



**SD-CAT. "Plan de mejora de la calidad del aire de la
Región Metropolitana de Barcelona". Organizada por
el Departamento de Medio Ambiente y Vivienda.
Generalitat de Catalunya**

CARACTERIZACIÓN DE LAS PARTÍCULAS Y ESTIMACIÓN DE SU ORIGEN (+ NO₂)

Xavier Querol

Profesor de investigación.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera

Caracterización de las partículas y estimación de su origen (+ NO₂)



Presentación del Plan de Mejora de la Calidad del Aire de la Región Metropolitana de Barcelona



Querol X.¹, Alastuey A.¹, Moreno T.¹, Viana M.¹, Amato F.¹, Targa J.², Cots N.³, Gómez R.³, Hernández I.³, Pérez E.³, Pérez N.¹, Pey J.¹, Pandolfi M.¹, Cusack M.¹, Reche C.¹, Moreno N.¹
Gracia J.⁴, Rico M.⁴



¹Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios sobre Agua, IDAEA CSIC, Barcelona

²AEA Energy & Environment, Oxford, Reino Unido

³Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya

⁴Ajuntament de Barcelona



Xavier.querol@ija.csic.es

CONAMA, 4 de diciembre de 2008, SD-CAT

Ajuntament de Barcelona

CONTENIDO



EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR PM Y NO₂ EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge

COMPARACIÓN CON OTRAS ZONAS DE ESPAÑA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

- Contaminación en áreas urbanas: NO₂ y PM₁₀
- PM₁₀, PM_{2.5} & PM₁, en Barcelona y comparación PM con otras zonas de España
- Las fuentes de PM
- El problema de la resuspensión
- NO₂
- Conclusiones

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS: VALORES LÍMITE Y OBJETIVO



RD 1073/2002, 18 Oct 2002, BOE 260, 30 Oct 2002
y 2008/50/EC del 11/06/2008

293 °K , 101,3 kPa

excepto PM y metales, Cond. Amb.

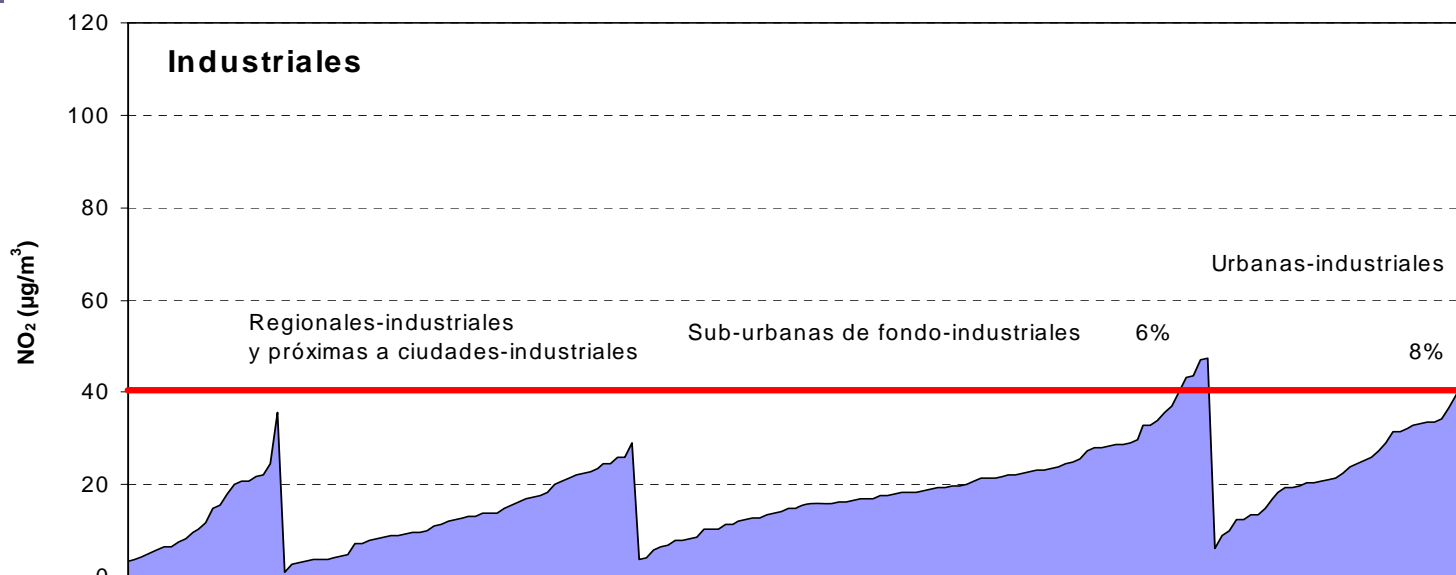
Horario	350 µg/m ³ SO ₂	24 ocasiones por año
Diario	125 µg/m ³ SO ₂	3 ocasiones por año
Anual prot. ecos.	20 µg/m ³ SO ₂	no superar ni anual ni media 1 Oct-31 Mar
Horario	200 µg/m ³ NO ₂	18 ocasiones por año
Anual	40 µg/m ³ NO ₂	no superar
Anual prot. vegetación	30 µg/m ³ NO _x	(expresado como NO ₂) no superar
Anual	5 µg/m ³ Benceno	no superar
Media 8-h máx. en un día	10 mg/m ³ CO	no superar
Anual	500 ng/m ³ Pb	no superar
Anual	40 µg/m ³ PM ₁₀	no superar
Diario	50 µg/m ³ PM ₁₀	n<35 por año
Anual	25 µg/m ³ PM _{2.5}	no superar límite 2015
Anual	20 µg/m ³ PM _{2.5}	no superar límite 2020
Indicador exposición PM _{2.5} 2008-2010 a 2018-2020	reducir 20% PM _{2.5} trienal en estaciones de fondo urbano	
Anual	25 µg/m ³ PM _{2.5}	no superar obligación 2010
Anual	20 µg/m ³ PM _{2.5}	no superar obligación 2015

RD 8012/2007 del 22 de Junio de 2007, BOE, 23 Junio 2007

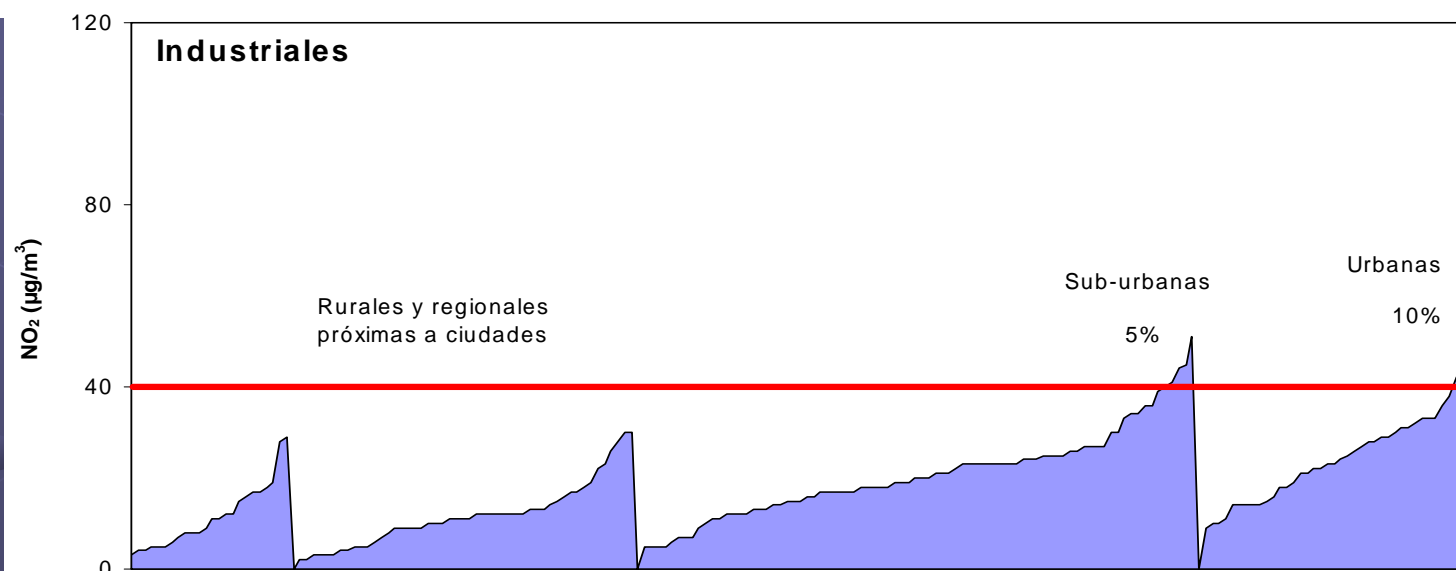
Anual	6 ng/m ³ As	no superar
Anual	20 ng/m ³ Ni	no superar
Anual	5 ng/m ³ Cd	no superar
Anual	1 ng/m ³ Benzo[α]pireno	no superar

Parámetros críticos (incumplimiento)

NO₂ ESPAÑA 2006-2007



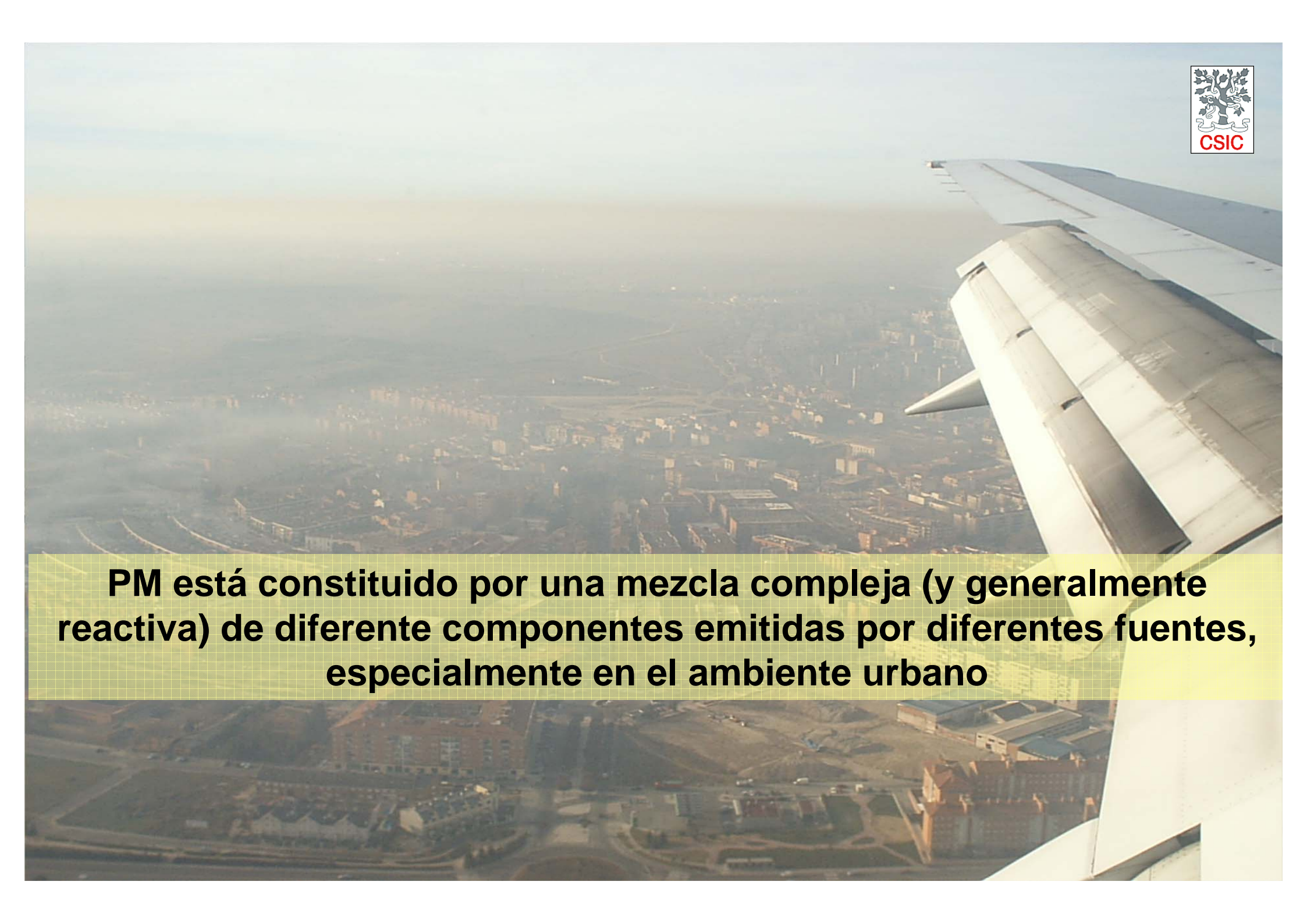
191 estaciones de vigilancia y control calidad del aire (España 2006, 4% superan VLA)



197 estaciones de vigilancia y control calidad del aire (España 2007), 4% superan el VLA

