



# TRANSPORTE Y CALIDAD DEL AIRE EN SANTIAGO DE CHILE

## Tendencias en los Últimos Años y Posibles Soluciones al Problema

# Contenidos

- Normas de calidad del aire y redes de monitoreo
- Evolución histórica de la calidad del aire: período 1989-2002
- Evolución de la calidad del aire: período 1997-2003 (PPDA)
- Soluciones estructurales propuestas para Santiago
- Transantiago



Basado en el documento “Evolución de la Calidad del Aire en Santiago 1997-2003”, preparado por CONAMA RM, disponible en [www.conamarm.cl](http://www.conamarm.cl)

An aerial photograph of a multi-lane highway with several vehicles, including cars and trucks, traveling in both directions. The image is overlaid with a solid blue background on the right side, where the title text is located. The text is in a bold, white, sans-serif font.

# Normas de calidad de aire y redes de monitoreo

# Normas de calidad del aire (1978)

**Tabla 1: Normas primarias de calidad de aire**

## **Resolución 1215**

Contaminante	Norma	Unidad	Tipo de Norma
Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ )	80	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética Anual
	365	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética de 24 Horas
Monóxido de Carbono (CO)	10.000 (*)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio Aritmético Móvil de 8 Horas Consecutivas
	40.000 (*)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética de 1 Hora
Oxidantes Fotoquímicos: Ozono ( $\text{O}_3$ )	160 (*)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética de 1 Hora
Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	100	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética Anual

## **Decreto supremo No. 185**

Contaminante	Norma	Unidad	Tipo de Norma
Material Particulado Respirable (MP10)	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética Diaria

# Normas de calidad del aire (2006)

Tabla 2: Normas primarias de calidad de aire (D. S. 112-113-114-115/02, D. S. 59/98 y D.S. N°45/01 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia)

Contaminante	Norma	Unidad	Tipo de Norma
Material Particulado Respirable (MP10)	50	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética Anual
	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética Diaria
Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ )	80	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética Anual
	250	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética Diaria
Oxidantes Fotoquímicos: Ozono ( $\text{O}_3$ )	120	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio Aritmético Móvil de 8 Horas Consecutivas
Monóxido de Carbono (CO)	10.000	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio Aritmético Móvil de 8 Horas Consecutivas
	30.000	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética Horaria
Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	100	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética Anual
	400	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Aritmética Horaria

# Indices de calidad del aire

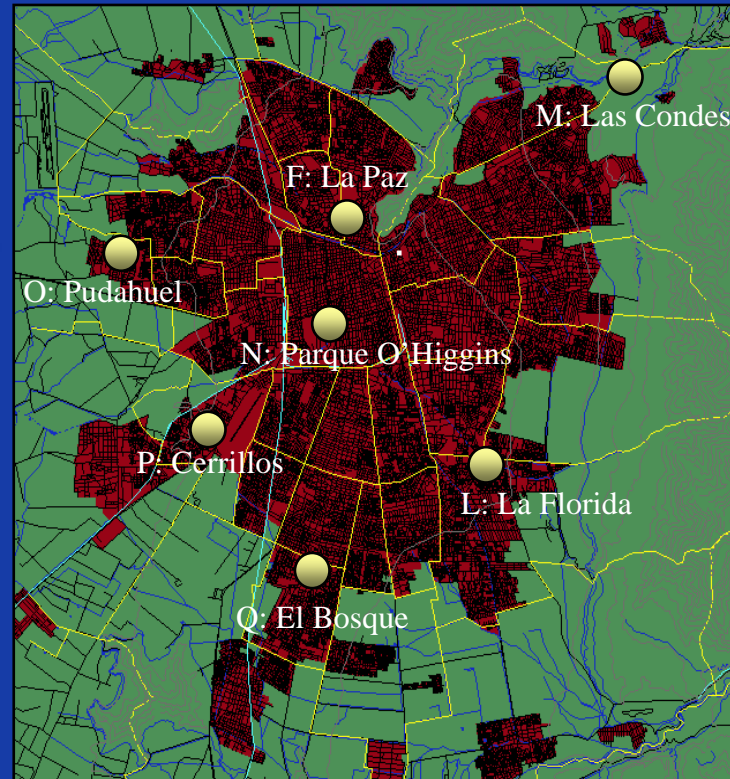
**Tabla 3: Definición de los Índices de Calidad del Aire por Material Particulado (ICAP). (Resolución 369/MINSAL1988)**

ICAP		Categoría ICAP	MP10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hrs.)	Nivel	Episodio
0 a 100	Bueno	0	0	0	-
101 a 200	Regular	100	150	0	-
201 a 300	Malo	200	195	1	Alerta
301 a 400	Crítico	300	240	2	Preemergencia
401 a 500	Peligroso	400	285	2	Preemergencia
>501	Excede	500	330	3	Emergencia

# Redes de monitoreo en Santiago



MACAM 1: 1987-1996



MACAM 2: desde 1997 se encarga del monitoreo de gases y partículas en forma continua



Acceso en tiempo real: [www.sesma.cl](http://www.sesma.cl) y [www.conamarm.cl](http://www.conamarm.cl)

