



Publicaciones Terram

Análisis de Políticas Públicas N°3

Septiembre, 2001

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA REGIÓN METROPOLITANA

Introducción

Luego de 10 años de políticas para descontaminar Santiago, las metas a corto, mediano y largo plazo en general no se han cumplido. Los índices de contaminación, a pesar de haber disminuido, no han cumplido con las metas establecidas en el plan de descontaminación. Los planes que se vienen sucediendo han tenido un impacto limitado y los éxitos relativos más bien se han debido a los cambios en el uso de energéticos por parte de la industria y al cambio en el parque vehicular. Esto se debe, fundamentalmente, a que el gobierno no enfrenta el problema principal de la contaminación, que radica en la ausencia de una estrategia global y en la incapacidad de la autoridad para cumplir con los objetivos trazados.

I. Situación Geográfica y Climática de la Región Metropolitana

Debido a las condiciones geográficas y meteorológicas de la ciudad de Santiago se ve afectada por un fenómeno denominado Inversión Térmica. Éste consiste en que, debido a diferencias de temperaturas, el aire inferior no logra mezclarse con el aire superior en la atmósfera, lo que impide su renovación y genera una especie de "techo" o "capa" sobre la ciudad. En la época de otoño-invierno este fenómeno se agudiza, generando los episodios de más alta concentración de partículas.

Por otro lado, el patrón de vientos en la región no favorece la dispersión de los contaminantes ya que éstos soplan del sur-oeste durante el día, acarreado, concentrando y dejando atrapada la contaminación en la Cordillera de los Andes. Durante la noche esta situación se revierte, quedando el aire de la cuenca parcialmente renovado.

Las condiciones meteorológicas de verano permiten que se renueve el aire en la cuenca (mayor velocidad

de vientos y menor potencia de la inversión térmica). Sin embargo, durante el invierno (menores velocidades de vientos y menor insolación) no se logra una ventilación adecuada por lo que se mantiene un nivel permanente de contaminación durante la estación.

II. Evolución de la Contaminación en Santiago

II.1 Inventario de emisiones

Si bien son las condiciones geográficas de la cuenca las que no permiten la dispersión de los contaminantes, es la acción del hombre, a través de sus distintas actividades, la que genera la contaminación. Entre los principales contaminantes que afectan la calidad del aire en la Región Metropolitana se encuentran: partículas de polvo en suspensión (PTS); material particulado respirable –partículas con un diámetro menor a 10 microgramos (PM_{10}); material particulado inhalable –partículas con un diámetro menor a 2,5 microgramos ($PM_{2.5}$); monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), el ozono (O_3) y los compuestos orgánicos volátiles (COV). (ver recuadro N°1)

En el cuadro N°1 se presenta el inventario de emisiones del año 2000, elaborado por el Centro Nacional de Medio Ambiente en conjunto con la CONAMA Metropolitana. Éste contiene una cuantificación de los principales contaminantes de acuerdo a las distintas fuentes de emisión. Los contaminantes considerados en este inventario son: PM_{10} , CO, NO_x , COV, SO_2 y el NH_3 .

Escrito por:

Rodrigo Pizarro

Economista y Director de Estudios de Terram

Paola Vasconi

Ingeniera e Investigadora de Terram

Cuadro N°1 Inventario de Emisiones, Conama, Octubre 2000

Fuentes	2000											
	Ton/año						Participación					
	PM10	CO	NOx	COV	SO2	NH3	PM10	CO	NOx	COV	SO2	NH3
Fuentes Fijas												
Procesos Industriales	662	5.465	3.917	177	3.943	99	15,3%	2,9%	7,0%	0,2%	39,5%	0,3%
Calderas Industriales	152	663	2.234	72	1.667	59	3,5%	0,4%	4,0%	0,1%	16,7%	0,2%
Calderas de Calefacción	62	174	532	14	471	22	1,4%	0,1%	0,9%	0,0%	4,7%	0,1%
Panaderías	22	29	131	3	120	5	0,5%	0,0%	0,2%	0,0%	1,2%	0,0%
Otros	90	154	1.278	1	398	16	2,1%	0,1%	2,3%	0,0%	4,0%	0,1%
Total Fuentes Fijas	988	6.485	8.094	267	6.599	200	22,8%	3,5%	14,4%	0,3%	66,1%	0,7%
Otras Fuentes Fijas												
Combustión Doméstica												
- Leña	228	538	29	52		17	5,3%	0,3%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%
- Gas cañería, licuado, etc.	100	350	1.363	139	239	57	2,3%	0,2%	2,4%	0,2%	2,4%	0,2%
- Otras												
Emisiones evap. De COV												
- Distribución de Combustibles				2.088		0	0,0%	0,0%	0,0%	2,6%	0,0%	0,0%
- Otras fuentes evaporativas				8.922	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	11,2%	0,0%	0,0%
- evaporativas puntuales	55	20	80	3.861	1	0	1,3%	0,0%	0,1%	4,8%	0,0%	0,0%
- evaporativas residencial	0	0	0	30.119	0	1.928	0,0%	0,0%	0,0%	37,7%	0,0%	6,6%
Otros	534	4.322	310	9.916	16	26.134	12,3%	2,3%	0,6%	12,4%	0,2%	89,3%
Total Otras Fuentes	916	5.229	1.782	55.096	256	28.136	21,2%	2,8%	3,2%	69,0%	2,6%	96,1%
Fuentes Móviles												
Automóviles	134	107.554	9.836	11.515	324	539	3,1%	57,9%	17,5%	14,4%	3,2%	1,8%
Taxis	33	17.597	2.228	2.090	79	157	0,8%	9,5%	4,0%	2,6%	0,8%	0,5%
Buses	1.208	6.020	20.428	2.478	1.507	5	27,9%	3,2%	36,4%	3,1%	15,1%	0,0%
Camiones	810	3.333	9.209	2.388	895	5	18,7%	1,8%	16,4%	3,0%	9,0%	0,0%
Otros	241	39.692	4.479	5.985	325	227	5,6%	21,4%	8,0%	7,5%	3,3%	0,8%
Total Fuentes Móviles	2.425	174.196	46.180	24.456	3.130	933	56,0%	93,7%	82,4%	30,6%	31,3%	3,2%
TOTAL	4.329	185.911	56.056	79.819	9.985	29.270	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: CONAMA - CENMA, 2001

Como se puede apreciar las principales emisiones de las fuentes fijas (procesos industriales) son el SO₂ y el PM₁₀, constituyendo 66% y 23% del total de las emisiones, respectivamente, mientras que las fuentes móviles (transporte) participan significativamente en las emisiones de: CO (94%), NO_x (82%), PM₁₀ (56%) y, en menor medida, en las de COV (31%) y SO₂ (31%). Finalmente, las demás fuentes (residenciales y evaporativas) contribuyen principalmente a la emisión de NH₃ (96%), COV (69%) y PM₁₀ (21%).

Es importante señalar que algunos contaminantes son relevante también por su contribución en la formación de partículas y gases. Si bien no se observa en el cuadro, más del 50% del PM₁₀ está compuesto por el material particulado fino (PM_{2,5}).

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO₂), al igual que el amoníaco (NH₃) son los principales precursores de la formación de estas partículas de menor tamaño. Asimismo los NO_x también son relevantes junto a los compuestos orgánicos volátiles (COV), en los procesos fotoquímicos que generan ozono (O₃).

A diferencia de los inventarios anteriores, en éste se ha considerado por separado el material particulado que proviene de procesos de combustión y el generado por el levantamiento de polvo por el tráfico vehicular. Esta separación se justifica por el origen y los efectos de ambos tipos de contaminantes. En el caso del polvo, su origen es fundamentalmente natural, sus partículas son de mayor tamaño, provienen de la corteza terrestre, poseen una rápida velocidad de sedimentación y sus efectos en la salud son menores. Mientras,

Recuadro N°1 - Los Contaminantes

Contaminante	Definición	Fuentes principales	Impactos Ambientales	Efecto sobre la salud
PM 10	Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (su diámetro es inferior a 10 micrones) ejemplos son: polvo, cenizas, partículas metálicas, cemento o polen	Bencina con plomo, flujo vehicular, combustión industrial y doméstica del carbón, combustible y diesel; procesos industriales; incendios, erosión eólica y erupciones volcánicas	Disminuye la visibilidad y daña edificios y materiales	Depósito de partículas en las vías aéreas superiores y en tráquea y bronquios originando silicosis y asbestosis; aumenta frecuencia de cáncer pulmonar, muerte prematura, síntomas respiratorios severos; irritación de los ojos y nariz; agravamiento en cardiopatías
PM 2,5	Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (su diámetro es de 2,5 micrones y menos) generado por las emisiones de dióxido de azufre y óxido de nitrógeno. Algunos componentes son: nitratos, sulfatos, amonios, carbono orgánico, polvo de calles, hollín	Automóviles catalíticos, industria		Se deposita en los alveolos pulmonares, aumento de la frecuencia de cáncer pulmonar, muertes prematuras, síntomas de respiración severos, irritación de ojos y nariz, silicosis, asbestosis, agrava el asma y las enfermedades cardiovasculares
Monóxido de Carbono (CO)	Es un gas sin color, olor ni sabor y sumamente tóxico. Es un contaminante primario, compuesto de carbono y oxígeno que cuenta con sólo un átomo de oxígeno y otro de carbono se produce por combustión incompleta de carbón u otros combustibles en una atmósfera pobre en oxígeno	Automóviles, motores de combustión, estufas, cocinas a gas, calefones, calderas, braseros, calentadores a leña, parrillas, fogones, generadores portátiles	Precursor de contaminantes secundarios como el ozono y la lluvia ácida	Al unirse a la hemoglobina produce metahemoglobina que en concentraciones altas causa bronquitis, fibrosis bronquiolar y efisema
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	Contaminante que se genera por la oxidación del nitrógeno que se produce en los procesos de combustión a altas temperaturas	El transporte y la combustión en calderas industriales y producción de electricidad	Tiene una gran trascendencia en la formación del smog, influye tanto en las reacciones de formación y destrucción del ozono, así como en el fenómeno de la lluvia ácida	Irritación de la piel y mucosas, penetra en los alveolos, aumento del metabolismo antioxidante, daño celular en los pulmones, la formación de ácido nitroso en el tejido pulmonar, daña las paredes capilares causando edema, al unirse a la hemoglobina produce metahemoglobina que en concentraciones altas causa bronquitis obliterante, fibrosis bronquiolar y efisema
Dióxido de azufre (SO2)	Importante contaminante primario. Se forma por la combustión del azufre contenido en los combustibles fósiles, en la fundición de los minerales que contienen azufre y en otros procesos industriales. Es un gas incoloro y no inflamable, de olor fuerte e irritante	Combustión de carbón y petróleo y por la metalurgia	Principal contribuyente a la lluvia ácida que causa la acidificación de cuerpos de agua y daña la flora, edificios y materiales	Opacamiento de la córnea (queratitis), dificultad para respirar, inflamación de las vías respiratorias, irritación ocular por formación de ácido sulfuroso sobre las mucosas húmedas, alteraciones psíquicas, edema pulmonar, paro cardíaco, colapso circulatorio
Ozono (O3)	Molécula inorgánica muy oxidante que se encuentra en la parte baja de la atmósfera. Gas de color azulado que tiene un fuerte olor muy característico	Al ser un contaminante secundario no tiene fuentes de emisión apreciables, es decir, no es emitido directamente a la atmósfera, sino formado a partir de reacciones fotoquímicas (activadas por la luz solar) entre contaminantes primarios. Concretamente, se forma ozono cuando coexisten los óxidos de nitrógeno (NOx), los compuestos orgánicos volátiles (COVs) y una radiación solar intensa a lo largo de un período de tiempo suficientemente largo (un mínimo de varias horas). Es por esta razón que las altas concentraciones se dan en época de primavera y verano	Es el componente más dañino del smog fotoquímico. Cuando está en concentraciones altas frena el crecimiento de las plantas y los árboles	Dolor de cabeza, irritación de ojos, nariz y garganta, dolor de tórax, incremento de mucosidad, estertores, cierre de las vías respiratorias, languidez, malestar, náuseas, aumento en la incidencia de ataques asmáticos

