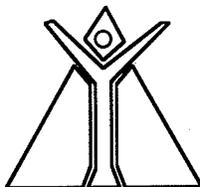


**CONTAMINACIÓN: UN PROBLEMA  
SIN RESOLVER**  
... Las nuevas medidas y su análisis

**Nº 6 Ana Luisa Covarrubias**

**SERIE INFORME  
MEDIO AMBIENTE  
Nº 6**



**MAYO DEL 2000**  
**LIBERTAD Y DESARROLLO**

**ISSN 0717-3814**

## **CONTAMINACIÓN: UN PROBLEMA SIN RESOLVER**

### **Las Nuevas Medidas y su Análisis**

Ana Luisa Covarrubias\*

- ◆ **Con motivo de la revisión y reformulación del Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana (PdPD), el Gobierno ha anunciado una serie de medidas para abordar el problema de contaminación atmosférica de la Región. Entre ellas se cuenta la restricción a vehículos catalíticos, premios a la producción limpia y el establecimiento vías exclusivas para la locomoción colectiva.**
  
- ◆ **Se ha anunciado la restricción del 20% del parque vehicular catalítico durante episodios de preemergencia ambiental y un 40% durante emergencias. Sin embargo, la efectividad de esta medida es bastante baja, ya que cuando se restringe la circulación del 60% del parque vehicular no catalítico y el 20% del catalítico, la disminución a las emisiones directas y generación de material particulado secundario es de apenas un 3,05%.**
  
- ◆ **En cuanto a la generación de PM<sub>2,5</sub> lo que corresponde es llevar a cabo mediciones sistemáticas, diseñar una norma de calidad ambiental que lo regule y si es necesario, declarar zonas saturadas o latentes y establecer el plan de descontaminación respectivo, de acuerdo a nuestra normativa legal vigente.**
  
- ◆ **En relación con las fuentes fijas se ha establecido un premio a la producción limpia. Lo anterior significa que en situaciones de preemergencia y emergencia, deben paralizar un número de fuentes tal que se logre disminuir en un 30% y 50% respectivamente las emisiones de este sector. Sin embargo, muchas de las fuentes que deben suspender actividades cumplen con las normas de emisión vigentes, y es más, algunas cumplen con las exigencias del plan de descontaminación para el año 2005.**
  
- ◆ **El efecto que tiene la disminución del 30% de las emisiones de fuentes fijas sobre el total de emisiones de PM<sub>10</sub> no supera el 1%.**
  
- ◆ **Finalmente, el establecimiento de vías exclusivas para la locomoción colectiva, es decir, ciertos corredores exclusivos para el transporte público, es una medida que aumentará la congestión en calles aledañas, al no existir vías alternativas adecuadas para el resto del parque vehicular que circula por la ciudad.**

---

\* Ingeniero Civil de Industrias y Magister en Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Católica. Investigadora del Programa Medio Ambiente de Libertad y Desarrollo.

## RESUMEN EJECUTIVO

**C**on motivo de la revisión y reformulación del Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana (PdPD), el Gobierno ha anunciado una serie de medidas para abordar el problema de contaminación atmosférica de la Región. En general se han centrado en controlar el material particulado respirable (PM10), dada la gravedad que esta situación reviste.

Entre ellas se cuenta la restricción a vehículos catalíticos, premios a la producción limpia y el establecimiento vías exclusivas para la locomoción colectiva.

### ANÁLISIS DE MEDIDAS

Recientemente se ha anunciado la restricción del 20% del parque vehicular catalítico durante episodios de preemergencia ambiental y un 40% durante emergencias. La fundamentación de esta medida es que al circular, un vehículo catalítico levanta la misma cantidad de polvo que uno no catalítico. Su efectividad es bastante baja. De hecho, en episodios de preemergencia, cuando se restringe la circulación del 60% del parque vehicular no catalítico y del 20% del catalítico, la disminución a las emisiones directas y generación de material particulado secundario es de apenas un 3,05%. Si a ello se agrega la disminución del polvo resuspendido, el aporte aumenta a menos de un 8%. El aporte de la incorporación de los vehículos catalíticos es de un 2%.

Sin embargo, no se ha estudiado el efecto de la resuspensión de polvo. De hecho, la restricción vehicular disminuye el número de vehículos en circulación, lo que hace aumentar la velocidad media de desplazamiento. Esto produce una mayor resuspensión de polvo por vehículo, lo que podría ocasionar un efecto contrario al buscado.

En cuanto a la generación de PM<sub>2,5</sub> lo que corresponde es llevar a cabo mediciones sistemáticas, diseñar una norma de calidad ambiental que lo regule y si es necesario, declarar zonas saturadas o latentes y establecer el plan de descontaminación respectivo, de acuerdo a nuestra normativa legal vigente. En tanto ello no se realice, se debe actuar en forma prudente, abordando en primer lugar el control de los vehículos diesel, luego los vehículos bencineros y por último, si fuera necesario, los catalíticos.

En relación con las fuentes fijas se ha establecido un premio a la producción limpia. Lo anterior significa que en situaciones de preemergencia y emergencia, deben paralizar un número de fuentes tal que se logre disminuir en un 30% y 50% respectivamente las emisiones de este sector. Sin embargo, muchas de las fuentes que deben suspender actividades cumplen con las normas de emisión vigentes, y es más, algunas cumplen con las exigencias del plan de descontaminación para el año 2005.

Es así como, actualmente el efecto que tiene la disminución del 30% de las emisiones de fuentes fijas sobre el total de emisiones de PM<sub>10</sub> no supera el 1%.

Es decir, durante episodios de preemergencia, cuando se requiere reducir la concentración de PM<sub>10</sub> en un 36% para recuperar la calidad del aire de la región, las

acciones remediales establecidas por el gobierno aportan una disminución de emisiones de apenas un 9%.