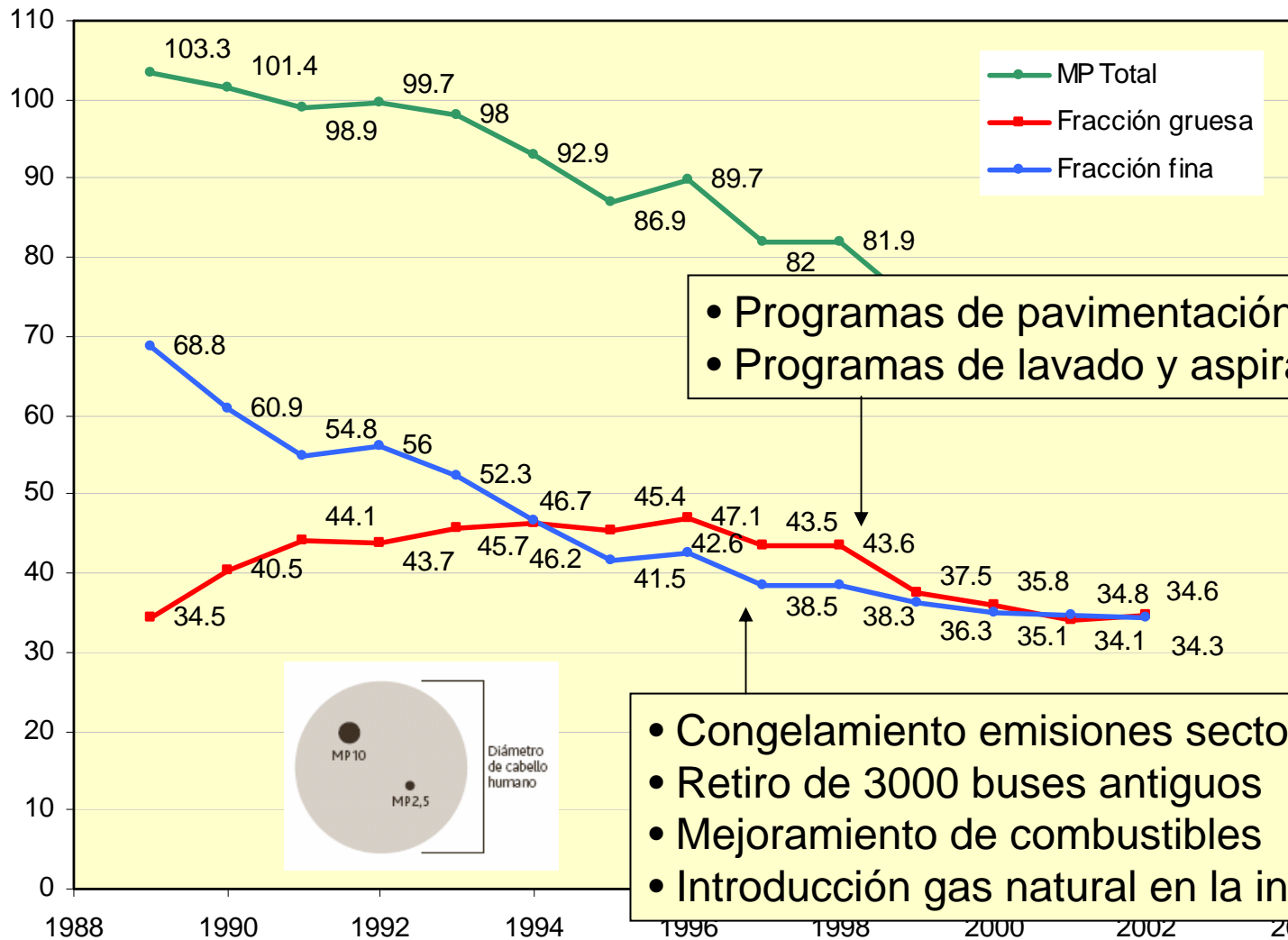
# Red de estaciones meteorológicas



# Evolución histórica de MP: 1989-2003



# Evolución MP10

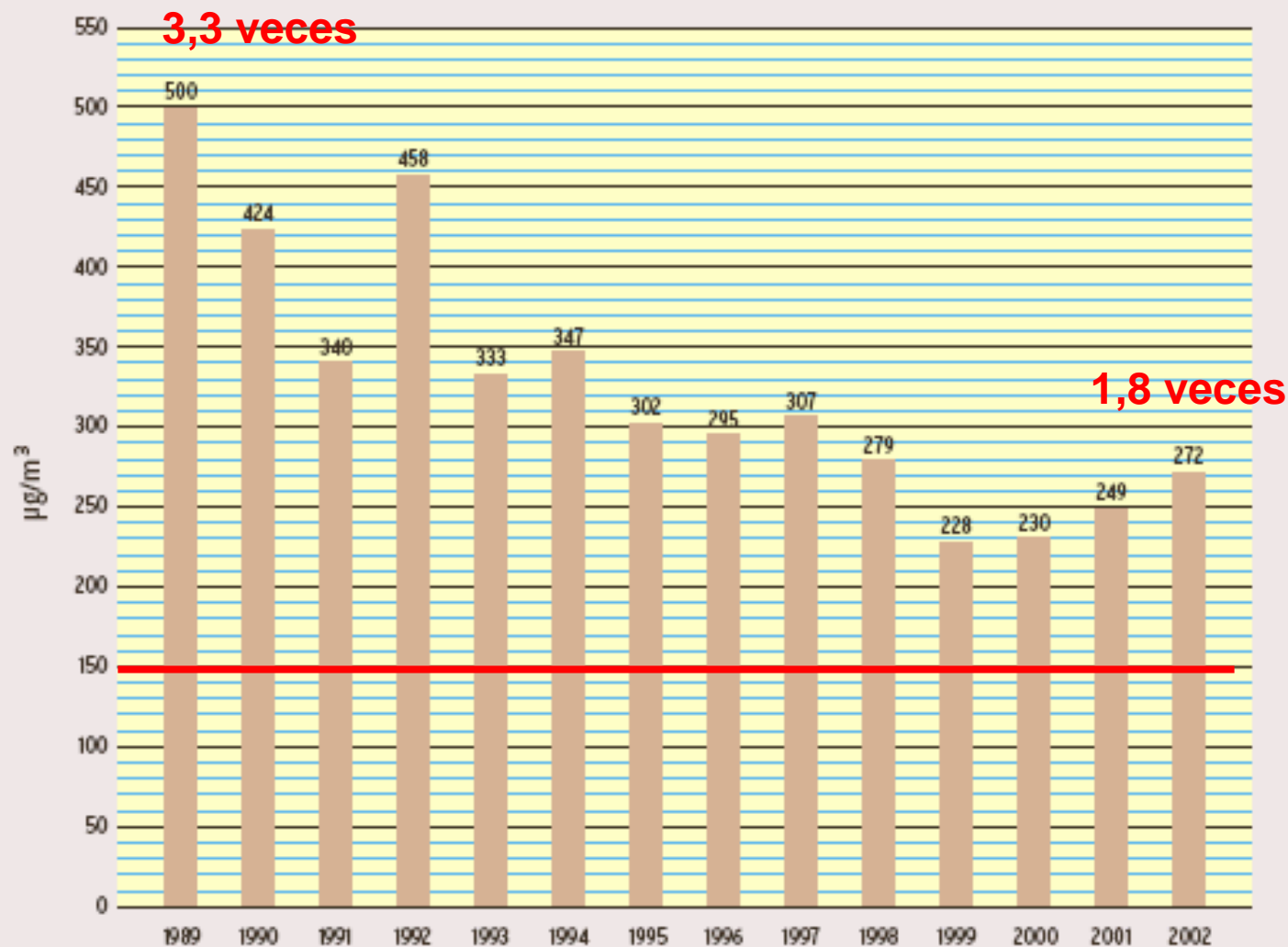


- Programas de pavimentación
- Programas de lavado y aspirado de calles

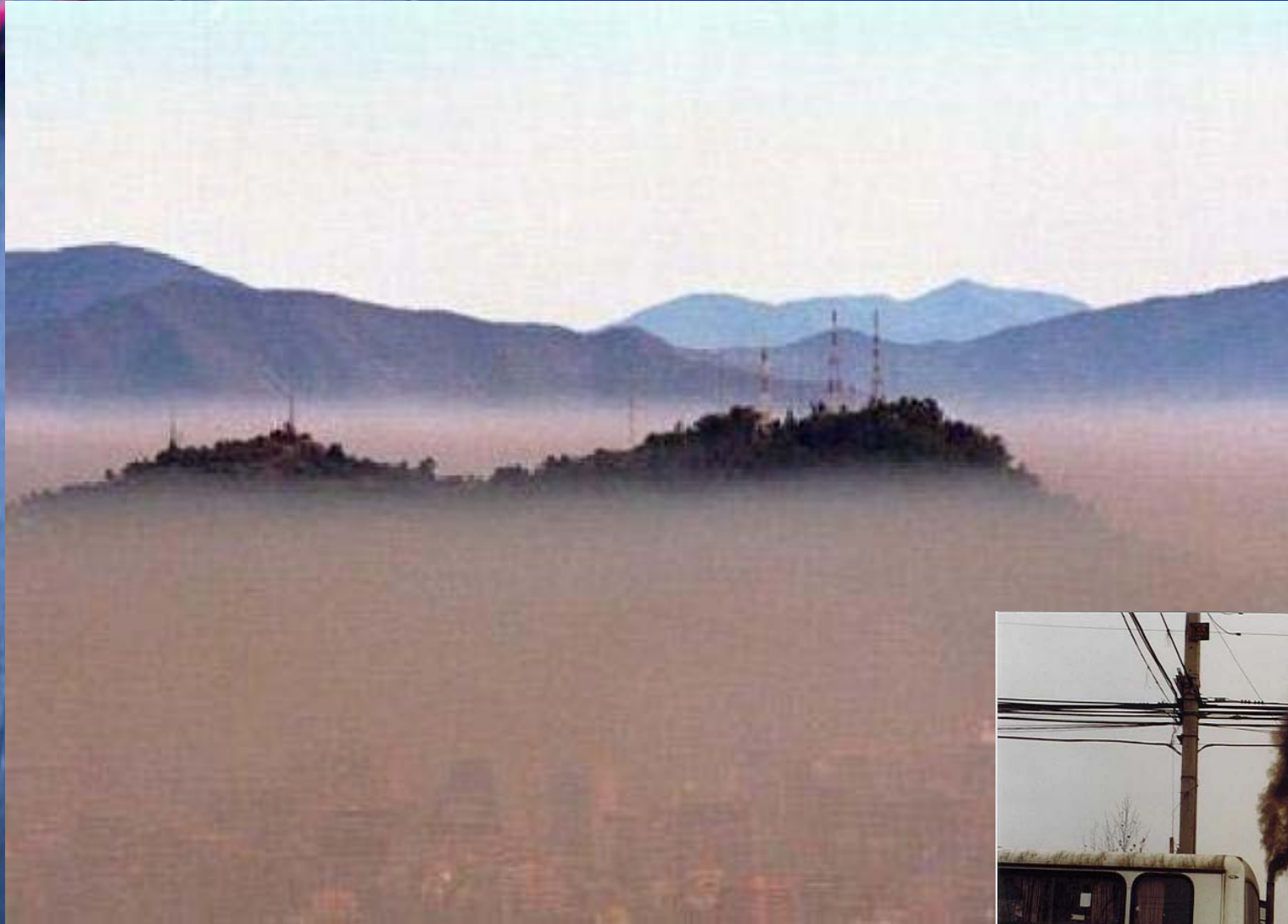
- Congelamiento emisiones sector industrial
- Retiro de 3000 buses antiguos
- Mejoramiento de combustibles
- Introducción gas natural en la industria