Elaboración: Fundación TerraM

que el material particulado procedente de la combustión, tiene un menor tamaño, diferente composición química, distinto tiempo de residencia en la atmósfera y sus efectos en la salud son más preocupantes. En el cuadro N°2 se puede apreciar la emisión total del polvo resuspendido.

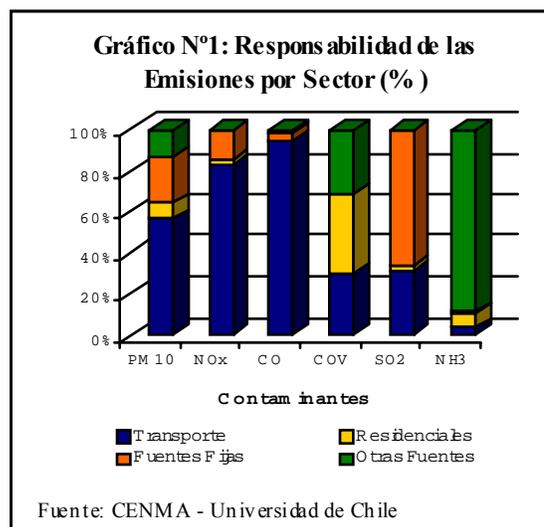
Cuadro N°2 Emisión Total de Polvo Resuspendido

Fuente	Ton/año
Construcción y demolición	700
Levantamiento de polvo en calles pavimentadas	33.600
Levantamiento de polvo en calles sin pavimentar	4.300
Producción de áridos	10.000
Total	48.600

Fuente: CONAMA

En la Región Metropolitana se han realizado varios inventarios para determinar las fuentes de emisión de los diferentes contaminantes e ir evaluando la calidad del aire a través del tiempo, pero sólo los inventarios de 1997 y del 2000 son comparables entre sí, ya que se utilizaron los mismo coeficientes de emisión y fuentes de control. En el cuadro N°3 se puede observar el cambio en las emisiones en este período. Entre 1997 y el año 2000 la contaminación, en general, ha disminuido para todos los contaminantes, menos para los NO_x, el que ha aumentado en un 10%. En el caso de las fuentes fijas hay una importante disminución del SO₂ (71%) y el PM₁₀ (64%). Para el caso de las fuentes móviles se ha producido un aumento en casi todos los contaminantes exceptuando CO y COV.

En el gráfico N°1 se presenta la contribución de los diferentes sectores a la contaminación de Santiago.



II.2 Evolución de los contaminantes principales

La evidencia indica que Santiago está saturado de PM₁₀ y Ozono por lo que los planes de descontaminación, así como la declaración de las crisis ambientales, se definen a partir de los niveles de concentración de PM₁₀. Es así como a partir del 2001 también se declararán crisis ambientales por mediciones de ozono. En consecuencia, para evaluar la situación ambiental de la región, el análisis se concentrará en la evolución de estos contaminantes.

II.2.1 El Material Particulado

En el último inventario de emisiones (octubre del 2000), la fracción gruesa del material particulado, es decir, partículas cuyo diámetro se encuentra sobre 10 micrones (μ) se consideró separadamente de las partículas provenientes de la combustión (partículas más

Cuadro N°3 Variación de los Inventarios 1997-2000

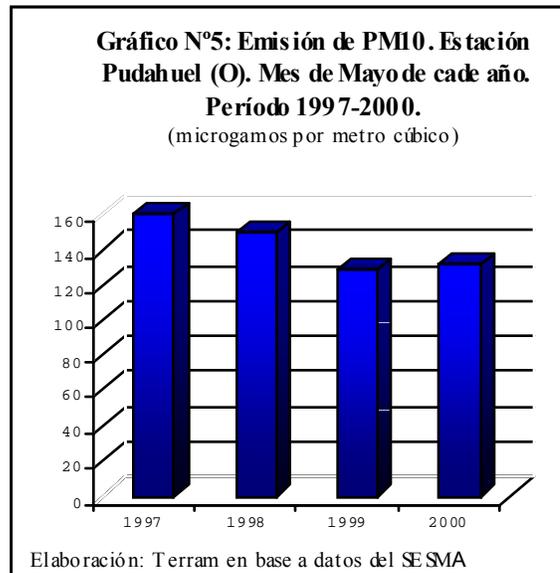
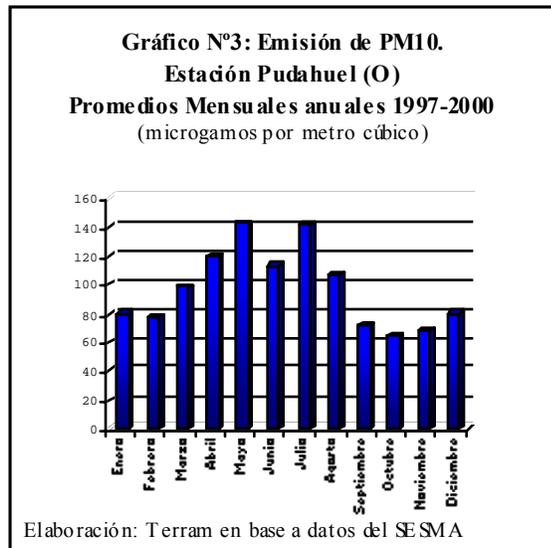
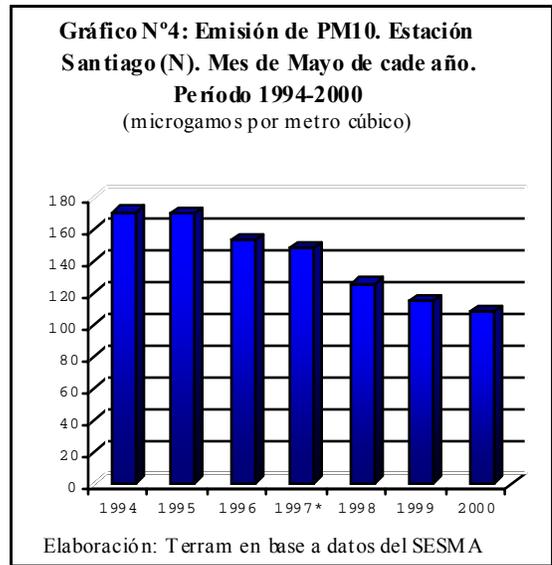
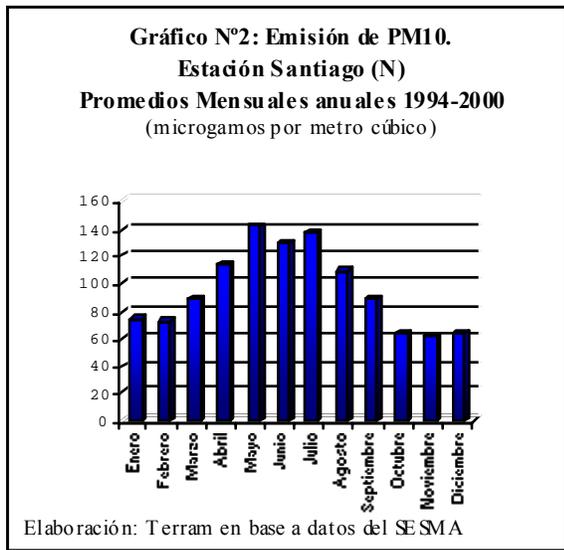
Fuentes	PM10		CO			NOx			COV			SO2			
	%														
	1997	2000	Var.	1997	2000	Var.	1997	2000	Var.	1997	2000	Var.	1997	2000	Var.
Total Fuentes Fijas	2.739	988	-64%	9.601	6.485	-32%	7.951	8.094	2%	293	267	-9%	22.477	6.599	-71%
Total Otras Fuentes	1.752	916	-48%	6.902	5.229	-24%	1.946	1.782	-8%	58.328	55.096	-6%	390	256	-34%
Total Fuentes Móviles	2.079	2.425	17%	186.438	174.196	-7%	41.179	46.180	12%	24.922	24.456	-2%	2.434	3.130	29%
Total Polvo Resuspendido	40.727	40.334	-1%												
TOTAL	47.297	44.663	-6%	202.941	185.911	-8%	51.076	56.056	10%	83.543	79.819	-4%	25.300	9.985	61%

Elaboración: Fundación Terra m

finas). Esto se debe, como se mencionó anteriormente, a que el origen y los efectos de ambos tipos de contaminantes son distintos.