Finalmente, el establecimiento de vías exclusivas para la locomoción colectiva, es decir, ciertos corredores exclusivos para el transporte público, es una medida que aumentará la congestión en calles aledañas, al no existir vías alternativas adecuadas para el resto del parque vehicular que circula por la ciudad.

## **NUEVAS SOLUCIONES**

El problema requiere de medidas de largo plazo como establecer la capacidad de absorción de los distintos contaminantes de la cuenca y congelar sus emisiones a un nivel tal que permita mantener las concentraciones dentro de normas.

Por otra parte se debe modificar la estructura impositiva, de modo que incentive la renovación del parque automotriz a uno menos contaminante y al uso de combustibles más limpios.

Para tal efecto, se requiere reformular el permiso de circulación e impuesto al lujo, ambos definidos en función del valor patrimonial del vehículo, al igual que el impuesto a la cilindrada, con el fin de incentivar la adquisición de vehículos nuevos, más nuevos y más seguros. De este modo, estos impuestos deberían asociarse al nivel de emisiones del vehículo, más que a su valor patrimonial.

La actual estructura de impuesto a los combustibles incentiva el uso de diesel (más contaminante) sobre la bencina y gas natural.

Asimismo, es conveniente la disminución de los estacionamientos de superficie, ya que la posibilidad de estacionar en las vías, ya sea en forma gratuita o pagando, incentiva el uso del automóvil, ya que siempre habrá donde estacionar el vehículo. Ello resta una vía de circulación, además de aumentar la congestión con las entradas y salidas de vehículos desde la berma. Su eliminación aportaría a descongestionar las vías y a incentivar la creación de estacionamientos adecuados a un precio tal que desincentive en forma real el uso del automóvil.

Es indispensable mejorar la calidad de la locomoción colectiva y ordenar el tráfico a través de vías exclusivas (no calles), como ocurre en Av. Grecia. Ello permite aumentar la velocidad media de circulación, lo que disminuye la congestión y la contaminación.

La construcción de metros ligeros de acercamiento a lugares alejados de la ciudad, la reconversión de la locomoción colectiva a vehículos más limpios, cómodos y seguros, sin duda ayudará a los automovilistas a bajarse del auto.

Además podría implementarse un pago por contaminación, sistema que permite a cada persona tomar una decisión en relación a como abordar su responsabilidad por la contaminación producida. Ello puede hacerse ya sea dejando su auto estacionado o bien pagando una cantidad de dinero que permita a otra fuente reducir sus emisiones en una cantidad equivalente.

Debemos buscar medidas que sean efectivas y de bajo costo. Para ello, se deberá presentar el Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana con cada medida asociada a su costo, fuente de financiamiento y reducción de emisiones esperada. De este modo, todos tendrán la posibilidad de evaluarlas y presentar medidas alternativas que pudieran resultar más baratas o más efectivas.

## I. INTRODUCCIÓN

**E**n su primer mes de gestión, el Gobierno anunció una serie de medidas para reforzar el Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana. Sólo dos de ellas no estaban contempladas en el plan original: la restricción a los vehículos catalíticos y los premios a la producción limpia. Posteriormente, como parte de este programa, se ha anunciado el establecimiento de una red vial de 6 corredores exclusivos para el transporte colectivo.

Al respecto, es conveniente analizar cuál es el problema real de contaminación que enfrenta la Región Metropolitana.

### ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En 1996, la Región Metropolitana fue declarada en estado de saturación por partículas totales (PTS), material particulado respirable (PM10), monóxido de carbono (CO) y ozono (O3) y en estado de latencia por óxidos de nitrógeno (NOx). Los mayores problemas se producen en invierno, cuando las altas concentraciones de PM10 nos enfrentan a situaciones críticas que atentan contra la salud de la población. Las altas concentraciones de PM10 que se observan en invierno se deben a la ubicación de Santiago, situado en un valle rodeado de cerros y a las condiciones meteorológicas (régimen de vientos, capa de inversión térmica a baja altura, poca agua caída) que limitan la ventilación de la cuenca. A partir de septiembre, las brisas primaverales permiten la ventilación de la ciudad, y las concentraciones de PM10 disminuyen a niveles bajo la norma. Sin embargo, es en esta época cuando aumentan las concentraciones de ozono. Ello debido a que la alta radiación solar favorece la formación de ozono a través de reacciones químicas entre compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno. Es así como entre septiembre y marzo, los niveles de ozono superan la norma y aunque las concentraciones rara vez sobrepasan el nivel 200, su persistencia hace que la situación sea preocupante.

En cuanto al monóxido de carbono, este contaminante supera la norma cerca de 6 días en el año y los óxidos de nitrógeno están controlados.

En 1997 se puso en marcha el Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana, el cual exige una disminución del 50% de las emisiones de todos los contaminantes al año 2011. Sin embargo, éste se centra principalmente en el control del PM10, dada la gravedad de la situación para este contaminante, pero no da cuenta en forma efectiva de los otros elementos, lo que deberá abordarse posteriormente.

En este documento nos centraremos en analizar el tema de las partículas respirables.

### ¿QUE DICE EL INVENTARIO DE EMISIONES?

El inventario de emisiones, preparado por la CONAMA en 1997 y revisado por la Universidad de Chile en 1998<sup>1</sup> establece que el 80% de la emisión de PM10 se

<sup>1</sup> Informe de Auditoría al Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana

debe a polvo resuspendido, el 6,6% a fuentes móviles, el 7% a las fijas<sup>2</sup> y el 6,3% a otras.

Estudios posteriores han determinado que la concentración de PM10 en la atmósfera no supera el 50%, lo que podría explicarse ya sea porque la fracción más gruesa precipita más rápido, quedando en suspensión la fracción más liviana o bien por deficiencias en el inventario de emisiones.