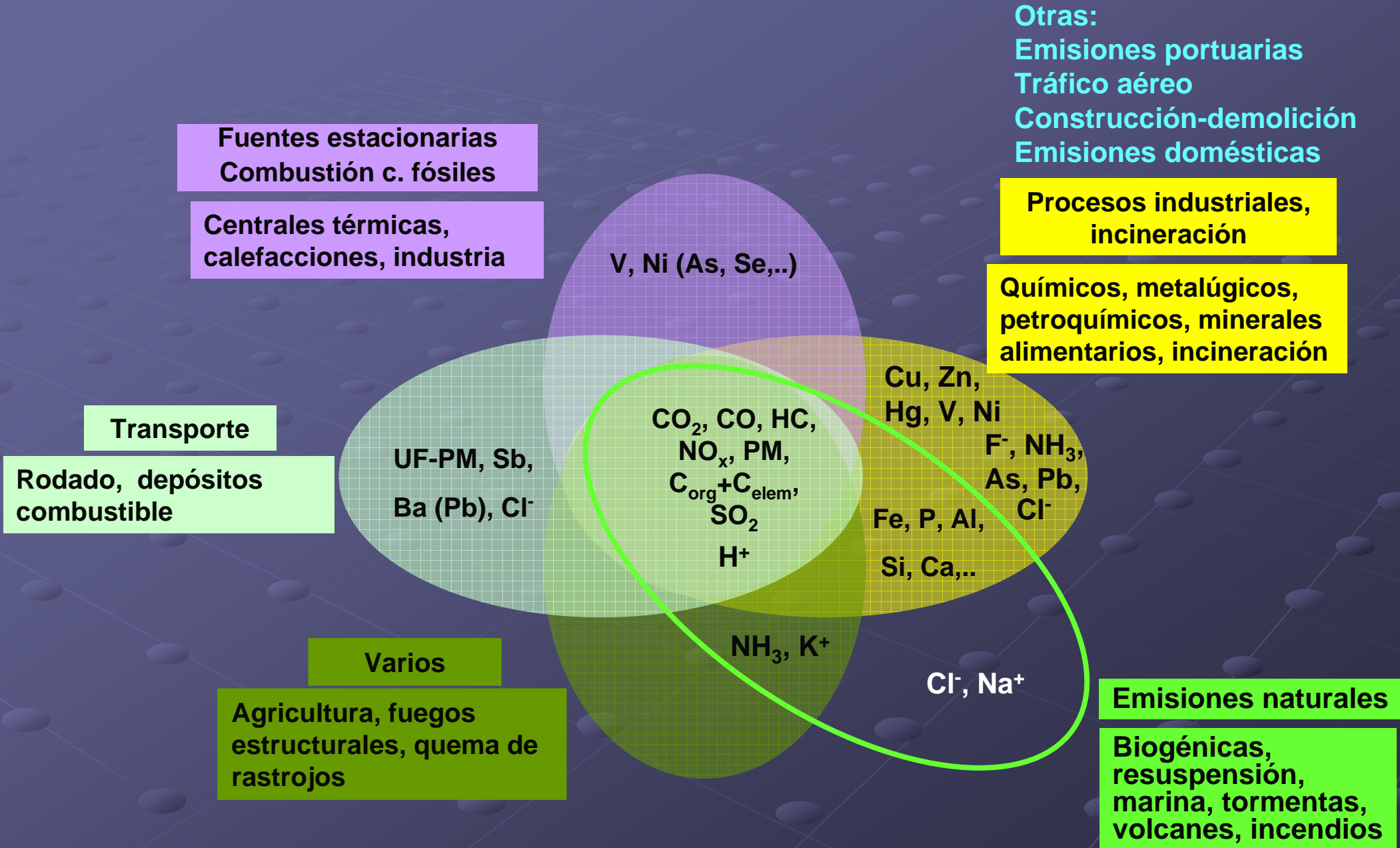
Fuente:



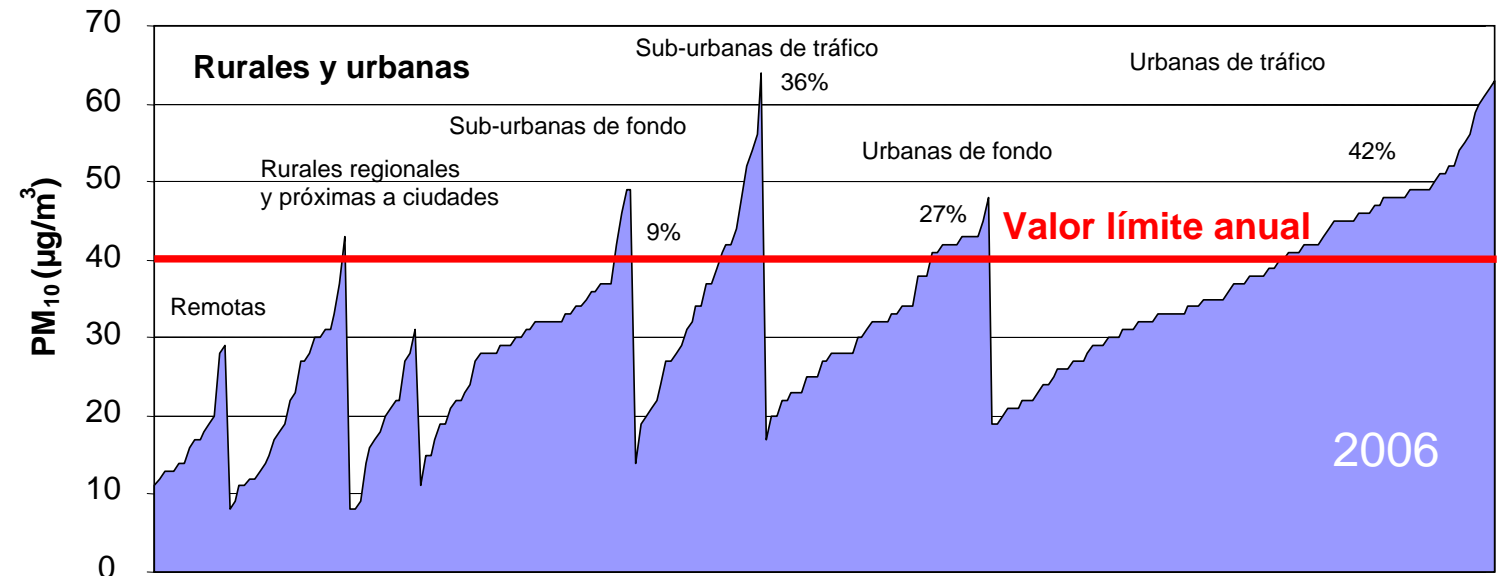
The background of the slide is an aerial photograph taken from the perspective of someone looking out of an airplane window. The right side of the frame is dominated by the white wing and engine nacelle of the aircraft. Below, a vast urban landscape is visible, characterized by a dense grid of buildings and streets. The city is shrouded in a thick, hazy layer of smog or air pollution, which obscures the details of the buildings and the horizon. The sky above is a pale, overcast blue.

PM está constituido por una mezcla compleja (y generalmente reactiva) de diferentes componentes emitidas por diferentes fuentes, especialmente en el ambiente urbano

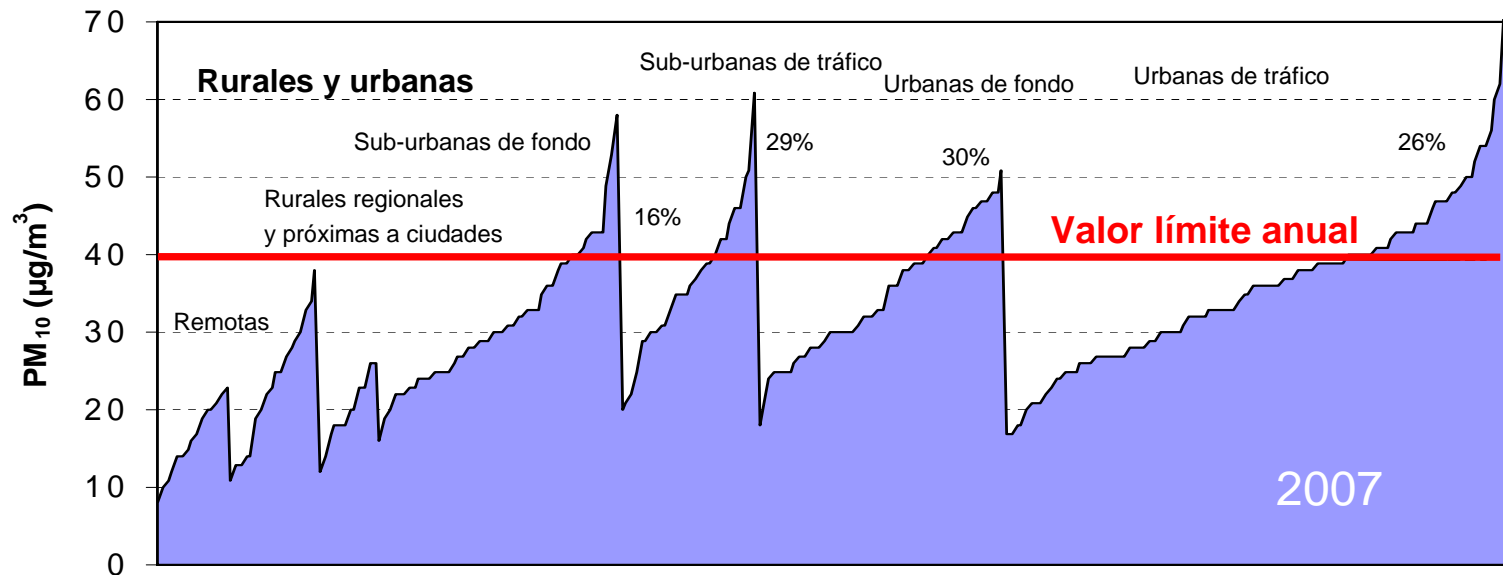
FUENTES DE EMISIÓN



PM₁₀ ESPAÑA 2006-2007



268 estaciones de vigilancia y control calidad del aire (España 2006), 25% superan VLA



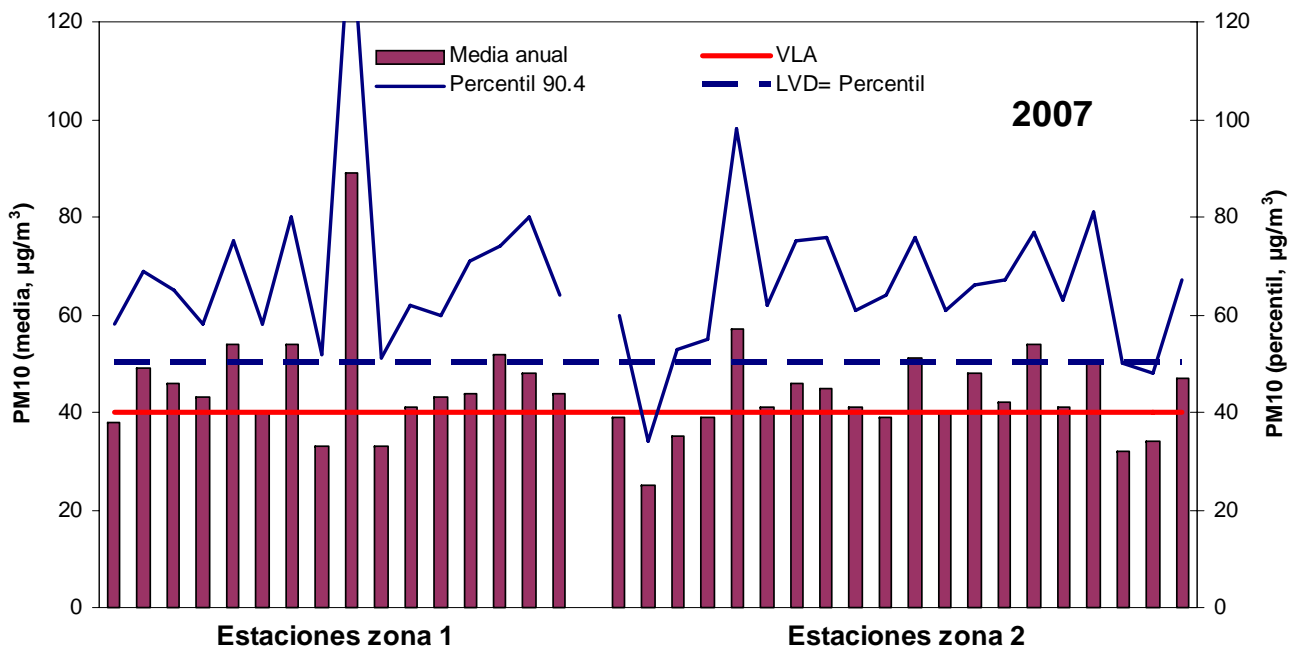
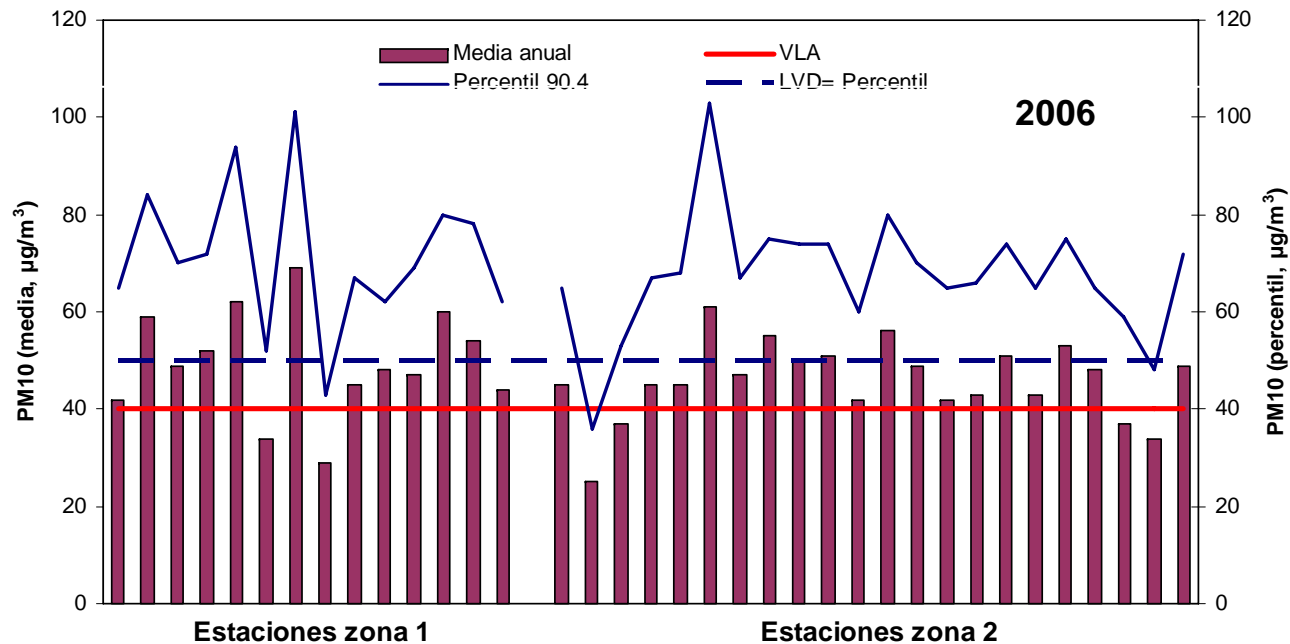
274 estaciones de vigilancia y control calidad del aire (España 2007), 13% superan VLA

Fuente:

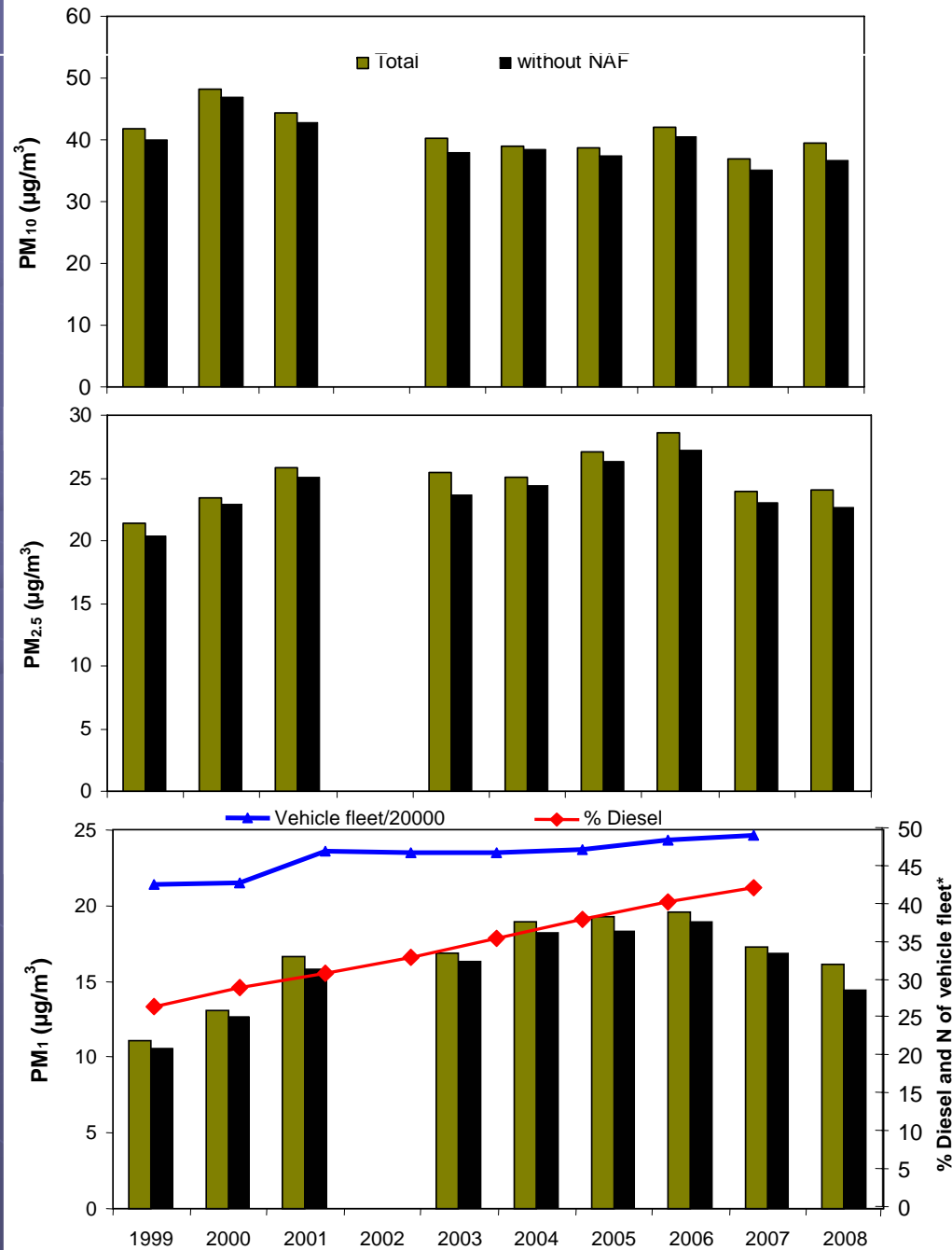


NIVELES PM₁₀ EN ZONA 1 Y ZONA 2 CALIDAD AIRE


 Generalitat de Catalunya
 Departament de Medi Ambient
 i Habitatge

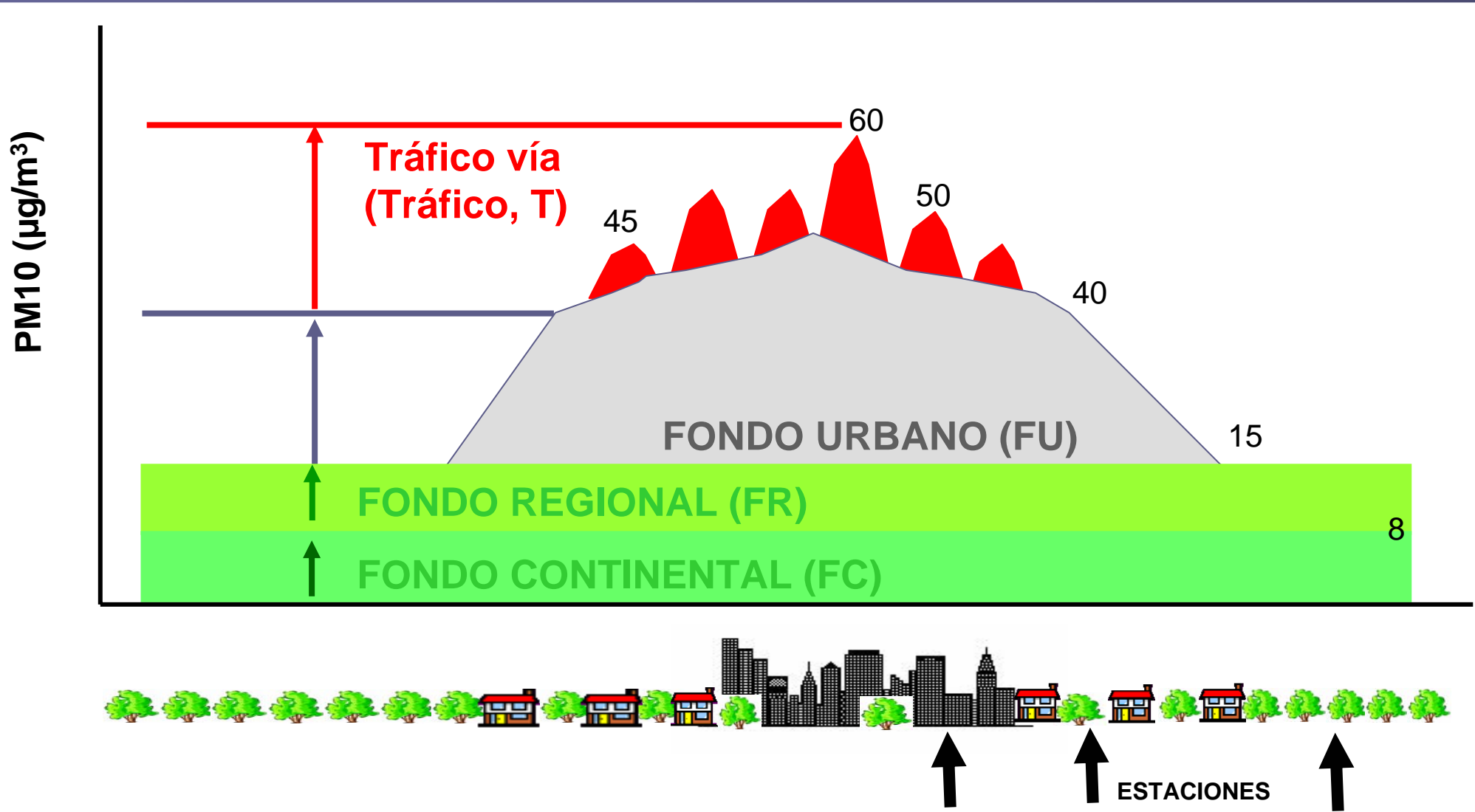


PM₁₀, PM_{2.5} Y PM₁ EN BARCELONA-CSIC 1999-2008

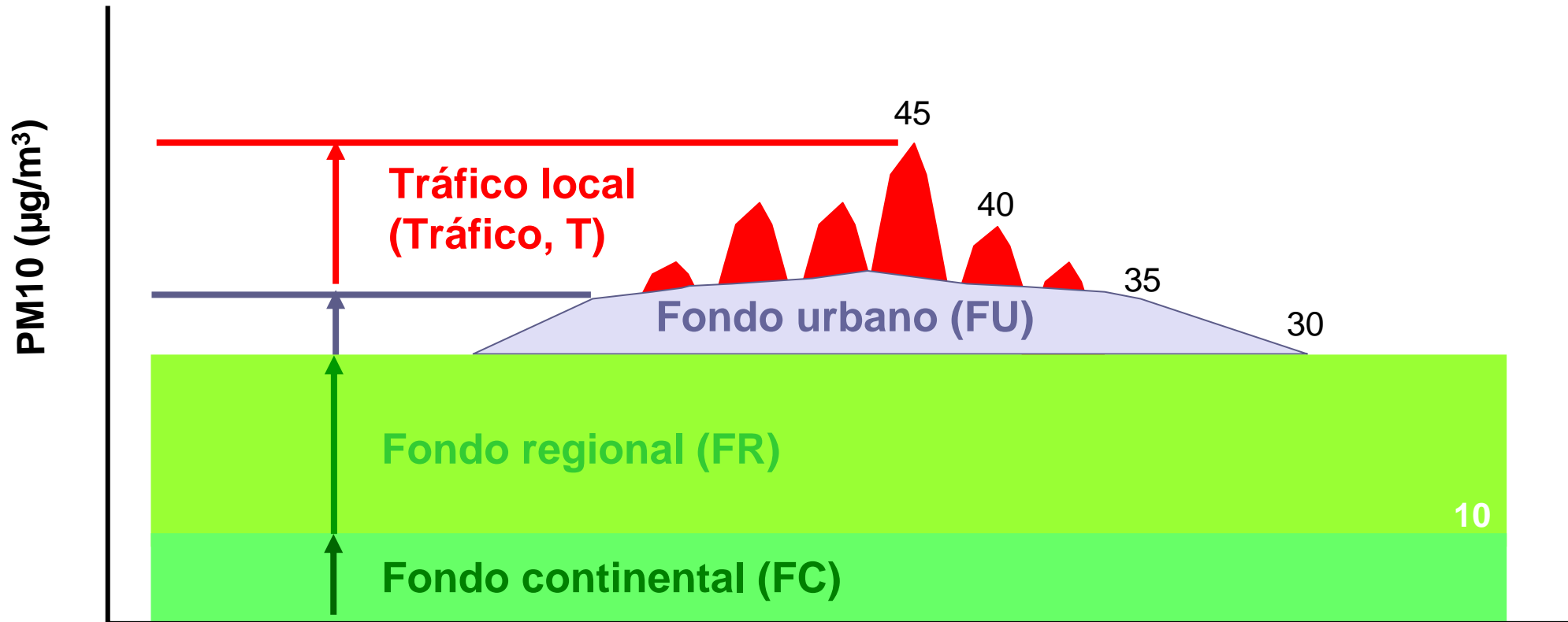


EN 7 AÑOS LOS NIVELES DE PM₁ HAN INCREMENTADO X 1.6

A SPANISH CITY (BARCELONA)