# Evolución MP10

Figura 2: Evolución del Material Particulado respirable (MP10), máximos diarios

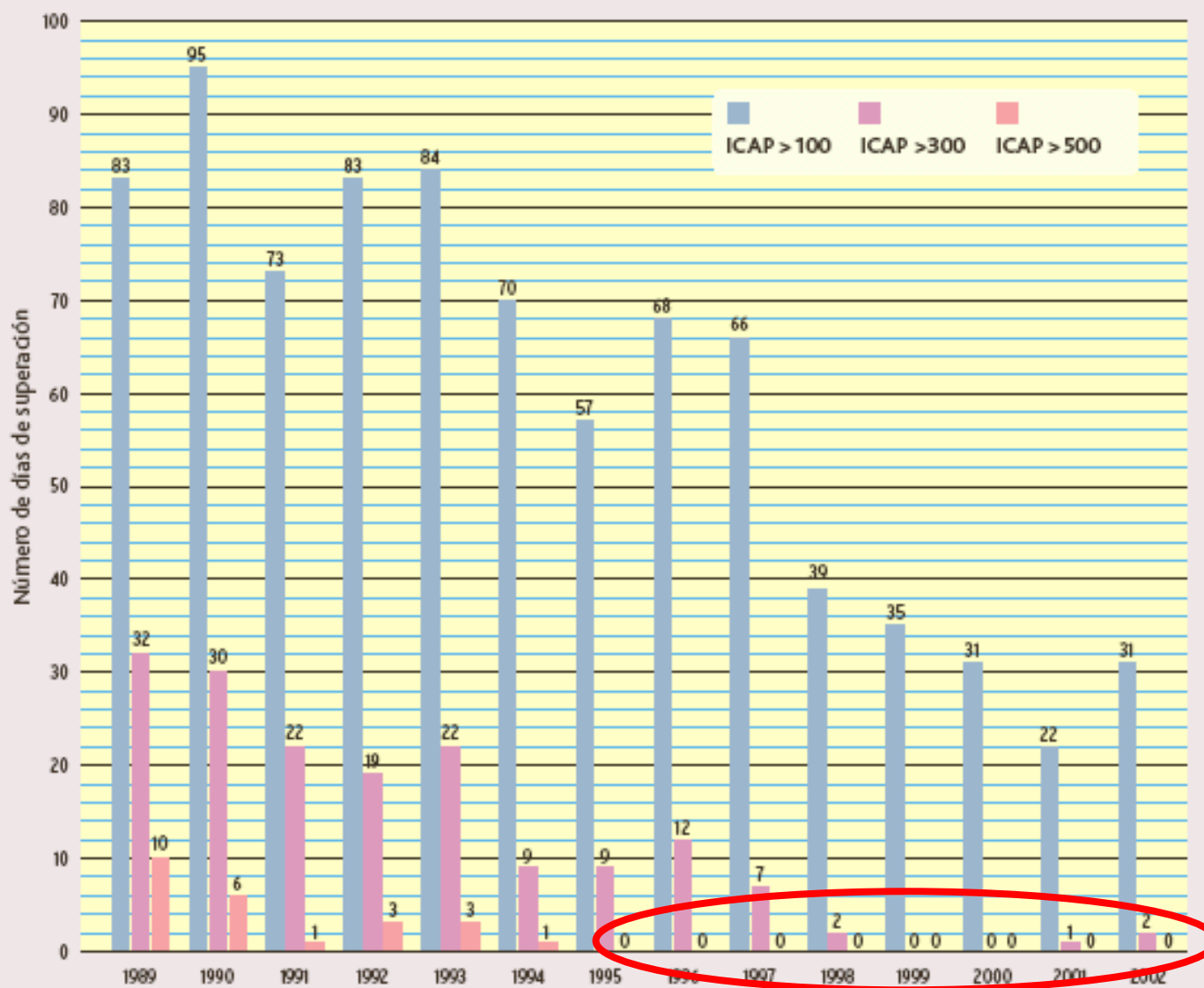


# Inversión térmica en Santiago



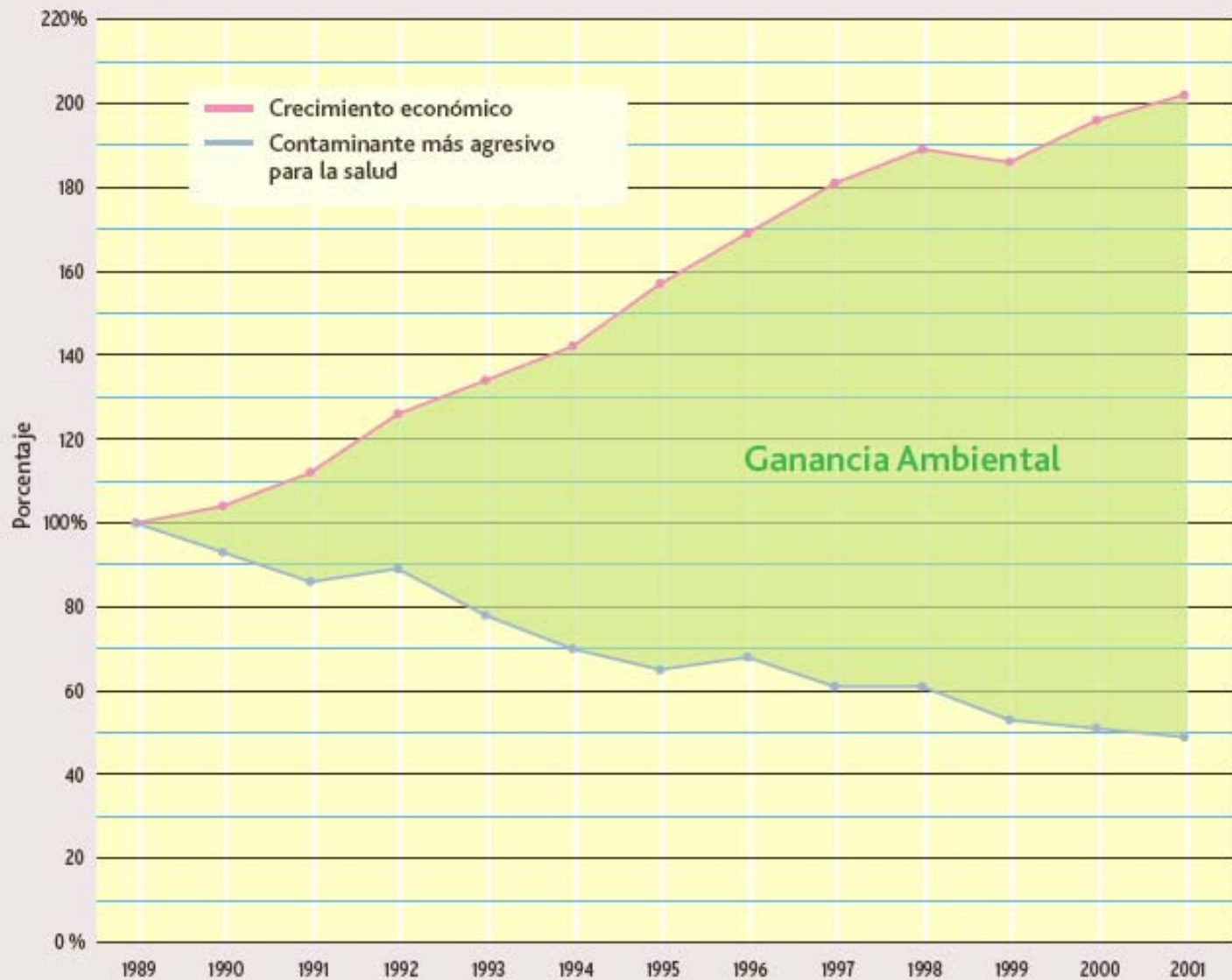
# Superaciones ICAP 1989-2002

Figura 3: Superaciones de Índices de Calidad de Aire ICAP 100, ICAP 300 e ICAP 500



# Crecimiento económico y MP<sub>2.5</sub>

Figura 4: Crecimiento económico de la Región Metropolitana y descontaminación



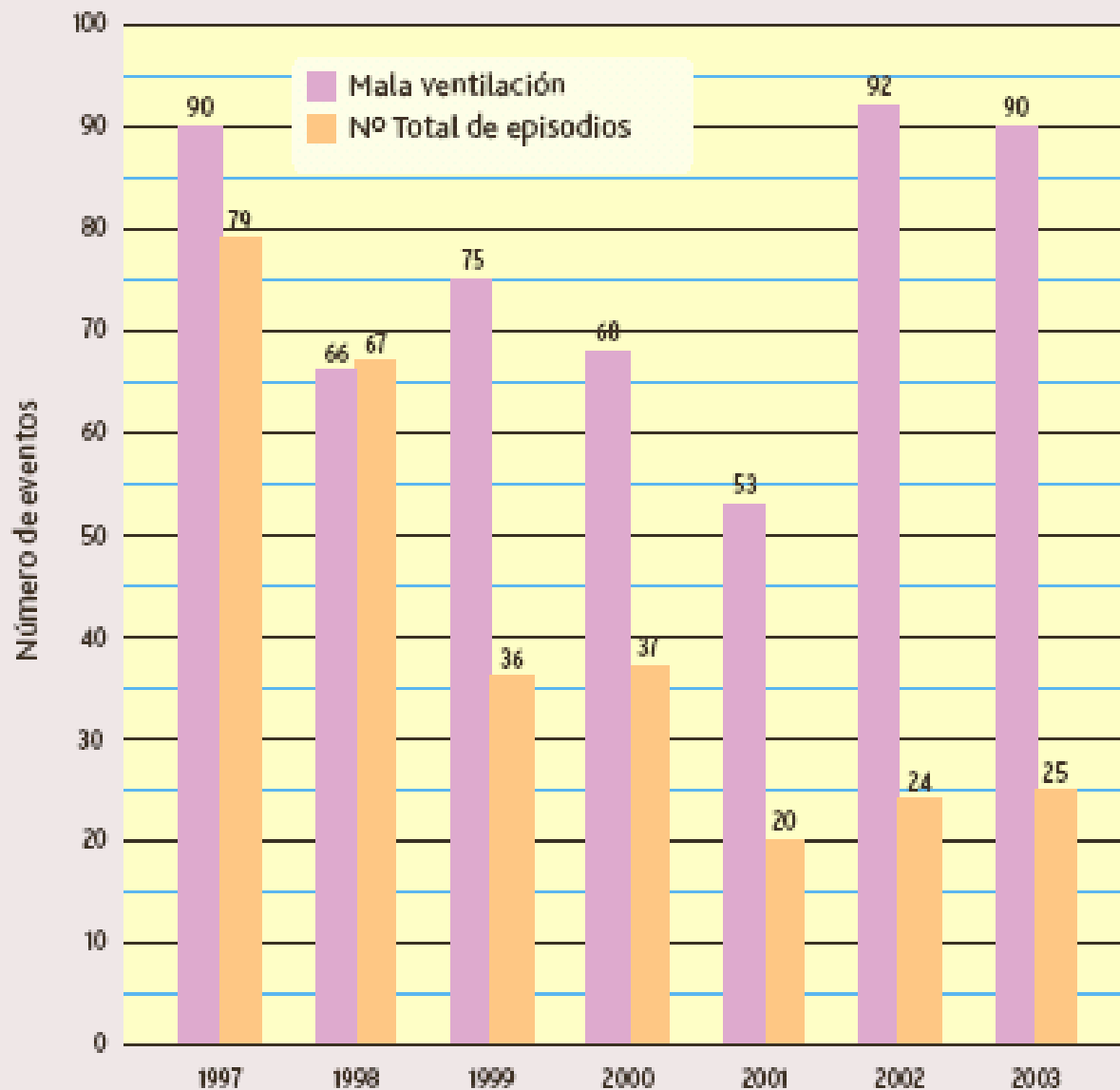
# Balance histórico al 2003

Balance Histórico		
Fuente	10 años atrás	Hoy
Buses	14.000 buses 15 años de antigüedad, (promedio)	7.500 buses 5 años de antigüedad, (promedio)
Diesel	5.000 ppm azufre	200 ppm azufre
Gasolinas	Todas con plomo	Todas sin plomo
Vehículos particulares	100% convencionales	20% convencionales 80% catalíticos
Industria	Leña, carbón y petróleos pesados	Gas natural y diesel ciudad (300 ppm)
Generación de electricidad	Carbón	Gas natural

# Evolución calidad del aire 1997-2003

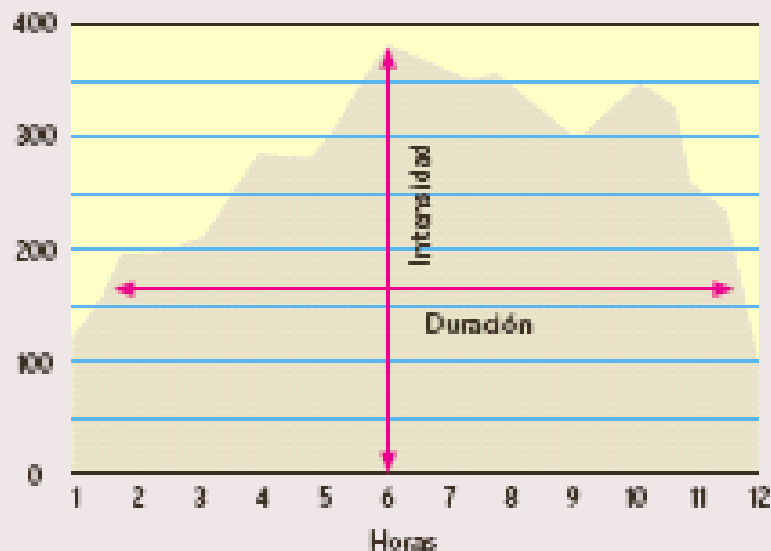


# Ventilación y episodios (ICAP>200)



# Indicadores de exposición

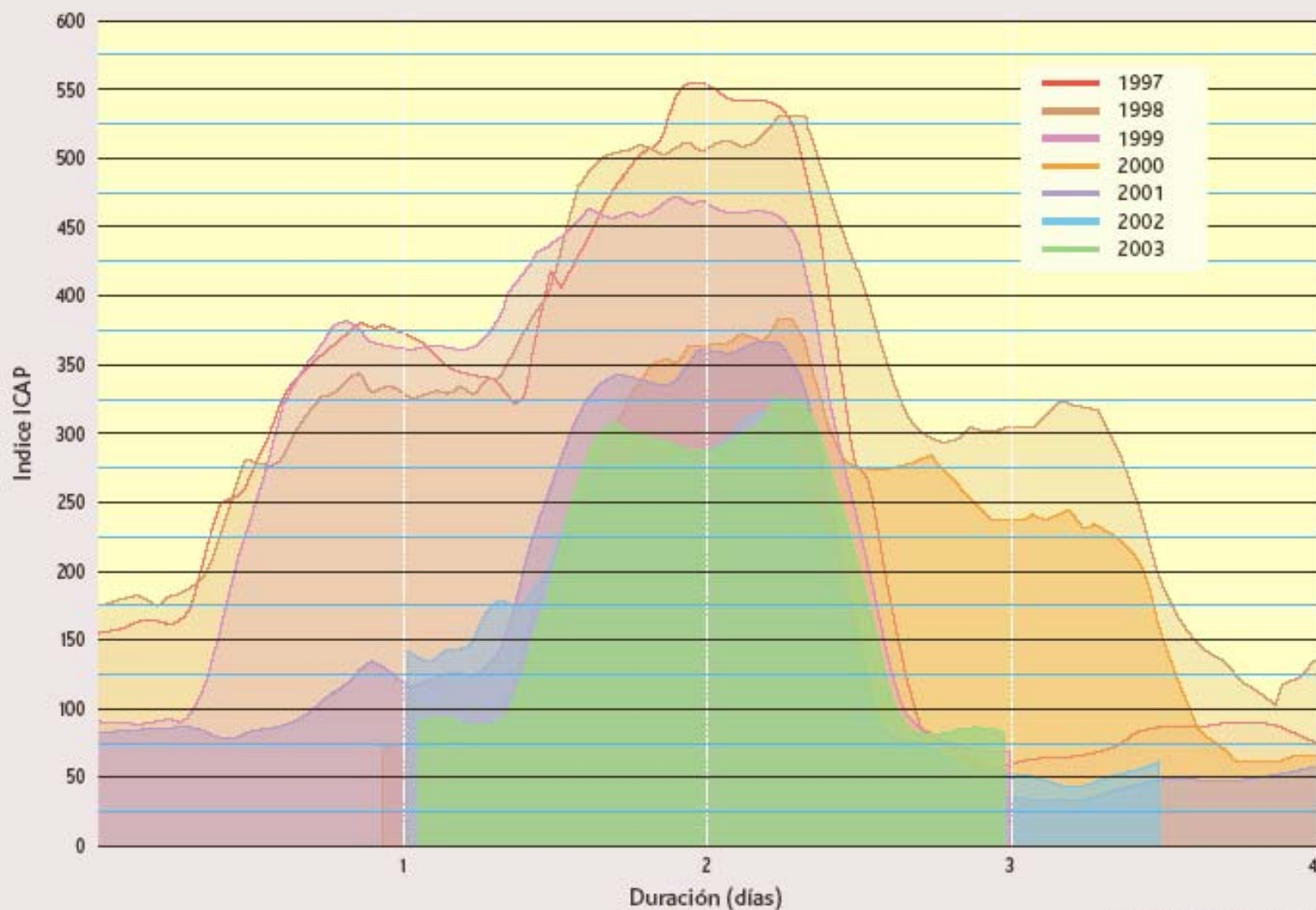
## Indicadores de exposición



- El nivel de exposición a altas concentraciones de MP por períodos prolongados de tiempo determina el impacto en la salud de la población.
- Es necesario generar indicadores que den cuenta del nivel de exposición.
- Un indicador es la **duración** del episodio (en horas).
- Otro es la **intensidad**, expresada en concentración máxima o concentración promedio del episodio.
- El mejor indicador resulta ser una combinación de ambos, representado por el área achurada en la figura.