La fracción más gruesa del PM10 (de tamaño entre 2,5 y 10 micrones) es resuspendida con el paso de los vehículos y está constituida principalmente por polvo de calles.

El Cuadro N°1 muestra la distribución del parque automotriz y la participación de éste en las emisiones de PM10. Como vemos, el 80% de las emisiones de PM10 de las fuentes móviles proviene de buses y camiones -la mayoría vehículos diesel- correspondientes al 5,7% del parque automotriz. Por su parte, los vehículos bencineros que corresponden a un 92,56% del parque vehicular son responsables del 18,2% de las emisiones de PM10 proveniente de fuentes móviles.

**Cuadro N° 1**  
**Inventario de Emisiones de Fuentes Móviles para PM10 y**  
**Distribución del Parque Vehicular**

<u>Fuente Emisora</u>	<u>Emisiones</u> <u>(% sobre total emisiones</u> <u>fuentes móviles)</u>	<u>Parque Vehicular<sup>3</sup></u> <u>(% sobre total vehículos</u> <u>motorizados)</u>
Autos particulares	6,1	72,61
Autos comerciales	10,6	14,04
Taxis	1,5	5,91
Camiones	28,8	4,10
Buses	51,5	1,60
Otros	1,5	1,75

Por otra parte, de acuerdo al informe de auditoría, una fracción importante del PM10 corresponde a contaminantes secundarios, es decir, compuestos que no se emiten directamente a la atmósfera, sino que se generan producto de una reacción química entre varios elementos. Este material particulado secundario se incluye en la fracción más fina, la que de acuerdo a diversos estudios es la más dañina para la salud.

Aún así, el mayor aporte a este contaminante sigue siendo el polvo en suspensión. Es así como, para controlar el PM10, debemos evitar en primer lugar a través de la pavimentación, lavado y aspirado de calles, forestación de los faldeos cordilleranos y creación de áreas verdes urbanas, que el polvo llegue a las calles y sea levantado por los vehículos. El aumento de la arborización y vegetación de la ciudad ayuda además a captar el polvo que circula por la ciudad, por lo que tiene un doble efecto.

<sup>2</sup> Cabe hacer presente que la incorporación del gas natural en la industria ha reducido la participación de este sector a un valor cercano al 3%.

<sup>3</sup> INE, Parque de Vehículos en Circulación de 1998

## ¿QUÉ ES LA FRACCIÓN FINA?

La fracción fina corresponde al material particulado respirable de tamaño inferior a 2,5 micrones (PM<sub>2,5</sub>).

El Cuadro Nº 2 muestra la constitución de esta fracción fina.

**Cuadro Nº 2**  
**Inventario de Emisiones de la Fracción Fina (PM 2,5)**

Elemento	%	Fuente
Carbono	29	Vehículos petroleros
Nitratos	28	Vehículos, principalmente petroleros
Sulfatos	19	Sulfuros presentes en el aceite y petróleo
Amoniaco	17	Agricultura y el alcantarillado
Polvo	5	
Otros	2	

Fuente: Informe de Auditoría al PdPD

Al analizar la fuente de la fracción fina, es posible establecer que más del 50% proviene de vehículos petroleros, un 19% es producto de la calidad de los combustibles y un 17% de la agricultura y sistema de alcantarillado. La calidad de los combustibles es definida por la ENAP y otros vendedores, sin tener ningún tipo de injerencia el sector automotriz, que se ve obligado a comprar el combustible que ofrece el mercado.

Por otra parte, es por todos conocido el hecho de que el Río Mapocho, que cruza la ciudad, es una alcantarilla a tajo abierto. Se debe determinar entonces el aporte que tienen las emanaciones amoniacales de este río en su paso por Santiago en los niveles de material particulado secundario. Ello, unido al grave deterioro de la calidad de las aguas, hace cada vez más necesaria la instalación de plantas de tratamiento de aguas servidas que limpien las aguas de las empresas sanitarias, con el fin de mejorar la calidad de este recurso.

En resumen, al incorporar al inventario la sobreestimación del polvo en suspensión, reduciendo su aporte del 80% al 50% y el aumento de la participación de las fuentes fijas en la formación de material particulado secundario, el sector transporte sería responsable de aproximadamente el 31% de las emisiones de partículas respirables.

La fracción fina del material particulado (PM<sub>2,5</sub>) es la más dañina para la salud, sin embargo, en Chile no existe una norma que la regule. Más aún, en ningún país del mundo está normado. Sólo en Estados Unidos, en 1998, la Agencia de Protección Ambiental (EPA), dictó una norma para este contaminante, sin embargo, la carencia de estudios técnicos y económicos que avalaran dicha medida hizo aplazar su puesta en marcha por dos años.

En nuestro país la normativa legal es clara en cuanto al control de contaminantes. Exige una norma que lo regule y en base a mediciones existentes, determinar si su concentración está cercana o supera la norma, en base a lo cual se decidirá si corresponde declarar situación de latencia o saturación respectivamente. Luego, ello dará curso a un plan de prevención o descontaminación. La legislación

chilena es clara en el sentido de que en cada uno de estos pasos debe haber un estudio técnico y de costos que justifique la medida.

Si se considera que es importante controlar el PM2,5 para proteger la salud de la población más expuesta, entonces se debe proceder de acuerdo a la ley, midiendo, normando, declarando zonas saturadas si ello corresponde y poniendo en marcha el plan de prevención o descontaminación respectivo. El reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental establece en su artículo 5º las etapas que debe comprender este proceso:

“desarrollo de estudios científicos, análisis técnico y económico, consulta a organismos competentes públicos y privados y análisis de las observaciones formuladas”.

Este proceso requiere previamente que el elemento a normar haya sido incluido en el Programa Priorizado de Normas, el que debe ser presentado al Consejo Consultivo de la Comisión Nacional de Medio Ambiente para su aprobación. En tanto ello no se produzca, es necesario buscar medidas efectivas y de bajo costo, de modo que si nos equivocamos ello no perjudique ni afecte en forma negativa a la población.