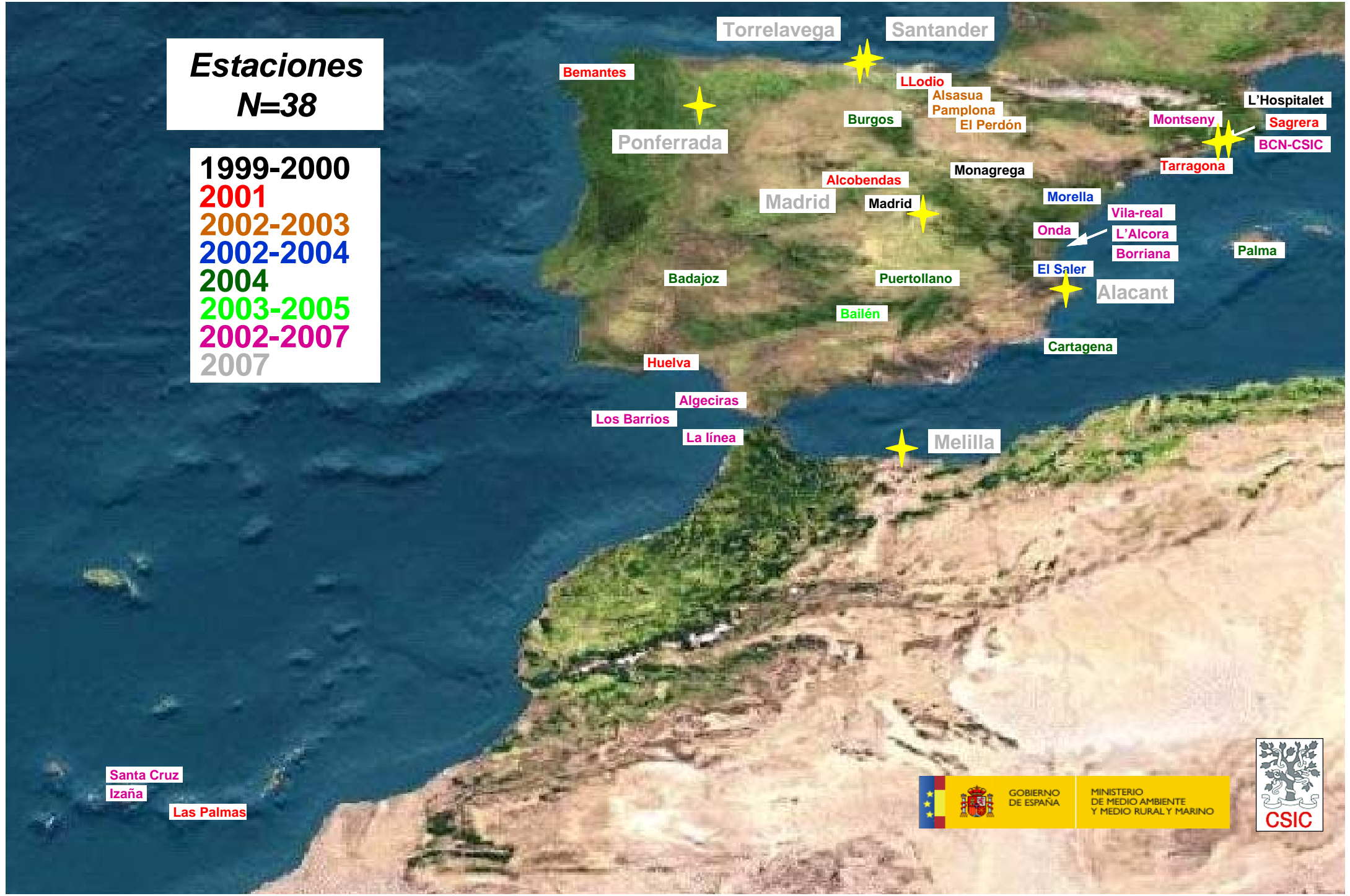


CENTRAL EUROPEAN CITY: AMSTERDAM



Estaciones N=38

1999-2000
2001
2002-2003
2002-2004
2004
2003-2005
2002-2007
2007



NaNO_3

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

NH_4NO_3

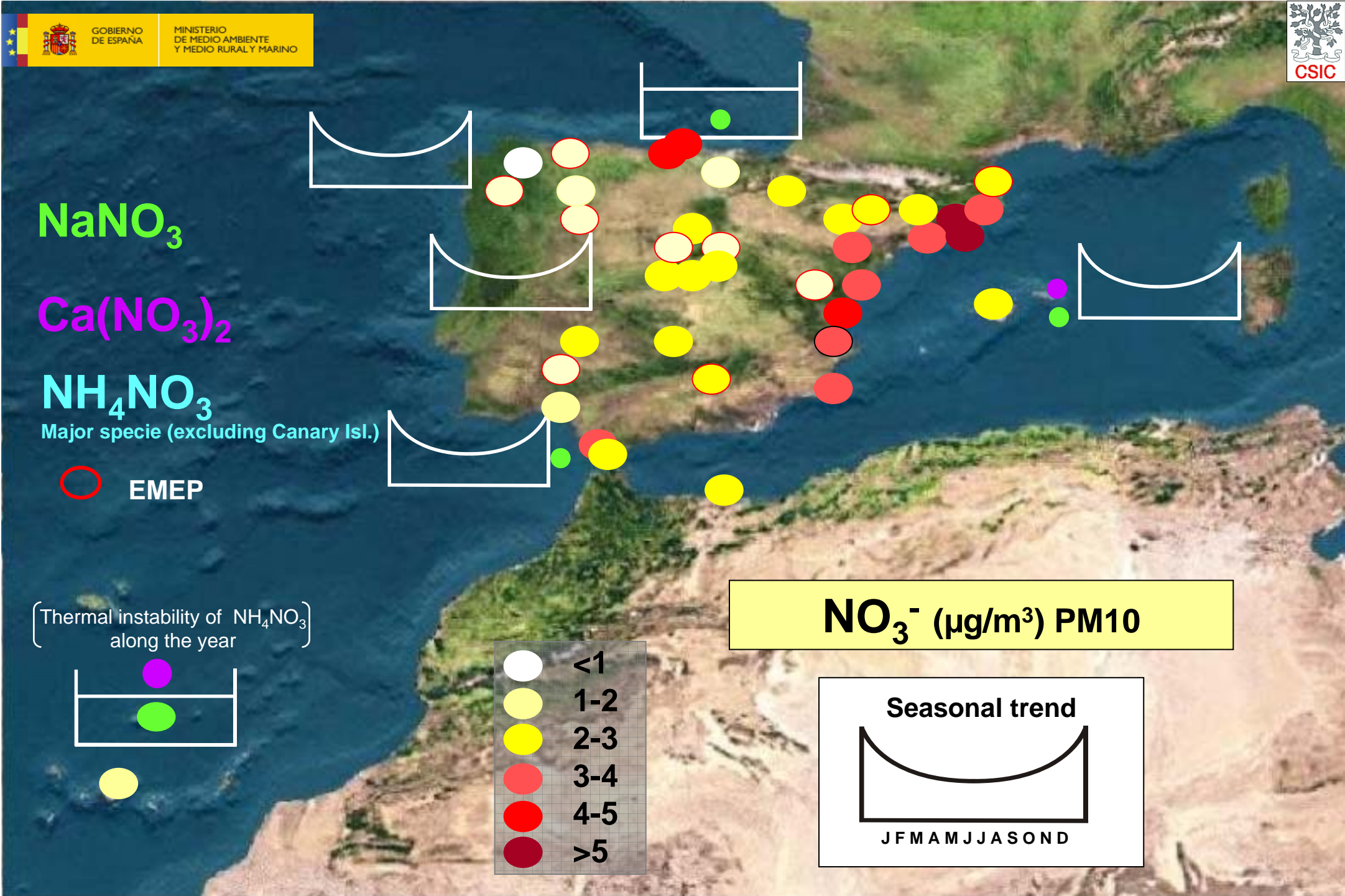
Major specie (excluding Canary Isl.)

 EMEP

(Thermal instability of NH_4NO_3 along the year)



NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM10



$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Major specie

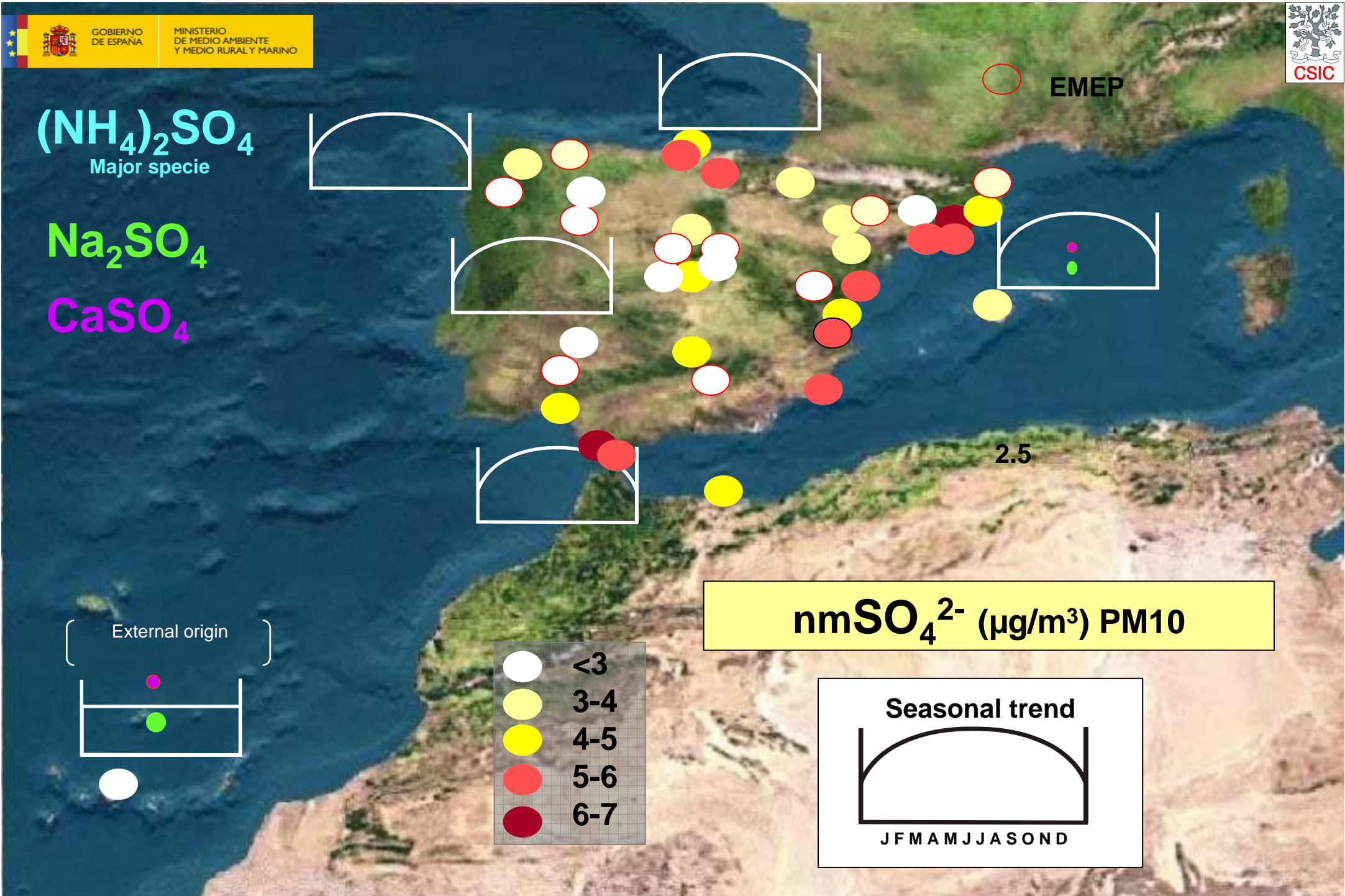
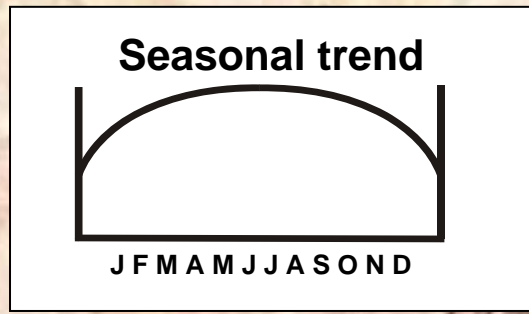
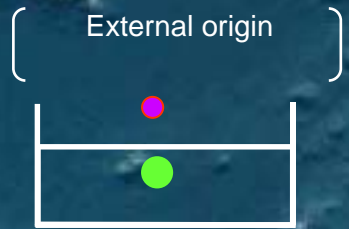
Na_2SO_4

CaSO_4

EMEP

2.5

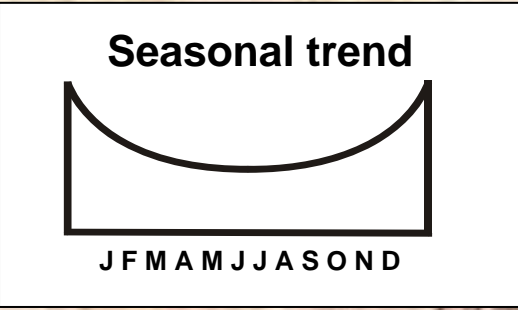
nmSO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM10