El PM_{10} constituye la principal preocupación de las autoridades ambientales, por lo que a partir de este indicador se define la declaración de alertas, preemergencias y emergencias ambientales (ver recuadro N°2 ¿Cómo se decreta un episodio de contaminación?).

Dada las condiciones atmosféricas de la cuenca de Santiago, la concentración de contaminantes, tiene un fuerte componente estacional, como se observa en los gráficos N°2 y N°3 de las estaciones Santiago y Pudahuel¹, (el promedio de la contaminación de cada año por mes), donde también se observa que la mayor concentración de contaminantes ocurre en el mes de mayo. En consecuencia se ha tomado este mes para evaluar la evolución de la contaminación.



¹ Se tomaron estas estaciones por ser que se presentan los mayores índices de contaminación por el PM_{10}

Recuadro N°2

Monitoreo de los Contaminantes. Modelo de Pronóstico.

El monitoreo de los contaminantes en la Región Metropolitana partió en 1988 con la puesta en marcha de la red oficial de Monitoreo Automática de Calidad del Aire y Meteorología (Red MACAM), la que contaba con cinco estaciones ubicadas en la zona céntrica de Santiago. En 1997 esta red fue modernizada y ampliada a ocho estaciones de monitores automáticos, en lo que hoy se denomina como Red MACAM-2, dependiente del SESMA. En el cuadro aparecen las estaciones y los contaminantes que se monitorean en cada una de ellas.

Red de Monitoreo

Nombre (ubicación)	Año inicio	Contaminantes medidos actualmente
Las Condes	1988	CO, SO ₂ , O ₃ , NO _x /NO ₂ , MP 2.5, MP10, (*)
Providencia	1988	CO, SO ₂ , O ₃ , MP10, NO _x /NO ₂ (hasta 1996), (*)
Independencia	1988	CO, SO ₂ , O ₃ , MP10
Santiago	1988	CO, SO ₂ , O ₃ , MP10, MP 2.5, NO _x /NO ₂ (hasta 1996), (*)
La Florida	1997	CO, SO ₂ , O ₃ , MP10, MP 2.5, (*)
Pudahuel	1997	CO, SO ₂ , O ₃ , MP10, MP 2.5, NO _x /NO ₂ , (*)
El Bosque	1997	CO, SO ₂ , O ₃ , MP10, (*)
Cerrillos	1997	CO, SO ₂ , O ₃ , MP10, NO _x /NO ₂ , (*)

(*): indica CH₄ (metano), NMH (hidrocarburos no matánicos) y THC (hidrocarburos totales).

Fuente: PPDARM, 1997

Con el Plan de Descontaminación surgió la necesidad de crear un modelo de pronóstico de episodios críticos de contaminación, debido a la importancia de anticipar a la población las medidas de control y de resguardo frente a situaciones críticas. Este modelo ha ido evolucionando en el tiempo hasta llegar al actual, denominado Cassmassi, el que fue desarrollado a partir de la información de la calidad del aire medida por la Red MACAM-2 y de la información meteorológica de altura de la zona central del país, entre 1 de abril y el 17 de septiembre de los años 1997 y 1998.

A partir del 2001 se comenzó a aplicar un nuevo sistema de pronósticos que pretende combatir la contaminación atmosférica de la Región Metropolitana y detectar con antelación las posibles medidas de excepción ambiental. Con el sistema de pronóstico se hace un análisis científico de cómo va a evolucionar la concentración del material particulado en el transcurso de las siguientes 24 horas. Este análisis se basa en la meteorología, es decir, en las condiciones atmosféricas locales de la cuenca de Santiago, las cuales permiten determinar las condiciones de ventilación para los días siguientes. Se suma a ello el pronóstico de la calidad del aire, vale decir, los contaminantes y específicamente el material particulado. De este estudio se desprende el pronóstico final que permite anticipar el comportamiento del aire en la Región Metropolitana y posibles episodios de alerta. La diferencia de este nuevo modelo, respecto del que se aplicaba anteriormente, es que hasta el 2000 se trabajaba con un sistema tardío, es decir, cuando se percibía, a través de las estaciones de monitoreo, que efectivamente se había sobrepasado los niveles de contaminación, recién al otro día se tomaban las medidas de

prevención. En la actualidad, los datos se reciben en tiempo real y se cuenta con equipos de monitoreos modernos.

¿Cómo se decreta un episodio de contaminación?

El Índice de Calidad del Aire por Material Particulado, ICAP, es el indicador que, a través de los datos emanados del modelo de pronóstico Cassmassi, sirve como antecedente para que la autoridad pueda determinar que estamos en presencia de un episodio crítico de contaminación.

El ICAP es, en realidad, una simplificación que lleva a una escala estándar el valor promedio de las concentraciones del PM₁₀, de acuerdo a lo que establece la norma para este contaminante. De esta forma, es posible determinar que estamos en presencia de un episodio crítico cuando se alcanza, en al menos una de las estaciones de la red de monitoreo, niveles de calidad del aire que superan el nivel 200 del ICAP o, lo que es equivalente, los 195 mg/m³ de concentración. De ahí en adelante, y según vaya empeorando la calidad del aire, se habla de episodios de alerta, preemergencia o emergencia.

Indices de Calidad del Aire por Material Particulado Respirable (ICAP)

ICAP	Categoría ICAP	PM10 (microgramos/metro cúbico, 24 hrs.)	Nivel	Episodio
0-100	Bueno	0	0	-
101-200	Regular	150	0	-
201-300	Malo	195	1	Alerta
301-400	Crítico	240	2	Preemergencia
401-500	Peligroso	285	2	Preemergencia
> 501	Excede	330	3	Emergencia

Fuente: CONAMA - RM

El pronóstico de los episodios se realiza en el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) dependiente de la U. De Chile, donde un equipo de meteorólogos expertos prepara diariamente, en base a información meteorológica actualizada y la información de la calidad del aire de la red de monitoreo MACAM-2, el pronóstico de las condiciones meteorológicas asociadas a ese episodio de contaminación. Los expertos procesan los datos y emiten un informe preliminar al mediodía el que será confirmado o rectificado en la tarde, mediante el análisis de lo ocurrido durante el día. Todos los días CONAMA RM recibe este informe junto con el emitido por el SESMA de la calidad del aire y envía los antecedentes a la Intendencia la cual esta encargada de evaluar todos los antecedentes y decretar cuando corresponda un episodio de contaminación para el día siguiente.

En los gráficos N°4 y N°5 se observa la evolución de la contaminación por PM_{10} en Santiago para el mes de mayo entre los años 1994 y 2000 en las estaciones de Santiago y Pudahuel, ahí se puede apreciar que la concentración de PM_{10} ha disminuido sistemáticamente en el período, esto ha constituido un logro importante en la política de descontaminación, sin embargo, aún no se está cumpliendo con los estándares aceptados de concentración de este contaminante.

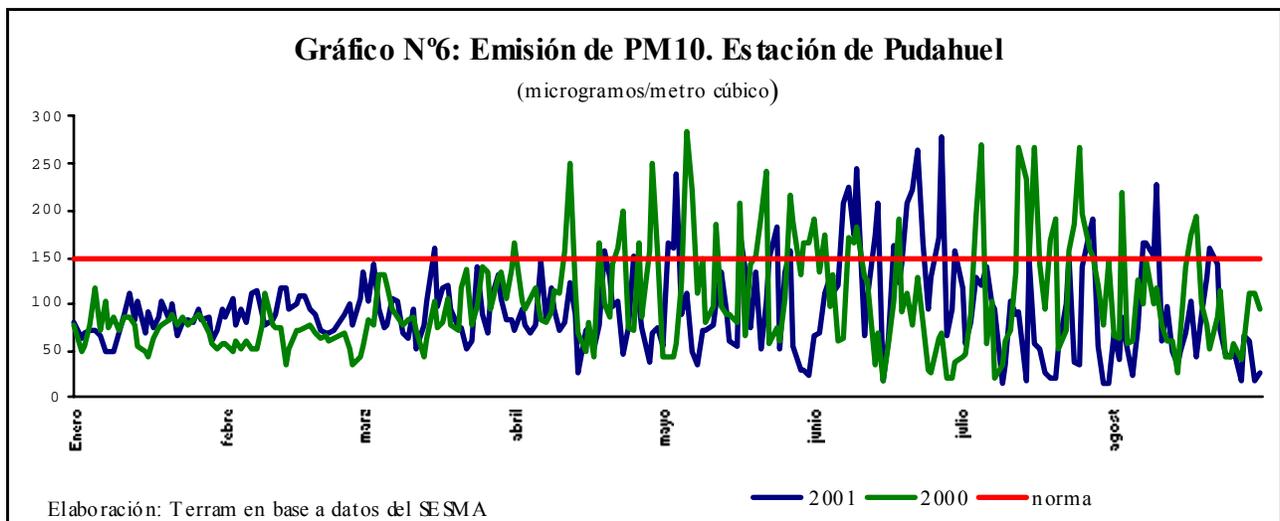
Los estándares de concentración de PM_{10} normalmente se definen a partir de una norma anual y una norma diaria. En el caso de Chile sólo existe una norma diaria (de 24 horas) de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De todas las estaciones de monitoreo con las que cuenta Santiago, las que registran los mayores índices de contaminación son las estaciones de Santiago y de Pudahuel, esto se debe fundamentalmente a que los vientos en esta zona son menores y más espaciados entre sí, potenciando la concentración del contaminante. En el gráfico N°6 se puede apreciar la contaminación diaria por PM_{10} de la estación de Pudahuel para los años 2000 y 2001, en relación a la norma. Hasta la fecha (22 de agosto) han ocurrido 25 períodos de contaminación crítica (21 alertas y 4 preemergencias), es decir, sobre los $195 \mu\text{g}/\text{m}^3$ valor a partir del cual se decretan los episodios críticos de contaminación en la legislación chilena.

