÍCULAS

### PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN



### PARTÍCULAS RESPIRABLES (PM10)



compuestos orgánicos volátiles en la presencia de luz solar —ultravioleta—) *en los meses de diciembre a marzo; de partículas totales en suspensión (de 24 horas) en los meses de mayo a septiembre y la anual (por un factor 3) al menos desde 1976 y la fracción respirable (de 24 horas) durante los mismos meses.* Para este último caso, sólo se disponen de mediciones para los últimos dos años, pero la norma anual fue superada ampliamente. Para los dióxidos de azufre y nitrógeno, esta situación sólo se produce en casos muy puntuales, pero no debe olvidarse que este último es precursor de la formación de oxidantes fotoquímicos, razón por la que debe ser controlado, al igual que los compuestos orgánicos volátiles.

Los compuestos azufrados son de responsabilidad de la industria. Sin embargo, no suelen exceder las normas con demasiada frecuencia, aunque provocan grave daño al ambiente en su entorno puntual.

Por otra parte, los más grandes emisores son sólo algunas empresas. La Central Termoeléctrica de Renca, que al desaparecer la sequía de 1990 suspendió su operación, aporta emisiones que corresponden a un alto porcentaje en el total de toda la industria de la región, pero Chilgener está implementando un sistema de filtros y estudia el cambio del combustible. Otras dos poderosas fuentes emisoras, las firmas Carbomet y Molibdenos y Metales, están también instalando sistemas de filtros para rebajar sus niveles de contaminación.

En todo caso, y considerando el comportamiento de los vientos dentro de la cuenca geográfica de Santiago, parece una medida no recomendable la instalación de grandes complejos industriales, nuevas fábricas o el traslado de las actuales al sector norte, ya que está comprobado que toda emisión que se produzca en cualquier punto afecta a la totalidad del valle.

## CAPÍTULO V

### CONTAMINACIÓN Y SALUD

Los resultados de las investigaciones científicas, en cuanto al daño que produce la contaminación en la salud de las personas, han alarmado en justa medida a la opinión pública nacional.

Los estudios médicos han identificado a los compuestos químicos que desencadenan enfermedades especialmente de tipo respiratorio, pero también se han encontrado evidencias de cáncer. Existen en el aire de la capital chilena sustancias cancerígenas, cuyos efectos pueden ir acentuándose con el paso del tiempo si el problema ambiental de la ciudad no es superado en el corto plazo.

El daño en la salud humana depende del tipo de contaminante, del tiempo de exposición y del nivel de concentración o inmisión. Como se ha dicho, este término, *inmisión*, se define clínicamente como la entrada del aire a los pulmones y se usa por extensión para denominar la concentración de contaminantes en el aire que se respira.

Se habla de efectos agudos cuando el daño es consecuencia de la exposición a altas concentraciones de contaminantes por un corto periodo de tiempo (1, 8 ó 24 horas, según sea el contaminante). Los casos agudos son esencialmente reversibles cuando no sobreviene la muerte.

Efectos crónicos, en cambio, son el resultado de exposiciones

**Cuadro N° 8**  
**Niveles de concentración de contaminantes**  
**peligrosos para la salud**  
**(en micrones/m<sup>3</sup>)**

Contaminantes	Periodos			
	1 hora	8 horas	24 horas	1 año
Monóxido de carbono (CO)	—	43.650	—	—
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	—	—	2.620	—
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	3.750	—	—	—
Ozono (O <sub>3</sub> )	1.400	—	—	—
Partículas-Fracción respirable (PM10)	—	—	330	—

**Fuente:** "Proposición de un nuevo índice de calidad del aire", S.S.M.A. 1987. Tabla N° 3.

durante largo tiempo en condiciones de concentración que pueden ser más bajas. En este caso, se consideran periodos anuales o mayores, en lo referente a las mediciones, y los daños producidos tienden a ser permanentes.

El 12 de abril de 1988, el Ministerio de Salud dictó la Resolución N° 369, en que se estableció el Índice de Calidad del Aire (ICA) —directamente relacionado con los efectos en la salud humana—, que sería la base para las mediciones de todos los compuestos que participan en la mala calidad del aire en la Región Metropolitana.

La tabla era necesaria para la plena comprensión de la opinión pública de los niveles de las concentraciones de los diversos

Cuadro N° 9 Índice de Calidad del Aire (ICA) y efectos en la salud humana		
Índice	Calificación	Efectos en la salud (1)
0-100	Bueno	—
101-200	Regular	Efectos suaves en personas susceptibles. Síntomas de irritación en población sana.
201-300	Malo	Empeoramiento significativo de síntomas y baja de la tolerancia al ejercicio en personas enfermas del corazón o pulmones. Síntomas generalizados en población sana.
301-400	Crítico	Aparición prematura de enfermedades, empeoramiento de síntomas y disminución de la tolerancia al ejercicio en personas sanas.
401-500	Peligroso	Muerte prematura de personas enfermas o ancianas. Personas sanas experimentarán síntomas adversos que afectarán su actividad normal.
(1) Emergency episode plans and episode action plans, EPA.		

FUENTE: Resolución 369, del 12-04-88, del Ministerio de Salud.

contaminantes que se expresan en distintas unidades de medida (ver cuadro N° 9), no siempre relacionadas entre sí y difíciles de asimilar.

**Cuadro N° 10**  
**Efectos de los contaminantes sobre la salud**

Contaminante	Efectos observados	Órganos afectados	Personas afectadas
Partículas en suspensión (fracción respirable - menos de 10 micrones de diámetro).	Disminuye la capacidad respiratoria. Aumenta la frecuencia del cáncer pulmonar.	Sistema respiratorio.	Personas alérgicas. Enfermos respiratorios crónicos.
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ).	Bronco constricción (se potencia en presencia de partículas y/o alta humedad ambiental).	Sistema respiratorio.	Especialmente personas asmáticas.
Monóxido de carbono (CO).	Disminuye transporte de oxígeno en la sangre.	Sistema cardiovascular y encefálico.	Enfermos cardíacos, fumadores, drogadictos, bebedores y alérgicos.
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).	Disminuye la capacidad pulmonar y aumenta la frecuencia de infecciones respiratorias.	Sistema respiratorio.	Todos. Especialmente pacientes con déficit respiratorio previo.
Oxidantes fotoquímicos (ozono y otros).	Bronco constricción. Irritación de mucosas.	Ojos y sistema respiratorio.	Asmáticos. Enfermos respiratorios crónicos. Atletas de alto rendimiento.

Fuente: Dr. Bello, Sergio: Obra cit., págs. 155-157.

Una investigación epidemiológica despejó todas las dudas respecto al tema en 1988. Se trataba de uno de los estudios encargados por la Intendencia Metropolitana y que encabezó el doctor Roberto Belmar Erpel.

Por primera vez en el país se obtenían cifras que confirmaban el daño que causa la contaminación en las personas. Durante la investigación se comprobó que en el área de estudio se registraron 53 mil casos adicionales de neumonía, debido a las alteraciones que provocaba el *smog* en el tracto respiratorio de personas sanas. Quedó establecido en el estudio, además, que los contaminantes secundarios —que se generan por reacciones químicas— disminuyen en forma directa las defensas inmunológicas humanas.

Los casos de neumonía eran una fracción de un total de alrededor de 110 mil enfermedades respiratorias superiores o agudas que se registraron en la investigación.

Por su parte, el bioquímico doctor Lionel Gil estudió los efectos de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), que se encuentran en el material particulado, llegando a la conclusión “de que tienen la capacidad potencial para producir o inducir el cáncer en los seres vivos”. También se concluyó que las partículas en suspensión “demostraron claramente ser mutagénicas en todos los ensayos realizados con muestras obtenidas en el año 1988”. Al riesgo del cáncer, la contaminación sumó la probable capacidad de producir mutaciones en los seres vivos.

El doctor Luis Martínez Oliva resumió en el estudio *Principales contaminantes y sus riesgos* los efectos de las sustancias contaminantes en la salud humana. De este importante y completo trabajo, expuesto en septiembre de 1990 en un seminario sobre control del medio ambiente, organizado por el Centro El Canelo de Nos, se extracta la información que sigue:

### MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Las principales fuentes emisoras del monóxido de carbono

(CO) son los vehículos con motores a gasolina.

El oxígeno y el monóxido de carbono inhalado por una persona son transportados dentro del cuerpo por la hemoglobina. En el proceso se produce anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) mediante metabolismo celular en todas las partes del organismo, y la sangre recibe y retira este producto residual de las células. En los pulmones, el  $\text{CO}_2$  se intercambia por oxígeno ( $\text{O}_2$ ), permitiendo la adecuada oxigenación celular. La hemoglobina, rica en oxígeno, lo transporta luego hacia las células.

El CO daña el organismo, ya que interfiere la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno, pues la afinidad del CO con la hemoglobina es doscientas veces mayor que la correspondiente al oxígeno. La hemoglobina a la cual se ha adherido el CO —que se llama carboxihemoglobina— no puede transportar oxígeno hacia las células. El CO ejerce así el grave efecto de disminuir la habilidad de la sangre para transportar oxígeno.

Esta disminución del transporte de oxígeno puede afectar el sistema cardiovascular, siendo especialmente peligroso cuando hay alteraciones previas de la función miocárdica.

Existen también evidencias de que el CO, ante una exposición continua, puede favorecer la arteriosclerosis, especialmente a nivel coronario. Esta situación es más delicada en los fumadores.

Dependiendo de la concentración atmosférica del CO y del tiempo de exposición, se observa una amplia gama de efectos que incluye la disminución de la capacidad visual, disminución en el rendimiento en pruebas sicomotoras, dolores de cabeza, fatiga, desmayos, coma, falla cardiorrespiratoria y finalmente la muerte.

En general, se considera que comienza el riesgo cuando se alcanzan concentraciones de carboxihemoglobina de cuatro por ciento o más en la sangre, lo que sucede con exposiciones a niveles de CO en el ambiente de veinticinco partes por millón (ppm) en veinticuatro horas o de cien partes por millón en una hora.

Estos efectos pueden además acentuarse en individuos que

previamente han ingerido alcohol, sedantes, antihistamínicos o medicamentos hipotensores.

Es importante advertir que en concentraciones menores puede producir somnolencia y descenso de la audición, sopor y disminución de los reflejos, que explican accidentes domésticos y del tránsito.

El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) generalmente no se considera como contaminante atmosférico, debido a que es un componente natural de la atmósfera. Sin embargo, está siendo descargado en forma artificial a la atmósfera como un producto de la combustión incompleta, a una tasa suficiente como para aumentar de manera significativa la concentración atmosférica.

Aunque el  $\text{CO}_2$  no tiene efectos aparentes sobre la salud en las concentraciones normalmente encontradas, afecta en forma importante el clima global.

### Cuadro N° 11

#### Efectos de la exposición continua a distintos niveles de monóxido de carbono (CO)

Nivel de CO (p. p. millón)	% de carboxihemoglobina (COHb) en la sangre	Efectos
10	2	Alteraciones del juicio de la percepción visual
100	15	Cefalea
250	32	Pérdida de conciencia
750	60	Muerte después de algunas horas
1000	66	Muerte rápida (minutos)

Fuente: Dr. Bello, Sergio: Obra cit., pág. 155.

## ÓXIDOS DE NITRÓGENO

El dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) es producido en la atmósfera por oxidación del óxido nítrico ( $\text{NO}$ ), el cual se emite como resultado de los procesos de combustión a altas temperaturas, en los que se utilizan combustibles fósiles, como los procesos industriales y especialmente los vehículos que utilizan petróleo y bencina.

Debe tenerse presente que no existen pruebas de que el óxido nítrico por sí mismo sea peligroso para la salud a los niveles de concentración en que se encuentra en el aire urbano.

El  $\text{NO}_2$  es principalmente responsable del tinte cafésoso asociado con la contaminación atmosférica, aunque la mayor fuente de colaboración y de disminución de la visibilidad es, en realidad, el material particulado o PTS.

El dióxido de nitrógeno afecta la vía aérea de manera similar al ozono ( $\text{O}_3$ ). En suficiente concentración, causa broncoconstricción —es decir, obstruye los bronquios—, tanto en asmáticos como en las personas sanas, y aumenta la reactividad inespecífica de la vía aérea.

Existen evidencias de que produce además un marcado aumento en la sensibilidad a agentes infecciosos.

Por otra parte, la exposición accidental a altas concentraciones de  $\text{NO}_2$  se ha asociado en las personas con cambios fibróticos del pulmón y edema pulmonar.

El dióxido de nitrógeno puede también transformarse en los pulmones en nitrosaminas, entre las cuales algunas pueden ser cancerígenas; es decir, desencadenan el cáncer.

Además, el efecto broncoconstrictor irrita los alveolos, produciendo síntomas parecidos a los del enfisema pulmonar tras una exposición prolongada a concentraciones del orden de una parte por millón (ppm).

## ÓXIDOS DE AZUFRE

El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) es un contaminante producido por la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo), fundamentalmente en los procesos industriales.

Es muy soluble y, como consecuencia, es absorbido en los conductos húmedos del sistema respiratorio superior. Produce en primera instancia un efecto irritante.

Es también un potente broncoconstrictor tanto en personas sanas como en pacientes con asma, siendo estos últimos mucho más sensibles al efecto de ese mal.

En un individuo sano respirando por la boca se requiere de cinco partes por millón (ppm) de dióxido de azufre para causar broncoconstricción, la que alcanza un asmático sólo con un ppm. El ejercicio incrementa este efecto, ya que al aumentar la ventilación, también lo hace el  $\text{SO}_2$  inhalado, bastando concentraciones aún más bajas, de 0,25 a 0,5 ppm, para provocar la anomalía.

El grado de broncoconstricción producido por el dióxido de azufre depende de su concentración en el aire inhalado, el grado de reactividad de la vía aérea, de la ventilación-minuto, de la distribución de aire inhalado entre la nariz y la boca y de la temperatura y humedad del aire.