Maximal dispersion, Trade winds

OM+EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM10





Low re-suspension



Influence from Traffic



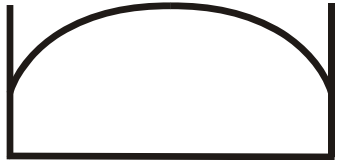
Influence from Traffic

African contribution

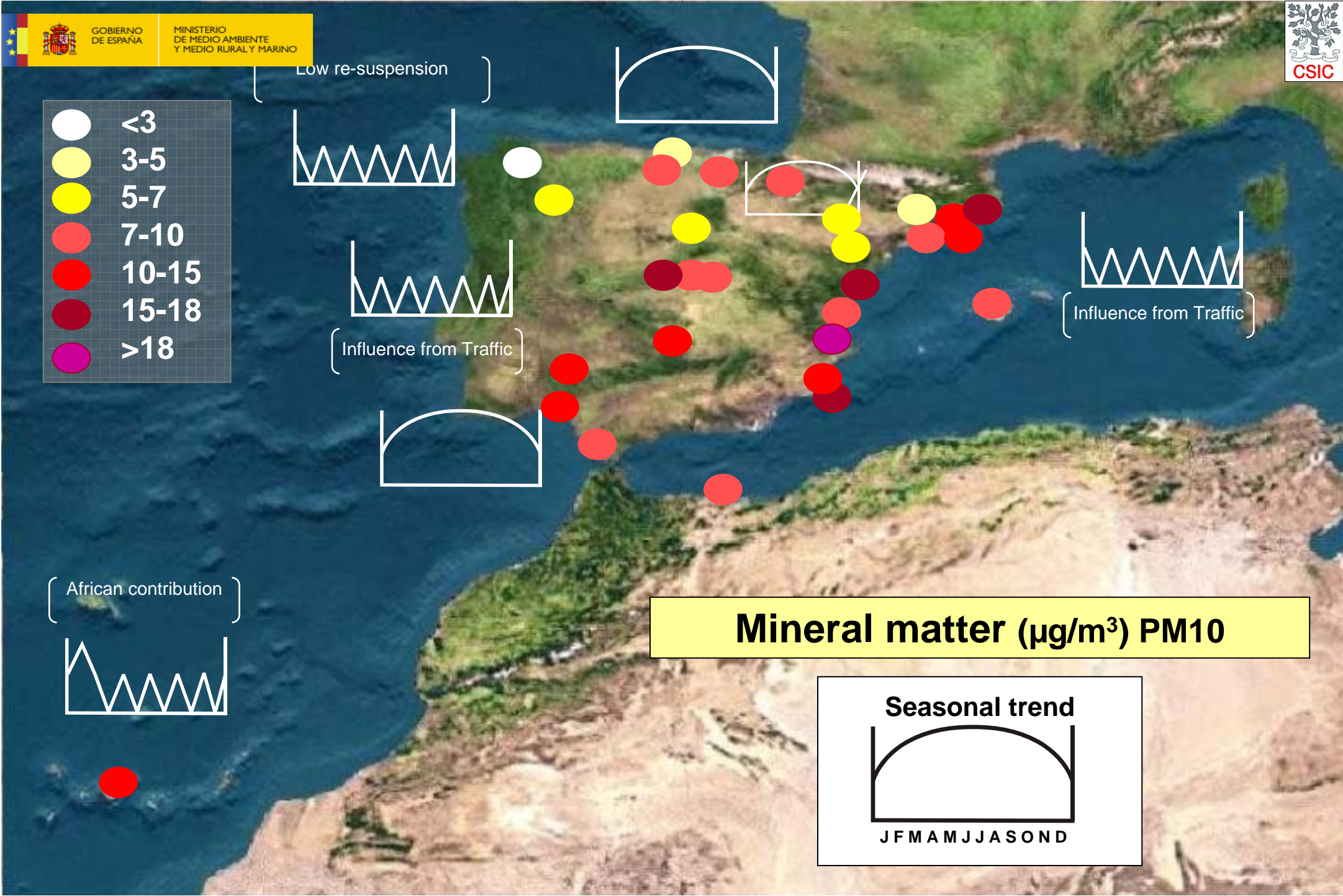


Mineral matter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM10

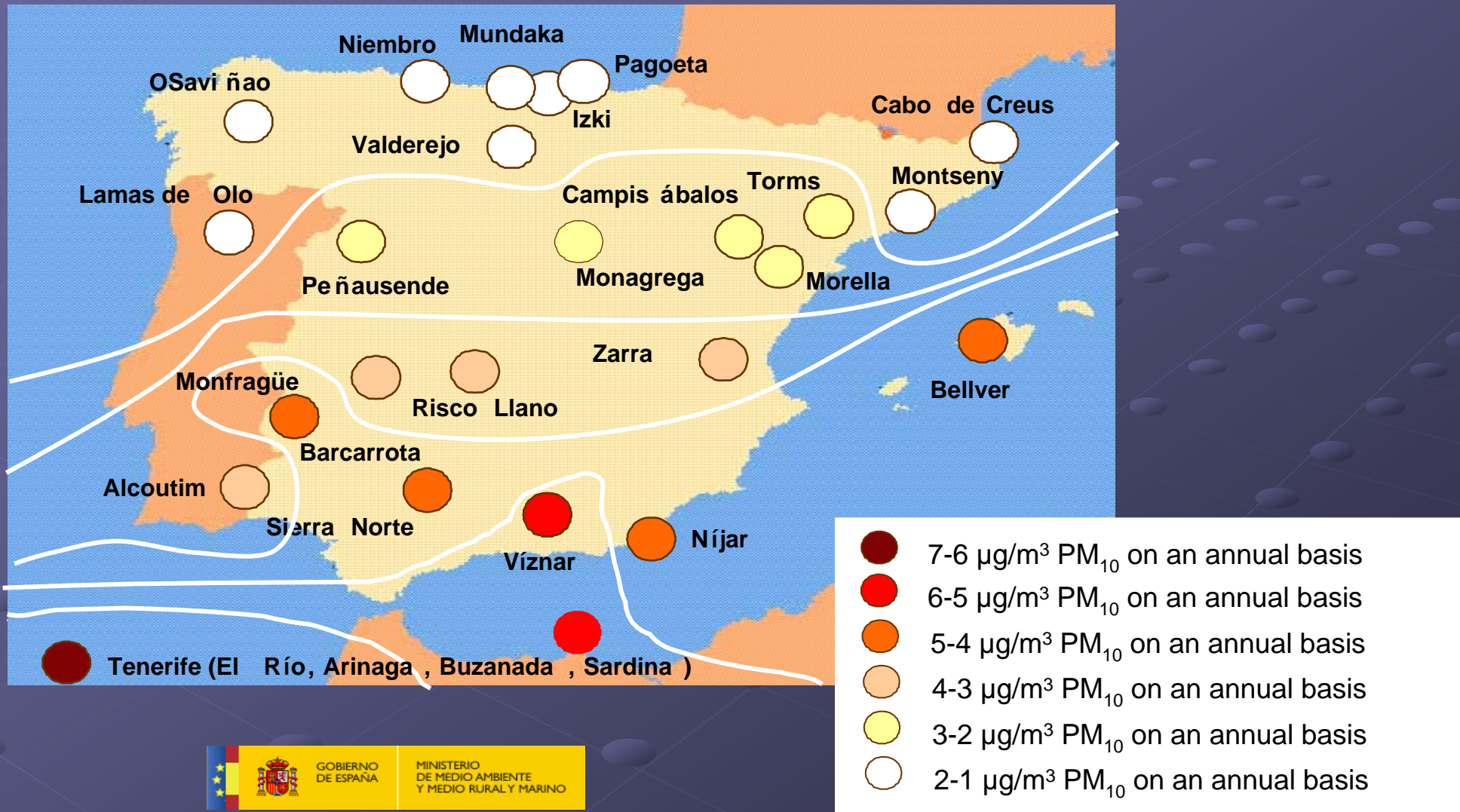
Seasonal trend



J F M A M J J A S O N D

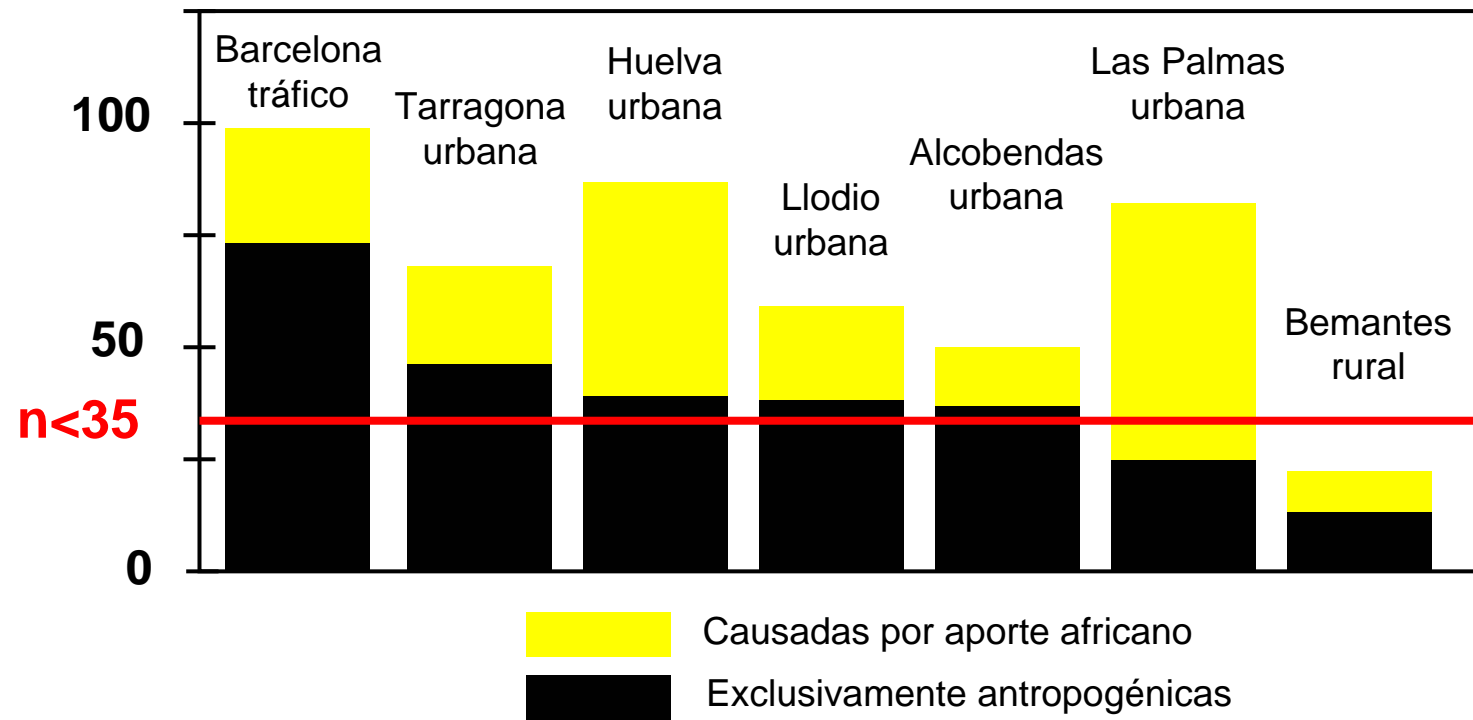


AFRICAN DUST CONTRIBUTIONS: ANNUAL PM₁₀ LEVELS



AFRICAN DUST CONTRIBUTIONS: DAILY PM₁₀ LEVELS

Número superaciones VLD 50 µgPM₁₀/m³ en zonas urbanas



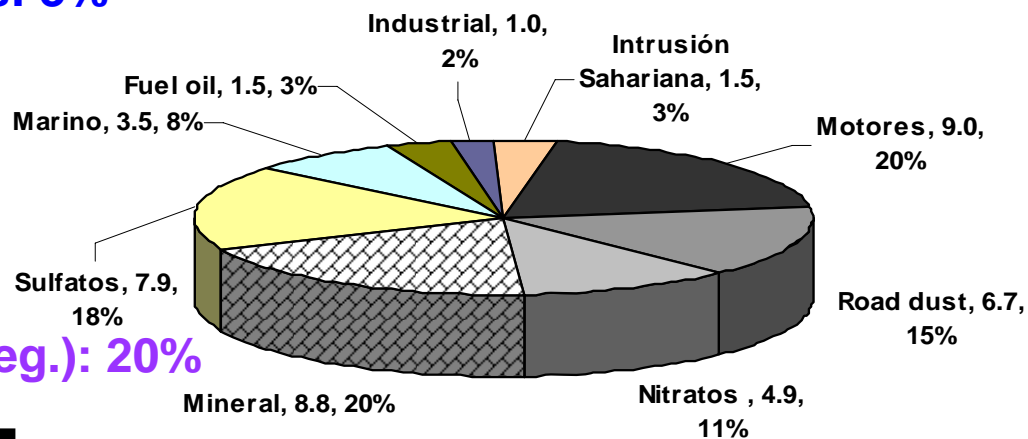
FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN FONDO URBANO



Max. Buques: 3%

PM₁₀

Tráfico: 43%



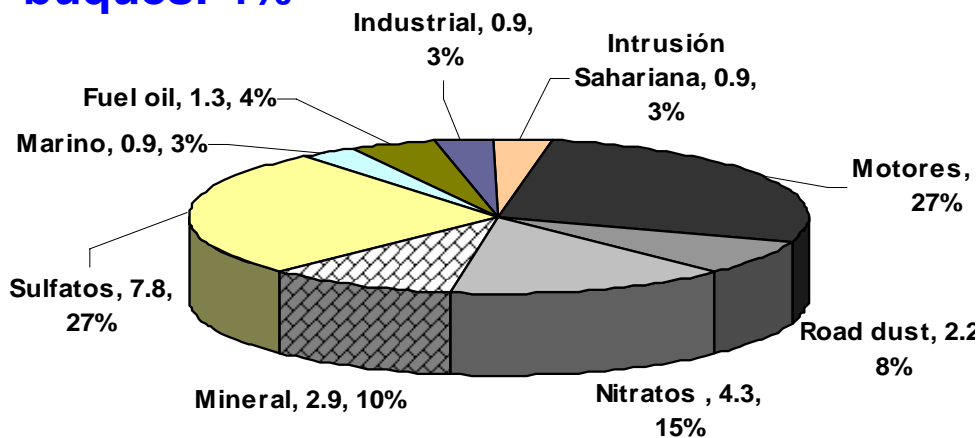
Fuente: Tesis doctoral F. Amato CSIC-IJA