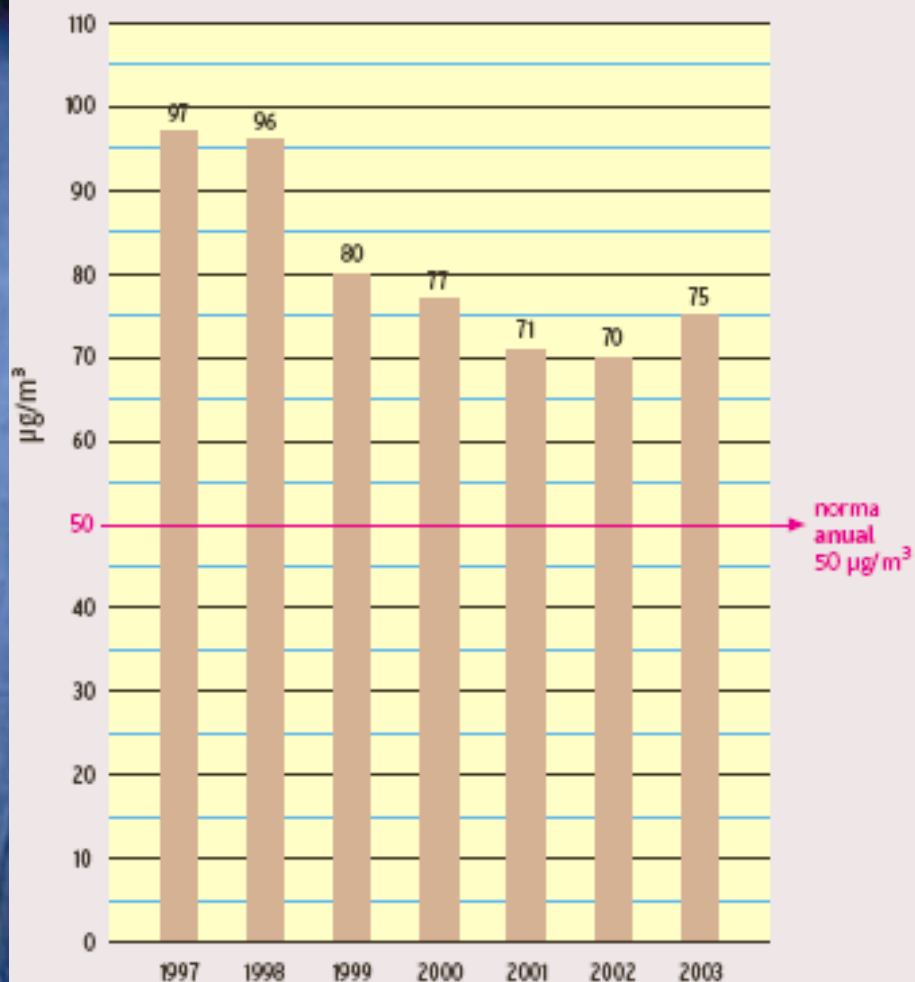
# Episodios de exposición 1997-2003

Figura 8: Peores episodios críticos en Pudahuel, 1997-2003



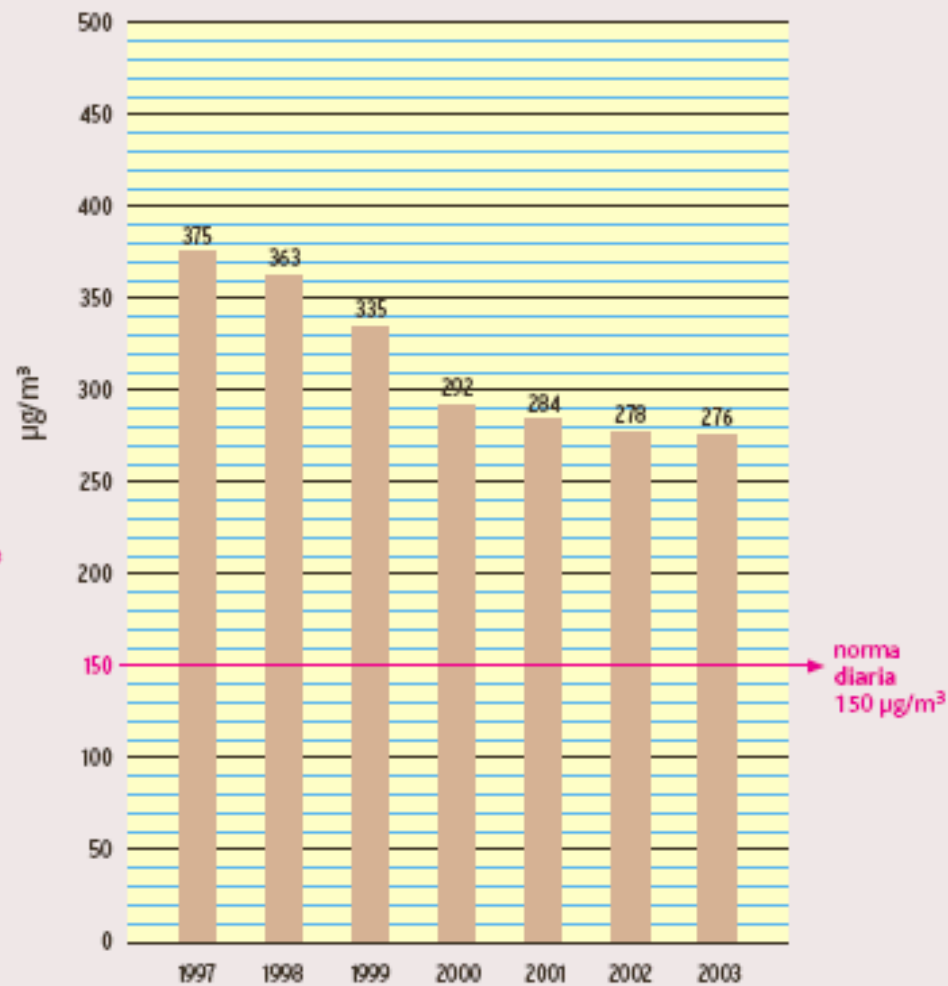
# Evolución de $MP_{10}$

Figura 12: Evolución de promedios anuales de  $MP_{10}$



Fuente: SESMA-CONAMA RM

Figura 13: Evolución de máximos diarios de  $MP_{10}$



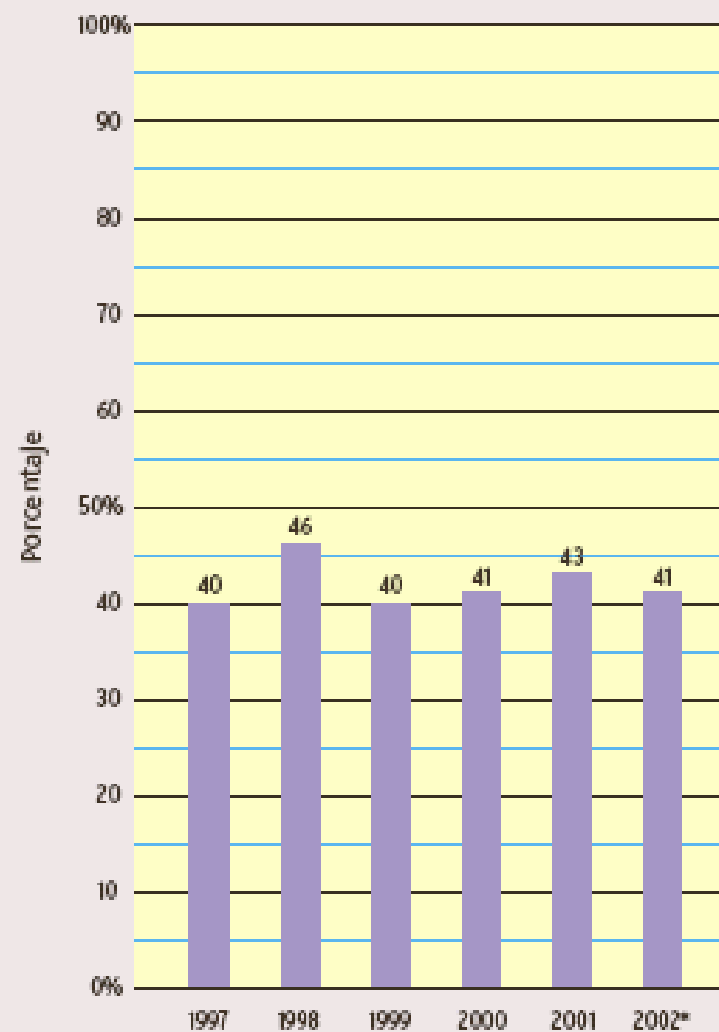
Fuente: SESMA-CONAMA RM

# Evolución de ozono troposférico (O<sub>3</sub>)

Figura 21: Evolución de máximos horarios de ozono



Figura 22: Días de superación de norma horaria de ozono



# Monóxido de carbono (CO)

Figura 23: Máximos horarios de monóxido de carbono (CO)