Si bien Chile no cuenta con una norma anual para el PM_{10} -dada la estacionalidad del fenómeno no se justi-

ficaría-, aún así, una forma de dimensionar la calidad del aire de Santiago es estimando un promedio anual de la concentración de material particulado (PM_{10}). En base a la información que entregan las estaciones de monitoreo en el período 1997 a 2000 se obtiene que las concentraciones de PM_{10} en dichos años alcanzaron en promedio $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que supera a las normativas anuales de los Estados Unidos ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), de la Unión Europea ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Suiza ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (ver recuadro N°3: Comparación de norma Chilena y de otros países).

La contaminación tiene dos posibles impactos: uno crónico -la exposición a niveles permanentemente altos de contaminantes- y otro agudo -la exposición a altas concentraciones en períodos cortos-, en consecuencia, es importante identificar el número de períodos críticos pues éste también genera un impacto importante en la salud de las personas.

Los episodios de contaminación aguda ocurren principalmente entre los meses de mayo y agosto de cada año. En la última década han tenido un comportamiento cíclico: para los años 1990-1992 estos episodios se registraron, en promedio, 13 días al año, en el período 1993-1996 bajaron a 5 días y en los años 1997-1999 subieron nuevamente a 14. En el año 2000, y lo que va del 2001 (agosto), se han declarado 25 días de períodos críticos. En todos estos períodos las emergencias (definidas a partir de concentracio-



Recuadro N°3

Comparación de las Normas de Calidad del Aire para los distintos Contaminantes

Materia Particulada (PM10, microgramo por metro cúbico)

País	PTS	PM10	PM2,5
Chile	75 (media anual) 260 (media 24 hrs.)	150 (media 24 hrs.)	No está normado
Estados Unidos	Se reemplazó por los indicadores PM10 y PM2,5	50 (media anual) 150 (media 24 hrs.)	15 (media anual) 65 (media 24 hrs.)
Unión Europea	Se reemplazó por el indicador PM10	30 (media anual) 50 (media 24 hrs.)	20 (media anual) 40 (media 24 hrs.)
OMS	Se reemplazó por los indicadores PM10 y PM2,5	Sin umbral, se recomienda manejo de riesgos	Sin umbral, se recomienda manejo de riesgos
Suiza	70 (media anual) 150 (media 24 hrs.)	20 (media anual) 50 (media 24 hrs.)	No está normado
Japón	Nunca se ha regulado	200 (1 hora) 100 (media 24 hrs.)	No está normado
Alemania	70 (media anual) 150 (media 24 hrs.)	Próximamente aplicará normas de UE	Próximamente aplicará normas de UE

Fuente: Revisión de normas primarias de calidad del aire para SO2, CO, O3, NO2 y PTS. CONAMA

Dióxido de Azufre

(SO2, microgramos por metro cúbico)

País	10 min.	30 min.	1 h	24 h	Anual
Chile				365	80
Estados Unidos				365	80
Unión Europea			350	125	
OMS	500		350	125	50
Suiza		100		100	
Japón			260	104	
Alemania		400			140

Fuente: Revisión de normas primarias de calidad del aire para SO2, CO, O3, NO2 y PTS. CONAMA

Ozono

(O3, microgramos por metro cúbico)

País	30 min.	1 h	8 h
Chile		160	
Estados Unidos		240	160
Unión Europea			
OMS			120
Suiza	100	120	
Japón		120	
Alemania	120		

Fuente: Revisión de normas primarias de calidad del aire para SO2, CO, O3, NO2 y PTS. CONAMA

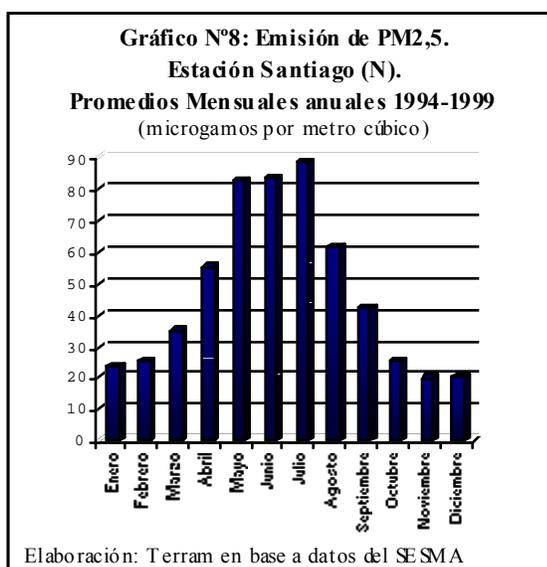
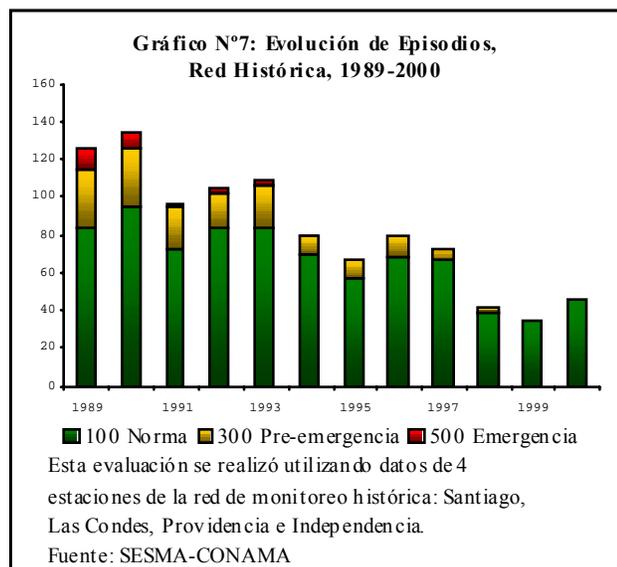
Monóxido de Carbono (CO, microgramos por metro cúbico)

País	15 min.	30 min.	1 h	8 h	24 h	Anual
Chile			40.000	10.000		
Estados Unidos			40.000	10.000		
Unión Europea						
OMS	100.000	60.000	30.000	10.000		
Suiza					8.000	
Japón				22.222	11.111	
Alemania		30.000				10.000

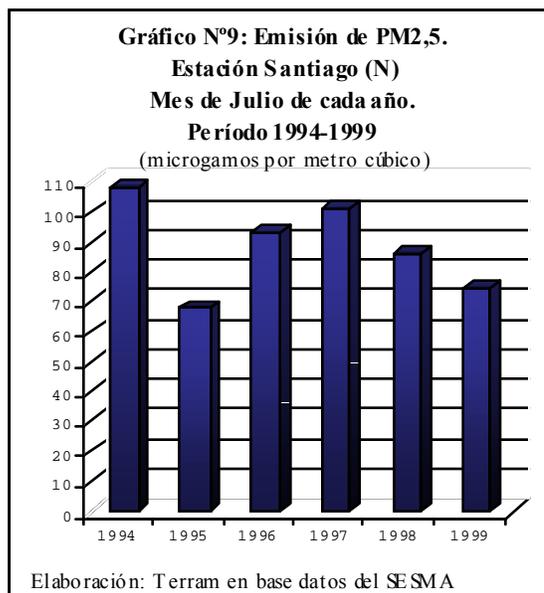
Fuente: Revisión de normas primarias de calidad del aire para SO2, CO, O3, NO2 y PTS. CONAMA

nes por sobre los 330 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$) no sobrepasaron los dos días. Respecto a las alertas cabe destacar que esta medida se determinó y comenzó a aplicarse en 1997.

Se observa una caída sistemática en los días con niveles de concentración críticos de PM_{10} , (por sobre la norma, pre-emergencia y emergencia). En el gráfico N°7 se puede apreciar que, mientras en 1990 hubo 135 días de críticos (a lo menos una de las estaciones de monitoreo registró una concentración de contaminantes por sobre la norma), en el 2000 sólo fueron 45.



.Según el inventario 2000, las principales fuentes contaminantes del PM_{10} son la combustión, industrial y doméstica, del carbón y del petróleo diesel; y el transporte, ambos de origen antropogénico, y, por otro lado, el polen y el polvo de origen natural.



En Chile aún no existe una normativa para la emisión y regulación del $\text{PM}_{2,5}$. Sin embargo, debido a su relevancia en el impacto en la salud de las personas, estas partículas son monitoreadas permanentemente por el SESMA. Como se puede apreciar el gráfico N°8 los niveles de mayor concentración, al igual que el PM_{10} ocurren también en los meses de invierno, pero con el peak ocurriendo en julio. Como se puede apreciar en el gráfico N°9, a pesar de que la evolución de la concentración de $\text{PM}_{2,5}$ es menos clara, a partir de 1997 se observa una caída sistemática. Al igual que el PM_{10} los mayores índices de contaminación se registraron en las estaciones de Pudahuel y Santiago.

El promedio anual de concentración de $\text{PM}_{2,5}$, entre 1994-1999, alcanzó aproximadamente 40,1 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ y, al igual que la concentración promedio de PM_{10} , su nivel está por sobre la norma anual de las emisiones de la Unión Europea (20 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$) y por sobre la de Estados Unidos (15 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$).