Considerando que más del 40% de la fracción fina del material particulado proviene del sector transporte, se requiere actuar de forma efectiva y eficiente: en primer lugar sobre el transporte petrolero, el de mayor responsabilidad en emisiones directas y precursores de partículas, en segundo lugar sobre los vehículos bencineros que no poseen convertidor catalítico y por último, si ello fuera necesario, sobre los catalíticos.

De ese modo, las señales a la ciudadanía serán coherentes y los resultados más efectivos. Sin embargo, la autoridad entrega señales confusas cuando aumenta el precio de la gasolina y se anuncia una rebaja al impuesto al diesel, incentivando el uso de combustibles más contaminantes.

## II. CONTROL PARA EPISODIOS CRÍTICOS

### 1.- CONCENTRACIÓN DE PM10

**C**onsiderando las concentraciones peligrosamente altas de PM10, en la década de los 80 se elaboró un plan de medidas de mitigación para abordar los episodios críticos. Éste consistió en el establecimiento de niveles de preemergencia y emergencia y medidas como restricción a vehículos no catalíticos, prohibición de encender chimeneas y, posteriormente, paralización de fuentes fijas.

En 1998 se incorporó un sistema de pronósticos ambientales y se creó el nivel alerta, que se activa cuando la concentración ambiental de PM10 alcanza 195 µg/m<sup>3</sup>. Adicionalmente, se aumentó la restricción a vehículos no catalíticos en dos dígitos adicionales durante los episodios críticos y de un 20% a un 30% la proporción de emisiones de fuentes fijas que debía reducirse en estos episodios. En las últimas semanas se ha anunciado también la incorporación a futuro del parque vehicular catalítico a la restricción.

Actualmente, cuando la concentración de PM10 en cualquiera de las estaciones de medición de calidad del aire administradas por el Servicio de Salud del Ambiente supera los niveles de alerta, preemergencia y emergencia, se restringe la circulación del parque vehicular no catalítico y la actividad industrial de fuentes fijas equivalente a la proporción del total de emisiones de este sector, tal como se muestra el Cuadro N° 3

**Cuadro N° 3**  
**Medidas en Situaciones Críticas de PM10**

Situación	Concentración		Restricción Vehicular		Reducción de emisiones de F. Fijas
	µg/m <sup>3</sup>	ICAP <sup>4</sup>	No Catalítico	Catalítico <sup>5</sup>	
Norma	150	100	20%	-	-
Alerta	195	200	40%	-	-
Preemergencia	240	300	60%	20%	30%
Emergencia	330	500	80%	40%	50%

De acuerdo a declaraciones del ex Director de la Conama Región Metropolitana, Patricio Vallespín, el 70% de los episodios críticos se explican por condiciones meteorológicas. Ellos se producen debido a variaciones en la altura de la capa de inversión térmica y el régimen de vientos, que limitan la ventilación de la ciudad. El descenso de la capa de inversión térmica limita el volumen en que se diluyen los contaminantes, lo que hace aumentar su concentración. Si a esto se agrega la carencia de vientos, la ventilación es casi nula y se produce una acumulación de contaminantes. La situación se revierte por las mismas razones: elevación de la capa de inversión térmica, modificación del régimen de vientos, ocurrencia de lluvias, etc.

<sup>4</sup> Índice de Calidad Ambiental para PM 10

<sup>5</sup> En la eventualidad de que se decrete restricción a los vehículos catalíticos

Lo anterior obliga a que las medidas establecidas para mitigarlas sean especialmente eficientes. Es así como por ejemplo, para revertir una situación de preemergencia, se debe reducir la concentración de PM10 en un 38%. Dado que en general, en estas ocasiones la ventilación de la ciudad es deficiente y los contaminantes se acumulan, para revertir esta situación se deben disminuir las emisiones en un porcentaje aún mayor.

#### ◆ Restricción a vehículos catalíticos

La restricción vehicular se inició en 1986 como medida provisoria para abordar situaciones críticas de contaminación. En 1992, se estableció en forma permanente al transporte no catalítico, oportunidad en que el gobierno instó a los conductores a invertir en automóviles con convertidor catalítico, con el compromiso que éstos no estarían afectos a restricción. Sin perjuicio de estas acciones, la congestión vehicular ha aumentado y los niveles de contaminación siguen siendo críticos.

El Gobierno ha anunciado la incorporación del parque vehicular catalítico a la restricción, señalando que aquellas personas que inviertan en automóviles catalíticos de última generación, no estarán afectos a ella. ¿Qué credibilidad tiene este anuncio, si fue el mismo argumento que incentivó la compra de vehículos catalíticos hace menos de diez años?

El gobierno fundamenta la restricción vehicular a los catalíticos en dos hechos:

- Todos los vehículos resuspenden polvo por igual, independiente de su nivel de emisiones.
- El transporte aporta gran cantidad de material particulado secundario.

Sin embargo, esta medida no está basada en ningún estudio técnico, económico o jurídico que permita establecer su conveniencia.

#### ◆ Premios a la producción limpia

Otra de las medidas del Plan de Prevención y Descontaminación es la exención de paralización durante preemergencias y emergencias a aquellas fuentes fijas que cumplan con las normas de emisión fijadas por el PdPD para el año 2005.

Las fuentes fijas han reducido sus emisiones en forma considerable en la última década, principalmente producto de la promulgación del DS N° 4 de 1992, que congeló las emisiones de fuentes fijas e instauró el sistema de compensaciones. Además de requerir la reducción del 50% del total de emisiones a 1998, el sistema establece que, dado que éstas se encuentran congeladas, si alguna fuente requiere aumentarlas o incorporarse al sector, debe lograr que otra las reduzca en la misma cantidad. Esto ha provocado la disminución de las emisiones diarias de 22 ton. a 4,2 ton entre 1989 y 1998. En el mismo período, el Programa de Control de Fuentes Fijas (PROCEFF) ha registrado un aumento de 1.407 a 4.937 fuentes fijas.