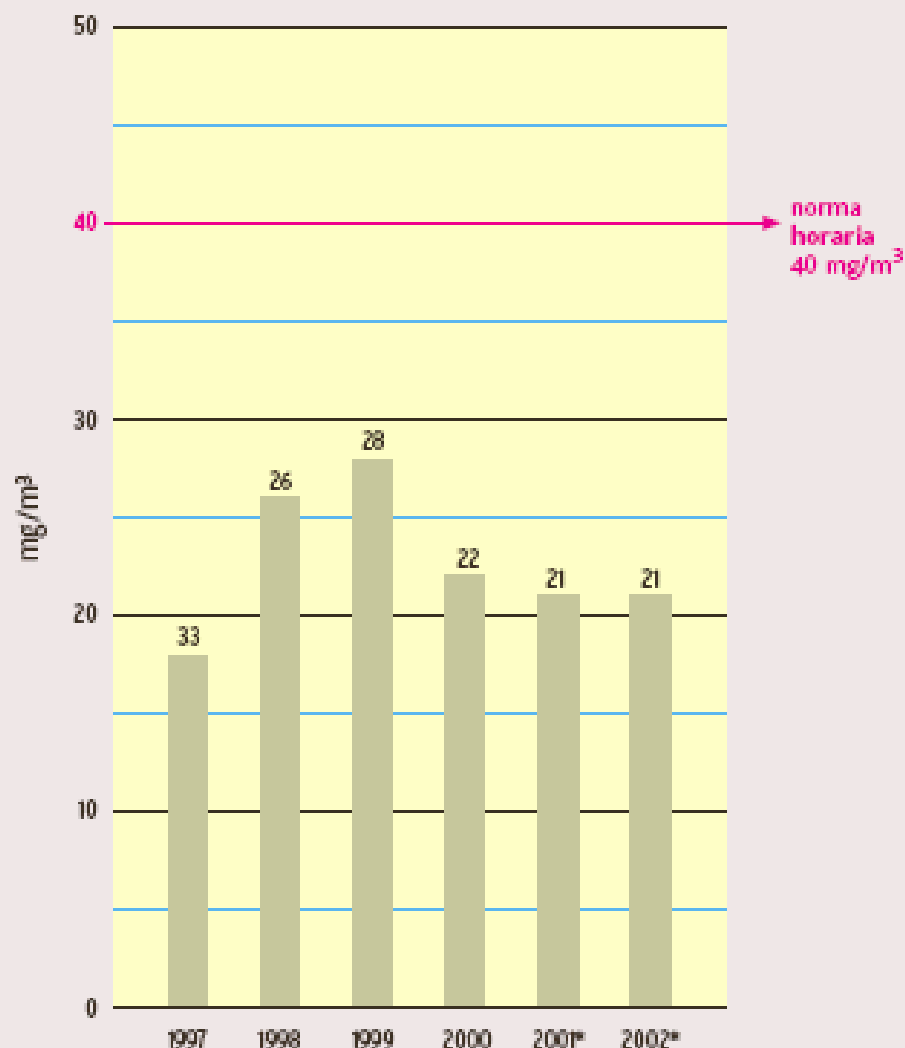
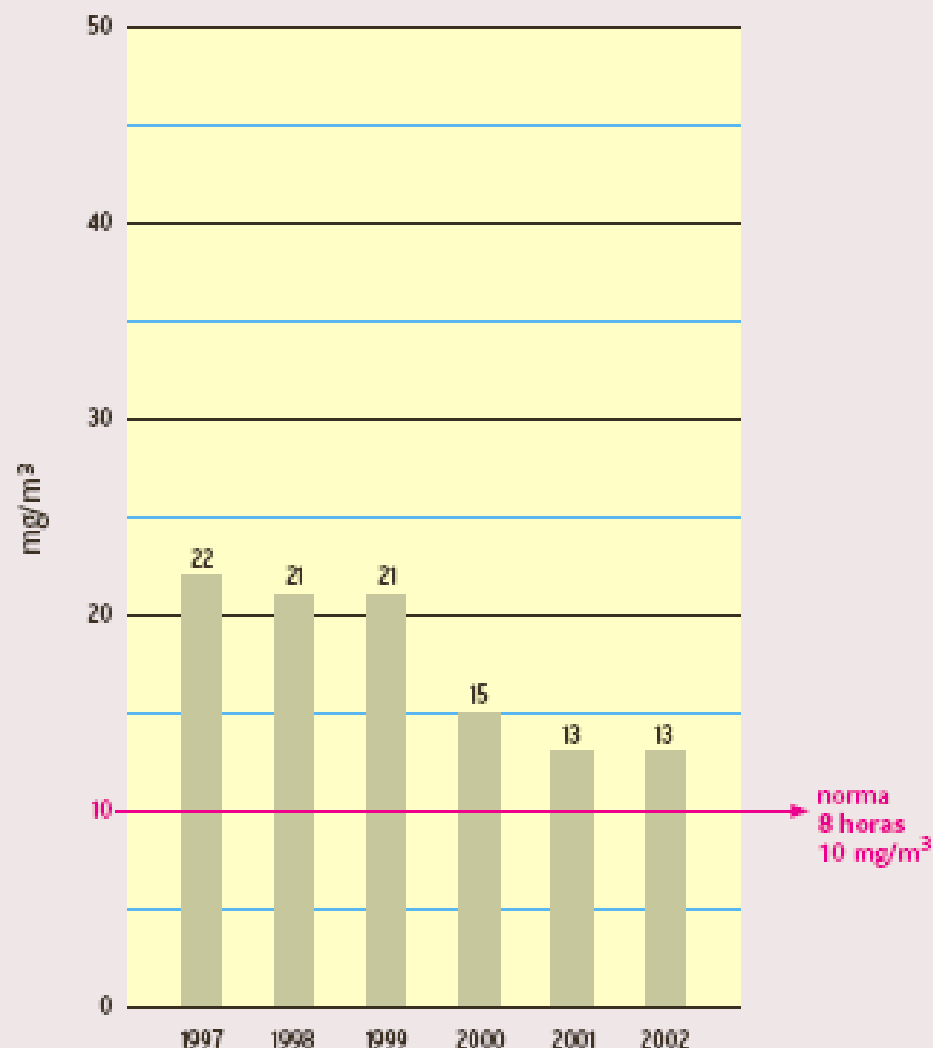


Figura 24: Máximos promedios móviles de 8 horas, de monóxido de carbono (CO)

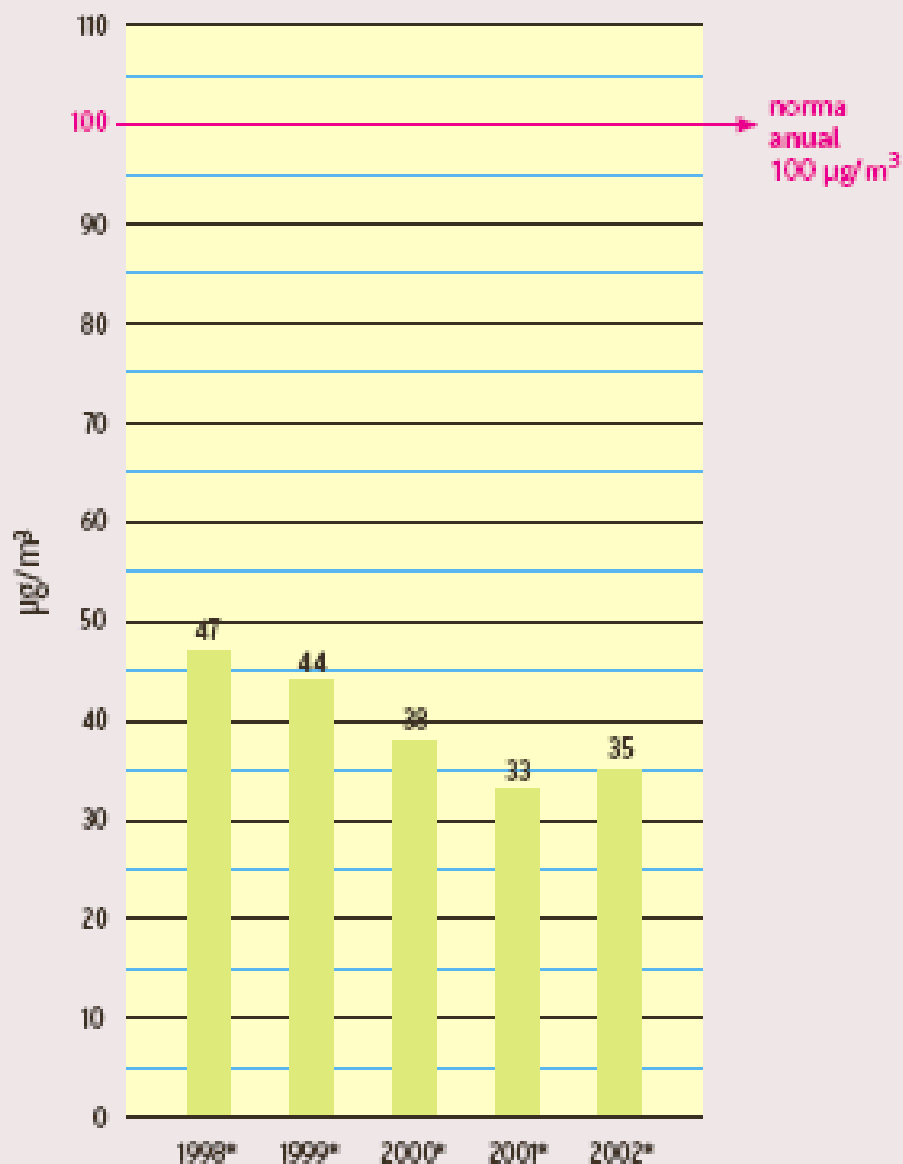


# Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )

Figura 25:  
Concentraciones  
promedio anual de  $\text{NO}_2$

(\*) Datos 1998 al 2002  
no validados.

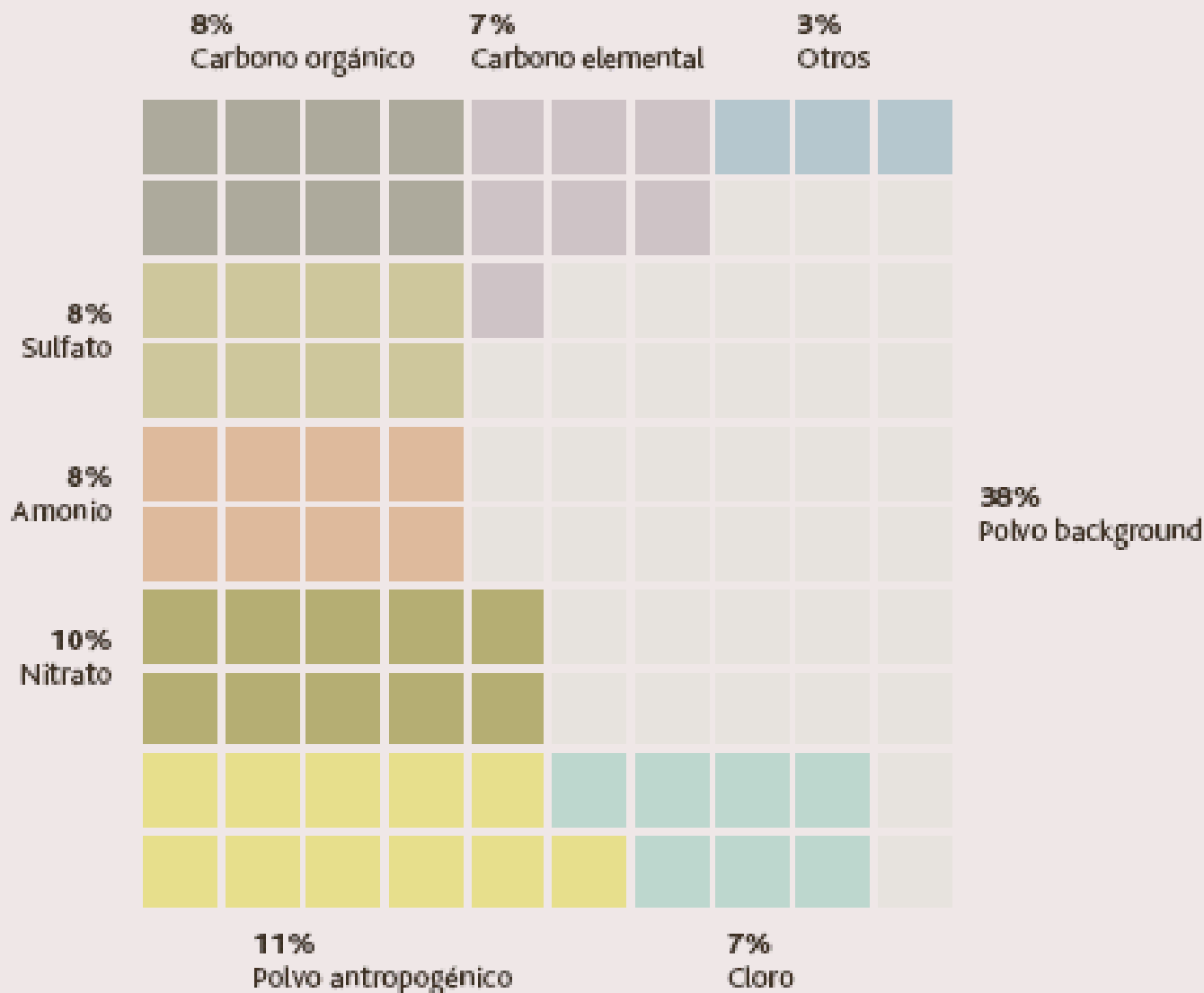
Fuente: SESMA-CONAMA R.M



# Composición química MP<sub>10</sub>

**Figura 28:**  
**Composición química**  
**del Material Particulado**  
**MP10**

Fuente: Elaboración propia  
a partir de Artaxo (USP)  
y CENMA (1999)