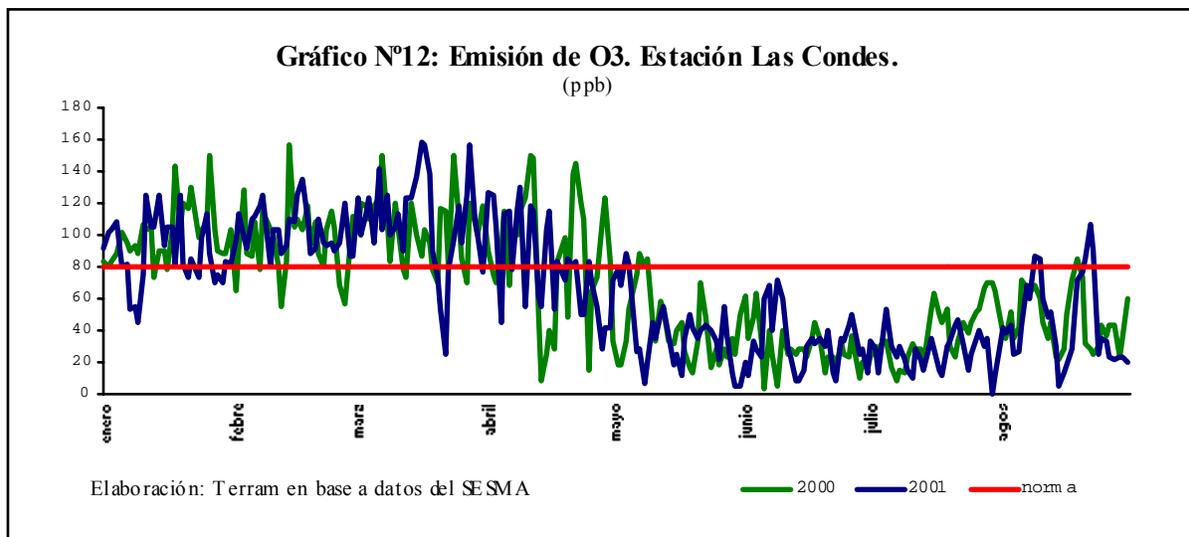
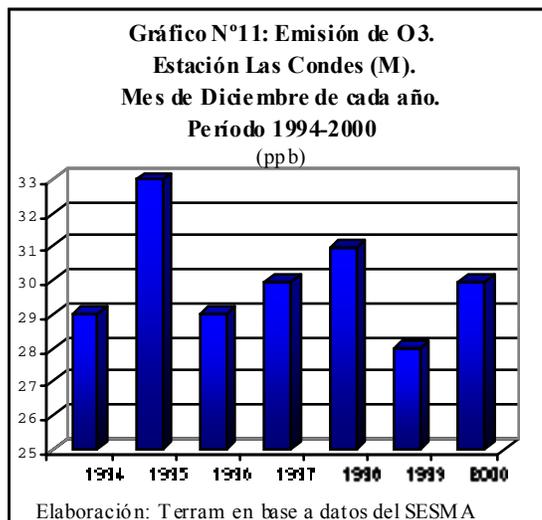
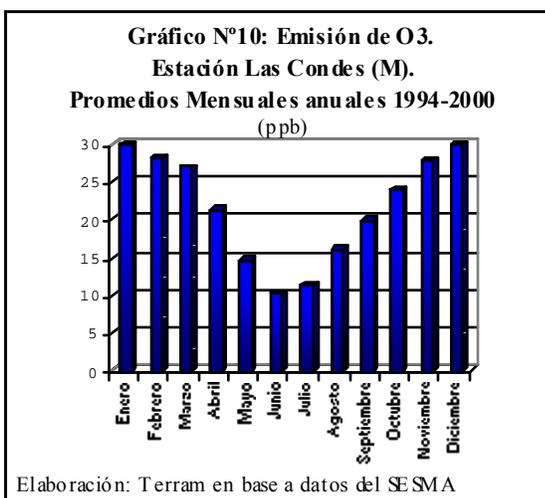
II.2.2 El Ozono

El ozono es uno de los agentes oxidantes más fuertes y es conocido como un contaminante de origen secundario, esto significa que no se emite directamente sino que la radiación solar actúa sobre el dióxido de nitrógeno dissociándolo y generando ozono. Además del nitrógeno, se considera que los compuestos orgánicos volátiles (COV) también son precursores del ozono. Pero es la radiación solar la que gatilla la producción de ozono, en consecuencia, este contaminante se observa principalmente en los meses de verano, cuando hay mayor radiación solar.

Como se puede observar en el gráfico N°10² es entre los meses de octubre a marzo donde se registra la mayor concentración de ozono, siendo el mes de diciembre o enero, dependiendo de la estación el de mayor concentración (ver gráfico N°11).

A diferencia de los demás contaminantes, cuya concentración ha bajado en los últimos años, -si bien no en la proporción esperada-, el ozono no ha experimentado la misma evolución. Más aún, por primera vez, entre enero y abril del 2001, en el 80% de los días se superó la norma vigente (ver gráfico N°12).

El control de la concentración de ozono no es sencillo ya que no está claro el proceso que convierte a los



² Se escogió la estación Las Condes por ser la que representa mayor concentración del O₃

gases precursores en ozono ni tampoco las fuentes. De acuerdo al último inventario de emisiones el sector transporte aporta el 83% de los NO_x y el 31% de los COV.

Esta relación se revierte para las fuentes fijas, las que aportan el 30% de los NO_x y hasta 70% de las emisiones de COV. Por lo que cualquier esfuerzo de control de la concentración de ozono debe centrarse en controlar la emisión de los gases precursores.

Para el caso de las fuentes fijas existen además otros inconvenientes, ya que la reducción de un contaminante puede traer consigo el aumento de otro. Esto fue lo que ocurrió en Ciudad México, donde, si bien se atenuó el problema de partículas y COV, se disparó el del ozono. Esto porque una combustión más completa –un requisito deseable para reducir ambas emisiones- implica aumentar la temperatura del proceso, lo que deriva en mayor emisión de NO_x. Este fenómeno se ha propuesto como una explicación de los que ocurre en la Región Metropolitana.

II.3 Quién Contamina?

II.3.1 La Industria

Las emisiones atmosféricas del sector industrial contribuyen significativamente al problema de la contaminación del aire de Santiago y, en términos generales, su nivel de emisiones aumenta en forma proporcional al crecimiento de la actividad económica de la región, siempre y cuando no existan cambios tecnológicos o cambios en los insumos energéticos. En el transcurso de los noventa se observan cambios importantes en los usos energéticos por parte de la industria y, en consecuencia, el aporte del sector a la contaminación total de Santiago se ha reducido considerablemente, lo que explica, en gran medida, la disminución de la concentración del PM₁₀ en el quinquenio 1995-2000.

Por lo tanto, la industria ha disminuido significativamente sus emisiones, en particular las de azufre y material particulado, cumpliendo de esta manera con las metas fijadas por el PPDA (1997) para el 2005. Esto se debe, fundamentalmente, a la sustitución y eficiencia en el uso de combustibles, pasando del carbón, de la leña y del diesel al gas natural y los nuevos diesel menos contaminantes (ver cuadro N°4: Consumo de combustibles), además de la introducción de cambios tecnológicos en sus procesos de producción (producción limpia).

Cuadro N°4 Consumo de Combustibles en la Industria. 1995-1997

Industria	Petróleo combustible y Diesel	Gas Licuado	Gas de Cañería	Leña
	miles de Lt	kilos	m3	Ton
1995	208.826	30.652.867	13.592.722	157.243
1996	234.843	34.468.167	16.969.977	75.470
Var. 96-95	12%	12%	25%	-52%
1997	202.660	33.633.352	26.119.635	34.736
Var. 97-96	-14%	-2%	54%	-54%

Fuente: ENIA, 1995-1996-1997, INE.

De los inventarios de 1997 y del 2000 se puede tener una idea de cómo ha ido cambiando la contaminación generada por el sector. La emisión de los contaminantes principales ha caído significativamente en el período, registrándose una caída del 64% para el PM₁₀, 32% para el CO, 9% para los COV y 71% para el SO₂. Sólo el NO_x registró una leve alza del 2%.

No obstante, se debe tener especial cuidado con el material particulado fino PM_{2,5} ya que la industria es uno de los principales responsables en la generación de este contaminante y no existe información clara respecto a cuánto PM_{2,5} efectivamente emite la industria.

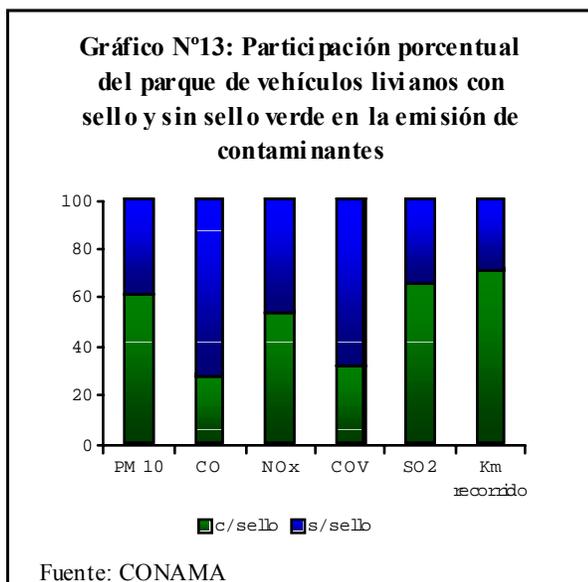
II.3.2 El Transporte Urbano

Según el inventario del año 2000 el transporte urbano contribuye en un porcentaje importante a la concentración de contaminantes de la región, como se observa en el cuadro N°1. Más aún, en el período 1997 al 2000, las concentraciones de este sector han aumentado, en el caso del PM₁₀ en 17%, para los NO_x en 12% y para los SO₂ en 29%. Sólo en el caso de los CO y COV se han registrado caídas 7% y 2% respectivamente.

A partir de mediados de los 80 comenzó el aumento sostenido del parque automotriz en la Región Metropolitana, el cual registró un aumento del 99% entre 1990 y 1999 (de 485.081 unidades en 1990 a 965.576 unidades en 1999), lo que trajo consigo un incremento importante en la contaminación atmosférica de la zona. Este impacto ha sido parcialmente atenuado por el cambio en la composición del parque automotriz hacia un mayor número de vehículos catalíticos.