La mayor reducción de emisiones se ha observado en los dos últimos años, con la incorporación del gas natural como combustible, lo que ha redundado en una

disminución de emisiones de un 47%. Ello ha generado una baja sostenida de los niveles de PM10, en especial de la fracción fina, en la Región Metropolitana.

Todo ello ha llevado a reducir la participación de las fuentes fijas en las emisiones de PM10. De hecho se estima que actualmente éstas alcanzan niveles cercanos al 3,5%. Ello ha significado que, en situaciones de preemergencia y emergencia, deban paralizar sus funciones fuentes que cumplen con las exigencia del Plan de Descontaminación para el año 2005. En situaciones de preemergencia y emergencia deben paralizar funciones 1.273 y 2.875 fuentes fijas respectivamente, la mayoría de las cuales cumplen con las normas de emisión vigentes.

## **2.- EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS PARA MITIGAR EPISODIOS CRÍTICOS**

### **◆ Fuentes móviles**

Libertad y Desarrollo llevó a cabo un análisis respecto a la efectividad de la restricción vehicular en episodios de preemergencia, cuando se restringe el 60% del parque vehicular no catalítico y se restringiría, además, el 20% de los vehículos catalíticos. En total se estaría restringiendo el 41% del parque vehicular de la Región.

Si bien la resuspensión de partículas no es emitida directamente por los vehículos, sino producto de la erosión y falta de forestación de los faldeos cordilleranos, calles sin pavimentar, carencia de áreas verdes urbanas, se incorporó este efecto en el estudio de efectividad que se presenta a continuación.

En primer lugar es necesario considerar que el 80% del aporte de las fuentes móviles al total de emisiones de PM10 corresponde a vehículos diesel, menos del 8% del parque automotriz de la Región. Adicionalmente, un vehículo no catalítico emite entre cinco y diez veces más que un auto catalítico. Es decir, aumentar en dos dígitos adicionales la restricción de los vehículos no catalíticos equivale por lo menos a restringir todos los autos catalíticos. Es decir, el retiro del 20% del parque vehicular no catalítico, equivale a reducir el total de emisiones del parque vehicular catalizado.

El Cuadro Nº 4 muestra el aporte de la restricción vehicular a la disminución de las emisiones de PM10, en base al inventario de emisiones, a la distribución del parque automotriz, la relación de emisiones entre un vehículo con y sin catalizador y el hecho que el 48% del parque vehicular de la Región Metropolitana posee convertidor catalítico.

**Cuadro N° 4**  
**Efecto Restricción Vehicular en la Reducción de la Contaminación**  
**por PM10 en preemergencia**

Tipo de vehículo	Catalítico	No Catalítico	Total
Aporte a las emisiones directas y precursores (% de las emisiones totales)	5,04%	26,46%	31,50%
Porcentaje de Vehículos fuera de circulación	20%	60%	40,8%
Disminución efectiva del N° de viajes	8%	10%	7,4%
Aporte total a la disminución de emisiones	0,40%	2,65%	3,05%
Aporte a la disminución <sup>6</sup> de resuspensión de polvo	1,64%	3,12%	4,76%
<b>Disminución total de emisiones de PM10</b>	<b>2,04%</b>	<b>5,77%</b>	<b>7,81%</b>

La restricción del 41% del parque vehicular de la Región aporta en forma directa con apenas una disminución del 3% de las emisiones de PM10. Si además se considera la reducción del polvo en suspensión, el aporte aumenta a poco menos de un 8%. Adicionalmente, el aporte de la restricción del 20% de los vehículos catalíticos que circulan en la región disminuye en un 2% las emisiones de este contaminante. Es más, el aporte directo de los vehículos catalíticos es sólo de un 0,4% a la disminución de emisiones.

Esto ocurre porque la disminución del número de vehículos no es proporcional al porcentaje de vehículos fuera de circulación. Por una parte, hay personas que poseen más de un vehículo, por lo que no dejan de circular y por otra parte, los días que no están afectos a restricción las personas circulan más con el fin de cubrir las tareas que dejan de hacer el día de restricción.

En cuanto al polvo en suspensión, cabe hacer presente que la disminución del número de vehículos ocasionada por la restricción vehicular, aumenta la velocidad media de circulación por lo que la resuspensión de partículas por vehículo aumenta, lo que podría lograr un efecto contrario al buscado. Se debe verificar entonces cual es el efecto preponderante logrado por esta medida: la disminución del número de vehículos o el aumento de la resuspensión de polvo por vehículo.

<sup>6</sup> La resuspensión de polvo es proporcional al peso por eje de cada vehículo y a su velocidad de circulación. Se supuso que la velocidad se mantiene constante con y sin restricción. En base a ello, se consideró un factor de corrección al nivel de emisiones por tipo de vehículo de acuerdo a la siguiente tabla:

Tipo de vehículo	Peso	N° de ejes	Factor
Autos, taxis	800	2	1,00
jeep, furgones, camionetas	1500	2	1,88
camiones	4000	2	5,00
buses, taxibuses	6000	2	7,50

En relación al aporte de las fuentes móviles al PM<sub>2,5</sub>, el Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana no es el instrumento adecuado para controlar estas emisiones. Al respecto es necesario dictar una norma y actuar de acuerdo a lo dispuesto en la legislación vigente.

Por otra parte, la restricción vehicular a los catalíticos afecta en mayor medida a los dueños de automóviles de menores recursos. Ello, porque la mayoría de estas personas, han hecho un gran esfuerzo al invertir en un automóvil catalítico para usarlo como fuente de trabajo. Estas personas, al no disponer de medios para invertir en un vehículo más moderno o en un segundo vehículo más antiguo, quedan privadas de gran parte del ingreso diario.