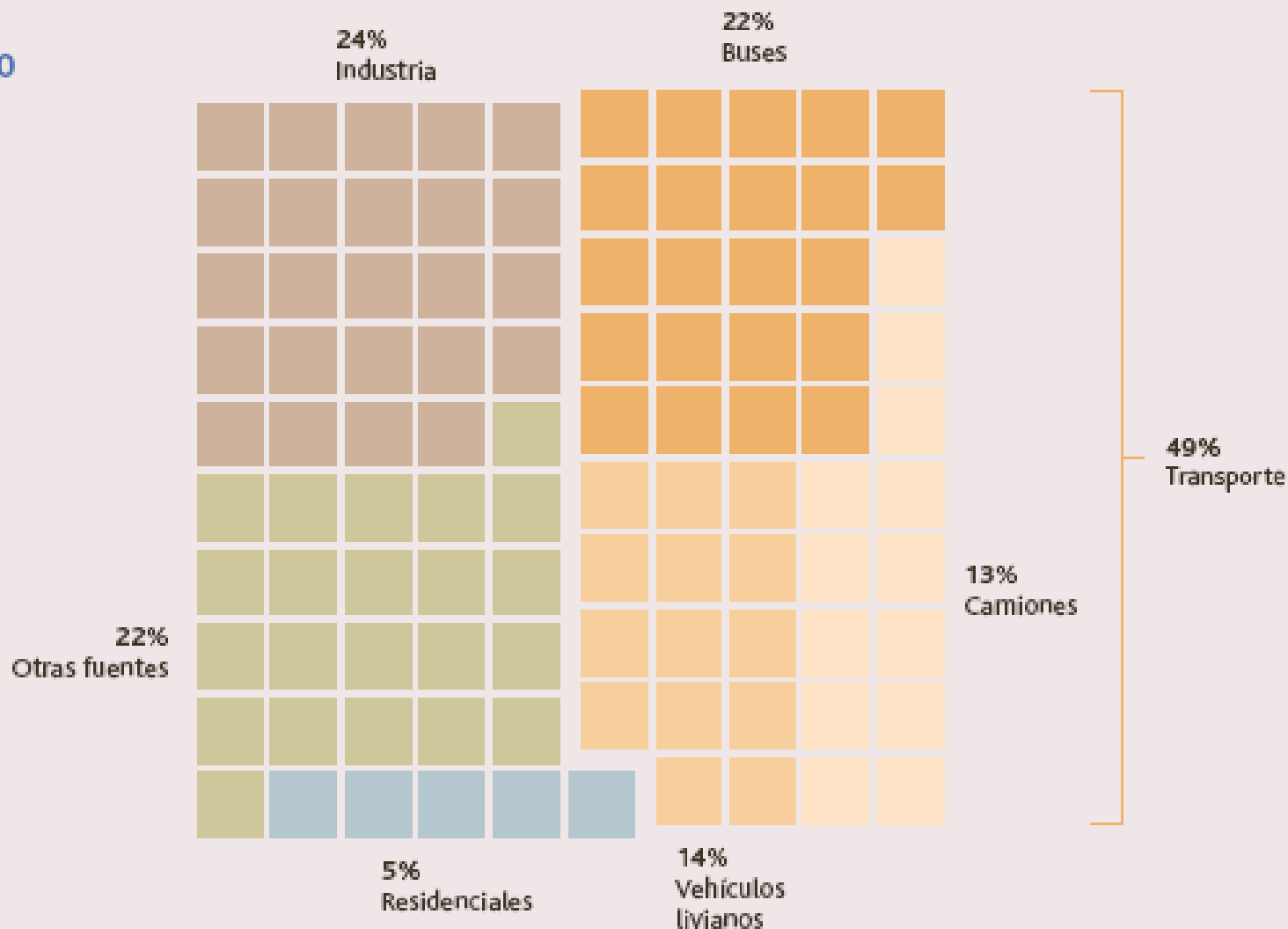


# Responsabilidades

**Figura 30:**  
**Responsabilidad en**  
**concentraciones de MP10**

Incluye el aporte del polvo de generación antropogénica además de la emisión de otras fuentes.

Fuente: Elaboración propia a partir de CENMA-Artaxo (1999).



# Soluciones propuestas

- PPDA actualizado
- Medidas sector transporte
- Medidas combustible

# Actualización PPDA

A contar del 29 de enero del año 2004, mediante el Decreto Supremo 058/03, entró en vigencia la actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA). En quince capítulos y 93 artículos este instrumento de gestión ambiental - que busca reducir las emisiones de sustancias dañinas al aire para así cumplir con las normas de calidad atmosféricas primarias vigentes en Chile- plantea al año 2005 la reducción del 75% de las emisiones de PM10 y el 40% de NOx (ambos respecto de las emisiones base año 1997).

# Principales medidas del PPDA

## Transporte

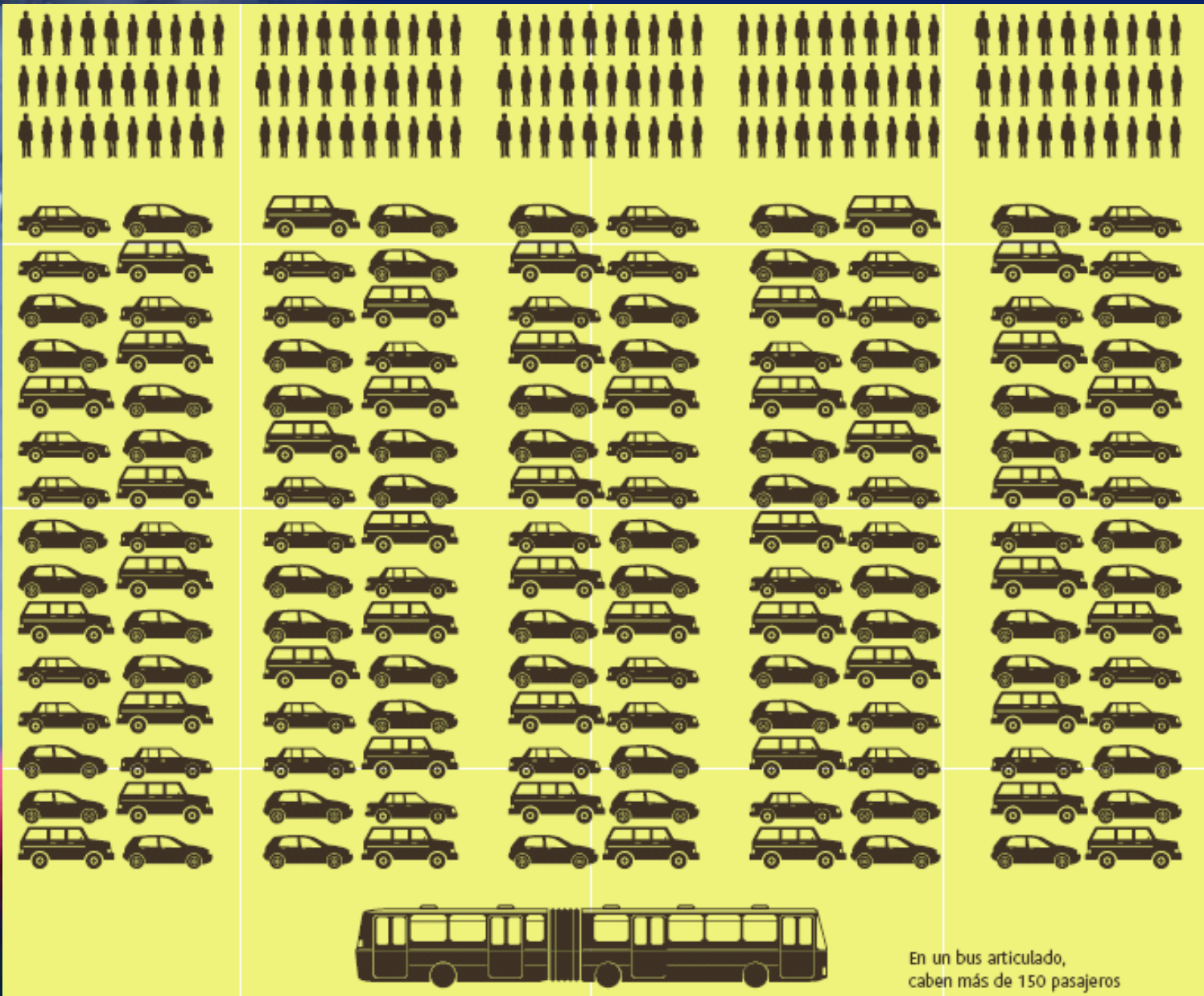
- Renovación de buses
- Retiro de 2700 buses sin sello verde al 2004
- Reducción de emisiones al 2005 ( 75% de MP10 y 40% de NOx)
- Plan de reducción de niveles de opacidad al año 2005, lo cual se traduce en una reducción de al menos un 30% del material particulado
- Incorporación de buses de tecnología limpia (gas, eléctricos e híbridos) y sistemas de control de emisiones para buses diesel en próxima licitación
- Renovación de camiones
- Norma Euro III y EPA98
- Incorporación de sistemas de post tratamiento
- Nuevas normas de ingreso vehículos livianos
- Norma Tier1 y Euro III
- Aumento de exigencias en fiscalización en plantas y en la vía pública

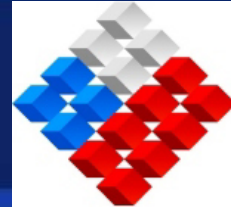
# Principales medidas del PPDA

## Combustibles

- Reducción de la cantidad azufre en el diesel (300ppm a 50ppm en la RM)
- Mejora en la calidad de la gasolina (reducción de contenidos de azufre y benceno, años 2004 y 2005)
- Mejora en la calidad del gas licuado (contenido mínimo de propano 85%, año 2004)
- Regulación en el uso de leña residencial (certificación de equipos)

# Usted descontamina cada vez que prefiere el transporte público





GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE TRANSPORTES  
Y TELECOMUNICACIONES