Obras y parques (reg.): 20%

Max. buques: 4%

PM_{2.5}

Tráfico: 46%

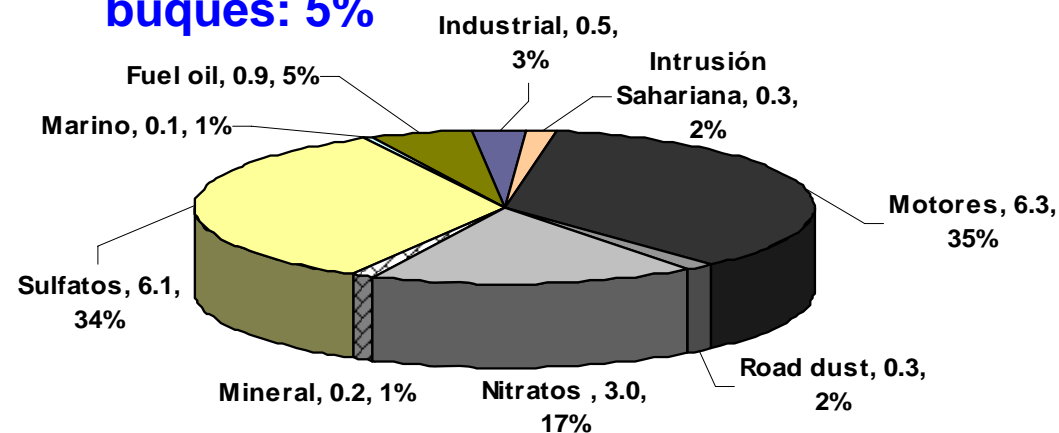


Obras y parques (reg.): 10%

Max. buques: 5%

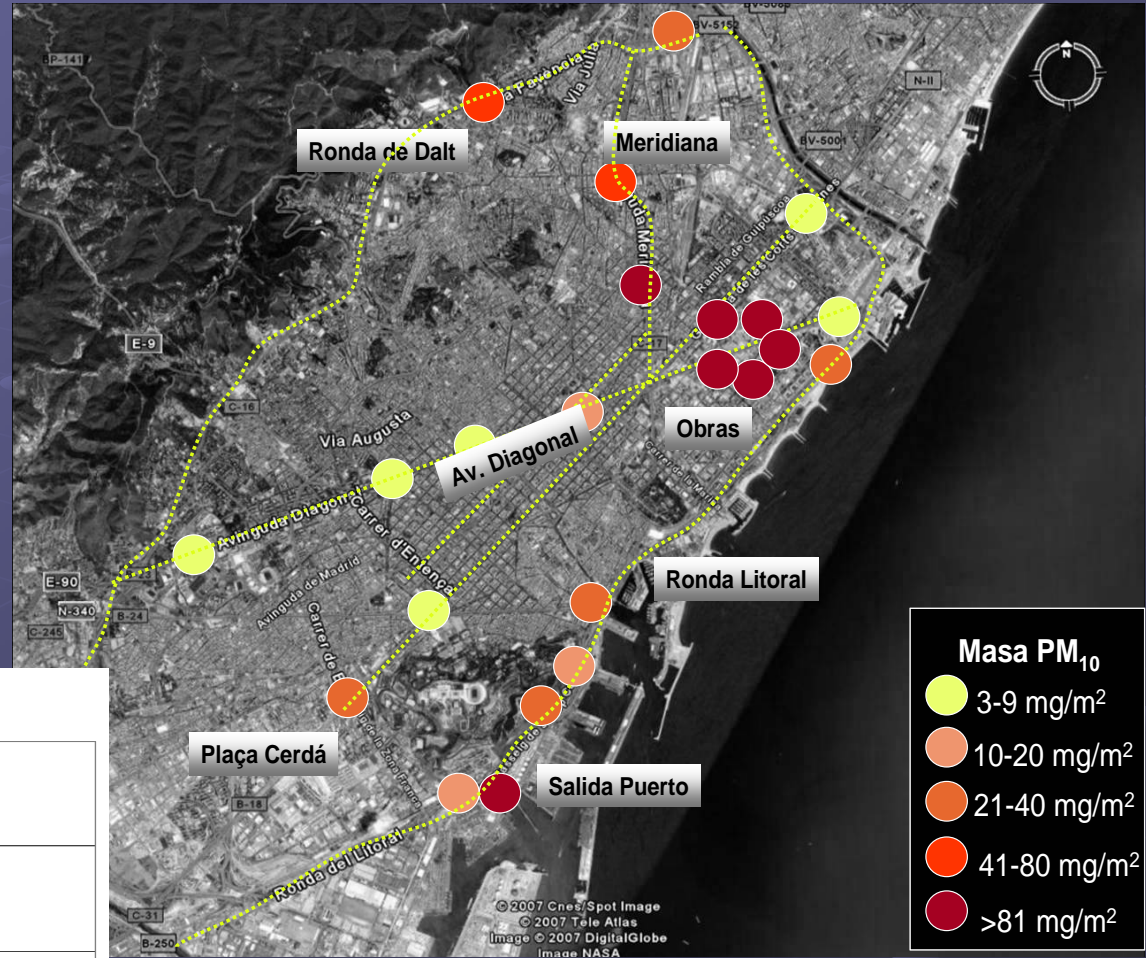
PM₁

Tráfico: 50%

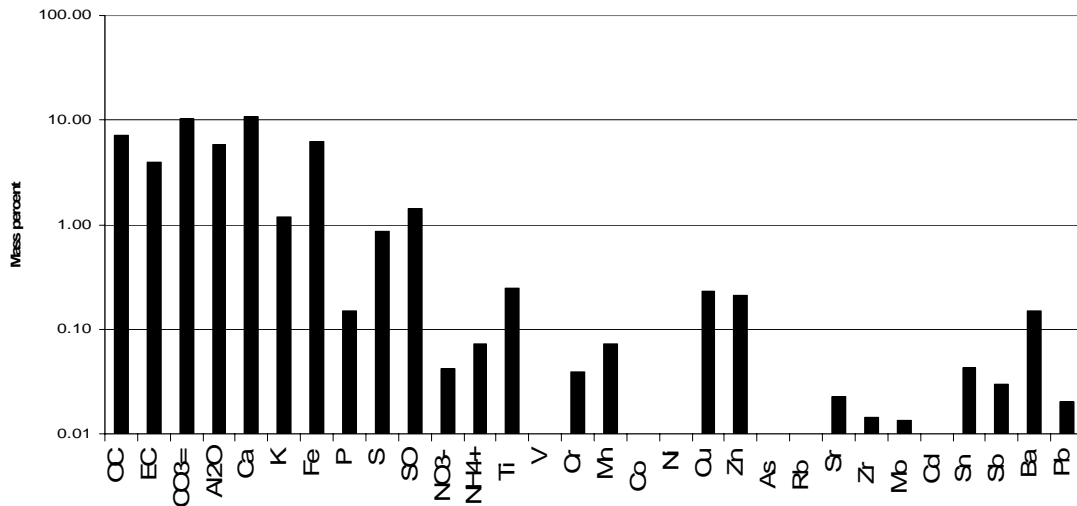


Obras y parques (reg.): 1%

PARTÍCULAS RESUSPENSIÓN FIRME RODADURA

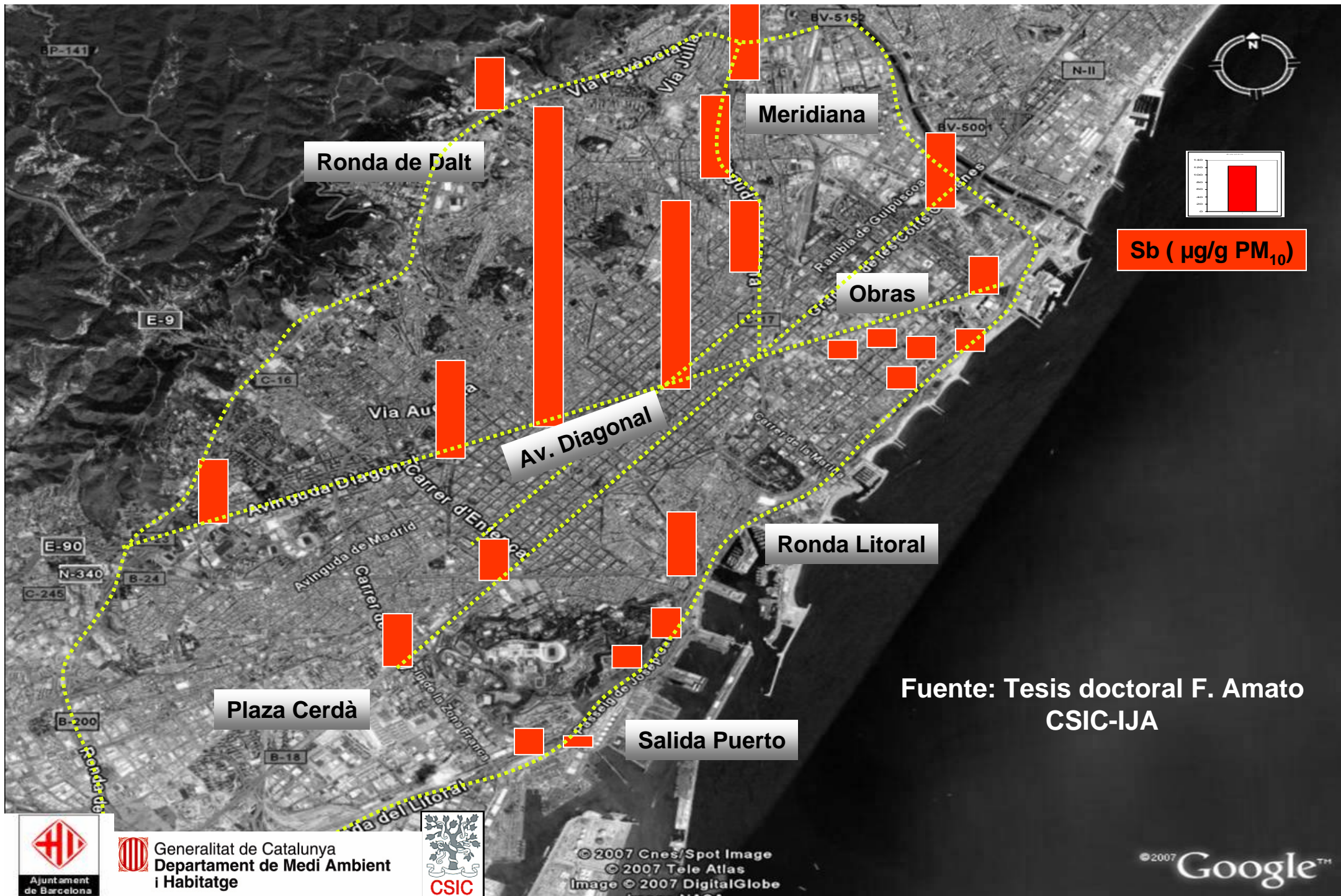


Centre City C4



Generalitat de Catalunya
 Departament de Medi Ambient
 i Habitatge

Fuente: Tesis doctoral F. Amato
 CSIC-IJA



COMPOSICIÓN FRENOS Y RUEDAS

Fuente: Tesis doctoral
F. Amato
CSIC-IJA

		Brake pads					Tires	
%	C tot	28	26	28	32	-	83	79
	Al	0.4	2.3	0.8	0.9	1.0	0.06	0.06
	Ca	0.4	1.8	3.6	1.7	0.3	1.31	0.46
	K	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	0.04	0.06
	Na	<0.1	1.0	0.1	0.1	<0.1	0.03	0.03
	Mg	1.0	4.1	0.5	0.8	0.8	0.04	0.01
	Fe	50	16	33	30	26	0.02	0.03
	S	2.2	2.6	3.6	3.1	1.9	1.17	1.32
	P	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Li	1.8	4.4	2.4	1.1	2.2	1.4	0.1
	Sc	1	4	1	1	3	<0.1	<0.1
	Ti	605	744	567	209	335	31	17
	V	173	16	30	42	40	5	4
	Cr	210	170	1270	49	2834	1	2
Mn	1783	1703	12636	1464	1827	3	3	
Co	26	13	14	19	10	80	94	
Ni	51	61	78	74	33	<0.1	<0.1	
Cu	82.3	24493	270	13732	117551	4.8	6.9	
Zn	66.6	4083	3462	1118	14862	19849	15073	
Ga	9.8	5.7	4.1	3.1	6.2	<0.1	<0.1	
Ge	2.8	1.4	1.2	0.8	4.1	<0.1	<0.1	
As	4.0	5.0	4.6	42	8.4	0.8	0.7	
Se	5.0	7.6	3.5	11.0	7.1	<0.1	<0.1	
Rb	30.5	38.5	14.3	1.2	4.9	1.1	3.1	
Sr	1007	857	818	1773	26	17.8	3.1	
Y	0.9	15.5	6.5	1.2	16.4	<0.1	<0.1	
Zr	4.4	1260	70.3	12.0	945	1.2	<0.1	
ppm	Nb	<0.1	<0.1	65.8	1.7	<0.1	<0.1	0.8
	Mo	3.1	5.4	16	162	3093	0.4	0.6
	Cd	0.5	1.6	0.6	1.9	23	2.7	1.5
	Sn	2.4	31	40	147	10	2.5	2.1
	Sb	2.1	1293	14.8	7.5	6944	11.5	2.0
	Cs	1.0	1.7	0.7	<0.1	1	<0.1	<0.1
	Ba	69343	67291	39013	37213	772	10.2	15.5
	La	2.3	6.9	32.3	<0.1	5	1.8	3.5
	Ce	4.2	14.9	50.7	2.1	11.5	0.5	0.6
	Pr	<0.1	1.2	4.0	<0.1	1.2	<0.1	<0.1
	Nd	2.8	8.5	17.0	0.8	5.2	21.0	22.9
	Hf	<0.1	49.5	1.7	<0.1	36	<0.1	<0.1
	Ta	<0.1	<0.1	5.7	<0.1	<0.1	<0.1	0.9
	W	<0.1	<0.1	18.7	0.6	<0.1	<0.1	<0.1
	Tl	<0.1	<0.1	0.9	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Pb	253	173	42.0	292	6.6	20.0	25.8
	Bi	<0.1	23.6	0.0	12.2	<0.1	<0.1	0.6
	Th	<0.1	4.1	4.1	<0.1	4	<0.1	<0.1
	U	<0.1	4.7	1.5	<0.1	4	<0.1	<0.1

ng/m ³	Fondo rural	
	min	max
Li	0.1	0.3
Be	0.01	0.02
Sc	0.1	0.1
Ti	7	22
V	2	5
Cr	1	2
Mn	5	5
Co	0.1	0.1
Ni	2	3
Cu	4	8
Zn	16	30
Ga	0.1	0.2
Ge	0.1	0.3
As	0.3	0.4
Se	0.3	0.5
Rb	0.5	0.6
Sr	1	5
Y	0.1	0.1
Zr	4	4
Nb	0.04	0.1
Mo	2	3
Cd	0.2	0.2
Sn	1	2
Sb	0.6	0.6
Cs	0.01	0.04
Ba	5	11
La	0.1	0.2
Ce	0.2	0.4
Pr	0.1	0.1
Hf	0.1	0.2
W	0.01	0.03
Tl	0.1	0.1
Pb	5	10
Bi	0.1	0.1
Th	0.1	0.2
U	0.1	0.2



NIVELES ANUALES

E. TRAZA

37 ESTACIONES

1999-2007

(ng/m³)