Su efecto se potencia especialmente con el material particulado (PTS), pero también con ozono, dióxido de nitrógeno, pólenes y otros agentes broncoconstrictores.

Debido a que los asmáticos han demostrado ser especialmente sensibles al  $\text{SO}_2$ , se podría esperar que otros pacientes con patologías respiratorias también lo fueran; pero los datos recogidos hasta ahora son contradictorios.

A nivel internacional se está enfatizando la necesidad de que se establezcan normas para niveles máximos de dióxido de azufre en periodos cortos de tiempo (una hora), ya que sólo está regulado para un día y un año.

## PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN

El material particulado —las llamadas “partículas totales en suspensión”, PTS— está formado por pequeñas partículas sólidas menores de cincuenta micrones (um) de diámetro, siendo mayor su penetración mientras más pequeño es su tamaño.

La fracción respirable (PM 10) la constituyen aquellas de un tamaño menor de diez micrones, en la cual destacan las partículas de menos de dos micrones que son capaces de llegar hasta los alveolos pulmonares, de donde no pueden salir.

**Cuadro N° 12**  
**Respirabilidad de las partículas según tamaño**

Diámetro aerodinámico (en micrones)	Respirabilidad (%)
10,0	0
5,0	2,5
3,5	50
2,5	75
2,0	100

En Santiago, la fracción respirable constituye el cuarenta por ciento del material particulado que se registra en la atmósfera.

Las emisiones de PM 10 de la locomoción colectiva —debido a la mala combustión del petróleo— se encuentran en el tramo de tamaño inferior (menores de un micrón) de material particulado, al mismo tiempo que presentan densidades muy bajas, siendo por lo tanto muy livianas. Esto permite que permanezcan en suspensión por largos periodos de tiempo.

Tales características implican que la participación porcentual

de las emisiones de los vehículos de locomoción colectiva en las concentraciones ambientales no guarde relación con el índice que marcan (19 por ciento), sino que su participación real llega al 71 por ciento.

Los efectos de las partículas en la salud van a depender del tipo de sustancias tóxicas absorbidas en la superficie del material particulado, que en el caso de Santiago contiene plomo, sulfatos, hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPN) y hollín.

Las partículas tienen un efecto sinérgico o potenciador con el resto de los contaminantes, y son las que en los estudios epidemiológicos muestran la mayor asociación con exacerbaciones de cuadros respiratorios agudos y crónicos, tanto del tracto respiratorio superior (faringitis, faringotraqueítis) como del tracto respiratorio inferior (bronconeumonías, neumonías). A la vez son desencadenantes de crisis asmáticas, aumentando su frecuencia o intensidad.

Actúan provocando irritación del tracto respiratorio, alterando la permeabilidad del epitelio respiratorio, aumentando la reactividad inespecífica de bronquios y bronquiolos y en general potencian una mayor sensibilidad a las infecciones.

Los HAPN, por su parte, contienen sustancias cancerígenas como el benzoalfapireno y el benzoantraceno, que han sido identificados como causantes de cáncer.

## OXIDANTES FOTOQUÍMICOS (SMOG FOTOQUÍMICO)

El ozono ( $O_3$ ), el nitrato de peroxiacetil (PAN) y el nitrato de peroxibenzol (PBN) y otras sustancias trazas que pueden oxidar el ión yoduro de potasio se denominan oxidantes fotoquímicos. Tanto el ozono como el PAN están presentes en concentraciones mayores.

Los efectos dañinos del *smog* fotoquímico están generalmente relacionados con las concentraciones de estas especies, que

# LAS PARTÍCULAS EN EL ORGANISMO HUMANO

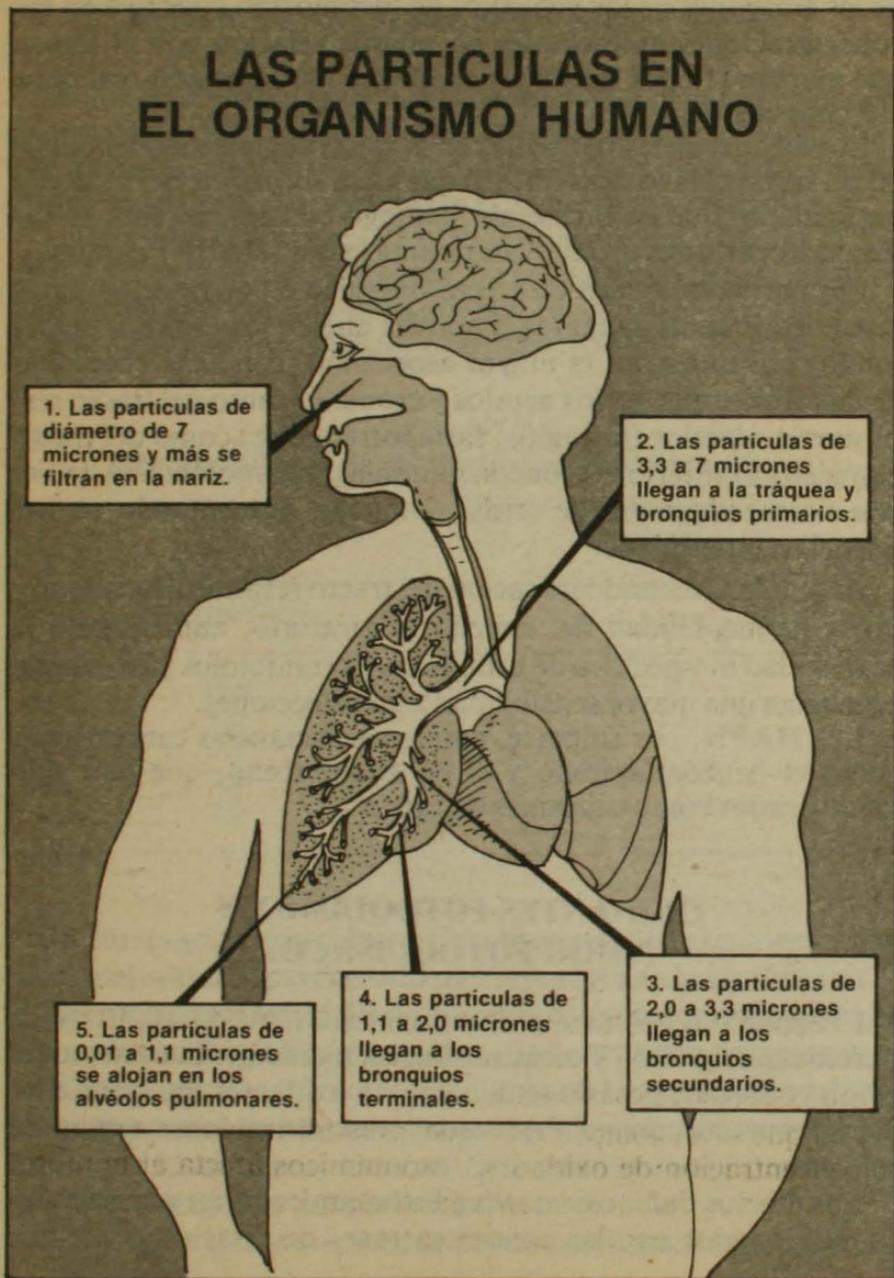
1. Las partículas de diámetro de 7 micrones y más se filtran en la nariz.

2. Las partículas de 3,3 a 7 micrones llegan a la tráquea y bronquios primarios.

5. Las partículas de 0,01 a 1,1 micrones se alojan en los alvéolos pulmonares.

4. Las partículas de 1,1 a 2,0 micrones llegan a los bronquios terminales.

3. Las partículas de 2,0 a 3,3 micrones llegan a los bronquios secundarios.



son contaminantes secundarios de zonas urbanas. Se forman por acción de la luz solar sobre hidrocarburos (HC) y óxido nítrico ( $\text{NO}_2$ ).

Los oxidantes —principalmente el PAN y el PBN— causan irritación ocular severa. En combinación con el ozono irritan la nariz y la garganta, causan constricción al pecho y en concentraciones elevadas producen estornudos severos e inhabilidad para concentrarse.

La inhalación de ozono produce broncoconstricción tanto en personas sanas como en asmáticas. Esta broncoconstricción (que obstruye los bronquios) depende de la concentración de ozono inhalada y del grado de ejercicio realizado durante la exposición. El efecto broncoconstrictor no difiere en magnitud en asmáticos y en sanos.

Existe un grupo que se ha identificado como más sensible al ozono inhalado, el de los atletas de alto rendimiento. Sufren disminución de la función respiratoria, con síntomas de irritación laríngea y traqueal cuando son expuestos a concentraciones de ozono de más de una parte por millón (ppm) durante un ejercicio vigoroso.

Un importante aspecto de la broncoconstricción inducida por ozono es que exposiciones repetidas causan adaptación de la respuesta broncoconstrictora.

La exposición aguda a ozono también aumenta la reactividad inespecífica de la vía aérea, y en este sentido induce o exacerba el asma.

Por otra parte, la exposición continua a ozono posiblemente sea capaz de aumentar la permeabilidad del epitelio respiratorio humano; tendría una probable capacidad de facilitar las infecciones del tracto respiratorio.

Aunque se ha comprobado que las modificaciones agudas de la concentración de oxidantes fotoquímicos afecta al hombre, queda por demostrar si existe una relación entre esas variaciones y las enfermedades respiratorias crónicas.

## DIAGNÓSTICO PREOCUPANTE

En 1990, y después de estudiar los efectos de la contaminación atmosférica en Santiago, la Academia de Medicina del Instituto de Chile hizo públicas sus conclusiones, que constituyeron un preocupante diagnóstico.

En un documento entregado a la opinión pública señalaba:

La contaminación atmosférica puede ejercer tres tipos de acciones deletéreas sobre la salud:

— Efectos agudos producidos por la acción de elevadas concentraciones de contaminantes, durante un corto periodo. Son los que sentimos todos, en mayor o menor proporción, durante los meses de invierno. Los efectos agudos se expresan por irritación de las mucosas, conjuntivitis, faringitis, laringitis y bronquitis; debilitamiento de los mecanismos de defensa del aparato respiratorio, favorecedores de infecciones respiratorias de las vías aéreas superiores y neumonías; aumento en la frecuencia e intensidad de las crisis asmáticas y aumento de los síntomas de los enfermos portadores de bronquitis crónica, enfisema pulmonar y cardiopatías coronarias, que pueden conducir a su agravación y aun a la muerte.

— Efectos crónicos debidos a la acción mantenida de concentraciones variables de contaminantes por largos periodos, los que pueden aumentar la incidencia y gravedad de algunas enfermedades pulmonares crónicas, como el asma bronquial, la bronquitis crónica obstructiva y el enfisema pulmonar.

— Efectos diferidos, causados por la acción prolongada de algunos contaminantes, los que pueden presentarse incluso mucho tiempo después del cese de la exposición. Aunque estas acciones son más difíciles de evaluar, se sabe que pueden ser causantes de mutagénesis y de carcinogénesis. Así, se ha observado una mayor prevalecencia de cáncer pulmonar entre los habitantes de áreas con contaminación atmosférica, en comparación con los de zonas rurales, a igual consumo de cigarrillos.

Aunque la contaminación atmosférica es reconocidamente dañina para la salud, debe enfatizarse que el humo de tabaco es sobre cien veces más deletéreo para los fumadores y sus vecinos que los más altos niveles de contaminación que se hayan detectado hasta ahora en la atmósfera de Santiago.

Las poblaciones de más alto riesgo frente a los efectos de la contaminación atmosférica son los niños de menos de cinco años, los enfermos cardiopulmonares crónicos, las embarazadas y los senescentes. Estos grupos deben ser prevenidos en forma especial, para que en los periodos en que los contaminantes alcanzan niveles críticos se abstengan de salir de sus casas y de practicar cualquier ejercicio físico que determine aumento de la ventilación pulmonar.

Desde un punto de vista síquico, se ha mostrado el influjo de esta atmósfera contaminada en la aparición de cuadros caracterizados por irritabilidad, tendencia a la violencia, a la fatigabilidad corporal y mental, a los desórdenes sensoriales que no guardan proporción con la cantidad y calidad del trabajo desempeñado.

Aparte del Instituto de Chile, que resume en un marco de prudencia pero necesario pragmatismo los efectos del *smog* en la salud de las personas, numerosos investigadores, tanto en el país como en el extranjero, continúan allegando información al respecto.

En una conferencia que en julio de 1991 dictó en Santiago el doctor Pedro Oyola, profesional chileno residente en Suecia, en donde se desempeña como jefe de la División Contaminación de la Agencia de Protección del Ambiente, enfatizaba que todos los contaminantes dañan el organismo, y se refería a los metales pesados, que a través del sistema sanguíneo van a alojarse en los riñones, los pulmones, el hígado y otros órganos y partes del cuerpo, y que el riesgo de contraer cáncer era cierto.

También en julio de 1991, el jefe de Atención Primaria del Ministerio de Salud, doctor Roberto Belmar, repetía las conclusiones del estudio que llevó a cabo en 1988. Como está dicho,

quedó demostrado que los niños de Santiago tienen un mayor riesgo de contraer bronconeumonías en relación a aquellos que viven en zonas libres de *smog*. El profesional recordó, asimismo, que en los últimos diez años en dos oportunidades se ha detectado un incremento de las muertes por neumopatías en periodos de alta contaminación atmosférica. Las cifras consideradas normales, tres fallecimientos diarios por estas causas, en esas ocasiones se elevaron a nueve.

Sin embargo, hasta ahora los estudios epidemiológicos no han podido establecer en el área metropolitana, en forma científica, una relación directa entre el número de fallecimientos y las altas concentraciones de contaminantes.

Por su parte, el jefe de la División de Programas de Salud, doctor Luis Martínez, daba a conocer las más recientes estadísticas. En el mes de junio de 1991 —como en el año anterior— se registró en la Región Metropolitana un aumento del 80 por ciento de las consultas por enfermedades respiratorias. Y como en otras oportunidades, en los días de lluvia la cantidad de consultas de urgencia se minimizó hasta casi desaparecer en todos los establecimientos asistenciales.