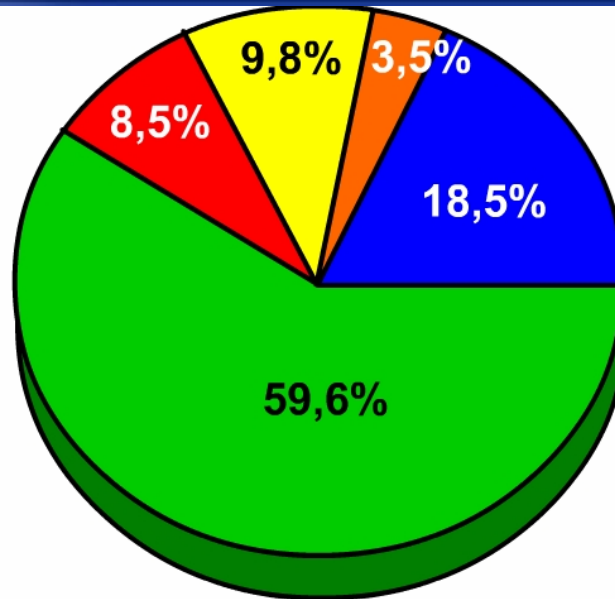
# Nuevo sistema de transporte público para Santiago

[www.transantiago.cl](http://www.transantiago.cl)

# Partición modal de viajes motorizados en día laboral

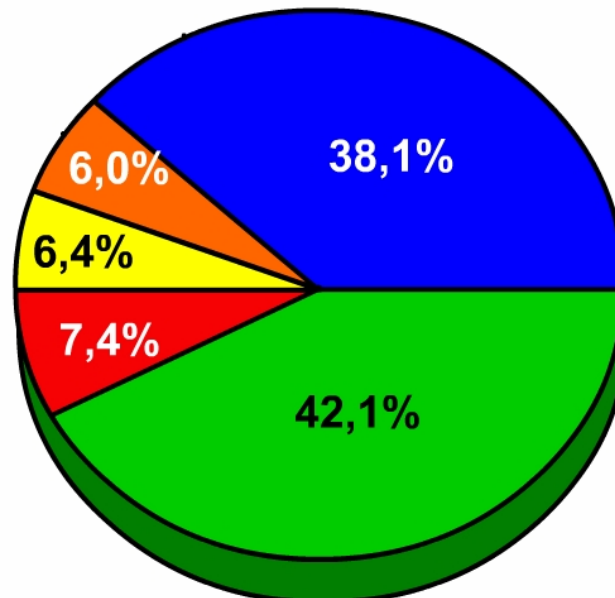
**1991**

**5.996.118**  
viajes diarios



**2001**

**10.147.247**  
viajes diarios



# Objetivos Estratégicos de Transantiago al 2006

## HOY

Sistema:  
desintegrado y competitivo.

Servicios: 297 agrupados  
en 127 empresas y 3000  
microempresarios.

Flota: 7.659 buses urbanos  
licitados.

Recorrido promedio:  
62 kms.

Remuneración operadores:  
por pasajero transportado.

Sueldo conductor:  
por pasajero transportado.

Importante capacidad  
subutilizada.

## 2005

Sistema:  
integrado y complementario.

Servicios: 15 a 20 empresas  
(con 200 a 700 buses c/u).

Flota: 6.147 buses.

El promedio de los recorridos será  
de 25 km (Alimentadores:  
18,6 Km, Troncales: 36 Km).

Remuneración:

- En Metro y Red Troncal: por oferta  
provista (bus-kilómetro).
- En Alimentadores: por pasajero  
transportado con exclusividad  
dentro del área.

Sueldo conductor: fijo.

No más buses vacíos.