Las personas de mayores recursos, en cambio, disponen de más de un vehículo, o bien de los medios para invertir en un auto más moderno o en un segundo o tercer vehículo, por lo que el costo de dejarlo estacionado es mucho menor.

#### ◆ Fuentes Fijas

En relación a las fuentes fijas, en situaciones de preemergencia, cuando se debe paralizar un número de fuentes equivalente al 30% de las emisiones de este sector, la disminución al total de emisiones no supera el 1%. Es decir, cuando se requiere reducir la concentración de PM<sub>10</sub> en un 36% para recuperar la calidad del aire de la región, las acciones remediales establecidas por el gobierno aportan una disminución de emisiones de apenas un 9%.

De acuerdo al Servicio de Salud del Ambiente, entre el 1989 y 1999, se ha observado un descenso de un 28,6 % del PM<sub>10</sub> y se estima una disminución anual de 0,48 µg/m<sup>3</sup>. En cuanto al PM<sub>2,5</sub>, en los últimos 10 años la disminución alcanza a un 47,7% y se estima una disminución anual de 3.83 µg/m<sup>3</sup><sup>7</sup>.

Si la fracción fina corresponde a aproximadamente el 50% del material particulado respirable, la fracción de tamaño entre 2,5 y 10 micrones, la mayoría polvo en suspensión, ha disminuido en sólo un 9,5%. Es decir, el polvo cuya reducción es responsabilidad del gobierno por medio de programas de pavimentación de calles, forestación y creación de áreas verdes ha tenido una reducción más lenta. De hecho, estas tareas están atrasadas en el Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana, por cuanto no se ha contado con el presupuesto suficiente para avanzar de acuerdo a lo proyectado.

Es por ello que se deben buscar alternativas de financiamiento para ellas, las que se analizarán más adelante.

#### ◆ Vías exclusivas para la locomoción colectiva

Con el propósito de desincentivar el uso del automóvil, el gobierno ha anunciado el establecimiento de una red vial de seis corredores exclusivos para el transporte público, que operará entre las 7 y 10 y entre las 17 y 21 horas los días de preemergencia y durante todo el día cuando se declare emergencia ambiental.

---

<sup>7</sup> Página Web del Servicio de Salud del Ambiente, [www.sesma.cl](http://www.sesma.cl)

De acuerdo a declaraciones del Subsecretario de Transportes, esta medida favorecerá al 80% de la locomoción pública, que verá reducidos sus tiempos de viaje entre un 20 y 25%. Asimismo, se estima una reducción aproximada del 10% de los gases de escape provenientes de los vehículos motorizados que circulan en la Región Metropolitana. Sin embargo, no hay estudios que validen la elección de las vías definidas como corredores exclusivos.

La medida producirá una serie de efectos negativos, entre los que se encuentran:

- **Mayor congestión en las calles aledañas:** Muchas de las arterias que se definen como vías exclusivas para el uso de transporte público no disponen de vías alternativas adecuadas para el transporte particular, por lo que se espera que la aplicación de esta medida congestione las calles aledañas, lo que ha sido corroborado por la Subsecretaría de Transportes. Este es el caso de Independencia, donde las vías alternativas, salvo Vivaceta, terminan en el cementerio, en el Hipódromo o en hospitales. Lo mismo sucede en San Pablo, que tampoco tiene vías alternativas adecuadas para recibir todo el tránsito vehicular que no podrá circular por esa arteria. El caso de Av. Apoquindo es similar: se calcula que 2.200 son los vehículos que circulan en hora de alta demanda, los cuales se trasladarán a calles y avenidas alternativas que en la actualidad ya se encuentran saturadas a las horas peak. Problemas similares se esperan en las comunas de Maipú, San Miguel, La Granja, Independencia y Pudahuel, donde las vías seleccionadas como exclusivas de transporte público no presentan una alternativa.

- **Efecto sobre los niveles de contaminación:** El efecto anterior redundará en una mayor emisión de gases contaminantes por parte de los vehículos particulares, ya que la contaminación ambiental aumenta cuando un vehículo circula en marchas bajas, frenando y acelerando, producto de la mayor congestión vehicular. Por otra parte, si bien la locomoción colectiva aumentará su velocidad media de desplazamiento, con la consiguiente disminución de sus emisiones directas, también ocasionará una mayor resuspensión de partículas, situación que no fue evaluada en los estudios efectuados por el Gobierno. Cabe hacer presente que la resuspensión de partículas aumenta en forma exponencial con el aumento de la velocidad de circulación.

- **No representa un desincentivo al uso del automóvil:** Las personas no van a dejar de usar su automóvil, si ello no les reporta algún beneficio o si no perciben un beneficio individual por el sacrificio de dejar su automóvil particular. La experiencia indica que estos cambios de hábito, no se logran con mayor publicidad; basta recordar la enorme campaña publicitaria realizada por el gobierno durante la última sequía que redundó en una crisis eléctrica: los consumidores no percibían el verdadero costo alternativo que tenía utilizar la energía eléctrica, y las campañas publicitarias de ahorro de energía no dieron resultado: la demanda aumentó en un 10%.

Según la autoridad uno de los beneficios de esta medida, sería que la locomoción colectiva podría aumentar su velocidad de circulación en estas vías. Sin embargo, ello no es un incentivo relevante para quienes en la actualidad utilizan su vehículo particular. Es por ello que se debe ofrecer una alternativa de mejor estándar que pueda competir con el automóvil particular. En este sentido, si lo que se busca es desincentivar el uso del auto, se requiere ofrecer una locomoción colectiva de mejor calidad, más cómoda y más segura. Mientras cada individuo no

descubra el beneficio asociado a dejar de circular en su propio vehículo, sus hábitos no cambiarán.