En 1997 los vehículos sin convertidor catalítico eran del orden del 45% del parque y por sí solos responsables del 74% de todas las emisiones de monóxido de carbono, del 34% de los óxidos de nitrógeno y del 26% de los compuestos orgánicos volátiles de la región. Es por esto que el PPDA se concentró en el retiro de los vehículos más antiguos y en incentivar a la ciudadanía a comprar vehículos con tecnologías más avanzadas, prohibiendo el ingreso de autos no catalíticos a Santiago e imponiendo restricción a los vehículos no catalíticos. Es así como hoy, en la capital, de los 900 mil automóviles que circulan, 600 mil vehículos tiene sello verde, que incluyen a aquellos con convertidor catalítico y a los que usan petróleo diesel ciudad. Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos, el sector transporte sigue siendo el más contaminante de la región.

En el caso específico de los vehículos con convertidor catalítico, es innegable que éstos generan emisiones individuales mucho menores comparadas con las tecnologías a gasolina y diesel convencionales (ver gráfico N°13), pero, en conjunto, son tan superiores en número y en kilómetros recorridos que su aporte a la contaminación es significativo. Esto porque si bien el convertidor catalítico permitió disminuir las emisiones de plomo y monóxido de carbono, no impide que los automóviles emitan óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂).



En el caso especial de los NO_x, que es un precursor del material particulado secundario (PM_{2,5}) y de ozono (O₃), los vehículos con sello verde emiten, en tonela-

das, lo mismo que el conjunto de las industrias de la región.

En el último tiempo, el parque de vehículos particulares ha ido aumentando, sostenidamente, hasta llegar al 88% del total del parque actual mientras que los buses sólo representan el 1%. (ver cuadro N°5: Parque Vehicular).

Cuadro N°5 Parque Vehicular de la Región Metropolitana
en unidades, 2000

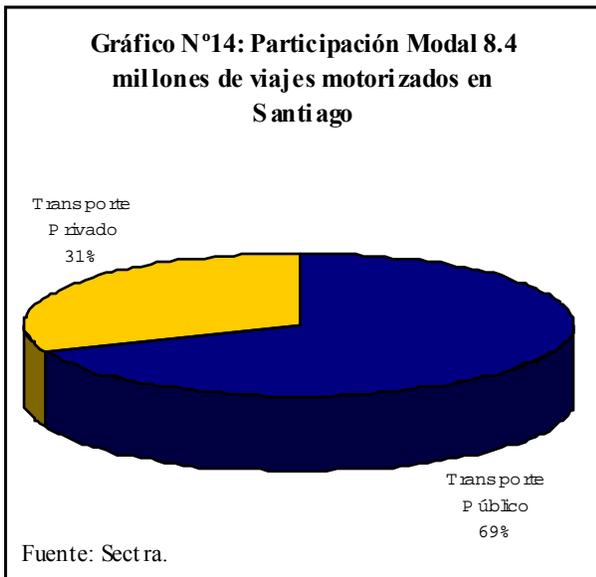
Tipo de vehículo	Total de vehículo	% Participación
Automóvil, Station wagons	555.756	818,87%
Jeep	27.021	39,81%
Furgón	54.165	79,81%
Camioneta	140.708	207,32%
Taxi	44.777	65,98%
Taxi bus	379	0,56%
Bus licitados	11.303	16,65%
Otros con Motor*	67.869	100,00%
Total	901.978	100,00%

(*): incluye minibus, motocicletas y similares, camión simple, tracto-camión, tractor agrícola y otros. Fuente: INE

Transporte Público vs Transporte Privado

En Santiago, los buses aportan el 21% a la contaminación total mientras que los vehículos livianos lo hacen en un 14%. Sin embargo, mientras que un bus transporta entre 450 a 600 pasajeros durante el día, un auto particular traslada 2,4 personas por día. De antecedentes internacionales se estima que un bus ocupa 13 veces menos espacio que un auto en pasajero/km recorrido y contamina 20 veces menos por pasajero/km recorrido. En consecuencia, es necesario evaluar la contaminación de los buses en términos de pasajeros/km recorridos.

De acuerdo a la última encuesta Origen-Destino de viajes en el Gran Santiago, se realizan 8,4 millones de viajes diarios, lo que demuestra una fuerte dependencia de modos de transporte motorizados. Del total de viajes en vehículos, el 31% corresponde al transporte privado (autos y taxis) mientras que el 69% representa al transporte público (ver gráfico N°14).



Analizando la participación del transporte público y privado en la emisión de contaminantes, medidos en gramos por pasajero por kilómetro recorrido (gr/pasajero-km), se concluye que el transporte privado genera una mayor contaminación por viaje realizado que el transporte público. En el cuadro N°6 se presenta una estimación de la emisión por gr/pasajero-km, como se puede observar en el caso del PM₁₀ mientras el transporte público contamina 0,55 gr/pasajero-km recorrido, el transporte privado alcanza a emitir 0,73 gr/pasajero-km recorrido. Algo similar ocurre en los demás contaminantes, siendo el transporte privado el más contaminante en todos los casos.

Si a esto se suma el polvo resuspendido, cuya responsabilidad recae en todos los transportes motoriza-

Cuadro N°6 Emisiones del Transporte Público y Privado en gr/pasajero-Km recorrido

Contaminante	T. Privado	T. Público
PM10	0.73	0.55
CO	8.52	0.22
NOx	0.98	0.24
COV	0.81	0.06
SO2	0,08	0,04

Fuente: PPDA, 1997

dos por igual, se tiene que el transporte privado aporta aún más a la concentración de PM₁₀ que el público, debido al mayor número de vehículos del total del parque automotriz de la ciudad. Según las cifras mientras al transporte colectivo se le puede adjudicar un 1% de las emisiones de polvo resuspendido, el transporte privado es responsable del orden del 88% de las emisiones.

IV. Concepto de Emisión e Inmisión

Para evaluar el real impacto de la emisiones sobre la salud de la población es necesario determinar la ubicación de las distintas fuentes, la naturaleza de las sustancias que emiten y los procesos físico químicos que ocurren en la atmósfera, así como la interacción efectiva que una persona tiene con un agente contaminante, proceso que se denomina la inmisión. Más precisamente la inmisión se define como la contaminación absorbible a la cual está expuesta la población humana.

La discusión entonces se centra en la cantidad de contaminantes en suspensión que se absorben y de qué manera. Un aspecto esencial aquí es identificar la participación de las diferentes fuentes en el polvo resuspendido y la capacidad de inmisión de las partículas que ahí se encuentran.

Para esto la CONAMA-RM realizó un estudio destinado a determinar la responsabilidad de las diferentes actividades en la composición del material particulado respirable, escogiéndose tres lugares de la Región Metropolitana para el monitoreo: uno en el centro (Plaza Gotuzzo), que representa una zona de impacto por tránsito, uno en el sector oriente (Cerro Calán), que representa una zona residencial sin fuentes importantes inmediatas, y uno en el área sur (Buin), que representa una zona agrorural de la región.

Del análisis de la responsabilidad de las distintas actividades en la emisión de contaminantes en suspensión (ver gráficos N° 15, 16, 17), se desprende que una parte importante del material particulado es emitido y resuspendido por el tránsito en calles no pavimentadas y pavimentadas.

Al complementar el análisis de emisión con las participaciones en inmisión, se concluye que el polvo resuspendido y el transporte tienen una alta responsabilidad, sobre todo en zonas expuestas a elevados niveles de tránsito. Sin embargo, la fracción secun-

daria del material particulado es también significativa. Este material secundario es muy fino, por lo que representa un mayor riesgo para la salud. Además, transporta parte de los compuestos orgánicos volátiles más tóxicos, como el benceno y el benzo(α)pireno.

Gráfico N°15: Distribución Másica Porcentual de PM10 Plaza Gotuzzo. (Jul-Sept 1996) Relativa a diferentes Fuentes de la Región Metropolitana

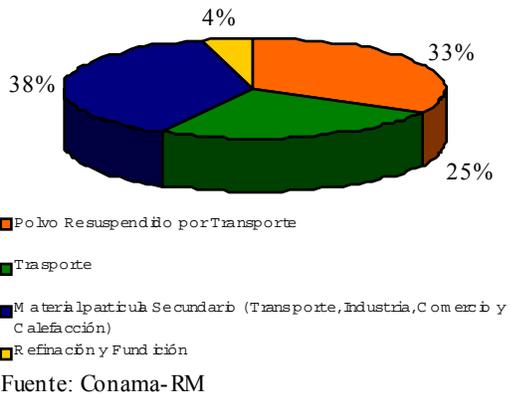


Gráfico N°16: Distribución Másica Porcentual de PM10 Cerro Calán. (Jul-Sept 1996) Relativa a Diferentes Fuentes de la Región Metropolitana

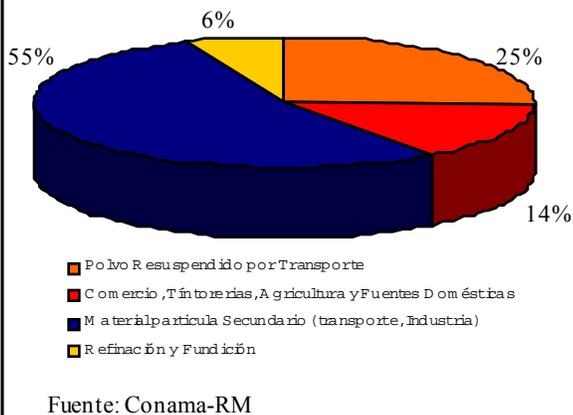
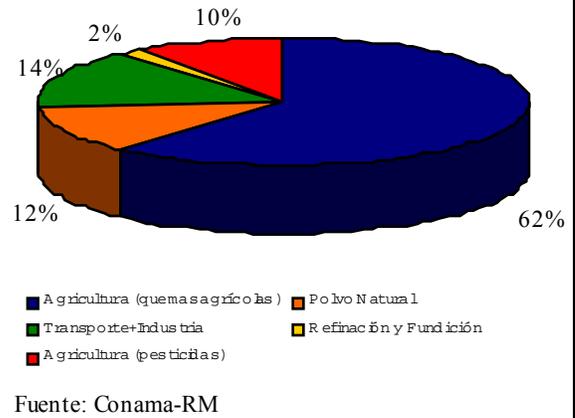


Gráfico N°17: Distribución Másica Porcentual de PM10 Buin (Jul-Sept 1996). Relativas a las Diferentes Fuentes de la R.M.