Pero lo que resulta claro para el habitante de Santiago es que los efectos diferidos de la contaminación en el organismo ya nadie los pone en duda. Y esta verdad, que durante varios años permaneció en una estricta reserva, es ya de conocimiento público. El *smog* es probablemente causa de una mayor frecuencia de cáncer pulmonar, provoca trastornos mutagénicos y puede desencadenar efectos teratogénicos; es decir, producir nacimientos de seres con graves anomalías o monstruosidades en sus órganos.

## CAPÍTULO VI

### EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y DESARROLLO ECONÓMICO

El mundo está despertando a una alarmante realidad. El desequilibrio ecológico producido por la especie humana amenaza en nuestros días la existencia misma del planeta. Y lo que ayer parecían excéntricas argumentaciones de los movimientos conservacionistas, hoy es la principal inquietud de la comunidad científica internacional.

Los argumentos que explican el deterioro del medio ambiente mundial ya no son puestos en duda. Y se reconoce que el mal no afecta únicamente a una región puntual del globo, sino al planeta en su totalidad. El llamado "efecto invernadero", el adelgazamiento de la capa de ozono o la tala indiscriminada de los grandes bosques son algunos de los numerosos problemas que preocupan a la humanidad. Porque el planeta puede transformarse en un verdadero infierno.

Hace unos doce mil años la Tierra vivió su último periodo glacial. Entonces, los hielos cubrían hasta España, por el norte, y Santiago de Chile, por el sur. Luego, las temperaturas ascendieron y el gélido color blanco se retiró hacia los polos, dejando disponibles miles de hectáreas para el cultivo y la explotación agrícolas.

Pero nuestro planeta está en continuo cambio, y la mano del hombre muchas veces acelera los procesos naturales. Y ahora se piensa que en el futuro, quizás en unos pocos años, los glaciares se derretirán lentamente, inundando zonas habitadas en la actualidad.

En la Universidad de Cambridge, Inglaterra, un físico especialista en hielos anunció en 1989 que las “mediciones del sonar de un submarino inglés dejaron en evidencia que en la última década la capa permanente del casquete del polo Ártico había sufrido un adelgazamiento dramático”. A juicio de los especialistas, “ésta podría ser una prueba efectiva de que el llamado *efecto invernadero* es una realidad y que sus temibles consecuencias llaman a adoptar medidas de prevención, para evitar una pausada pero temible evolución del planeta, producida exclusivamente por sus habitantes humanos”.

En los últimos 130 años, la temperatura media anual ha subido aproximadamente 0,5 grado Celsius; las mediciones de temperatura en los hielos eternos del Ártico dejan en evidencia un incremento de 2 a 4 grados Celsius desde 1870; la superficie del océano ha subido en los últimos cincuenta años de 2 a 2,5 milímetros anuales en todo el mundo. Y como prueba de que algo está ocurriendo, existen imágenes de satélite que captaron el momento en que se desprendía un témpano gigante del ventisquero de Ross, en la Antártida, hecho que no ocurría por primera vez.

“Es realmente irónico —dijo hace un tiempo el científico norteamericano Michael D. Lemonick— que justamente en el momento en que comenzamos a entender los ritmos que condicionan el acontecer climático desde hace millones de años, estamos a punto de alterarlos en forma irreversible.”

Aunque la mayoría de los especialistas están de acuerdo en que se requieren mayores estudios, y que está por comprobarse científicamente la exacta cuota de responsabilidad del hombre en la agudización del efecto invernadero, ya existe cierto consenso frente a algunas predicciones. “Si la contaminación atmosférica continúa tal como hasta ahora —declara Hartmut Grassl,

investigador climático alemán—, no estamos demasiado errados al suponer que la temperatura a nivel mundial subirá en el próximo siglo de 1,5 a 4,5 grados Celsius.” Algunos hablan de cifras mayores.

El efecto que este calentamiento produciría sobre los océanos también ha sido cuantificado. De acuerdo con los pronósticos, para el año 2100 el nivel de las aguas del mar podría aumentar entre uno y tres metros; ya en la actualidad cada año estaría subiendo un milímetro.

### EQUILIBRIO ALTERADO

Todavía habitante de las cavernas, el hombre aprendió a generar fuego frotando trozos de madera, consiguiendo no sólo modificar poderosamente su alimentación, sino también distinguirse del resto de los animales, al emprender el camino de la tecnología que lo iba a llevar al pleno dominio del planeta. Pero también en ese instante histórico inició la lenta perturbación de la atmósfera, al incorporarle ciertos elementos que a largo plazo pondrían en peligro la vida en la Tierra. “Sabemos —afirma Hernán Santis, doctor en Geografía— que permanentemente están ocurriendo procesos naturales; pero con nuestra acción, ya sea intuitiva o racionalmente, aceleramos los procesos.”

La atmósfera actúa a modo de capa protectora, que ayuda a que el hombre, las plantas y los animales encuentren las condiciones necesarias para subsistir: permite el paso de la radiación solar hasta la superficie, y su contenido de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el vapor de agua, entre otros gases, impiden la pérdida total de esa energía, devolviéndola a la superficie para mantener una temperatura promedio de 35 grados. Se calcula que si no fuera por la atmósfera, esta temperatura sería de aproximadamente veinte grados bajo cero y, en tal caso, la superficie terrestre estaría cubierta de hielo y sin vida.

Pero los problemas comienzan a surgir al alterarse la composición de este beneficioso filtro planetario. Como lo explica Isaac Asimov, “la atmósfera consiste casi por entero de oxígeno,

nitrógeno y argón; estos gases son bastante transparentes tanto para la luz visible como para la clase de emisión infrarroja que emite la superficie terrestre cuando está caliente. Pero la atmósfera contiene también 0,03 por ciento de dióxido de carbono, que es transparente para la luz visible, pero no demasiado para los infrarrojos, y actúa en la atmósfera como el vidrio de un invernadero”.

En otras palabras, una más alta concentración de ese compuesto en la atmósfera impedirá en mayor grado, después del calentamiento que producen los rayos solares, la salida de la radiación térmica que emiten el suelo y las aguas de los mares, concentrando el calor sobre la superficie terrestre y elevando así la temperatura.

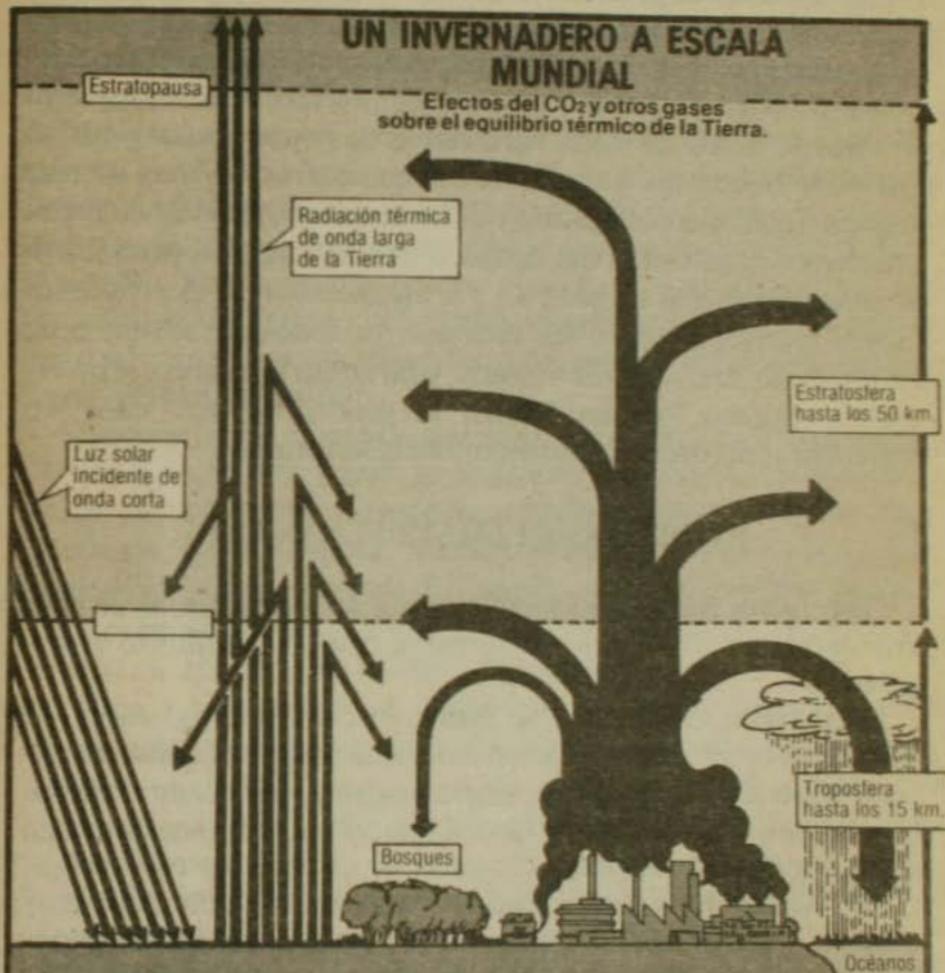
Es por eso que los hombres de ciencia han alertado al mundo respecto de la cantidad liberada de anhídrido carbónico. Se estima, en tanto, que desde el 1800 el contenido de  $\text{CO}_2$  ha aumentado de 280 a 347 partes por millón (ppm) y que cada año se incrementa en 1,6, reteniéndose cada vez más energía.

No es el  $\text{CO}_2$  el único causante del problema. A él se suman otros compuestos, como el metano y los clorofluorocarbonos (CFC) —compuesto que liberan los sistemas de refrigeración de todo tipo y los aerosoles domésticos—, que junto con atacar la capa de ozono, refuerzan el efecto invernadero. El agujero que continúa formándose en aquel estrato —el ozono protege del ingreso a la troposfera de los rayos ultravioletas— amenaza con modificar sustancialmente los sistemas naturales a nivel de la corteza terrestre, aparte de los daños mortales que provocaría a todos los seres vivos.

El desequilibrio se está acentuando en los últimos años por la destrucción de grandes zonas de bosques, que desaparecen a manos de una civilización que rompe la armonía natural con propósitos económicos y en busca de mayores espacios para cultivos agrícolas o el establecimiento de nuevas ciudades. La tala de los bosques, que cumplen la función de pulmones del planeta, pro-

## UN INVERNADERO A ESCALA MUNDIAL

Efectos del  $\text{CO}_2$  y otros gases sobre el equilibrio térmico de la Tierra.



Desde los inicios de la era industrial se ha estado perturbando la circulación gaseosa de la naturaleza con la creciente adición de combustibles fósiles. Solo una parte del  $\text{CO}_2$  (anhídrido carbónico) liberado en la atmósfera es absorbida por los bosques y los océanos. Los rayos incidentes del Sol (de onda corta) pueden pasar a través de la atmósfera enriquecida con  $\text{CO}_2$ . Pero una parte cada vez mayor de la radiación térmica terrestre (de onda larga) es reflejada hacia la Tierra, debido a la concentración más alta de  $\text{CO}_2$ , lo que produce el aumento de la temperatura. Este "efecto invernadero" se agudiza por la presencia de otros gases, como los clorofluorocarbonos (CFC), usados en sistemas de refrigeración, aerosoles, etc., y el óxido nítrico expulsado por los vehículos y las industrias.

duciría un cambio de clima en toda la Tierra, creando grandes zonas de desiertos en donde hoy existe vegetación.

La alteración de la temperatura significa un trastorno climático general, y niveles de contaminación capaces de producir el fenómeno podrían esperarse para el 2030, fecha no tan lejana en el tiempo. Se estima que con variaciones de pocos grados podrían esperarse efectos tan variados como una alteración en el sistema general de circulación del aire y de las zonas geográficas de precipitaciones, modificaciones de las corrientes marinas, produciendo nuevos cambios climáticos, y la agudización de ciertos fenómenos extremos, como los ciclones, periodos de sequía o de grandes inundaciones. En síntesis, y tal como lo expresa el investigador chileno Hernán Santis, se produciría un "caos" o destrucción del orden y la armonía de la naturaleza.

## EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Otro factor debe considerarse frente a los problemas de contaminación en Chile, tan preocupante como el equilibrio ecológico.

Encontradas opiniones se han vertido dentro y fuera de nuestras fronteras ante el deterioro ambiental que implica el crecimiento económico, el que, por otra parte, es necesario alcanzar para los fines de equidad social que toda nación se plantea en su búsqueda del progreso y bienestar de sus habitantes. Las Naciones Unidas han recomendado al respecto un "desarrollo sustentable" que de alguna manera logre los avances que se persiguen sin descuidar la protección del planeta y la calidad de vida, aplicando racionalmente medidas para la conservación de los recursos naturales, y estos objetivos de crecimiento económico, equidad social y conservación ambiental deberán alcanzarse en forma simultánea e interrelacionada.

La situación reviste primordial importancia para el país, ya que es un hecho que las naciones desarrolladas —ante la presión

de los movimientos ecologistas internacionales— tienden a sustituir las importaciones de los productos que puedan dañar el ambiente en los países de origen, ya que a la larga involucran a toda la Tierra. Ello podría perjudicar en alguna medida las exportaciones chilenas.

Recientemente el secretario ejecutivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama), Rafael Asenjo, ha aclarado que la legislación ambiental que se estudia para el caso chileno considera en forma especial el concepto de desarrollo sustentable. Pero advierte que no sería realista proponer una normativa de tipo ciento por ciento conservacionista; el desafío es encontrar la fórmula más adecuada para incorporar la variable ambiental al desarrollo.

Superar el problema —que afecta no sólo a Santiago, sino a todas las regiones, y que involucra las metas de la política económica del país— no es, entonces, un asunto nacional o meramente de estética o de salud. Va mucho más allá, puesto que Chile, como cualquier otro país del mundo, debe asumir una posición responsable frente al daño que está sufriendo el planeta como consecuencia de la actividad del hombre.