# Modernización del Transporte Público al 2010



**Mayor red  
de metro**



**Estaciones de  
intercambio modal**



**transantiago**  
**2005 - 2010**



**Estaciones de  
transbordo**

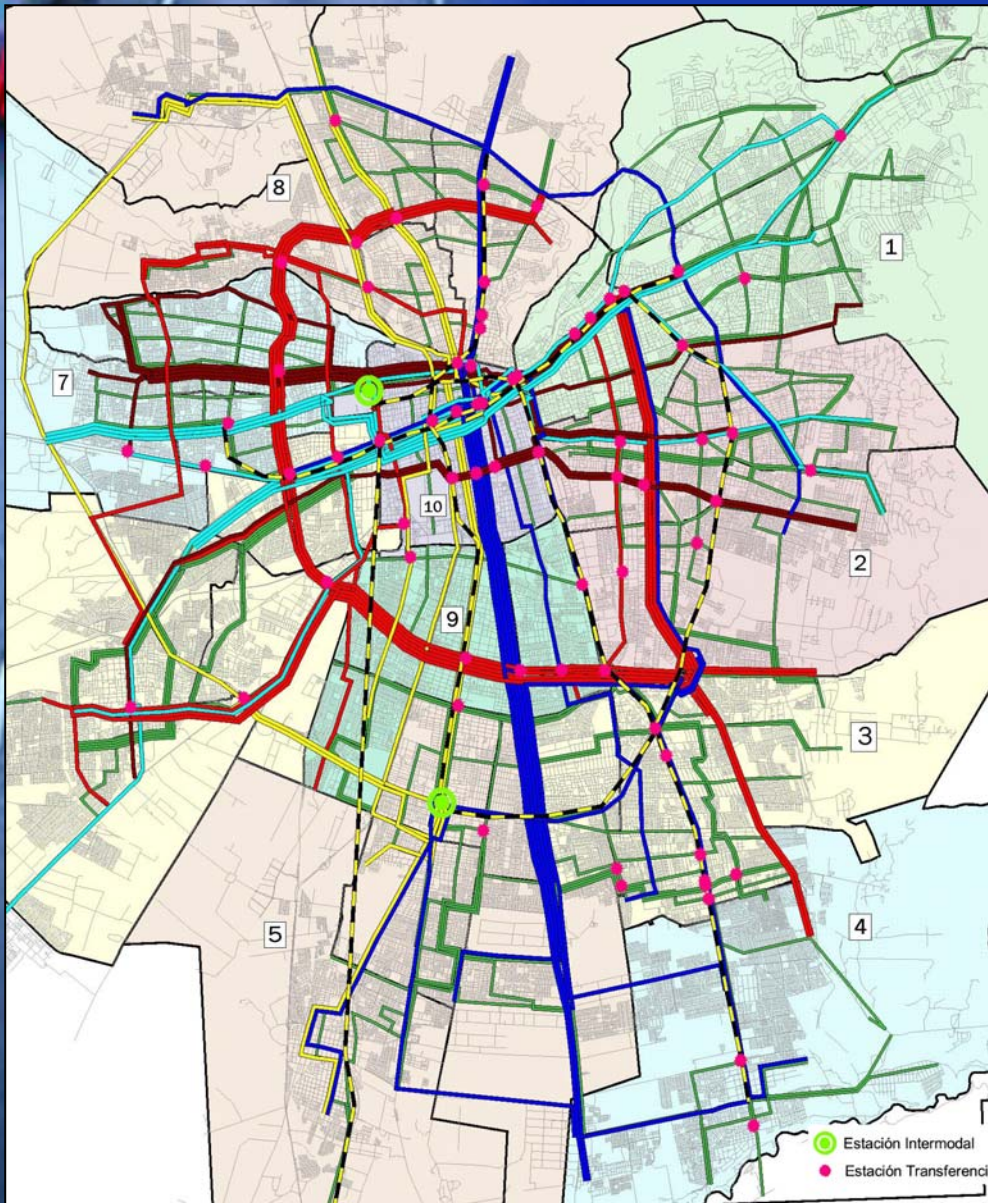


**Mejoramiento y mantención  
de la vialidad**



**Renovación total de  
la flota de buses**

# Integración de servicios de transporte



Red de metro

Unidades troncales

Servicios locales

# Expansión Red Metro y Estaciones de Intercambio

**Vespucio Norte**  
(Vespucio/Recoleta)

**Pajaritos**  
(Alameda/Pajaritos)

**Quinta Normal**  
(Matucana/Catedral)

**La Cisterna**  
(Vespucio/Gran Avenida)



**ACTUAL RED DE METRO**

**3 LÍNEAS, 40 KM**

**EXTENSIONES L2 Y L5**

**7 KM**

**US\$ 440 MILLONES**

**NUEVA EXTENSION L2**

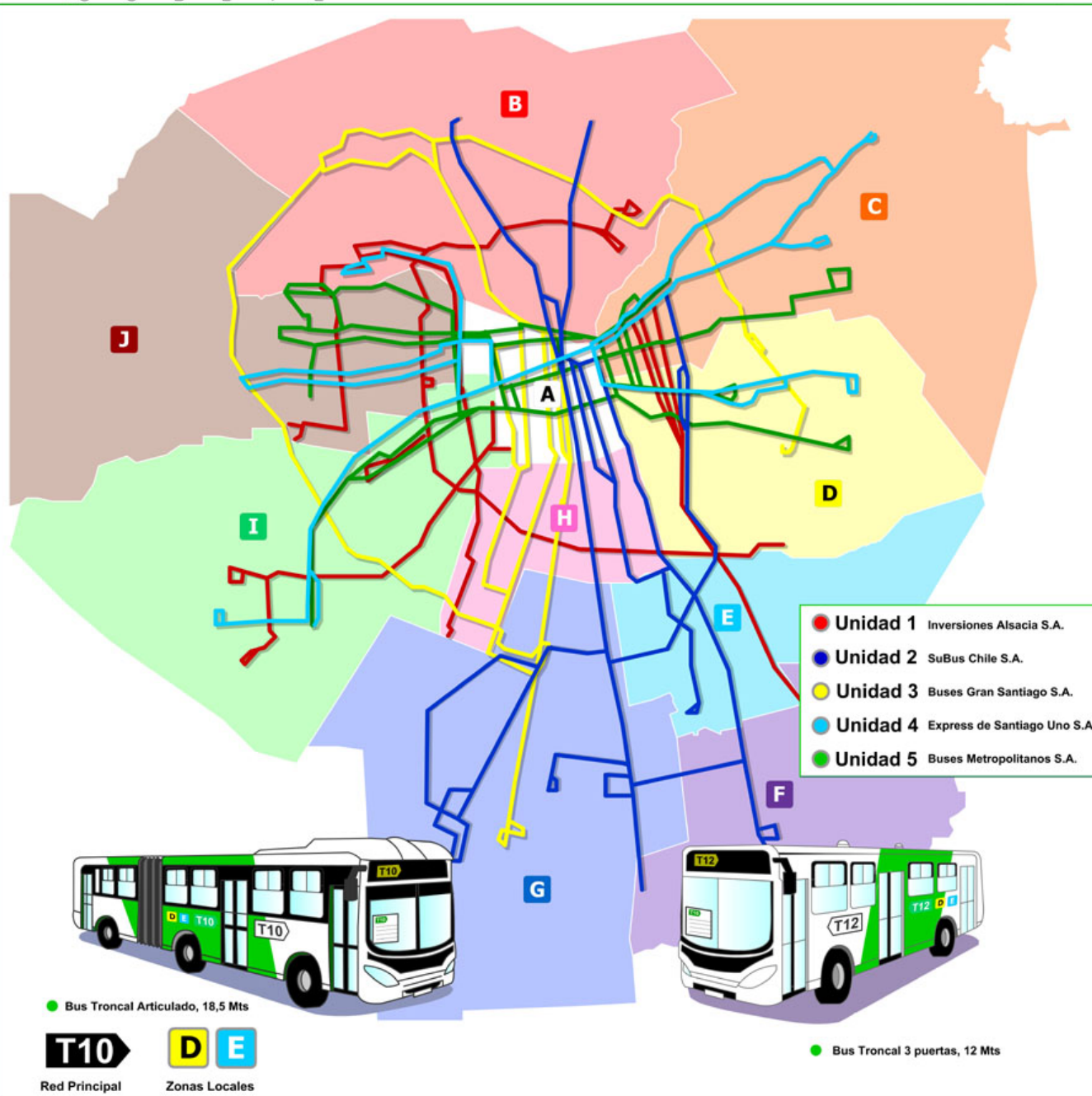
**4,3 KM**

**US\$ 200 MILLONES**

**NUEVA LÍNEA 4 (2005)**

**33 KM**

**US\$ 1.007 MILLONES**



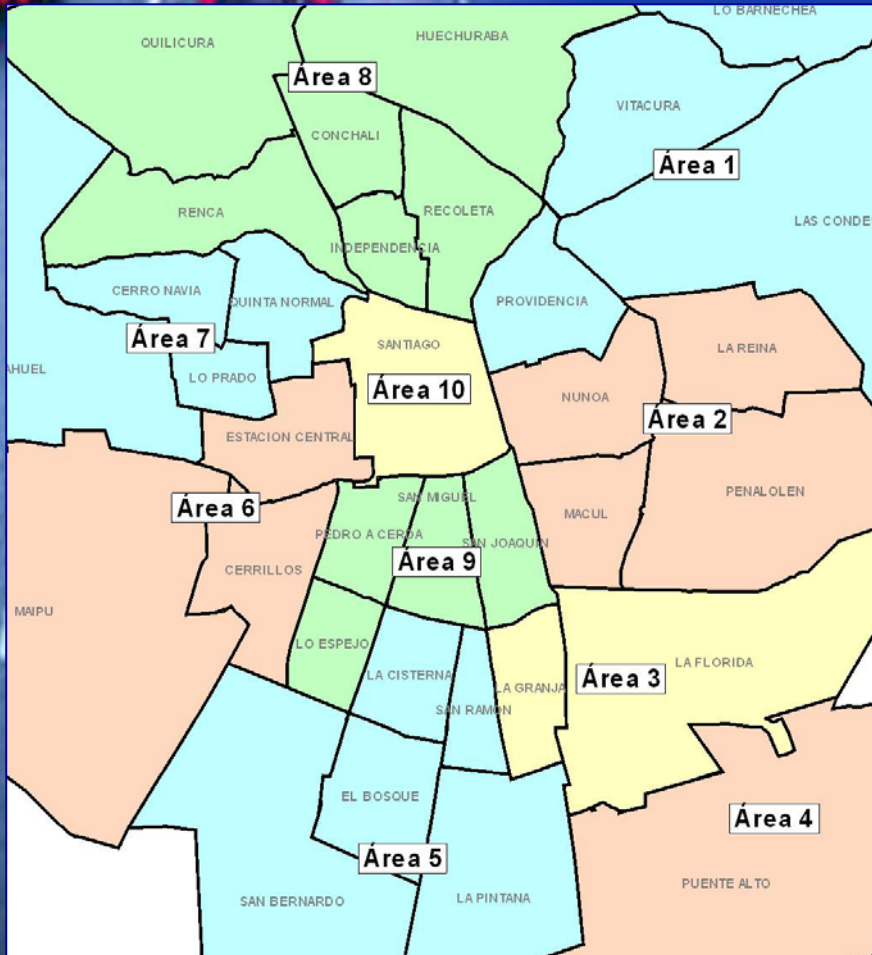
2005:  
20% de los buses  
son nuevos

2006–2010:  
se renovará  
paulatinamente la  
flota, con el fin de  
reemplazar el parque  
completo para el  
Bicentenario de la  
República

Troncales 2 y 4  
tienen buses nuevos,  
rígidos y articulados

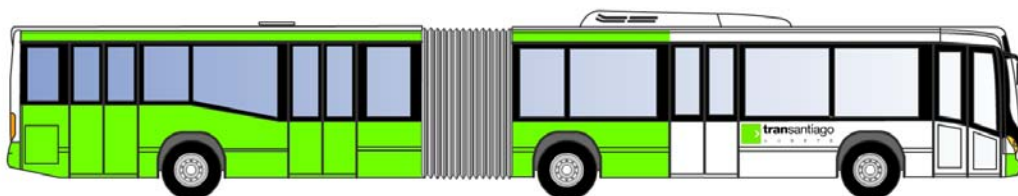
Troncales 1, 3 y 5  
tienen buses  
antiguos, al igual que  
los servicios  
alimentadores

# Áreas de Servicios Locales y de Alimentación



Áreas Alimentadoras	
Area 1	318
Area 2	182
Area 3	402
Area 4	191
Area 5	329
Area 6	300
Area 7	133
Area 8	194
Area 9	111
Area 10	35
Total Alimentadoras	2195

# Resumen de flota



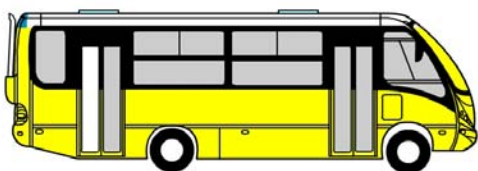
18.5 metros  
(160 pasajeros)



15 metros  
(140 pasajeros)



12 metros  
(80 pasajeros)



8 metros  
(40 pasajeros)

## Buses nuevos

### Troncales

Articulados	757
Buses 15 m	303
Buses 12 m	210
Área alimentadora 10	40
<b>Total nuevos</b>	<b>1310</b>

## Buses actuales

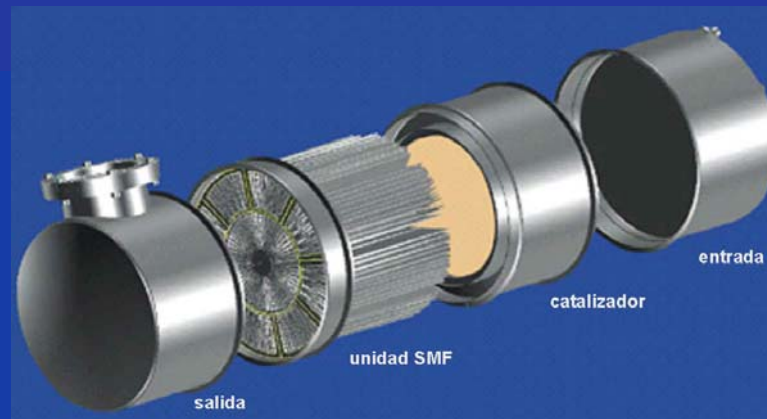
Troncales 1, 3 y 5	2456
Troncal Transitoria 6	900
Alimentadoras 1 a 9	2608
<b>Total actuales</b>	<b>5424</b>
<b>Total vehículos</b>	<b>7234</b>

# Ejemplos

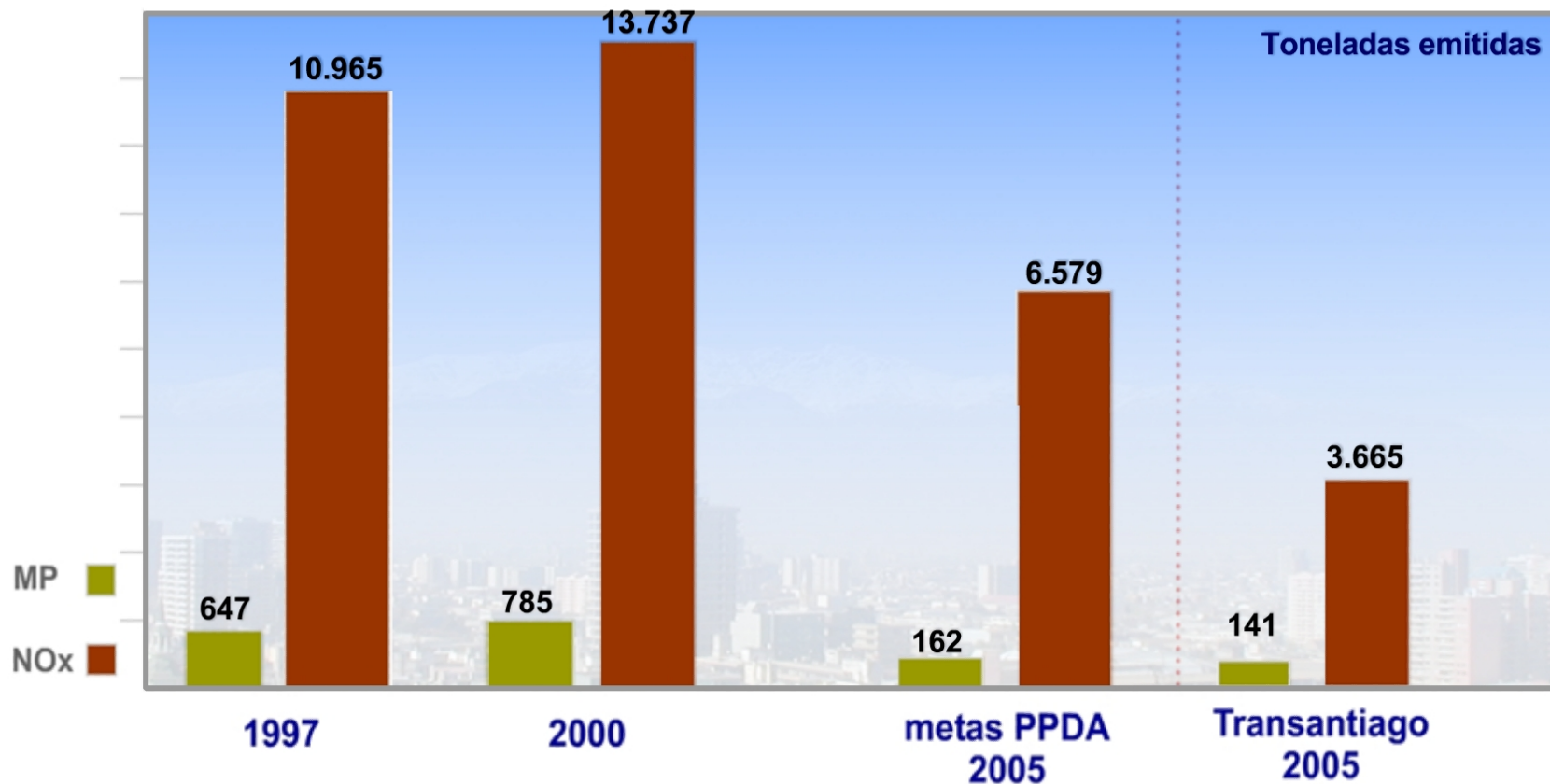


# Buses

- En Transantiago, alrededor del 20% de los buses que se utilizan son nuevos.
- Desde ahora y hasta 2010 se renovará paulatinamente la flota con el fin de reemplazar el parque completo para el Bicentenario de la República.
- Según la legalidad vigente, los motores de todos los buses nuevos cumplen con las normas de emisión equivalentes a Euro III o EPA 98.
- El gobierno está impulsando la instalación de sistemas combinados para gases y partículas (catalíticos de oxidación y trampas de partículas) para todos los buses de Transantiago.



## Metas de Emisiones



Según estimaciones de Transantiago, la sola reestructuración del transporte público permite cumplir las metas del PPDA respecto de las emisiones de 1997.

¡Muchas gracias por su atención!