• **Establece un precio infinito:** La prohibición de circular por estos corredores para el parque vehicular particular equivale a una tarificación a precio infinito. En efecto, las medidas del gobierno no sólo restringen el uso de vehículo durante determinados días, sino que además restringen el uso de determinadas vías. Estas medidas son prohibitivas, es decir, aunque un individuo esté dispuesto a pagar por poder usar su vehículo en días de restricción o para poder utilizar estas vías exclusivas, no puede hacerlo.

En relación con este tema, cabe destacar la experiencia internacional, especialmente en Estados Unidos, muestra que las vías exclusivas para el uso de ciertos vehículos, como los con más de un ocupante, no han dado los resultados esperados. Por el contrario, generan un enorme rechazo en la comunidad ya que no han servido para disminuir la contaminación y además generan mayor congestión en las calles aledañas. Esto ha llevado a que tanto los grupos ecologistas como los particulares estén en su contra, por lo que las autoridades han tenido que soportar una gran presión en favor de la eliminación de este tipo de vías.

A raíz de los problemas anteriores, las autoridades han optado por sustituir este tipo de vías exclusivas por vías tarifcadas, es decir las vías exclusivas se han convertido en vías donde quien quiera circular debe pagar un peaje. Este es el caso de California (SR91 Express Lanes en la localidad de Orange Co.; I-15 en la localidad de San Diego Co.), Texas (I-10 en la localidad de Houston) donde estas vías se encuentran en operación. Otras están autorizadas, como es el caso de SR1, en la localidad de Santa Cruz Co. en California y la I-64 en Hampton Roads, Virginia<sup>8</sup>.

Estas vías tarifcadas han tenido gran éxito en la comunidad, pues han absorbido capacidad inutilizada de las anteriores vías exclusivas y de la mayor congestión de las vías aledañas. Asimismo, los niveles de contaminación han disminuido gracias a la mayor velocidad de circulación y a la menor congestión. Adicionalmente, los ciudadanos están satisfechos, debido a que si requieren llegar de un punto a otro en menos tiempo, tienen estas calles como alternativa. Por su parte, las autoridades han recaudado recursos que les han permitido mejorar la infraestructura vial existente.

---

<sup>8</sup> Véase R.W. Poole y C.K. Orski, "HOT Lanes: A Better Way to Attack Urban Highway Congestion", en revista Regulation, volumen 23 No 1, Cato Institute.

### III. PROPUESTAS: ¿POR DONDE VA LA SOLUCIÓN?

**S**i lo que se busca es descontaminar Santiago, lo primero que se necesita es conocer como afectan los distintos niveles de contaminación la salud de la población. Para ello se requieren estudios epidemiológicos continuos que permitan tener estadísticas históricas de la reacción en salud durante episodios críticos. Se debe conocer además, el inventario de emisiones y las fuentes emisoras así como la química y física de la atmósfera de la Región. Es decir, la forma en que se producen y se desplazan los contaminantes y quienes los emiten. Sólo así será posible actuar sobre los elementos más dañinos para la salud y buscar la mejor manera de reducir las concentraciones a través de instrumentos de gestión adecuados, dependiendo del agente emisor que se desee controlar.

Es imprescindible que cada uno asuma la responsabilidad que significa la emisión de elementos contaminantes con que aportamos a la atmósfera, las aguas y el suelo. Ello se traduce en asumir el costo de la externalidad producida en función del nivel de emisiones, el tipo de contaminante emitido y el daño producido. De esta forma, la emisión de un cierto nivel de contaminantes es mucho más costosa, si la fuente emisora se ubica en una zona latente o saturada que si está en una zona sin actividad.

#### ◆ Medidas de Largo Plazo

Para resolver el problema de contaminación de la Región Metropolitana se requieren acciones que sean efectivas en el largo plazo. Establecer la capacidad de absorción de los distintos contaminantes de la cuenca y congelar las emisiones a un nivel tal que permita mantener las concentraciones dentro de normas. Para ello, se deben buscar los incentivos para que los distintos agentes emisores actúen en la dirección correcta, reduciendo su nivel de emisiones, pero percibiendo un beneficio para ellos, para el resto de la sociedad y para la naturaleza.

Las medidas impuestas por un funcionario de gobierno, no tienen la aceptación que tiene un incentivo que cree las condiciones para que cada emisor alcance una meta en un plazo definido, con reglas del juego claras y libertad para actuar de la manera que considere más adecuada. Así, cada uno buscará la forma más eficiente y barata para lograr la meta en el tiempo requerido.

El sector industrial lo ha logrado. A partir de 1992, se congelaron las emisiones industriales debiendo reducir las emisiones de 112 mg/m<sup>3</sup> a 56 mg/m<sup>3</sup> en 1998. Ello llevó al crecimiento del parque industrial en conjunto con la reducción de las emisiones del sector.

En cuanto al sector automotriz, si se considera que un convertidor catalítico tiene un costo entre US\$ 700 y US\$ 1000, los dueños de los 350.000 autos catalíticos que circulan en Santiago han invertido cerca de US\$ 350 millones para reducir las emisiones de este sector.

Un auto no catalítico emite entre 5 y 10 veces más que un auto que posee convertidor, las emisiones contaminantes de entre el 10% y 20% de los autos más antiguos equivalen a las emisiones totales del parque automotriz catalítico. Si hoy retiramos de circulación el 10% del parque vehicular no catalítico más antiguo,

equivalente a cerca de 40.000 vehículos, mediante la adquisición a precio de mercado<sup>9</sup> el costo total de esta medida es de US\$ 20 millones, menos del 10% del costo incurrido por los dueños de automóviles catalíticos, con efectos equivalentes. Esta medida puede ser discutible socialmente, pero muestra la baja efectividad, en términos de costos, de las medidas adoptadas para controlar la contaminación.