Para atacar a fondo la contaminación que se observa en todos los ámbitos, es necesario establecer un nivel de contaminación óptimo para la sociedad, ya que es imposible eliminarlo por completo, lo que significaría la total paralización de la actividad humana.

Todos los estudios han demostrado que para reducir los niveles de concentración de contaminantes la sociedad tiene que incurrir en gastos. Y el costo marginal para lograr cada vez mejor calidad del aire en el caso específico de ciudades como Santiago, Valparaíso o Concepción, será creciente por la necesidad de utilizar filtros, modificar los procesos productivos y los sistemas de transporte o de emplear insumos menos contaminantes.

Así, desde el punto de vista económico, debe encontrarse el nivel óptimo de contaminación, para el cual el costo de reducirla se iguale al beneficio que se obtendrá en términos de los menores

daños que deberán registrarse. Este nivel óptimo necesariamente variará con el tiempo, ya que es consecuencia del desarrollo económico del país. "Al aumentar los niveles de ingresos de la población, se valoran más aspectos tales como la estética y el bienestar; pero con el desarrollo también aumentan los emisores, haciéndose más costoso lograr lo óptimo de la calidad de aire deseado" (\*).

Situándonos en el problema específico de la capital nacional, si bien el planteamiento teórico de la existencia de un nivel óptimo de contaminantes tiene sus virtudes, la naturaleza de "bien público" o de "bien de propiedad común" que tiene el aire limpio determina que alcanzar esa meta requiere un compromiso social en que tomen parte los afectados, los sectores productivos y de servicio, los economistas y los científicos. Todos ellos, unidos bajo el interés común, deben encontrar la solución al conflicto que significa enfrentar los costos que impone un ambiente contaminado con los costos de control que, al utilizar recursos, afectan tanto el nivel de ingresos como el crecimiento económico del país (\*\*).

---

(\*) *Algunas medidas para la descontaminación atmosférica de Santiago*, ya citada.

(\*\*) *Op. cit.*

## CAPÍTULO VII

### LAS FUENTES MÓVILES

El diagnóstico de la contaminación del aire que aqueja a Santiago ya ha sido confirmado. Las condiciones naturales de la cuenca geográfica que ocupa la ciudad resultan desfavorables para la dispersión de los contaminantes atmosféricos emitidos, y a causa del clima el problema se agudiza aún más en el periodo de abril a agosto. No se debe olvidar que en los meses estivales persiste el *smog*.

La concentración (inmisión) de los contaminantes aumenta en los meses fríos, agravándose en el caso de las partículas y el monóxido de carbono. Los dos contaminantes superan con frecuencia las normas de calidad del aire y ambos son de responsabilidad de las denominadas fuentes móviles. En efecto, las partículas son emitidas —además del aporte que significa el polvo depositado en las calles— principalmente por los motores diésel de la locomoción colectiva, mientras el monóxido de carbono lo producen casi en su totalidad los automóviles y en general los vehículos gasolineros.

La situación, actualmente frenada por la restricción vehicular en la Región Metropolitana —una medida declaradamente de emergencia mientras se llega a las soluciones definitivas—, tiende a agravarse si se considera el crecimiento del parque automó-

tor. Según expertos de la Comisión de Transporte Urbano, Santiago está bordeando los quinientos mil vehículos, y el sistema vial no está capacitado para contenerlos. Se piensa, en tanto, que en el 2005 esa cifra alcanzará el millón de unidades.

Estiman los expertos que para enfrentar tal crecimiento es necesario, antes que todo, el mejoramiento de la estructura vial existente mediante obras de gran envergadura y la construcción de nuevas vías. Está en estudio un sistema de costaneras paralelas al norte y al sur de la ribera del río Mapocho y otro en el Zanjón de la Aguada, cuyos costos alcanzarían los 137 millones de dólares. No obstante, son imprescindibles nuevas alternativas para las vías de gran circulación, como la Alameda.

Y sobre este problema de saturación vial se alza el de la contaminación.

A ello obedece que la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana haya dado prioridad al problema que plantean las fuentes móviles, proponiendo soluciones que debe implementar el Ministerio de Transportes.

## LOCOMOCIÓN COLECTIVA

Para el corto plazo, la Comisión propuso —y se están llevando a la práctica— medidas que tienden a minimizar el impacto de los vehículos en la contaminación atmosférica. De este modo, en el caso de la locomoción colectiva, en la que se comprueba un exceso de microbuses que llega al cuarenta por ciento, planteó el retiro de 2.600 buses construidos antes de 1972, prohibiendo además la importación de motores, partes y piezas usados. Preparó también un programa de mejoramiento de la operación de las plantas de revisión técnica mediante su automatización, para evitar la participación del criterio humano, ligado a un plan de control en la vía pública de la vigencia de los certificados de revisión técnica y de los humos visibles de los vehículos diésel. La norma de opacidad se redujo del 3 por ciento como máximo medido durante quince segundos, al dos por ciento en 1990.

A mediano plazo se propone un programa de reemplazo de motores en el transporte público y la modernización del sistema, y en el largo plazo la extensión de las líneas del Metro —una de ellas es el proyecto de la línea 3 a La Florida, actualmente en discusión— y el retorno de los trolebuses a la ciudad, ambos no contaminantes, ya que utilizan energía eléctrica. No obstante, algunas de estas metas podrán acercarse en el tiempo. Con los trabajos de postación y el tendido de las líneas que se están llevando a cabo, se espera que a fines de 1991 comiencen a circular por la avenida Independencia, entre la plaza Chacabuco y la Estación Mapocho, los primeros treinta trolebuses, veinte de ellos de los antiguos que existen en Valparaíso y que están siendo modernizados, y diez nuevos, procedentes de China.

Una serie de otras medidas complementarias están en estudio, como es el “ciclo-Metro”, cuyo plan piloto se implementa en la comuna Estación Central, en donde se instalarán estacionamientos gratuitos para bicicletas —con vigilancia policial—, cuyos usuarios podrán ingresar al centro utilizando el tren metropolitano. Se estudian además otras alternativas: el semi-Metro —un sistema subterráneo y de superficie—, tranvías, etcétera.

Se sabe que la emisión es sustancialmente mayor debido a la mala mantención de los motores que se practica a los microbuses, por una parte, y a que el personal de los establecimientos que las tienen a su cargo no posee la capacitación necesaria para realizar un trabajo profesional apropiado. Por ello, la Comisión recomendó crear plantas pilotos para la mantención de motores diésel y un programa de mejoramiento de los talleres mecánicos, atacando un problema de fondo de fácil solución, pero que requiere de voluntad.

Siete y media toneladas de hollín entregan cada día a la atmósfera de la cuenca de Santiago los vehículos diésel que recorren la ciudad con sus motores descalibrados. Así lo estableció un estudio en que participó, junto a un organismo de gobierno, la propia Asociación Gremial Metropolitana de Transporte de Pasajeros. Por otra parte, en junio de 1990 la Comisión Nacional de

Energía confirmó que el combustible que se usa en Chile se ajusta a las normas internacionales y por lo tanto no es causa directa de contaminación, como denunciaban los organismos empresariales del transporte público.

En reiteradas oportunidades se ha repetido que si definitivamente se lograra la correcta mantención de los motores diésel, el problema de la contaminación ambiental de la ciudad se reduciría en cerca del 40 por ciento, pudiéndose entonces eliminar la restricción vehicular en la región. Como beneficio aparte, los empresarios ahorrarían entre el 8 y el 10 por ciento en combustible.

Resulta obvio que debe buscarse, además, una solución para el régimen laboral de los choferes. El actual sistema de participación por la venta de boletos ha creado vicios que redundan en mayores emisiones, puesto que la competencia por conseguir pasajeros genera alocadas carreras que levantan el polvo depositado en las calles, aceleración de las máquinas y atochamientos. Sin duda que un sueldo base superior al actual y una comisión menor por el corte de boletos mejorarían la situación.

## LICITACIÓN DE VÍAS

Otra medida que se está poniendo en práctica en el área del transporte, sin duda la más resistida por los sectores afectados y que significó una protesta con la paralización del servicio, es la licitación del uso de vías para la locomoción colectiva.

El Ministerio de Transportes intentó poner en marcha el plan de licitación de vías céntricas para la locomoción colectiva. El propósito es ordenar y racionalizar el tránsito en el sector central de la ciudad. Por la Alameda Bernardo O'Higgins circula diariamente un número cercano a los 10 mil vehículos, contándose 1.100 por hora. Los estudios recomiendan, en las horas *peak*, de 500 a 600 vehículos.

Las arterias licitadas fueron la Alameda, entre Amunátegui y San Antonio; Mac Iver, entre Alameda y Santo Domingo; Mi-

raflares, entre esas mismas calles; Amunátegui, entre Alameda y San Pablo, e iguales tramos para San Martín, Teatinos y Bandera; San Pablo, entre San Martín y 21 de Mayo, y, por último, Santo Domingo, entre Miraflores y San Martín.

Todas las medidas que se estaban proponiendo en el verano de 1991, y que tocaban a microbuses y taxibuses con la licitación de vías y a los taxis, colectivos y automóviles particulares con la tarificación vial, tendían a conformar lo que la autoridad del Ministerio de Transportes calificó como "área céntrica regulada", a la cual sólo podrían acceder los vehículos autorizados para ello.

Para participar en la licitación, los empresarios no debían comprar sus derechos con dinero. El objetivo de descongestionar el área céntrica y de aminorar el impacto de la contaminación por partículas determinó que las propuestas se refirieran a la calidad de los servicios, tanto en lo que dice relación con las emisiones como a la atención de los usuarios.

En un principio, los gremios empresariales aceptaron el sistema. Sin embargo, después se opusieron tenazmente a él y hasta hicieron un paro de protesta. Cuando venció el plazo de la licitación, se presentaron unos pocos interesados, lo que no hacía posible poner en marcha el plan, que debía iniciarse, en principio, el 1° de julio.

Los propietarios de buses ofrecieron una restricción adicional voluntaria —que en la práctica fracasó—, demostrando que el negocio de la locomoción puede ser rentable con sólo el 60 por ciento de los vehículos trabajando. La respuesta del Ministerio de Transportes fue buscar el respaldo legal para prohibir de inmediato el ingreso al centro de la ciudad de los vehículos más antiguos y de aquellos que no cumplieran estrictamente las normas de emisión. La licitación de los recorridos —que posiblemente se extenderá a otros sectores de la ciudad— es una medida que no ha sido dejada de lado por las autoridades, y a pesar de la resistencia que provoca entre los autobuseros, es probable que final-

mente se implante a través de la legislación ambiental que se prepara.

En lo que respecta a transporte público, a fines de mayo de 1991 fue prohibido el tránsito de los taxis colectivos —estimados en unos tres mil— por al Alameda Bernardo O'Higgins, entre las calles Namur y Amunátegui, siendo derivados a vías alternativas. Este medio de transporte provocaba la mayor parte de los atochamientos en las horas *peak* y constituye un problema ya resuelto.

Al mismo tiempo se estableció que el ingreso al parque de taxis básicos y colectivos en el país se hará sólo con vehículos nuevos, y que paulatinamente se irán retirando de la circulación los antiguos. La antigüedad máxima de los taxis se fijó en quince años en Santiago y dieciocho en provincias. A partir del 1° de enero de 1992 deben retirarse los vehículos modelo 1973 o anteriores; en igual fecha de 1993, los correspondientes a 1974 y 1975, y el 1° de enero de 1994, los vehículos años 1976, 1977 y 1978. Por último, a través de un decreto, se fijó para los taxis una cilindrada mínima de 1.500 centímetros cúbicos y de 1.800 para los colectivos.

Ya en 1989 se reimplantaron los paraderos de taxis en el sector céntrico, se modificó el sentido del tránsito de las calles aledañas a la Plaza de Armas y se reguló el horario de carga y descarga de productos en los establecimientos comerciales, todo ello con el fin de hacer más expedito el tráfico vehicular.

## AUTOMÓVILES PARTICULARES

A pesar de la sensibilidad alcanzada por la opinión pública chilena ante el daño que causa la contaminación, las medidas que se están adoptando han encontrado seria resistencia, la que se ha transformado en muchos casos en ácida polémica.

Una frase que resume la estrategia de la Comisión de Descontaminación la ha pronunciado innumerables veces su presidente,

el ingeniero Eduardo Arriagada: "Hay que desincentivar el uso del automóvil en Santiago". Con ello está comprometiendo el mejoramiento sustancial de los servicios de transporte público, ya que sólo así los santiaguinos que se movilizan en sus propios autos podrán optar por una alternativa. Y si ambos planteamientos se llevan a la práctica, se estará consiguiendo la primera gran victoria en la lucha contra la descontaminación del aire.

Expertos universitarios coinciden con la necesidad de restringir el uso del automóvil si se quieren controlar los niveles de congestión, como ha expresado el ingeniero de transportes Jaime Gibson, de la Universidad de Chile. "Hay que plantearse que en automóvil —señala— no es la única manera de hacer un viaje. Los hay que son mejores, desde la perspectiva del conjunto, sobre todo desde los lugares de trabajo hasta los hogares. Lo más lógico es que la gente use transporte público en esos viajes." Pero advierte que, desde luego, el sistema de transporte debe ser percibido por la población como un buen sistema, dedicándole recursos económicos.

El profesor Gibson entrega su opinión, además, sobre la crítica de que se está atentando contra la libertad de las personas al prohibir el uso de sus vehículos: "Las vías son recursos públicos y no son gratuitas. Uno puede protestar porque le restringen su libertad, es cierto, pero hay efectos negativos que esa persona está generando sobre el resto de la población al viajar".