Valores objetivo

As 6 ng/m³

Cd 5 ng/m³

Ni 20 ng/m³

Valor límite

Pb 500 ng/m³

Valores guía OMS

Mn 150 ng/m³ anual

V 1000 ng/m³ diario



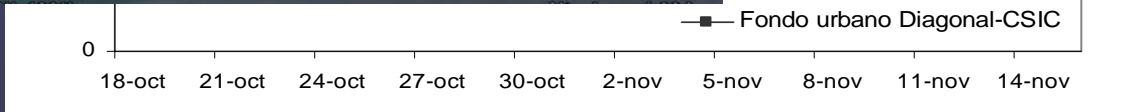
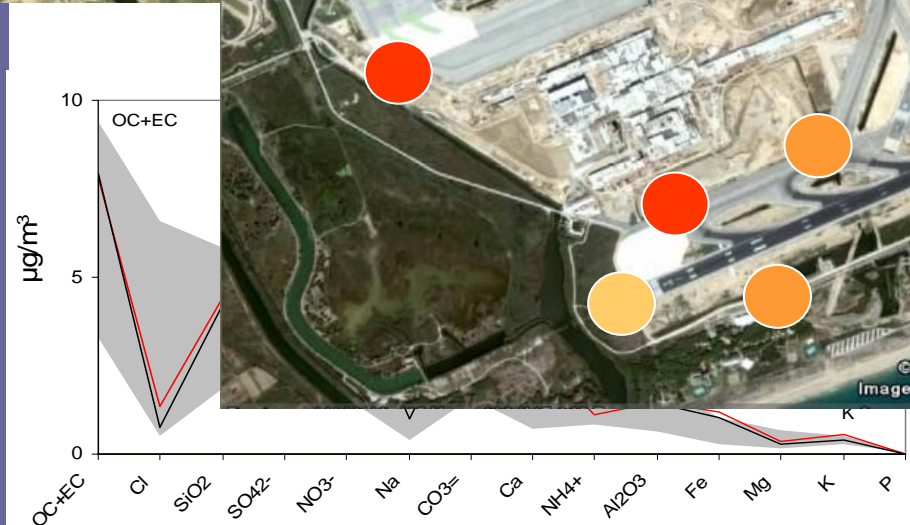
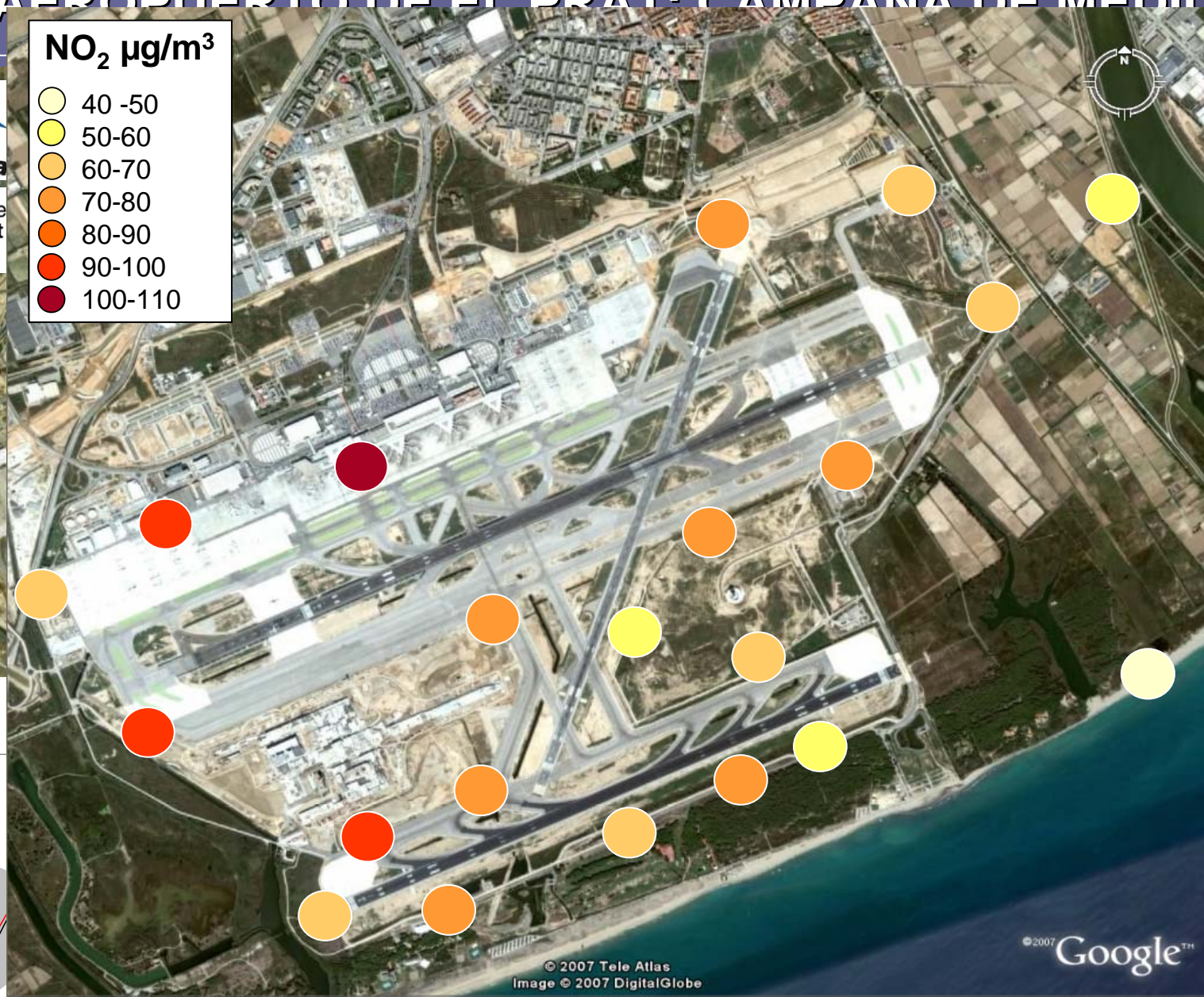
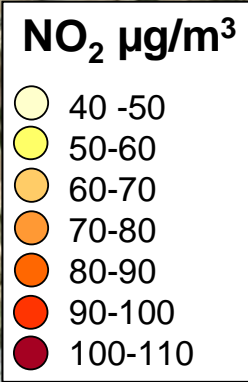
GOBIERNO DE ESPAÑA

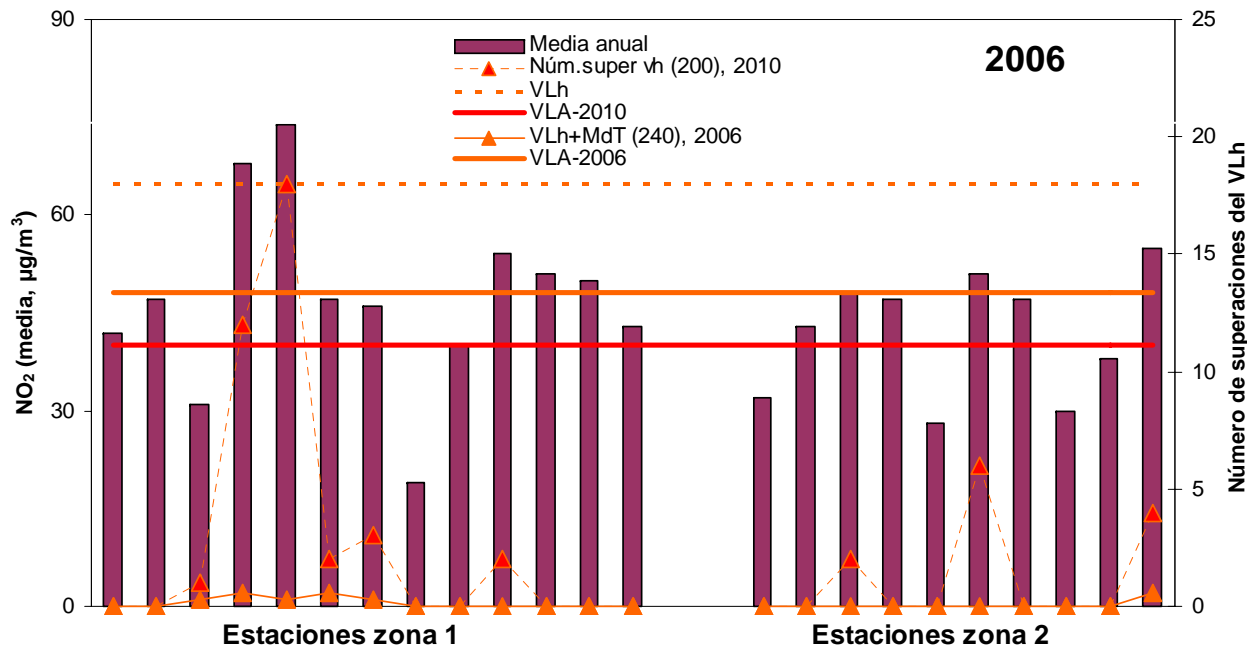
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

AEROPORTU DE EI PRAT. CAMPAÑA DE MEDIDAS



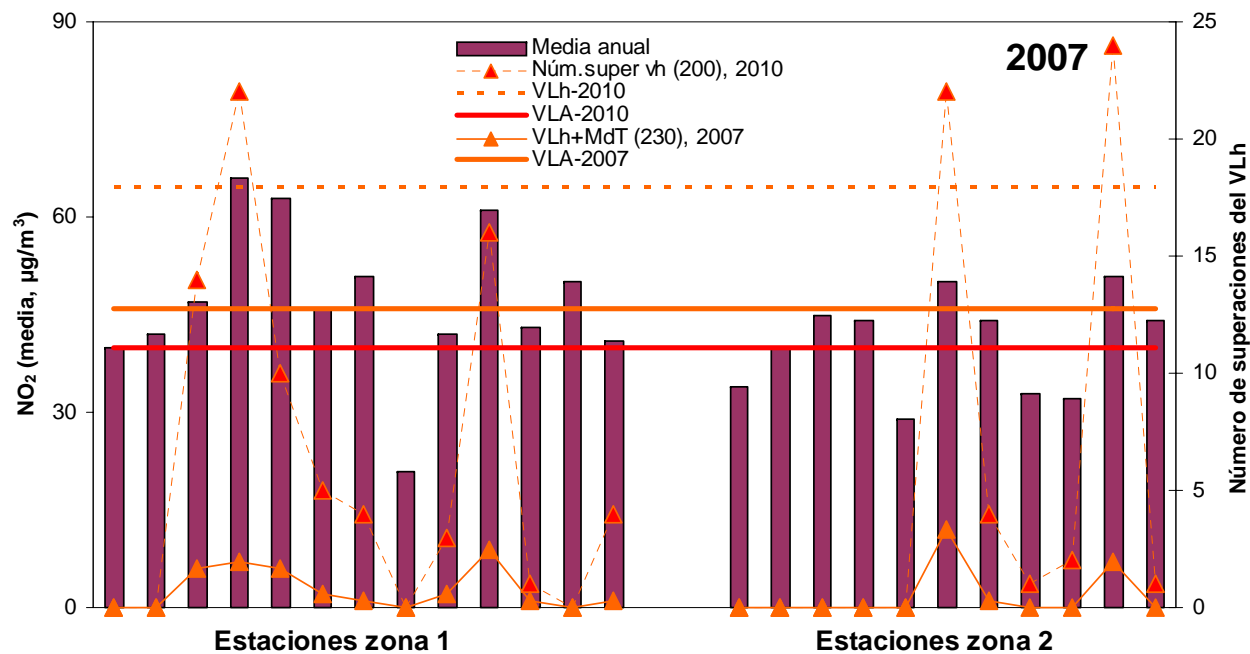
Generalitat de
Departament
i Habitatge



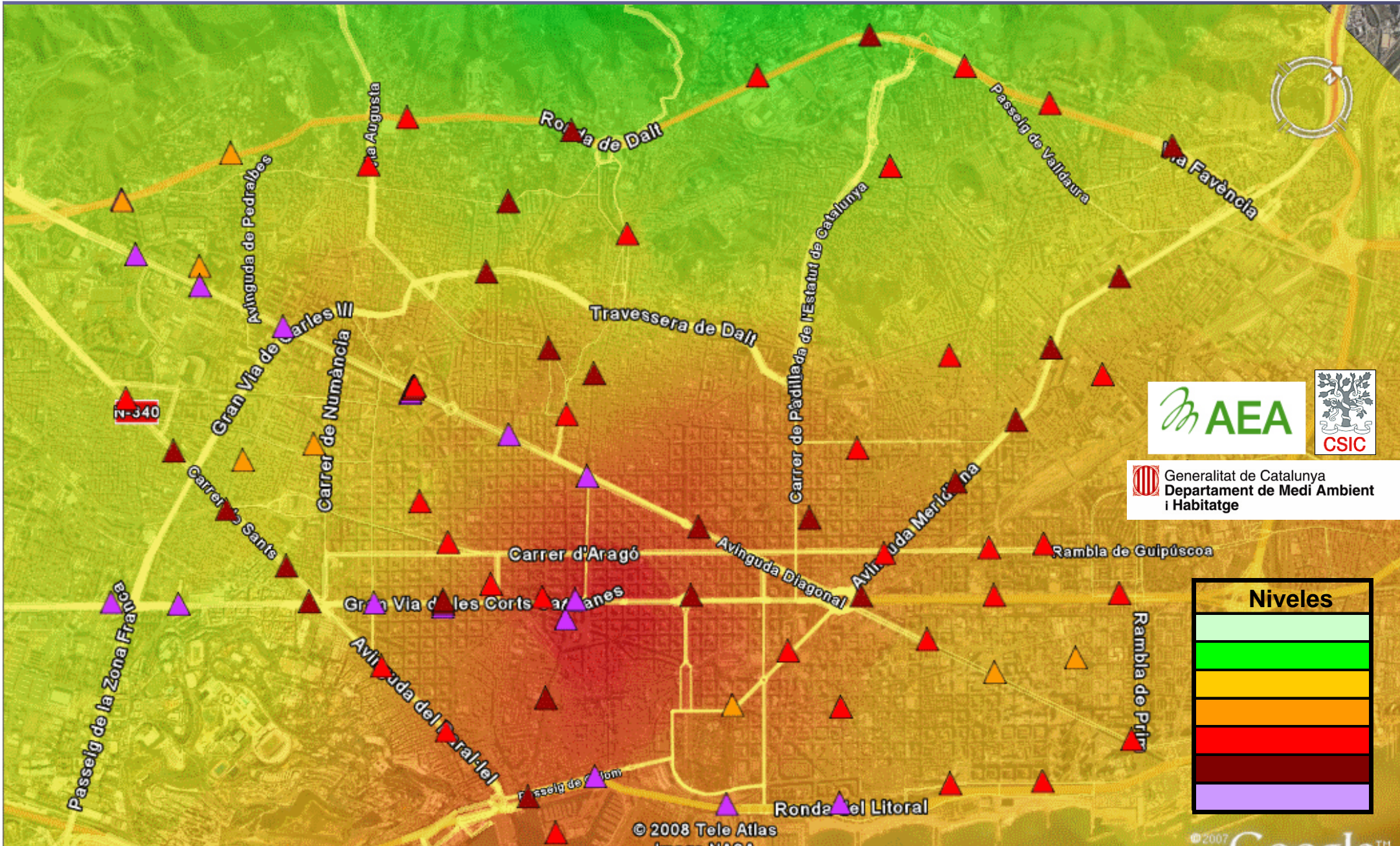


NIVELES de NO₂ en Zona 1 y 2

Generalitat de Catalunya
 Departament de Medi Ambient i Habitatge

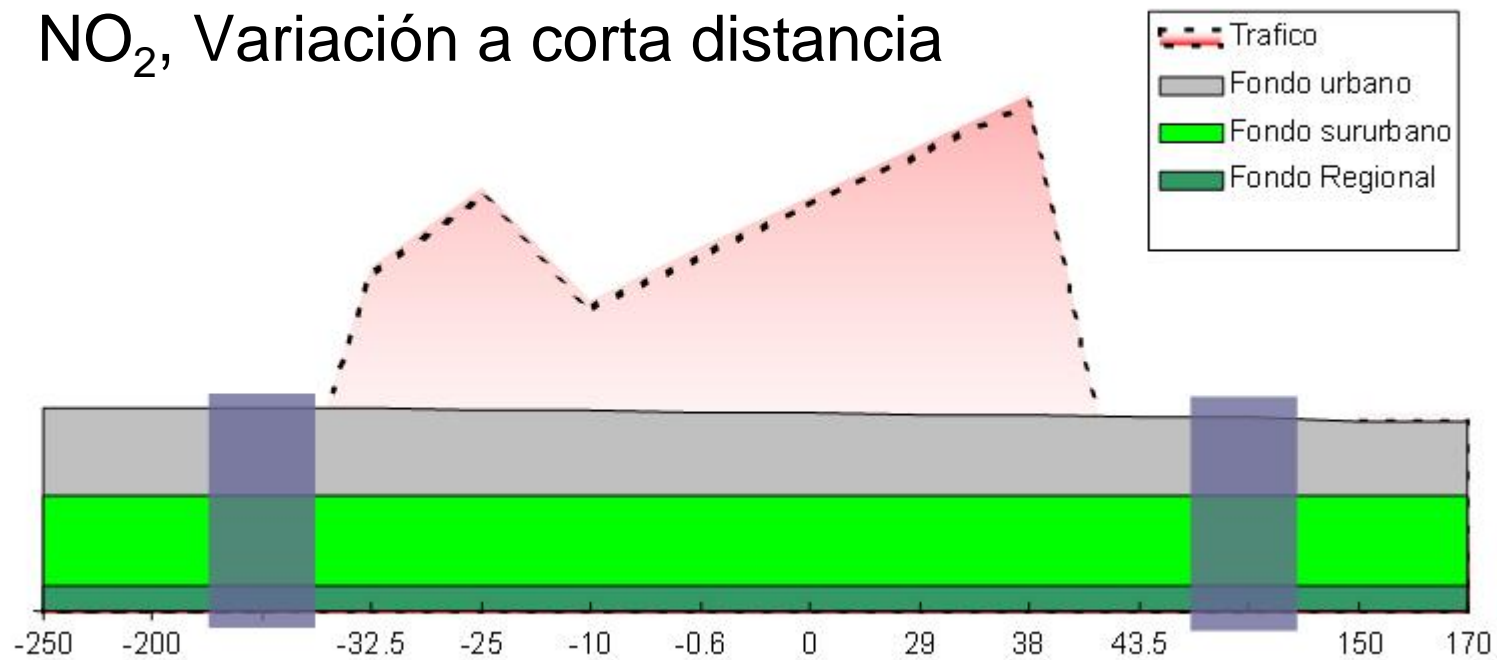


NO₂ MAYO-JUNIO 2008 (M. INDICATIVO, DOSÍMETROS PASIVOS)