De este análisis conjunto de emisión e inmisión de contaminantes se puede concluir que el control del material particulado debe considerar no sólo la reducción de las emisiones directas de las actividades y fuentes relacionadas con el transporte, la industria y las actividades domésticas, sino también la reducción de polvo resuspendido. Asimismo, es imprescindible una reducción de los precursores del material particulado secundario, como óxidos de azufre, provenientes principalmente de las actividades y fuentes relacionadas con la industria; y óxidos de nitrógeno, procedentes de las actividades y fuentes relacionadas con el transporte y la industria.

Respecto de los otros gases, en el caso del monóxido de carbono, la responsabilidad recae fundamentalmente, en las actividades y fuentes relacionadas con el transporte (92%). En consecuencia, debido a que este gas es altamente estable en la atmósfera, se puede considerar que la exposición a la cual está sometida la población también es responsabilidad de dichas actividades.

En consecuencia, la clave para resolver la contaminación de Santiago se encuentra en las fuentes móviles y, en particular, en el transporte.

V. Plan de Descontaminación para Santiago

En el año 1990 se creó la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana (CEDRM) para evaluar la situación atmosférica de Santiago y de proponer las primeras medidas encaminadas a descontaminar la ciudad, a través del Plan Maestro de Descontaminación Ambiental. A partir de esto, en el año 1991, se realiza la primera licitación de buses para Santiago con lo cual se retiran cerca de 4.000 buses. En el año 1992 se establece el control de las emisiones producidas por la industria y normas de emisión para las mismas, además se introducen los primeros automóviles con convertidor catalítico.

Con la Ley de Bases del Medio Ambiente y la creación de la Conama en el año 1994 se establece el marco regulatorio que permite en el año 1996 declarar a la Región Metropolitana como Zona Saturada por monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), partículas totales en suspensión (PTS), y material particulado respirable (PM₁₀) y Zona Latente por dióxido de azufre (SO₂). Esto permitió a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) iniciar el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para la Región Metropolitana en el año 1997, el cual se oficializó el 6 de junio de 1998 a través del Decreto Supremo N°16, suscrito por el Presidente de la República y 11 ministros. Este instrumento tiene como principal objetivo proteger a la población de los impactos en la salud asociados a la contaminación del aire.

El PPDA de 1997 consideró 139 medidas, desagregadas según se indica a continuación:

104 medidas de reducción directa y permanente de emisiones, orientadas al control de las actividades o fuentes que originan la contaminación, esto es: transporte, industria, comercio, construcción, agricultura y polvo resuspendido.

26 medidas de gestión de episodios críticos de contaminación, esto es, aquella que se implementan en situaciones de alerta, preemergencia o emergencia.

9 medidas de reducción indirecta de emisiones, a saber, instrumentos de sensibilización, participación y educación.

El plan fue concebido a 14 años plazos con evaluaciones en los años 2000 y 2005. En el año 1999 se constituyó una comisión de especialistas de diferentes países que realizó una auditoría al Plan de Descontaminación e hizo una evaluación completa del mismo. Al analizar los avances logrados por el Plan de Descontaminación de 1997 la auditoría concluyó:

- La calidad del aire durante el período 1997-2000 sugiere que, a pesar de haber disminuido las emisiones en términos generales, todavía no se logra cumplir las metas planteadas dentro del plan y que aún estamos lejos de alcanzar con los estándares internacionales.
- No se cuenta con una institucionalidad ambiental única que tenga todas las atribuciones necesarias para administrar el plan y que, por el contrario, la ausencia de ésta ha sido de gran obstáculo para el cumplimiento del mismo.
- Debe aumentarse de 3 a 4 veces el gasto real del Plan, el que hoy en día es del orden de los US\$2 per cápita (debe ser del orden de los US\$32 millones anuales o en torno a US\$6 per cápita).

En el año 2001 se realizó una evaluación de las metas fijadas en el Plan de Descontaminación de 1997³ y el nivel de cumplimiento de las mismas al 2000 (ver cuadros N°7 y N°8) de este análisis se concluye que,

³ Tomado del Anteproyecto de Revisión, Reformulación y Actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA), CONAMA, 2001.

a pesar de las reducciones en los niveles de contaminación verificados al 2000, todavía falta mucho para lograr los objetivos planteados en 1997. Más específicamente, en el caso de las partículas es necesario reducir en un 35% adicional el promedio anual, y en un 40% los máximos promedios diarios de concentración de PM₁₀ para cumplir con las metas. Asimismo, en cuanto a los episodios críticos, se requiere reducir a lo menos en un 18% los máximos promedios diarios en niveles de PM₁₀ para eliminar las preemergencias y en un 33% para evitar las alertas.

Tampoco se han cumplido las metas de reducción propuestas en el plan de 1997 en el caso del ozono y el monóxido de carbono. Los niveles de ozono se han mantenido prácticamente constantes, por lo que es necesario hacer un control más exigente de los contaminantes precursores del ozono, especialmente en los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles.

En el caso del monóxido de carbono, a pesar de haber logrado una reducción importante entre 1997 y el 2000 (31%), todavía queda mucho por hacer.

En base a los resultados de la auditoría realizada en 1999, a los resultados del inventario de emisiones del

2000 y a la evaluación del cumplimiento de las metas del 2001 de parte de CONAMA-RM, se elaboraron nuevas medidas e instrumentos de gestión ambiental que, según la autoridad, permitirán alcanzar las normas de calidad del aire y las nuevas metas delineadas. Dentro de éstas medidas, que entraron en vigencia en abril de este año, se puso especial énfasis en el sector transporte por ser el que más ha aportado a los índices de contaminación. Entre las nuevas medidas se encuentran:

1. Plan de Transporte Urbano para Santiago (PTUS)

El PTUS está destinado, fundamentalmente, a privilegiar el sistema público de transporte y sus objetivos fundamentales son: reducir los costos, mejorar el servicio y frenar la contaminación del aire en el transporte de superficie. Además, se busca acortar los tiempos y distancias promedio de viajes, reducir el número de accidentes, iniciar un nuevo desarrollo urbano equilibrado y, en definitiva, mejorar la calidad de vida de los santiaguinos. También se evaluará el diseño de una estructura legal y regulatoria, mejorada, para

Cuadro N°7 Evaluación del cumplimiento de las Metas de PM10 del PPDA de 1997

Norma de Material Particulado Respirable	Año 1997	Año 2000	Meta	Reducción esperada	% de Cumplimiento
	microgramo/metro cúbico				
Promedio Anual	100	77	50	50	46%
Promedio Diario (máx percentil 98)	314	250	150	164	39%
Promedio Diario (máx diario ref nivel preemergencia)	375	292	240	135	61%
Promedio Diario (max diario ref nivel alerta)	375	292	195	180	46%

Fuente: CONAMA

Cuadro N°8 Evaluación del cumplimiento de las Metas de O3 y CO del PPDA de 1997

Norma	Año 1997	Año 2000	Meta	Reducción esperada	% de Cumplimiento
	microgramo/metro cúbico				
Ozono, media de ocho horas	221	218	120	101	3%
Monóxido de Carbono, media de ocho horas	22.210	15.330	10.000	12.210	56%

Fuente: CONAMA

la red de transporte y un sistema de requerimientos técnicos y de recorridos, que formarán la base del nuevo sistema de licitaciones.

Entre las líneas de acción del PTUS se encuentran: la gestión de vías exclusivas, reversibles y segregadas; la restricción a los medios de transporte público; el rediseño de las rutas de los metrobuses, buses rurales y taxis; y la obligación de realizar tres veces al año la revisión técnica para los vehículos no catalíticos, comerciales y diesel. Otras medidas son las extensiones y nuevas líneas del metro; el término de la producción de la gasolina con plomo; la rebaja de impuestos a vehículos a gas; la creación de un cupo para 300 buses a gas que estarán exentos, de por vida, de pagar cualquier tipo de impuesto; la comercialización del nuevo "diesel ciudad" y la pavimentación de 200 km.

2. Restricción a los autos con convertidor catalítico

La Intendencia Metropolitana fijó restricción de circular a los vehículos con sello verde, la que regirá en los episodios ambientales críticos (preemergencia-emergencia). La medida se justificó señalando que si bien la tecnología de los catalíticos es una de las más limpias, no por ello no contaminan. Según estimaciones estadísticas de la CONAMA, la restricción a los catalíticos reducirá en un 10% el nivel de emisiones de este parque automotriz, el que aporta, anualmente, 9.500 toneladas de óxido de nitrógeno, uno de los principales componentes del material particulado más fino (PM 2,5).

3. Desafectación de los Suelos

La desafectación de los suelos define una importante modificación al Plan Regulador de Santiago, permitiendo la intervención de las áreas verdes. Esto significa que, si en un sitio eriazado destinado a parque u otra área verde, las obras no se han iniciado, las autoridades, o un privado, podrán intervenir un quinto del terreno para construir viviendas o equipamiento urbano.

Se ha generado una polémica respecto a esta medida puesto que no parece coincidente con los objetivos del PPDA. Además, promueve la expansión horizontal de Santiago, que es el problema de fondo de la contaminación de la región.

4. Reforestación de Santiago

Son cinco los proyectos en que se trabajan para reforestar Santiago: que consideran: la zona del pie del monte de La Reina Alta, el Parque Amengual de Pudahuel, Hondonada de Cerro Navia y el Parque Metropolitano. Además, se contempla la intensificación del lavado y aspirado de calles para reducir el polvo en suspensión durante el invierno.

A estas medidas se suman las anunciadas por el gobierno el pasado 12 julio, las que tienen un fuerte enfoque hacia el mejoramiento del transporte público a través de la renovación del parque vehicular y a través de nuevos buses y mejores combustibles. Dentro de estas medidas se destacan las siguientes:

El retiro de 2.700 buses con sello rojo en la próxima licitación de recorridos del transporte público, reemplazándose 1.000 de estos buses por vehículos de baja emisión. Los otros 5 mil utilizarán un petróleo diesel de 50 ppm de azufre (la mejor calidad del mundo) a partir del año 2004. Esto permitirá reducir en un 67% la contaminación del aire por lo que la responsabilidad del sector transporte, y con ello el sector pasará de tener su actual 21% a un escaso 5% en el total de emisiones de particulado.