Desde 1986, y como medida temporal, se está aplicando la restricción vehicular en la Región Metropolitana, que en forma habitual entre mayo y agosto de cada año afecta cada día al veinte por ciento de los vehículos motorizados. Y, desde 1990, cuando los sensores comenzaban a señalar una elevación de los índices de calidad del aire, se ampliaba la restricción en veinte por ciento adicional del total del parque automotriz en el perímetro interior de un área central, delimitada por las calles Vivaceta, Jorge Alessandri (avenida Norte-Sur), 10 de Julio, Irrarrázaval, Salvador, Providencia, Puente del Arzobispo, Bellavista, Pío Nono, Dominica, Olivos, Independencia y Colón.

Una medida de este tipo, desde luego, afecta a más personas que otra aplicada a los empresarios autobuseros —se estima que no son más de cinco mil— y explica el malestar de los conductores. Sin embargo, no debe dejar de considerarse que los vehículos a gasolina son los emisores del monóxido de carbono, un contaminante que supera las normas de emisión con relativa frecuencia. Como se trata de un gas no visible, su impacto es desconocido por la opinión pública.

La discutida restricción mediante los dígitos finales de las placas patentes, no obstante, ha sido el único paliativo para la alta contaminación invernal en los últimos años. Según ha informado la Comisión basada en estadísticas de medición, a partir de 1989 se han logrado disminuir algunos índices, descendiendo desde los niveles de "crítico" y "peligroso". Este último tramo, en cuanto a partículas en suspensión, se registró nueve días en 1989, cinco días en 1990 y uno en 1991. En el caso del monóxido de carbono, tomando los meses de enero a junio, no se registraron índices peligrosos (por sobre los 500 puntos), mientras los críticos (sobre 400) fueron un día en 1990, y dos en 1991.

Pero se ha insistido —y así lo establecen los programas oficiales— en que la restricción vehicular se aplicará mientras no sea dominado el problema de la contaminación y descendan los índices de PTS y CO. Es más, se ha anunciado que esa medida no se levantará mientras no estén en marcha los proyectos de licitación y tarificación de calles céntricas que se han planificado para los vehículos petroleros y gasolineros. Los directivos de la Comisión, en todo caso, se muestran optimistas en cuanto a la consecución de sus objetivos con las medidas que están aplicando.

Mientras se realizaban los estudios acerca del *smog* que ahogaba a Santiago, en los últimos años de la pasada década se tomaron las primeras medidas relacionadas con el uso del automóvil, en especial en el sector central de la ciudad. Por mandato municipal fueron cerradas las playas de estacionamiento establecidas en sitios eriazos, mientras se reubicaban los par-

químetros, buscando no provocar atochamientos. El municipio, por otra parte, estudió y puso en práctica cambios en el sentido del tránsito de las calles de acceso al centro e instaló un sistema con los primeros semáforos computarizados para conseguir una mayor fluidez de la circulación vehicular. También en la comuna de Providencia se comenzó a utilizar este tipo de semáforos, que en todo caso no cuentan con los más sofisticados avances que existen en este campo, como son aquellos que detectan la presencia de vehículos y prácticamente dirigen solos el tránsito.

Pero estas medidas, aunque plausibles, no significaban una solución definitiva. La Comisión de Descontaminación recomendó entonces imponer el uso de filtros en los automóviles y establecer impuestos o peajes para el uso de las vías céntricas.

### GASOLINA SIN PLOMO

Cerca de diez mil kilómetros había recorrido a mediados de 1991 un automóvil Chevette, de color celeste metálico, patente DJ-3406. En promedio, alrededor de dos mil kilómetros al mes, considerados normales para un vehículo particular.

Pero este Chevette brasileño, que fue facilitado por la General Motors a la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana, es el primero en Chile que comenzó a circular con una gasolina distinta a la que se expende en el país: usa bencina sin plomo y tiene instalado un convertidor catalítico canadiense que fue adaptado especialmente para este automóvil.

Son los vehículos a gasolina los principales responsables de la contaminación por monóxido de carbono —el 79 por ciento del total, por sobre la industria, residencias y motores diésel— e hidrocarburos que envenenan la atmósfera de Santiago. Y el Chevette que adecuó la Comisión de Descontaminación de la Región Metropolitana ha bajado sus índices de emisión en setenta por ciento.

La experiencia formaba parte de un proyecto encargado por la Comisión de Descontaminación a la Universidad Técnica Fe-

derico Santa María de Valparaíso, con el fin de crear la tecnología necesaria para adaptar convertidores catalíticos para las distintas marcas y modelos de los automóviles usados que existen en la capital.

De este modo, conducido por el ingeniero Alejandro Sáez, se inició un plan piloto con cincuenta taxis santiaguinos para probar catalizadores de dos vías trabajando en las calles de la ciudad y utilizando bencina sin plomo.

“Básicamente, los convertidores catalíticos son equipos que queman el monóxido de carbono y los hidrocarburos provenientes del motor, a bajas temperaturas de 150 a 300 grados Celsius”, explica el ingeniero Alejandro Sáez. Y se llaman convertidores porque “convierten” o transforman los gases en anhídrido carbónico y agua —que no contaminan— al pasar por una pieza de platino y paladio y de forma de panal de abejas.

Los estudios comenzaron en 1990 en los laboratorios de la universidad porteña, sometiéndose a pruebas convertidores de diez marcas diferentes. Con ellos se desarrolló una ingeniería de adaptación para diversos modelos de automóviles usados, un proceso que requiere especial cuidado. Un convertidor mal instalado representa riesgos de recalentamientos peligrosos y hasta el incendio del vehículo. Y si, por otra parte, no se coloca en el sitio preciso —que varía de un modelo de auto a otro, incluso de la misma marca—, su funcionamiento puede ser ineficaz.

Pero a fines de 1990 los resultados eran promisorios: en el banco de pruebas se logró reducir la emisión del monóxido de carbono e hidrocarburos en setenta por ciento. Más tarde se experimentó en terreno con los taxis del plan piloto, para después fijar las normas definitivas que obligarán a los dueños de automóviles usados a poner convertidores en sus vehículos.

No hay duda de que el experimento tendrá éxito y que, dentro de unos años, Santiago estará libre de uno de los peores contaminantes atmosféricos. Pero tendrá su precio. No es posible aún anticipar cuál será el costo del sistema instalado. Se estima, no obstante, que puede ir de los ochenta mil a los ciento cuarenta

mil pesos. Un convertidor, por otra parte, está garantizado para cuarenta mil kilómetros, lo que significa renovarlo más o menos cada dos años.

La tecnología desarrollada, como está dicho, se aplicará exclusivamente en los vehículos que conforman actualmente el parque automotriz, es decir, los usados, a los cuales se podrá exigir también la instalación del catalizador. A partir de 1992, los automóviles nuevos de las futuras importaciones deberán —al menos para el caso de Santiago— traer convertidores de fábrica, de acuerdo a las normas de emisión que se dictarán.

Para reducir en forma drástica la contaminación por monóxido de carbono es indispensable el catalizador, que, a su vez, exige bencina sin plomo de cualquier octanaje. La gasolina que se produce actualmente en el país, sin embargo, contiene plomo tetraetilo como antidetonante y envenena y destruye al catalizador.

Tal situación significa que deberá expendirse bencina sin plomo para superar el problema, lo que representa algunas complicaciones que deberán salvarse. La Esso, la Shell y la Copec participaron en el programa piloto distribuyendo el combustible apropiado a los taxis de prueba. La gasolina fue proporcionada por la Refinería de Concón, la que estudia procesos de producción para ponerla masivamente en el mercado nacional.

A pesar del gasto que significará el sistema, es la única forma de atacar el monóxido de carbono en la cerrada cuenca geográfica de Santiago. El sacrificio de los propietarios de autos, sin embargo, valdrá la pena, porque el CO<sub>2</sub> ya no representará un peligro para los habitantes de la capital chilena.

También se han realizado en el país experiencias para probar combustibles menos contaminantes que el petróleo y la gasolina, llegándose a la conclusión de que el más recomendable resulta ser el gas natural.

Como en el territorio no existen grandes reservas de este carburante —y en especial en la zona centro-sur, la más poblada—,

se iniciaron estudios y los contactos para traerlo desde Argentina a través de un gasoducto, e ir almacenándolo, de manera de asegurar su abastecimiento.

Tras metas similares trabajan numerosos laboratorios privados de la industria automotora, como los de la General Motors, Peugeot, Volvo y compañías japonesas.

Las grandes fábricas de automóviles del mundo buscan con afán el motor no contaminante, y para ello prueban nuevos combustibles que garanticen la calidad ambiental del futuro. Es el caso de la Renault, que desde hace décadas investiga en sus laboratorios diversas alternativas, algunas completamente inéditas, como motores de dos tiempos con inyección directa, turbinas, pilas de combustible y motores eléctricos.

La compañía francesa ha experimentado con gas, licuado y natural, estableciendo claras ventajas. También ha probado el alcohol en motores diésel, que reduce drásticamente el humo negro y las partículas.

Un carburante ideal puede ser el hidrógeno frente a la amenaza del efecto invernadero, pero su aplicación debería aguardar hasta comienzos del próximo siglo. En otro de sus proyectos, Renault espera introducir en el mercado, después del año 2000, sus modelos de vehículos eléctricos urbanos.

Un novedoso motor de dos tiempos de inyección directa que elimina la premezcla de aceite y combustible está dando buenos resultados. Pero Renault explora, junto a otras compañías, la turbina a gas, que se acomoda a diversos carburantes y reduce de cinco a diez veces la contaminación por monóxido de carbono y en veinte veces la de los óxidos de nitrógeno de los motores diésel. Por último, investiga la posibilidad de utilizar —en un futuro más distante— pilas de combustible, que provocarían una revolución en la industria automotora.

El plan trazado para la incorporación de los convertidores catalíticos consulta los plazos en que deberán ir cumpliéndose sus distintas etapas. Se esperaba anunciar a mediados de 1991 las nuevas normas de descontaminación que se exigirá a los vehícu-

los motorizados, usados o nuevos, que en noviembre de 1992 deberán estar circulando con catalizadores. Desde luego, dichas normas serán mucho más estrictas que las actualmente en vigencia.

Mientras tanto, Enap debe pronunciarse sobre la refinación en el país o la importación directa de gasolina sin plomo —disponible en el mercado internacional— y resolver los problemas de distribución que plantea, disponer de plantas de almacenamiento y el transporte del producto.

La exigencia de este tipo de bencina sólo para Santiago crea problemas al automovilista que viaja a otras regiones del país, en donde necesariamente no se requerirán convertidores catalíticos. Por lo tanto, las estaciones de servicio deberían expender el nuevo combustible a lo largo de todo el país. Copec ya ha decidido establecer una red de abastecimiento desde Arica hasta Puerto Montt, aunque en una primera etapa considera aproximadamente unas cincuenta estaciones, pero no a los balnearios y centros de vacaciones.

Otro problema que se presentará al propietario de un auto con catalizador es el de los viajes al extranjero, puesto que Chile será el primer país sudamericano que disponga de bencina sin plomo. No la encontrará en las ciudades peruanas o argentinas, limitando el turismo chileno en vehículo propio, lo que requiere solución.

Una inquietud de los expertos es el octanaje. La norma chilena establece 91 octanos —aunque no impide que sea mayor—, pero técnicamente resulta una desventaja para el vehículo que usa bencina convencional de 93 octanos. Lo ideal sería convertir a gasolina sin plomo con el mismo octanaje, lo que permite a la vez motores más eficientes.

Se estima que el valor de la bencina sin plomo puede ser similar a la de 93 octanos con plomo. El precio puede manejarse, por ejemplo, mediante un impuesto menor para este combustible —estimulando el funcionamiento de motores menos contaminantes— que el tradicional. En los mercados internacionales

la gasolina sin plomo resulta más barata, aunque sus costos de producción son más altos, debido a los grandes volúmenes que se transan. Y en algunos países la que contiene plomo es gravada con más impuestos.

## LA TARIFICACIÓN DE CALLES CÉNTRICAS

Dudas, confusión y críticas, en tanto, rodeaban la idea de implantar, a través de una ley, el pago por el derecho de los automóviles particulares y taxis para ingresar al sector céntrico de Santiago. El proyecto de ley sobre tarificación vial que debía proponerse al Congreso se estudió en estricta reserva en el seno de la Comisión de Transporte Urbano, con participación de los organismos involucrados en la iniciativa, lo que provocó las dudas y protestas anticipadas.

Pagar por acceder al centro podría ser una medida que puede perjudicar las actividades comerciales, financieras y de servicios del sector, ya que los automovilistas preferirán dirigirse a otras comunas. Tal era el válido punto de vista de la Municipalidad de Santiago y de los gremios empresariales y del comercio.

Otros municipios entraron en la polémica. El de Providencia, paso obligado de los vehículos que se dirigen al centro desde las comunas del sector oriente, se sintió afectado, ya que su infraestructura vial está sufriendo un incuestionable deterioro. Se propuso, también, ampliar la tarificación a todas las arterias donde se produce congestión, lo que indudablemente resulta difícil de controlar, según expresaba el secretario ejecutivo de la Comisión de Descontaminación.

Mauricio Bravo, presidente del Instituto de Ecología de Chile, expresó su opinión en general contraria a la idea, al manifestar que se estaba trasladando el problema del *smog* a los automovilistas, cuando no se puede dejar de lado que en la capital "sobran seis mil buses".

Él, en cambio, postula que "el desplazamiento de vehículos particulares sólo debe limitarse durante las horas de mayor

congestión". A pesar del cargo que ocupa Bravo, no conocía detalles de la iniciativa legal en estudio.

La idea no es nueva en el mundo. Se puso en práctica en Singapur en 1975, con resultados altamente positivos, ya que se logró una reducción superior al 40 por ciento del flujo vehicular en las áreas congestionadas, sin provocar problemas en las actividades propias de una ciudad.

También se aplica el peaje directo en túneles de acceso, como es el caso de Manhattan, en Nueva York, o los puentes en Francia; pero siempre existen otras vías alternativas para quienes optan por no pagar ese derecho, como ocurre en Chile con las plazas de peaje.