#### ◆ Estructura impositiva

En cuanto al sector automotriz, si bien en los últimos 7 años se han incorporado 350.000 vehículos catalíticos a la Región, hay ciertas señales confusas que no incentivan la renovación del parque a la velocidad deseada. El permiso de circulación y el impuesto al lujo, ambos gravámenes definidos en función del valor patrimonial del vehículo, desincentivan la compra de vehículos más limpios (con convertidor catalítico) y más seguros (air bag, frenos ABS, etc.). Resulta así más barato tener un vehículo más contaminante.

Por su parte, la actual estructura del impuesto a los combustibles desincentiva el uso de combustibles más limpios en los vehículos. El impuesto al diesel es inferior al impuesto a la bencina, lo que hace más barato tener un vehículo que use combustibles más contaminantes. Ello, unido al aumento del precio de la bencina y a los anuncios de rebaja del impuesto al diesel son señales más que contradictorias, si lo que se busca es el uso de combustibles limpios. Los dueños de la locomoción colectiva no van a invertir en modificar sus motores o en comprar buses que operen a gas natural, si ello resulta tener un mayor costo que el uso de motores diesel.

En consideración a lo anterior es que cualquier beneficio o subsidio ofrecido por el gobierno para la reconversión de la locomoción colectiva y los taxis a gas natural, debe ir unido a medidas que hagan rentable esta inversión en el largo plazo.

#### ◆ Tarifación vial

Más adecuado que el establecimiento de corredores exclusivos para el transporte público, es establecer un sistema de tarifación de las arterias incluidas en esta prohibición, o bien en determinadas áreas, como por ejemplo, al interior del anillo Américo Vespucio.

#### ◆ Pistas segregadas

Permiten ordenar el tráfico, a través de la habilitación de vías (no calles) exclusivas para la locomoción colectiva, como se ha hecho en Av. Grecia. Adicionalmente, la construcción de metros ligeros de acercamiento a los sectores más alejados de la ciudad y la reconversión de la locomoción colectiva a vehículos más limpios, más seguros y más cómodos.

En este sentido son positivos los últimos anuncios de la autoridad respecto de las nuevas obras que se darán en concesión. Dentro de ellas se encuentran extensiones de líneas de metro y creación de vías segregadas de transporte público. Se espera desarrollar cuatro, los cuales implican una inversión del orden de US\$ 1.100 millones. Ellos contemplan la extensión de la línea 2 del metro y una nueva línea de metro entre Estación Central y Maipú, construcción de vías especiales en

<sup>9</sup> Se estimó un precio promedio de US\$ 500 por vehículo.

San Pablo, Alameda y Pajaritos con sus respectivas estaciones de transferencia y mejoramientos viales en el Corredor Santa Rosa y Av. Ecuador.

#### ◆ Estacionamientos de superficie

La posibilidad de estacionar en muchas calles importantes incentiva el uso de automóviles, ya que se encuentra un lugar donde estacionar en forma fácil y barata. Ello resta una vía de circulación, con el consiguiente aumento de la congestión y contaminación. Muchos de estos estacionamientos son gratuitos, lo que incentiva al automovilista a movilizarse en su propio vehículo. En la medida que se eliminen los estacionamientos de superficie, se logrará el doble propósito de descongestionar las calles e incentivar la creación de estacionamientos adecuados, tarifados a un precio tal que desincentive en forma real el uso del automóvil e incentive el uso de locomoción colectiva. Así, el aumento de demanda de locomoción colectiva de calidad, obligará a buscar las formas de ofrecer un servicio seguro y cómodo para clientes más exigentes.

#### ◆ Locomoción colectiva cómoda y segura

En lugar de prohibir el ingreso de vehículos particulares a ciertas calles, sería más adecuado ordenar el tráfico a través de vías (no calles) exclusivas para la locomoción colectiva, como se ha hecho en Avenida Grecia. Ello permite aumentar la velocidad media de circulación, lo que disminuye la congestión y la contaminación.

También es aconsejable la construcción de metros ligeros de acercamiento a los sectores más alejados de la ciudad y la reconversión de la locomoción colectiva a vehículos más limpios, más seguros y más cómodos.

#### ◆ Pago por contaminación

El sistema de pago por contaminación incluido en la revisión del Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana o el pago por congestión, permite a cada persona elegir la manera de asumir dicha responsabilidad. De esta forma si cada uno debe aportar con la reducción de las emisiones vehiculares equivalentes a un día a la semana de uso del vehículo, esto podrá hacerse asumiendo el costo de dejar el auto estacionado, o bien pagando un cierto monto con el fin de compensar dicha emisión y contribuir a la reducción de las emisiones de otras fuentes (pavimentación, áreas verdes, cambio de combustible en la locomoción colectiva, etc.). Así se logrará la meta de reducir las emisiones a un mínimo costo. Dejarán de circular aquellas personas a las cuales el costo de no usar su vehículo es menor. A la vez, dado que para utilizar el vehículo se deberá pagar un cierto costo, habrá un incentivo a usar autos cada vez menos contaminantes.

### CONCLUSIONES

Los anuncios y buenas intenciones del gobierno para solucionar el problema de la contaminación de Santiago, deben ir acompañadas de incentivos y señales en la dirección correcta, inequívocas y claras para que la ciudadanía cambie su actitud hacia acciones que reduzcan la emisión de contaminantes y además asuman el hecho de que bajar la contaminación no es gratis y toda la población debe asumir su cuota de responsabilidad.

Así, el Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana debe presentarse en forma transparente, con cada una de las medidas propuestas asociadas a su costo, fuente de financiamiento y reducción esperada. De este modo, todos tendrán la posibilidad de evaluarlas y presentar medidas alternativas que pudieran resultar más baratas o más efectivas.