- Mejora en los combustibles, lo que implica una reformulación de gasolinas para el año 2003 llegando a estándares equivalente a los de Estados Unidos y Europa, además de la mencionada mejora en el petróleo diesel (300 a 50 ppm de azufre)
- A partir de septiembre del año que viene (2002) se incorporarán normas de emisión vigentes en Europa y los Estados Unidos para todo vehículo nuevo que se incorpore al parque, con especial énfasis para aquellos que usan petróleo diesel.
- Se hará obligatoria la compensación, por parte de cualquier actividad nueva que ingrese a la región, del 150% de sus emisiones al aire de la capital. Para

esto se está estudiando un proyecto de ley que sobre los Permisos de Emisión Transables (PET). Este mecanismo contempla asignar un cupo de emisiones a cada una de las actividades que actualmente contaminan la ciudad, estos cupos o bonos serán transados en un mercado cuyas características todavía no se definen.

Con la implementación de las medidas de aplicación inmediata, propuestas en la Reformulación del Plan de Descontaminación se estimó una reducción global de las emisiones de contaminantes al 2005. En el caso del PM₁₀ la reducción es del orden de 36%, mientras para el resto de los contaminantes las reducciones serán de: 73% para NO_x; 48% para el SO_x; 92% para el CO y una reducción del 76% en el caso del polvo, como se presenta en el cuadro N°9⁴:

Cuadro N°9 Reducción de las Emisiones Estimadas para el 2005 en Ton/año

PM10	NOx	SOx	CO	Polvo
2.755	14.732	5.112	14.553	9.439

Fuente: CONAMA, 2001

En el caso particular del PM₁₀ la aplicación de estas medidas, según las autoridades, permitirán reducir los promedios anuales de material particulado de 77µgr/m³ a 62 µgr/m³, logrando una reducción de 19%, y los máximos diarios de 292 µgr/m³ a 229 µgr/m³, logrando una reducción del 22%. Esto implicaría que, para el año 2005 no ocurrirán preemergencias las cuales se decretan a partir del valor 240 µgr/m³. En cuanto al cumplimiento de la norma diaria se estima que las medidas permitirían alcanzar un valor de 195 µgr/m³, valor que excede en un 31% el valor establecido por la norma de 150 µgr/m³. A pesar de que estas reducciones aún no cumplen con las metas globales constituyen un avance significativo. (ver cuadro N°10)

Cuadro N°10 Cumplimiento de las Metas de PM10 al año 2005

Norma de Material Particulado Respirable	Año 2000	Año 2005	Meta Global	Cumplimiento de meta al 2005 c/r al 2000
	microgramo/metro cúbico			
Promedio Anual	77	62	50	56%
Promedio Diario (percentil 98)	250	196	150	54%
Promedio Diario (preemergencia)	292	229	240	121%
Promedio Diario (alerta)	292	229	195	65%

Fuente: CONAMA

⁴ En la estimación realizada, se suma al efecto de estas medidas la actual rebaja de azufre en el diesel de 1300 a 300 ppm y el nuevo criterio de paralización de fuentes fijas vigentes a partir del 2001.

VI. Conclusión

Luego de 10 años de políticas ambiental para descontaminar Santiago, las metas a corto, mediano y largo plazo en general no se han cumplido. Los índices de contaminación, a pesar de haber disminuido, no han cumplido con las metas establecidas en el plan de descontaminación. Los planes que se vienen sucediendo han tenido un impacto limitado y los éxitos relativos más bien se han debido a los cambios en el uso de energéticos por parte de la industria y al cambio en el parque vehicular. Esto se debe, fundamentalmente, a que el gobierno no enfrenta el problema principal de la contaminación, que radica en la ausencia de una estrategia global y en la incapacidad de la autoridad para cumplir con los objetivos trazados.

Las cifras indican que el problema principal de la contaminación de Santiago se encuentra en la emisión, tanto directa como indirecta, generada por el transporte, pero esto, a su vez, se debe a los significativos desplazamientos diarios de los habitantes de Santiago, en consecuencia el problema principal radica en la extensión horizontal de la capital y en la ausencia de una política urbana, es ahí donde se deben concentrar los esfuerzos de la autoridad.

Sin embargo, prevalece la pregunta ¿por qué las autoridades no enfrentan este problema de raíz, a través de una política global?. A nuestro juicio, esto se debe a la ausencia de una institucionalidad única encargada de aplicar y administrar el plan de descontaminación. Hoy en día, existen muchas instituciones involucradas en la aplicación de las medidas de control de la contaminación ambiental (el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Ministerio de la Vivienda, la Intendencia, las Municipalidades, la Conama, etc.), las que tienen muchas veces presiones y objetivos contradictorios con la descontaminación de Santiago. Además el esfuerzo de coordinar a estas instituciones es muy alto.

Por lo tanto, el problema de la contaminación de Santiago no se enfrenta debido a la ausencia de una única autoridad competente, que dé cuenta a la ciudadanía y que tenga las facultades para implementar las medidas necesarias.

A pesar de todos los esfuerzos de la CONAMA Metropolitana, si no cuenta con las atribuciones necesarias para implementar las medidas propuestas, éstas difícilmente se cumplirán y estaremos a la espera que los ministerios sectoriales efectivamente implementen

las medidas diseñadas. Lo que la evolución de la contaminación en Santiago y los nuevos anuncios del gobierno demuestran es la incapacidad de las autoridades de resolver la contaminación de Santiago bajo el actual esquema institucional.

La institucionalidad ambiental vigente en Chile consiste esencialmente en una Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), coordinadora de diferentes organismos públicos y, a la vez, funcionalmente dependiente de la Secretaría General de la Presidencia. Esto se replica a nivel regional, incluyendo la autoridad ambiental metropolitana. La dependencia de la CONAMA de instancias eminentemente políticas y su falta de atribuciones específicas se han convertido en un serio impedimento para dar respuesta a los problemas medioambientales que sufren los chilenos. La solución pasa por revisar dicha institucionalidad.

Uno de los avances teóricos más significativos en la ciencia económica se relaciona con la importancia de las estructuras institucionales en el comportamiento e incentivos de los agentes económicos. En especial la contraposición de objetivos de largo plazo con demandas de corto plazo y la relación entre objetivos de política y atribuciones efectivas de las autoridades competentes, lo que es particularmente evidente en el ámbito medioambiental.

Los problemas ambientales, por definición, tienen soluciones a largo plazo. Los resultados de medidas para disminuir la contaminación se perciben muchos años después de las primeras iniciativas, cuando ya todos se olvidaron de las medidas iniciales y los gobiernos han cambiado. Asimismo, involucran el territorio en su conjunto, por lo que una sola autoridad debe tener responsabilidad de regular todas las actividades que contribuyen a la contaminación de la región.

Por ello, la solución para enfrentar los problemas de contaminación en Santiago sólo puede encontrarse en el establecimiento de una institucionalidad que permita visualizar el territorio, responda a las demandas de la ciudadanía con la confianza de sus votos y con las atribuciones necesarias para llevar a cabo su política. Por lo tanto, es fundamental reponer en la discusión pública la propuesta de un Alcalde Mayor para Santiago, una autoridad máxima comunal, elegida por los ciudadanos y con atribuciones para regular, a lo menos, el transporte, la vivienda, los espacios públicos y la localización de industrias. Sólo así lograremos pasar un invierno sin ver a los niños y ancianos asfixiándose una vez más en el oscuro smog de Santiago.

VII.- BIBLIOGRAFÍA

CONAMA, 1998. “Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana, 1997”.

CONAMA-Región Metropolitana, diciembre 1999. “Auditoria al Plan de Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana”.

CONAMA-Región Metropolitana, julio 2001. “Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana”. Resumen Ejecutivo del Anteproyecto.

CONAMA-Región Metropolitana, 2001. “Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana”.

INE-CONAMA, 1994-1998. Estadísticas del Medio Ambiente.

INE-CONAMA, 1995-1999. Estadísticas del Medio Ambiente.

Informe Final Proyecto de Cooperación Técnica entre Chile y Suecia. Junio 1996.

Pizarro, Rodrigo. 1998. Minuta Técnica: “Contaminación de la Industria en la Región Metropolitana”.

Pizarro, Rodrigo, julio 2001. “El Problema con la Medidas Anunciadas para Descontaminar Santiago”.

Resolución 369/1998 de Minsal-Calidad del Aire.

www.santiagolimpio.cl

“El smog que Respiramos todos los días”. Contaminación Atmosférica en la Región Metropolitana.

“Sobre Ruedas anda la Contaminación” El Transporte Urbano.

“Modelo de Pronóstico para Episodios”

“Las medidas del Gobierno para combatir la Contaminación del Aire”

“Calidad del Aire en Santiago”

“Contaminación por Material Particulado Respirable (PM₁₀): Contaminación por Material Particulado Fino (PM_{2,5})”

“Contaminación Secundario con Rol Protagonico”, Ozono (O₃).

“El Enemigo que Respiramos”. Material Particulado (PM₁₀).

“Inventario de Emisiones, octubre de 2000”.

www.sesma.cl

“Informe Especial para Vigilancia Epidemiológica. (Red-MACAM2: PM₁₀, PM_{2,5}, O₃, CO, SO₂)”.

“Datos Históricos de Emisión”.

Fundación Terram es una Organización No-Gubernamental, sin fines de lucro, creada con el propósito de generar una propuesta de desarrollo sustentable en el país; con este objetivo, Terram se ha puesto como tarea fundamental construir reflexión, capacidad crítica y proposiciones que estimulen la indispensable renovación del pensamiento político, social y económico del país.

Fundación Terram

Huelén 95 – Oficina 3

Santiago, Chile

Página Web: www.terram.cl

Info@terram.cl

Teléfono: (56) (2) 264-0682

Fax: (56) (2) 264-2514