Aclaró en su momento el secretario regional metropolitano de Transportes, Héctor Peña, que la tarificación no será un peaje, ni tampoco tiene que entenderse que se dispondrá de instalaciones para su pago. Se negó, asimismo, que se tratara de un impuesto, por lo que se supuso que la tarificación operaría mediante el pago de permisos por determinados periodos de tiempo.

El envío del proyecto de ley al Parlamento fue postergándose debido a estudios técnicos que se requerían. El ingeniero Arriagada, presidente de la Comisión de Descontaminación, informó en el mes de junio que "debieron hacerse estudios sobre origen y destino de los vehículos, definiciones sobre tipos de peaje y determinación de vías susceptibles (de aplicarse el sistema) o de áreas". Señaló asimismo que el criterio de la Comisión era que "mientras más fuertes sean las medidas para desincentivar el uso de los automóviles", tanto mejor. De todos modos, como enfatizó el presidente del Instituto de Ecología, existe "una gran nebulosa en torno a esta materia".

Hay diversos métodos de control para la tarificación vial. Uno de los sistemas manuales consiste simplemente en una estampilla adherida al parabrisas del vehículo, que puede ser controlada en forma visual por inspectores o personal policial. En algunas ciudades noruegas —que utilizan la tarificación con el fin de recaudar recursos y no de desincentivar el uso de auto-

móviles— se emplea un sistema electrónico, colocando un dispositivo en la parte inferior del vehículo, que es leído por sensores magnéticos del pavimento de las calles en que se pagan derechos. La información, almacenada en un computador central, permite mensualmente enviar su cuenta al usuario, tal como se hace en el cobro de servicios telefónicos o de energía eléctrica.

Tanto la tarificación de calles como el uso de catalizadores controlarán en forma definitiva la contaminación que producen los automóviles particulares en Santiago. Junto con la licitación vial propuesta para el ordenamiento de los recorridos de la locomoción colectiva, es probable que en un lapso breve se aprecie una sustancial mejoría en la calidad del aire en la ciudad.

## **CAPÍTULO VIII**

### **LAS FUENTES FIJAS**

Todas las industrias instaladas en la cuenca de Santiago, que constituyen parte de las fuentes fijas emisoras de contaminantes atmosféricos, deberán adoptar decisiones para que sus procesos de producción no sobrepasen la norma de emisión que dictó el Ministerio de Salud mediante el decreto supremo número 321. Tras los estudios dirigidos por la Comisión de Descontaminación, los expertos determinaron un máximo de 112 miligramos por metro cúbico de emisión de gases y partículas. Los procesos industriales, las calderas de calefacción y agua caliente de edificios e instituciones, los hornos industriales y de panaderías, deberán adecuar su funcionamiento a la nueva norma en un plazo que vence en diciembre de 1992.

La resolución que se concretaba en julio de 1991, en forma automática identificó el número de industrias que quedaron por sobre la norma, aproximadamente unas mil, lo que corresponde al 40 por ciento del total. En forma paralela se comenzó a incentivar el estudio de nueva tecnología adaptada a las necesidades del país para la fabricación de filtros y sistemas de purificación, que permitan reducir las emisiones de las fuentes fijas.

Principal emisora de compuestos azufrados, la industria establecida en Santiago encontró con mayor facilidad soluciones

viables que, de todos modos, representan inversiones considerables. Su participación en el deterioro del medio ambiente, si bien resulta sumamente dañino en los casos puntuales, ha sido bastante menor que la de las fuentes móviles.

En el caso de las fuentes fijas existe optimismo en que en un plazo muy breve se estará solucionando el problema ambiental. Y para el futuro, la Comisión de Descontaminación prepara un sistema de "licencias de emisión" que autorregulará la limpieza de los procesos. Los estudios sugieren sectorizar las áreas industriales, determinando los niveles de emisión que puede soportar el aire sin que signifique riesgos para la salud y la preservación del medio ambiente. Y aquellas empresas que logren una emisión por debajo de las normas en vigencia, podrán transar su cuota sobrante con otras industrias que no lo pueden hacer. De esta manera, un sector específico de la ciudad no sobrepasará la norma, consiguiéndose un equilibrio entre los aportes de todas las industrias del área.

En procura de ir mejorando la calidad de vida, se ha planteado una meta de emisión mucho más rigurosa en el largo plazo; para 1997 se implantará una norma máxima de 56 miligramos por metro cúbico. Y en el momento en que la actividad industrial esté trabajando por debajo de ella, se habrá dado otro salto por sobre los más grandes obstáculos en la solución del problema ambiental.

Porque, al mismo tiempo, probablemente estarán cumpliéndose los programas de pavimentación para eliminar la presencia de las perniciosas partículas de polvo, la reforestación del contorno de la ciudad estará extendiendo su frondoso y vivificante color y se habrán creado nuevas áreas verdes.

El resto del esfuerzo para descontaminar la capital de Chile deberá hacerlo cada uno de sus habitantes, después de los programas de educación sobre el tema y cuidando su propia y personal atmósfera, la que encierra cada hogar.

## CAPÍTULO IX

### LA OTRA AMENAZA

Aunque la contaminación del aire constituye el problema más agudo que afecta a la cuenca de Santiago, y es el que resalta a simple vista debido a la nube de *smog* que la cubre, existen otros numerosos problemas ambientales que deben ser solucionados para recuperar las condiciones naturales que hagan de la región un lugar más propicio para la vida y la preservación de los bienes de la comunidad, la flora y la fauna.

Entre las tareas encargadas por el gobierno a la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana, también fueron consideradas las otras amenazas, como por ejemplo el ruido, la contaminación hídrica y del suelo y el problema que representan los residuos sólidos.

Por ello ese organismo estudia un conjunto de acciones para combatir la contaminación y los potenciales efectos negativos sobre el medio ambiente, que contribuirían aún más a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región.

De esta manera, la Comisión intenta modificar “la normativa para el desarrollo urbano de Santiago, con el fin de producir un plan regulador de crecimiento equilibrado que incorpore criterios de corrección o internalización de externalidades ambientales negativas, tales como la contaminación de todo tipo, paisaje, seguridad, etcétera”.

Está preocupada, además, de que “se consideren aspectos de seguridad de la ciudad ante situaciones tales como inundaciones, almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas y otras”.

Por último, la Comisión diseñará mecanismos de estructura participativa de los santiaguinos en el manejo de la ciudad. La participación de organizaciones de propietarios, arrendatarios y de grupos territoriales de intereses comunes —se plantea— resulta fundamental en un proceso de densificación, desegregación y planificación urbana, si se quiere salvaguardar los intereses de los individuos, especialmente de los más desposeídos. Deben por esto revisarse las funciones de las organizaciones existentes en la actualidad y readecuar la estructura organizativa de base para lograr los objetivos antes mencionados.

## CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Un programa de acciones para el control de la contaminación acústica se propuso la Comisión dos semanas después de haber sido creada, en abril de 1990. Tomando como base estudios científicos realizados en el país con anterioridad, definió el problema del ruido para luego plantear la forma de abordarlo. En un breve resumen inserto en su programa se señalan los diversos antecedentes que deben tenerse en cuenta.

Santiago presenta graves problemas de contaminación acústica, lo cual se evidencia a través de los niveles de ruido que se registran en sectores donde se requieren ciertos límites para ejecutar adecuadamente las labores que en ellos se realizan. Esto provoca una serie de interferencias con actividades tales como sueño, descanso, estudio, comunicación, trabajo, etcétera, las que se manifiestan como un deterioro de la calidad de vida tanto a nivel individual como colectivo.

Las alteraciones en la comunicación y concentración tienen incidencia en el aumento de errores y accidentes, lo que provoca una disminución de la capacidad productiva.

Todos estos efectos del ruido contribuyen a aumentar la vul-

nerabilidad de los habitantes frente a problemas de salud síquica. Se estima que existen más de un millón quinientas mil personas que sufren algunos de estos efectos y una pérdida de por lo menos un millón de horas diarias en las que no se obtiene el beneficio esperado de la actividad que se realiza. Sumado a esto, existe riesgo de daño auditivo en las situaciones donde el nivel de ruido y el tiempo de permanencia de las personas afectadas es considerable. Se estima que más de cien mil personas se encuentran en esta situación.

El ruido comunitario en Santiago se debe fundamentalmente al tránsito vehicular. El aporte de este tipo de fuentes de ruido es del orden del 70 por ciento del ruido global. Esta cifra indica que gran parte del ruido es evitable si cada vehículo no superara los estándares técnicos relacionados con la prestación del servicio de transporte.

Un factor que aumenta el impacto acústico es la coincidencia entre el uso del suelo y la densidad de flujo vehicular, especialmente en el caso de hospitales, escuelas y viviendas ubicadas en las proximidades de vías principales.

Estos antecedentes revelan la necesidad de incorporar la dimensión acústica a cualquier modificación, tanto del sistema de transporte como de la infraestructura urbana (\*).

Las acciones principales propuestas para combatir la contaminación acústica comprenden:

- Establecer una normativa sobre ruidos molestos y una política de control del cumplimiento de las normas.
- Incorporar normas cuantitativas de ruido en las revisiones técnicas de todo tipo de vehículos.
- Controlar exhaustivamente el cumplimiento de las normas de contaminación acústica derivada de la operación de los medios de transporte.

---

(\*) "Programa de descontaminación ambiental del área metropolitana de Santiago", abril de 1990.

— Exigir una aislación acústica mínima en construcciones, de acuerdo a su uso.

— Creación de una infraestructura de control y capacitación técnica del personal necesario para implementar el programa.

— Incorporar consideraciones de costos de contaminación acústica en las políticas de desarrollo urbano.

## CONTAMINACIÓN HÍDRICA

El agua, el vital elemento para el desarrollo de la vida, presenta graves problemas de contaminación en la ciudad. Los cursos naturales reciben las descargas de aguas servidas y los residuos industriales líquidos, contaminando las aguas de regadío. Santiago es víctima de inundaciones, se contaminan también las aguas lluvia y los ríos arrastran sedimentos tóxicos.

Se trata de un problema que no se ve ni se siente en forma directa, como el caso del *smog*. Pero según reconoce la propia Comisión, las enfermedades originadas directa o indirectamente por esta causa “son quizás los más graves y urgentes problemas de salud relacionados con cualquier tipo de contaminación de la Región Metropolitana”.

Parte importante de las infecciones endémicas que afectan a los santiaguinos —y a muchos turistas extranjeros— son de transmisión hídrica. La alta incidencia de la fiebre tifoidea, la paratifoidea, la hepatitis viral y de ciertas diarreas y alteraciones intestinales son pruebas indesmentibles.

La carencia de una infraestructura adecuada, por otra parte, es el factor preocupante para contener la epidemia de cólera que se desató en 1991 en Sudamérica.

El origen del problema es más que conocido: a diferencia de las grandes urbes europeas y norteamericanas, en Santiago las aguas servidas no sólo no son purificadas, sino que además se utilizan para regar cultivos de hortalizas de frecuente consumo crudo.

Los volúmenes de líquidos de desecho que se generan cada día son considerables: cada segundo se producen diez metros cúbicos, que suman más de ochocientos mil al día. ¿Su destino? Los principales cursos de aguas superficiales: el 62,4 por ciento se descarga sobre el Zanjón de la Aguada; el 34,8 por ciento, en el río Mapocho, y el 2,8 por ciento restante, sobre el Maipo.

Los especialistas llaman la atención precisamente sobre las características del principal receptor. "El Zanjón de la Aguada es, en realidad, un colector a tajo abierto que pasa por una zona urbana", destaca Jorge Castillo, ingeniero sanitario que ha investigado en las últimas dos décadas la calidad de las aguas. En efecto, se trata de un curso que no se alimenta de flujos naturales, salvo en las grandes crecidas; es decir, arrastra casi exclusivamente desechos líquidos domiciliarios e industriales y —lo más grave— riega parte importante de los predios agrícolas que se extienden al poniente de la ciudad.

Todo esto ayuda a comprender lo difícil que resulta cualquier intento de cortar el llamado "ciclo largo" de infección de las enfermedades de transmisión hídrica: una persona ingiere alimentos contaminados; sus heces transportan hasta los ríos o canales los agentes patógenos causantes de la infección; más tarde, la ingesta de hortalizas que se cultivan a ras o bajo el suelo transporta la fuente de contagio a los seres humanos y animales domésticos. Y el ciclo vuelve a comenzar.

- La solución al problema se ha repetido en más de una oportunidad: procesar o "limpiar" las aguas servidas, de modo que su posterior reutilización no signifique riesgos para la población. Pero todo parece indicar que —aunque Emos está invirtiendo fuertes sumas en obras de agua potable, alcantarillado y saneamiento— Santiago sólo dispondrá de aguas limpias en el próximo siglo.

A mediados de 1992 comenzaría a construirse, en la comuna de Maipú, una planta experimental de tratamiento de aguas servidas. Dos años más tarde entraría en operación y, luego de ser evaluada su eficiencia, recién se iniciarían los trabajos de otras

instalaciones similares para en conjunto purificar el flujo total de descarga.

Esta primera planta de tratamiento de aguas servidas, cuyo diseño ya fue contratado por Emos, será construida en medio de un amplio sector agrícola de Maipú, en donde se recibirán las descargas del colector Santiago poniente, que en la actualidad entrega sus aguas al Mapocho. El sistema de tratamiento fue desarrollado en Israel y consiste en una sucesión de lagunas que permite reducir las bacterias y demás elementos tóxicos, dejando apta el agua para el regadío de hortalizas y frutales de consumo crudo.

El caudal que se dispondrá con la planta —cuyo costo asciende a diez millones de dólares— permitirá regar 400 hectáreas, las que pueden aumentar a 800 si se implementa el sistema de riego por goteo.

La necesidad de contar con varias plantas es obvia: “Al tratarse de grandes volúmenes, se requerirían extensas obras de conducción para trasladarlas a un solo punto —explica Jorge Castillo—. Por eso, lo más probable es que se trabaje con dos o tres, que —instaladas, por ejemplo, en Pudahuel, Maipú y posiblemente en San Bernardo— se ubiquen más cerca de los principales puntos de flujo”. Pero igual los santiaguinos deberán aguardar hasta el siglo veintiuno para comer frutas y verduras frescas con tranquilidad.

Con sus cuatro y medio millones de habitantes, el gran Santiago es sin duda la ciudad chilena con los mayores problemas de contaminación hídrica. Y así lo confirman los científicos. “Hemos alcanzado el máximo en todos los indicadores biológicos de contaminación en nuestras aguas”, declara Gabriela Castillo, investigadora y profesora de la Sección Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad de Chile. Las mediciones realizadas en los últimos quince años en distintos puntos de los principales cursos, no dejan lugar a dudas.

Algunos ejemplos ilustran la situación. La concentración de descargas fecales —medida a través de la presencia de las bacte-

rias coliformes fecales— supera con creces los niveles aceptados para las aguas destinadas al riego, y que han sido fijados en mil coliformes fecales por cada cien mililitros (ml).

A medida que fluyen desde la cordillera, las aguas van enturbiándose poco a poco. Ya al nivel del puente Pedro de Valdivia, las cifras se elevan sobre los cien mil coliformes por cien ml. Mucho más abajo, desde el puente Manuel Rodríguez hasta Rinconada de Maipú, de acuerdo con la estación del año, las concentraciones fluctúan entre un millón y diez millones. Y con estas aguas se riegan hortalizas que se consumen en Santiago.

Pero ésta no es la única invasión bacteriana de los cursos de agua santiaguinos. También en ellos pululan *Salmonellas*, que con sus variadas especies patógenas atacan a la población.

La *Salmonella typhi* es la causante del tifus y frecuentemente burla los intentos de los técnicos por pesquisarla en el agua. La *Salmonella paratyphi B* ha sido encontrada en el 41,7 por ciento de las muestras recogidas entre 1976 y 1985 en el Mapocho. Y todas las *Salmonellas* también abundan en las aguas del Zanjón de la Aguada: sus concentraciones van desde las diez mil hasta las cien mil por cada cien ml.

Los cursos de agua de la ciudad también son ricos en ciertos protozoos patógenos, entre ellos la *Giardia lamblia* y la *Entamoeba histolytica*, causantes de la disenteria amebiana, que —sobra decirlo— cuenta con una abundante población.

No obstante, ésta es sólo una parte del problema. La otra —la descarga de residuos industriales— fue abordada por primera vez en forma global en un estudio encargado por la Intendencia cuando se resolvió abordar los problemas ambientales de la capital.

En el reverso de la medalla de la contaminación hídrica por materias orgánicas, en efecto, aparecen los residuos industriales líquidos (RILES), que se descargan en los cursos de agua de la Región Metropolitana. El problema, también aquí, reviste especial gravedad, ya que los metales pesados y los compuestos químicos contaminantes llegan al cinturón verde del gran San-

tiago a través de los canales de regadío que derivan del Maipo, del Mapocho y del Zanjón de la Aguada.

Muy poco se ha avanzado en la identificación del problema. Recién en 1988 se realizó un primer estudio para medir los contaminantes metálicos naturales y los que proceden de unas 1.500 industrias santiaguinas, destinado en realidad a implementar un sistema de control. Las propias industrias —unas doscientas, las más grandes— colaboraron en este esfuerzo, permitiendo en forma voluntaria una única medición, que además se hacía por primera vez, y que, por tanto, no tiene un valor definitivo.

De este modo se pudo determinar que cinco metales pesados sobrepasan notoriamente la norma chilena para el regadío y el agua potable, y que todos ellos están asociados a procesos industriales específicos.

El más abundante de todos es el aluminio, que se encontró en el Maipo, con una carga total de 2.984 kilos al día; el cobre, hallado en los puntos altos del Mapocho, registró 1.840 kilos diarios; el fierro, que proviene especialmente de fuentes naturales del Maipo; el manganeso, en el Mapocho y en el Zanjón de la Aguada, y el cromo, que abunda en ese canal y proviene de las empresas muestreadas.

Las industrias responsables —que, se quiera o no, tienen que descargar de alguna manera sus residuos— poco pueden hacer. Como señaló el ingeniero Jorge Castillo: “En Chile hay una legislación muy general y vaga sobre el tema”. En realidad, lo que se aplica es el criterio. La otra grave carencia es que no existe un estudio en cuanto al efecto que pueden producir los residuos industriales líquidos en la salud humana y, además, tampoco se sabe qué cantidades se traspasan a los vegetales a través del riego.

Las áreas de cultivos regadas con aguas servidas han sido la causa, en más de una oportunidad, según estableció la Comisión, “de contaminación química, expresada principalmente en envenenamiento de animales. La consecuencia más grave, sin embargo, es la contaminación biológica de las hortalizas, que ha

sido identificada como una de las causas directas de enfermedades entéricas, con altísima prevalencia en la ciudad”.

Acciones inmediatas planteó la Comisión de Descontaminación en 1990. Y entre ellas, un programa de emergencia para contener los impactos sobre la salud del uso de aguas servidas para riego, que deberá ser implementado por los ministerios de Salud, Economía y Obras Públicas.

También determinó inversiones en un sistema de colectores-interceptores, que tendidos paralelamente a los cursos naturales ofrecen alternativas para recibir las descargas contaminadas. Se comenzó con la construcción de la primera etapa del interceptor del Zanjón de la Aguada para regar con agua limpia del río Maipo el área de riego del canal Ortuzano, especialmente, que cubre una superficie aproximada de 3 mil hectáreas de hortalizas.

Entre otras medidas anunciadas, la Comisión determinó regularizar el cauce del Zanjón para evitar los desbordes que produciría la incorporación del colector de aguas lluvia de Vicuña Mackenna, mejorar el inventario de RILES y definir para ellos políticas legales y técnicas de control.

En el largo plazo se consulta la construcción de los sistemas de tratamientos de aguas servidas, que requerirán cuantiosas inversiones, estimadas en unos 400 millones de dólares.

## CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS SÓLIDOS

Las políticas sobre manejo de residuos urbanos (desechos industriales) y especialmente domiciliarios (la basura) —ha planteado la Comisión de Descontaminación— están condicionadas por una serie de factores. Entre ellos se pueden citar la composición y características de la basura, la cantidad generada, los hábitos de la población, algunas variables geográficas propias de la ciudad, como distancia a los sitios de disposición, profundidad de las napas subterráneas, dirección de los vientos, etcétera.

Existe consenso en los estudios de todos los organismos competentes, nacionales e internacionales, que, debido a las características de los residuos domiciliarios de nuestro país, sobre todo en lo que dice relación con la alta composición orgánica de nuestra basura, la solución para su manejo, y además para la recuperación de terrenos marginales degradados, es la técnica del relleno sanitario. Sin embargo, la estabilidad de la solución requiere de un sistema planificado a mediano y largo plazo.

Los residuos sólidos industriales reciben el mismo tratamiento que los domiciliarios, lo que sin duda representa un grave problema por su potencial toxicidad no controlada por ese tipo de disposición. El dimensionamiento del problema requiere la realización de un inventario que incluya las características, volumen y origen de los residuos sólidos industriales, de manera de poder establecer las medidas de tratamiento adecuadas (\*).

En cuanto a los desechos de las industrias, la Comisión ha planificado numerosas acciones en esta materia, como la de realizar un diagnóstico sobre residuos tóxicos, estudiar una posible localización para la disposición de ellos y formular un programa para su reducción y manejo.

Otros países más desarrollados han logrado modificar los hábitos de la población frente al problema de la basura. Se ha conseguido, al mismo tiempo, el reciclaje de todos los productos no degradables o de difícil desintegración — como el plástico o el vidrio, que permanecen intactos durante siglos —, con la participación activa y cotidiana de los ciudadanos. El sistema, en todo caso, es de difícil implementación, debido al costo que significa para el usuario y a la dedicación cotidiana que requiere por parte de las familias.

Sin embargo, en Chile se está desarrollando una interesante experiencia al respecto. En la población Óscar Bonilla, de Puen-

---

(\*) "Programa de decontaminación ambiental del área metropolitana de Santiago", abril de 1990.

te Alto, un grupo de jóvenes adolescentes comenzó en junio de 1991 a recorrer las calles retirando de los domicilios los desperdicios que los pobladores han separado en bolsas distintas. Los elementos sólidos y aptos para el reciclaje son reunidos para su venta posterior, mientras los residuos biodegradables se depositan por capas y se cubren con tierra en zanjas donde más tarde se cultivará un huerto orgánico.

No fue fácil echar a andar el proyecto. Durante unos ocho meses, los dirigentes vecinales estuvieron en contacto con un organismo no gubernamental, El Almendral, que los asesoró en la organización de un plan financiado por el gobierno canadiense. "Conversamos con los vecinos y discutimos sobre la mejor forma de sacar esto adelante —explicaba Alejandro Iturra, presidente de la junta de vecinos y coordinador de la iniciativa—. Animamos a las dueñas de casa y las preparamos, y organizamos a los jóvenes para que prácticamente se hicieran cargo del proyecto."

Los frutos de este modesto esfuerzo, pero pionero en Chile, beneficiarán directamente a las familias que están participando: compartirán tanto las cosechas del huerto como los ingresos de la venta de cartones, papeles y botellas. "Con lo que juntemos, pavimentaremos veredas, construiremos plazas, áreas verdes, multicanchas y otras tantas cosas que nos hacen falta", anticipaba entonces Iturra.

La inquietud por lograr un destino útil para la basura domiciliaria tomaba cuerpo también a nivel oficial. La idea la está propiciando también la Comisión de Descontaminación.

"Se llamó a una propuesta pública para realizar un estudio de factibilidad de un plan de reciclaje de la basura de Santiago —señala Rodrigo Behncke, ingeniero y encargado del programa de residuos sólidos—. Se trataría de disminuir el volumen de lo que llega a los rellenos sanitarios e impulsar la reutilización de los materiales en procesos productivos."

Si todo va bien, quizá Santiago seguiría el camino trazado en otras partes del mundo, en donde inquieta la difícil degradación

de algunos artículos. Se ha afirmado que una botella de vidrio plástico tradicional podría demorar unos mil años en desintegrarse y un pañal desechable, unos quinientos años. Por ello, Estados Unidos recicla el diez por ciento de la basura, mientras en Europa la cifra bordea el treinta por ciento.

Cada día Chile produce unas siete mil toneladas de basura. Y en Santiago, unas tres mil toneladas de residuos repletan cada veinticuatro horas los camiones de unas siete empresas recolectoras. Cada santiaguino aporta, en promedio, unos ochocientos gramos de desperdicios al día, aunque el volumen del basurero familiar varía de acuerdo a donde esté ubicado: en los sectores altos de la capital, cada individuo bota cerca de un kilo y medio de desperdicios, mientras que en los más pobres la cifra se reduce a cuatrocientos o quinientos gramos.

Esta diferencia no sólo se produce a nivel nacional, sino también a escala mundial: a más desarrollo, más basura. Y en las grandes ciudades el aporte per cápita de desechos también es mayor.

“La basura es algo absolutamente concomitante con la vida humana; es algo natural que ocurre en las urbes”, ha señalado Pablo Baldomero Sáez, doctor en ingeniería ambiental y profesor de la Universidad Católica. De aquí que el propio Rodrigo Behncke reconozca que la basura es uno de los problemas ambientales de Santiago. “Principalmente —explica— por el hecho de que se producen alrededor de 100 mil toneladas mensuales de ella; el desafío es canalizar ese volumen, dándole un destino sanitario.”

Aproximadamente el 60 por ciento de los desechos domiciliarios es conducido al relleno sanitario de Lo Errázuriz; poco menos del cuarenta por ciento, al de los cerros de Renca, y una pequeña cantidad, a otro vertedero, Lepanto, ubicado en San Bernardo. También reciben descargas los vertederos y microbasurales clandestinos, que se estiman entre cinco y seis por cada comuna, y contra los cuales se comenzó a tomar medidas.

Pero a pesar de que conceptualmente los rellenos sanitarios

no deberían ofrecer riesgos —los desechos son tapados con capas de tierra, con lo que se reduce el contacto con el ambiente y la materia orgánica se descompone sin peligro—, los dos grandes vertederos de Santiago no están exentos de inconvenientes. “En Lo Errázuriz —explica Behncke—, técnicamente la operación es muy buena, pero su contorno es malo. Por el sur se encuentran vertederos clandestinos; en el sector norte, muy cerca, se ubica una población; se cuenta, además, con el efecto del Zanjón de la Aguada y de la presencia de los ‘cachureros’, que trabajan en condiciones higiénicas bastante malas. Contrariamente, en los cerros de Renca existe un contorno saneado y la población está un poco más alejada, pero también muestra algunos inconvenientes, derivados de líquidos percolados que producen malos olores.”

La montaña de basura, sin embargo, no ha cegado la visión hacia las soluciones. La Comisión de Descontaminación ya ha fijado dos líneas básicas para enfrentar estos problemas: tratar de mejorar las condiciones de funcionamiento de los dos grandes rellenos sanitarios y luego, en el mediano o largo plazo, estudiar la ubicación de nuevos sitios que reemplazarán a los actuales cuando se termine su vida útil.

Pero debido a que la basura siempre nos acompañará, también es necesario fijar pautas de acción para las próximas décadas, de acuerdo con cuatro fórmulas básicas, que ha resumido Pablo Baldomero Sáez: “Lo primero que hay que tratar de hacer es minimizar la cantidad de basura que se produce. Lo segundo es intentar reciclar lo más posible, lo que implica montar toda una infraestructura de inversión. El tercer factor involucra tratar la basura de manera de descontaminarla o disponerla de la mejor forma posible, y una de las más usadas son los rellenos sanitarios. Por último, es necesario minimizar la exposición de los seres humanos a la basura”.

Algunos de estos frentes de acción ya están en marcha en Santiago. Pero otros, como el reciclaje de los materiales, necesitarán de un fuerte impulso.

\* \* \*

De esta manera se está defendiendo Santiago de los problemas ambientales. Con el comienzo de la década del noventa, los estudios anteriores desembocaron por fin en la acción que se estaba esperando desde hacía tanto tiempo.

La Comisión Nacional del Medio Ambiente prepara la nueva legislación que se requiere para la dura y prolongada batalla —cuyo feliz desenlace podrá disfrutarse a partir del siguiente decenio, con el nuevo siglo—, mientras la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana pone en movimiento los recursos para llevar el programa a feliz término.

Junto a ella están trabajando todos los organismos públicos, en especial los ministerios de Salud, Transportes, Economía y Obras Públicas, la Intendencia regional y las municipalidades.

Los plazos propuestos para superar los problemas han sido ya señalados: en 1994 es posible que se llegue a la meta de una importante y radical cuota de descontaminación atmosférica para alcanzar los óptimos niveles de saneamiento en el año 2000.

Pero se necesita también el concurso de los habitantes de la cuenca de Santiago, que con algún grado de sacrificio podrán traspasar a sus hijos y nietos un ambiente más limpio, en donde la calidad de vida sea mejor.

## CAPÍTULO X

### EL DETERIORO AMBIENTAL DE CHILE

Nuestro largo y angosto país y su territorio insular son víctimas de 856 problemas ambientales. Pero en ellos no sólo se incluye la tradicional y dramática contaminación del aire, del agua y de la tierra. También se contemplan diversos problemas relacionados con el clima, con los recursos naturales, la flora y la fauna; y aquéllos derivados de la vivienda y la edificación, la infraestructura vial, los servicios públicos, la estructura urbana, el equipamiento social y los valores formales y culturales.

La cifra es tan exacta como preocupante. Y resume en pocas palabras el resultado de la investigación "Problemas ambientales de Chile", realizada en el transcurso de dos años por tres especialistas de la Universidad Católica: Ernst Hajek, jefe del departamento de Ecología; Patricio Gross, director del Instituto de Estudios Urbanos, y Guillermo Espinosa, experto en Evacuación del Impacto Ambiental y Mitigación de Desastres.

Era la primera vez que se efectúa un catastro ordenado y jerarquizado de lo que está ocurriendo en la globalidad del medio ambiente de nuestro país, el que incide directamente en la calidad de vida de los chilenos.

La investigación, presentada a la comunidad científica nacional en 1990, ha servido de base para profundizar el conoci-

miento en esta materia. Sus autores, junto a otros expertos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, han ido actualizando el estudio en seminarios que se han estado desarrollando en las distintas regiones del país con participación de técnicos y autoridades locales.

Conama considerará esos resultados en la preparación del cuerpo legal que reunirá las normas sobre el tema y establecerá los mecanismos para el normal desarrollo económico del país y la conservación del ambiente.

Hemos extractado los cinco más graves problemas que sufren las regiones. Para calificar la importancia de cada una se ha utilizado una tabla especial, en donde 0 corresponde a una variable irrelevante; 1, de mínima importancia; 2, de baja importancia; 3, de importancia moderada; 4, muy importante, y 5, variable de máxima importancia.

## I Región

	Nivel de importancia (0-5)
1. Pesca indiscriminada de fauna marina .....	4,35
2. Contaminación por olores, producto de industrias pesqueras .....	4,32
3. Presencia del "fenómeno del niño", que afecta a la flora y a la fauna marinas .....	4,12
4. Mal manejo del recurso agua para riego (pérdidas por evaporación y drenaje) .....	4,08
5. Falta y mala calidad de aguas para regadío en valles ..	4,04

## II Región

	Nivel de importancia (0-5)
1. Escasez de agua potable .....	4,88
2. Deficiente abastecimiento de agua potable .....	4,82
3. Contaminación atmosférica por gases y polvos producidos	

- por procesos industriales en Chuquicamata, Mejillones, Tocopilla, María Elena y Pedro de Valdivia ..... 4,76
4. Consumo excesivo de agua (subterránea y superficial) para actividades mineras, especialmente del río Loa ..... 4,31
5. Disminución de la disponibilidad de agua en la precordillera, en beneficio de las ciudades-puertos de la región ..... 4,29

### III Región

Nivel de  
importancia (0-5)

1. Contaminación marina del sector costero de la ciudad de Chañaral, provocada por canales de relaves de mina El Salvador ..... 4,83
2. Contaminación de aguas en bahías de Caldera y Calderilla, provocada por industria pesquera ..... 4,55
3. Contaminación del río Salado, por relaves mineros ... 4,45
4. Peligro de extinción de especies arbóreas y arbustivas por consumo de leña ..... 4,36
5. Contaminación atmosférica en Chañaral por polvillo de embancamiento de relave de mina El Salvador ..... 4,33

### IV Región

Nivel de  
importancia (0-5)

1. Desertificación ..... 4,85
2. Sobreexplotación de fauna marina ..... 4,75
3. Excesiva explotación de la vegetación para uso de leña ..... 4,75
4. Falta del recurso de agua ..... 4,70
5. Excesiva deforestación ..... 4,60

## V Región

	Nivel de importancia (0-5)
1. Contaminación marina, producto de residuos industriales y desechos urbanos, especialmente en Viña del Mar y bahía de Valparaíso .....	4,68
2. Contaminación de playas .....	4,68
3. Contaminación de los ríos y esteros (Aconcagua, Reñaca, Marga-Marga y otros) producto de residuos industriales y desechos urbanos .....	4,67
4. Contaminación agrícola en zona de Ventanas, producto de chimenea de Enami .....	4,61
5. Incendios forestales .....	4,61

## Región Metropolitana

	Nivel de importancia (0-5)
1. Contaminación atmosférica .....	4,81
2. Excesiva extensión de la ciudad .....	4,75
3. Escasez de vivienda .....	4,73
4. Contaminación de cursos de aguas, producto de aguas servidas y residuos industriales líquidos .....	4,67
5. Hacinamiento y promiscuidad en la vivienda .....	4,67

## VI Región

	Nivel de importancia (0-5)
1. Incorporación de caminos principales (carreteras) a centros poblados, debido al crecimiento que experimentaron .	4,57
2. Contaminación de ríos, producto de aguas servidas ...	4,56
3. Congestión vehicular en vías de la ciudad de Rancagua .....	4,44
4. Falta de lugares de esparcimiento y escasez de equipamiento de éstos .....	4,43

5. Escasez de áreas verdes en Rancagua ..... 4,43

### VII Región

	Nivel de importancia (0-5)
1. Erosión y pérdida de suelos agrícolas y forestales por mal manejo .....	4,50
2. Inadecuada localización industrial en balneario de Constitución .....	4,38
3. Contaminación por olores derivados de procesos productivos, especialmente en Constitución .....	4,23
4. Contaminación atmosférica proveniente de actividades industriales, especialmente Celulosa de Constitución ..	4,23
5. Pérdidas de suelos agrícolas por expansión urbana ....	4,17

### VIII Región

	Nivel de importancia (0-5)
1. Hacinamiento en la vivienda .....	4,71
2. Erosión de suelos por mal manejo .....	4,60
3. Contaminación hídrica por plantas pesqueras en el canal El Morro de Talcahuano y San Vicente .....	4,57
4. Falta de servicios o instalaciones básicas en poblaciones pobres .....	4,57
5. Falta de plantas de tratamiento de aguas servidas e industriales .....	4,57

### IX Región

	Nivel de importancia (0-5)
1. Mala planificación en el crecimiento y desarrollo de la ciudad de Temuco .....	4,50
2. Empobrecimiento del suelo, producto de sobreexplotación .....	4,38

- |   |      |
|---|------|
| 3. Erosión por mal uso del suelo .....                          | 4,38 |
| 4. Explotación irracional y destrucción del bosque nativo ..... | 4,29 |
| 5. Excesivo uso de la vegetación para consumo de leña ..        | 4,29 |

### X Región

- |   | Nivel de<br>importancia (0-5) |
|---|-------------------------------|
| 1. Irracional explotación y destrucción de bosques nativos .....  | 4,62                          |
| 2. Sobreexplotación de fauna marina (peces, crustáceos y moluscos), especialmente por parte de barcos-factorías ..... | 4,42                          |
| 3. Falta de plantas de tratamiento de aguas servidas .....  | 4,42                          |
| 4. Peligro de extinción de especies marinas .....   | 4,39                          |
| 5. Contaminación de ríos por aguas servidas y residuos industriales .....   | 4,39                          |

### XI Región

- |   | Nivel de<br>importancia (0-5) |
|---|-------------------------------|
| 1. Deforestación provocada por incendios forestales durante la colonización de la zona .....                  | 5,00                          |
| 2. Erosión provocada por deforestación, especialmente debido a quemas .....                                   | 4,88                          |
| 3. Sobreexplotación de especies marinas .....   | 4,87                          |
| 4. Ausencia de un programa efectivo para la reforestación de la región .....                                  | 4,71                          |
| 5. Falta de sistema de alcantarillado, especialmente en Puerto Chacabuco y ribera norte de Puerto Aisén ..... | 4,57                          |

### XII Región

- |   | Nivel de<br>importancia (0-5) |
|---|-------------------------------|
| 1. Sobreexplotación de especies marinas, especialmente de |                               |

- |   |      |
|---|------|
| centollas .....   | 4,75 |
| 2. Erosión y empobrecimiento de los suelos, provocados por sobrepastoreo .....                        | 4,33 |
| 3. Contaminación de playas en Punta Arenas, producto de colectores de alcantarillado .....            | 4,27 |
| 4. Contaminación marina por desechos de aguas servidas en la costa de Punta Arenas .....              | 4,27 |
| 5. Escasez de medios de comunicación económicos que conecten Punta Arenas con el resto del país ..... | 4,27 |

## Isla de Pascua

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
|  | Nivel de<br>importancia (0-5) |
| 1. Deterioro del paisaje de la isla, producto de la diseminación de basuras .....                        | 4,43                          |
| 2. Existencia de insectos nocivos que causan problemas a cultivos de verduras y frutas .....             | 4,40                          |
| 3. Inadecuado sistema de recolección y disposición de basuras .....                                      | 4,29                          |
| 4. Sobreexplotación de langosta .....  | 4,17                          |
| 5. Proliferación de la mosca común, producto del exceso de basuras y de las condiciones climáticas ..... | 4,14                          |

## Archipiélago Juan Fernández

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
|  | Nivel de<br>importancia (0-5) |
| 1. Alteración por especies vegetales introducidas con características de plagas: especialmente zarzamoras, maqui, trum ..... | 4,80                          |
| 2. Erosión de la isla, producto de deforestación, ganado y cuevas de conejo .....  | 4,70                          |
| 3. Falta de medios de transporte (marítimos y aéreos) ...  | 4,70                          |
| 4. Introducción de especies de fauna exótica, especialmente cabras, coatíes, conejos, gatos                                  |                               |

asilvestrados y roedores .....	4,60
5. Sobreexplotación de langosta .....	4,44

### Antártica

	Nivel de importancia (0-5)
1. Problemas de olores debido a la acumulación de basura .....	5,00
2. Escasez de centros poblados adecuados para la zona .	5,00
3. Contaminación marina, debido a derrames de petróleo .....	5,00
4. Incomodidad y falta de calidad de los refugios .....	5,00
5. Inadecuado sistema de disposición de desechos sólidos .....	4,66

# ÍNDICE

PRÓLOGO .....	3
CAPÍTULO I	
EL DRAMA URBANO DE SANTIAGO .....	5
La tragedia de Santiago .....	6
El abuso del hombre .....	8
Un crudo diagnóstico .....	10
Hacia las soluciones .....	11
CAPÍTULO II	
LOS PROBLEMAS AMBIENTALES .....	13
La Región Metropolitana .....	15
Problemas ambientales ordenados por importancia .....	16
Problemas ambientales clasificados por categoría .....	19
Comentarios de los expertos sobre algunos de los problemas ambientales .....	23
La variable ecológica .....	30
CAPÍTULO III	
LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA .....	31
Las desventajas naturales .....	32
El clima .....	33
Circulación general de la atmósfera .....	33
La inversión térmica .....	35
Comportamiento meteorológico .....	37
La topografía .....	38

<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES</b> .....	45
Las inmisiones .....	48
Normas de calidad del aire .....	51
Las emisiones .....	51
Las fuentes responsables .....	56
Los más peligrosos contaminantes .....	60
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>CONTAMINACIÓN Y SALUD</b> .....	63
Monóxido de carbono (CO) .....	67
Óxidos de nitrógeno .....	70
Óxidos de azufre .....	71
Partículas totales en suspensión .....	72
Oxidantes fotoquímicos (smog fotoquímico) .....	73
Diagnóstico preocupante .....	76
<b>CAPÍTULO VI</b>	
<b>EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y DESARROLLO</b>	
<b>ECONÓMICO</b> .....	79
Equilibrio alterado .....	81
El desarrollo sustentable .....	84
<b>CAPÍTULO VII</b>	
<b>LAS FUENTES MÓVILES</b> .....	
Locomoción colectiva .....	87
Licitación de vías .....	88
Automóviles particulares .....	90
Gasolina sin plomo .....	92
La tarificación de calles céntricas .....	95
	100
<b>CAPÍTULO VIII</b>	
<b>LAS FUENTES FIJAS</b> .....	
	103
<b>CAPÍTULO IX</b>	
<b>LA OTRA AMENAZA</b> .....	
Contaminación acústica .....	105
Contaminación hídrica .....	106
Contaminación por residuos sólidos .....	108
	113
<b>CAPÍTULO X</b>	
<b>EL DETERIORO AMBIENTAL DE CHILE</b> .....	
	119



ERCILLA