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge

NO₂, Variación a corta distancia

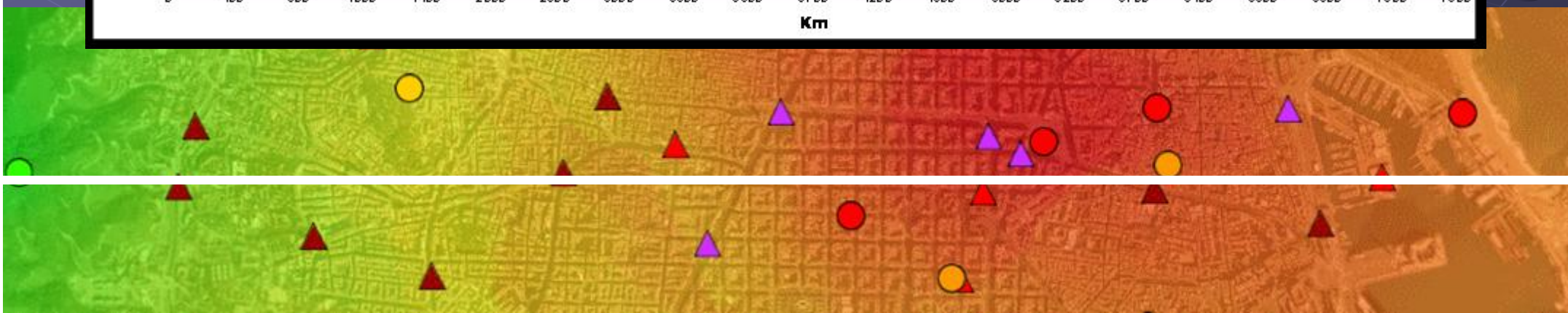
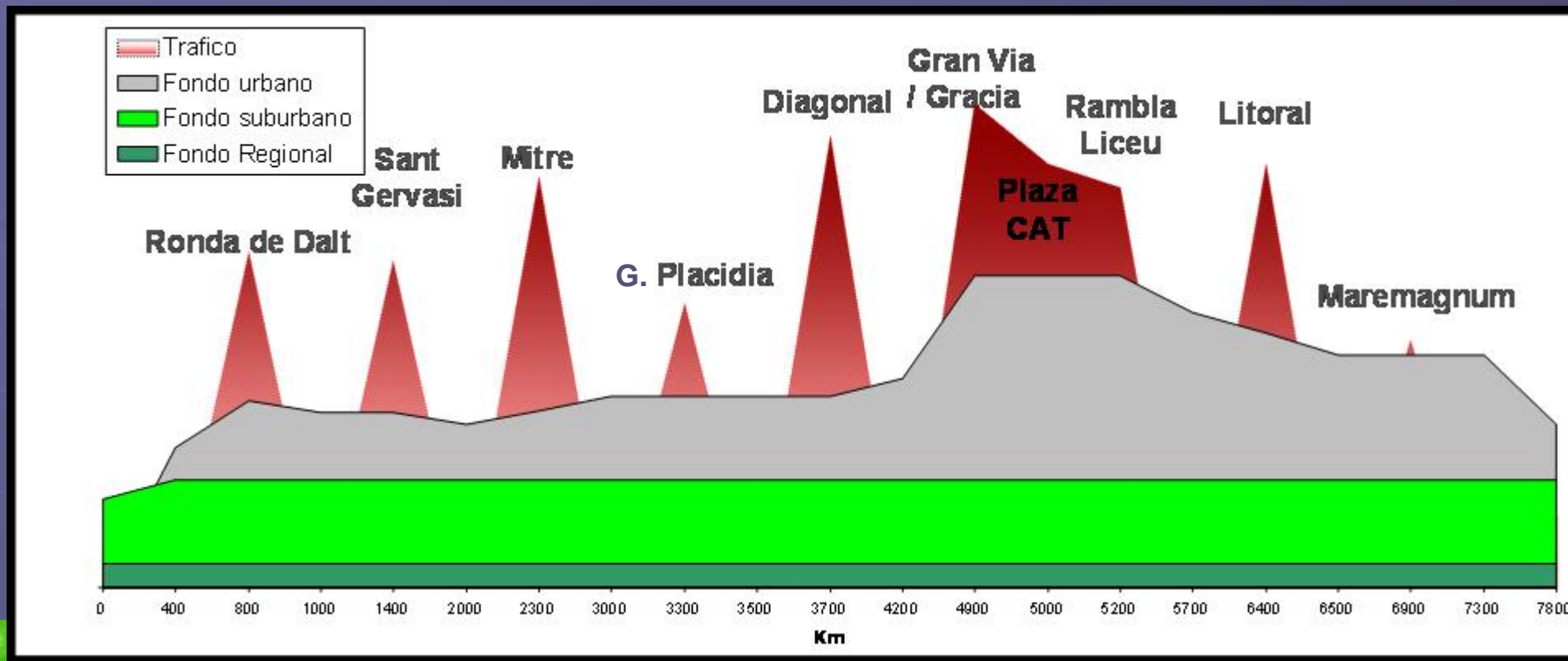


Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge

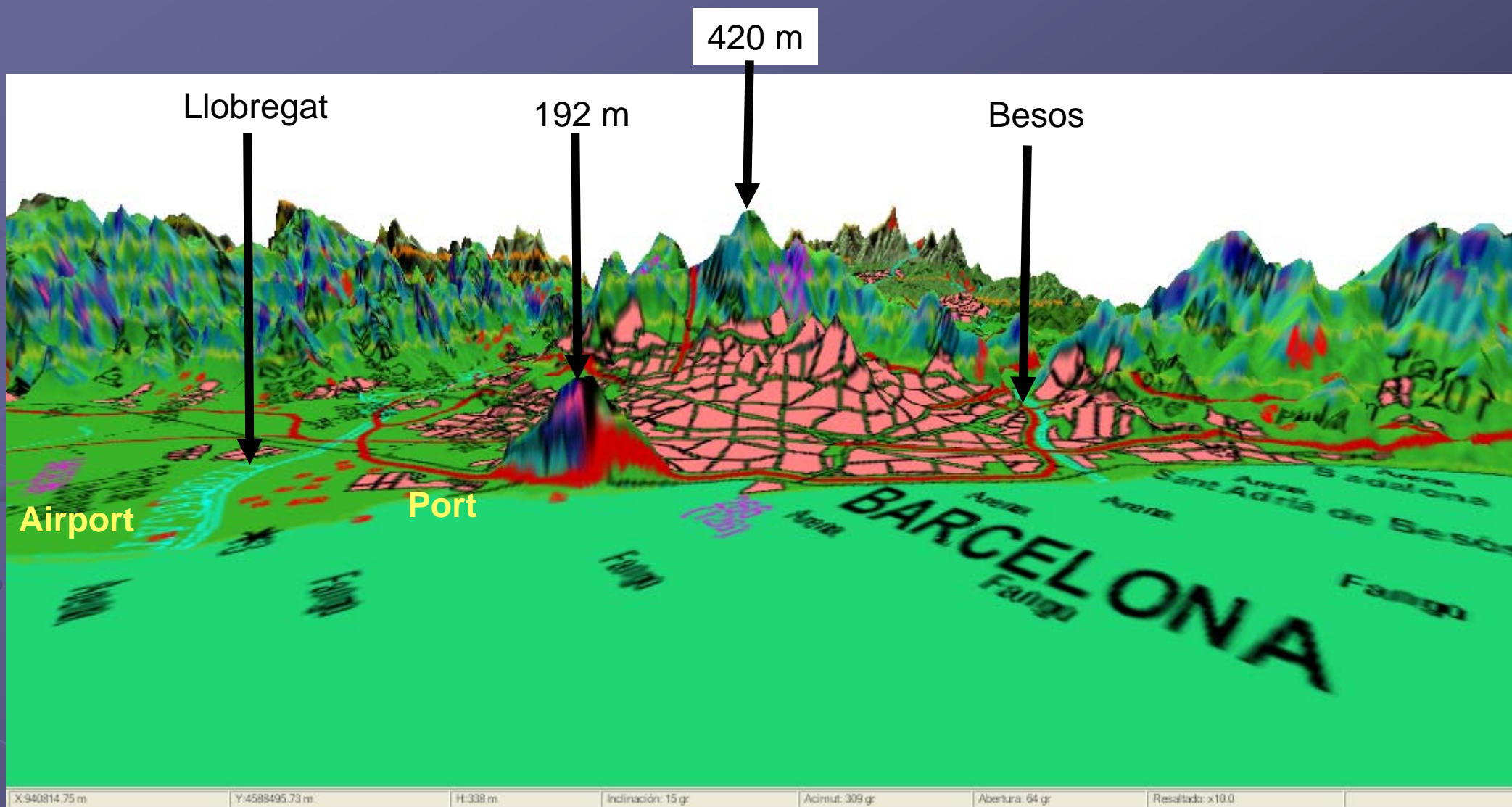
NO₂ MAYO-JUNIO 2008 (M. INDICATIVO, DOSÍMETROS PASIVOS)



Trazado Fabra - Barceloneta

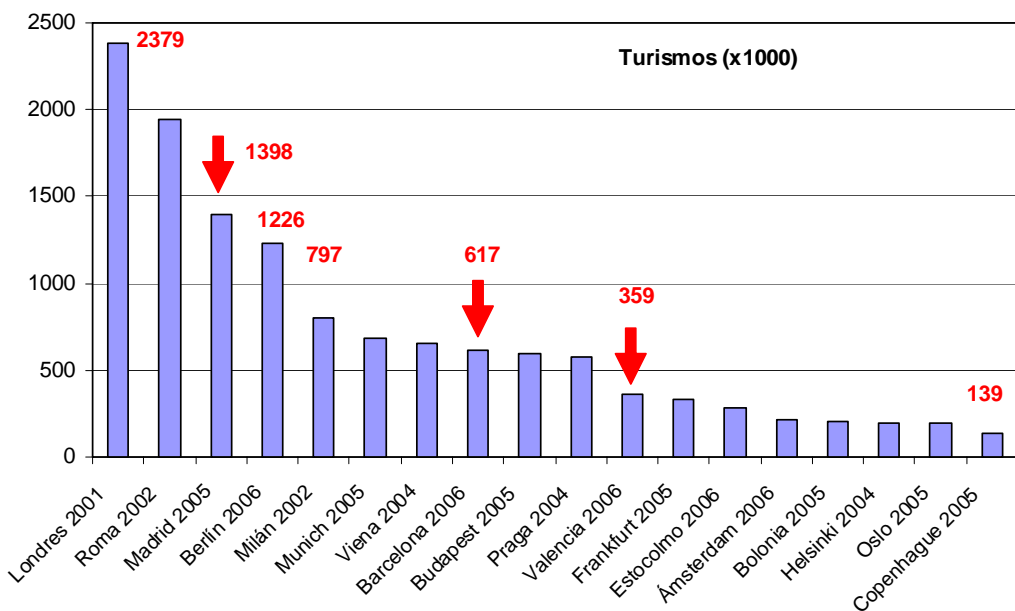


CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN



Topography exaggerated x 10

CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN

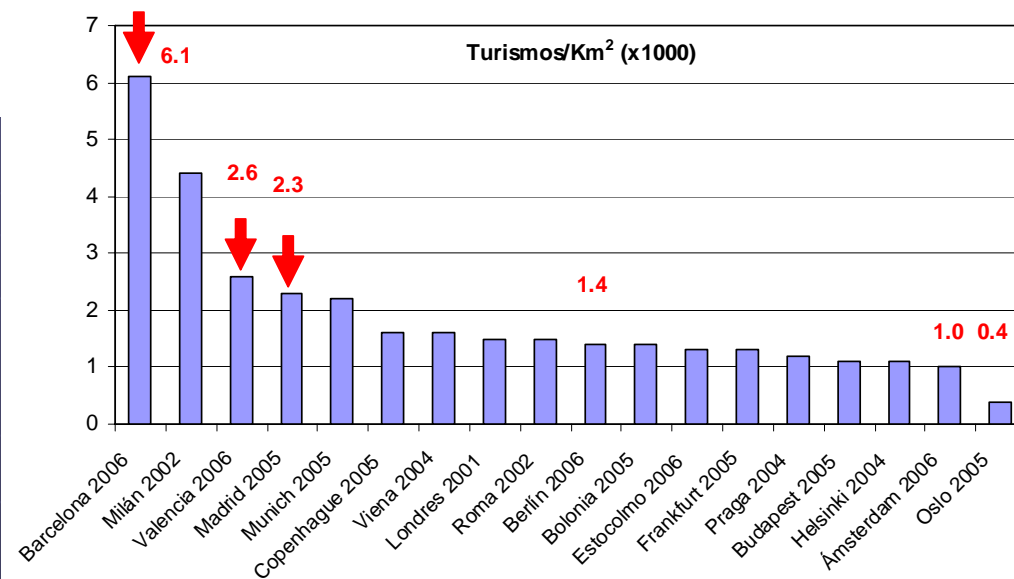



Font: Departament d'Estadística de l'Ajuntament de Barcelona

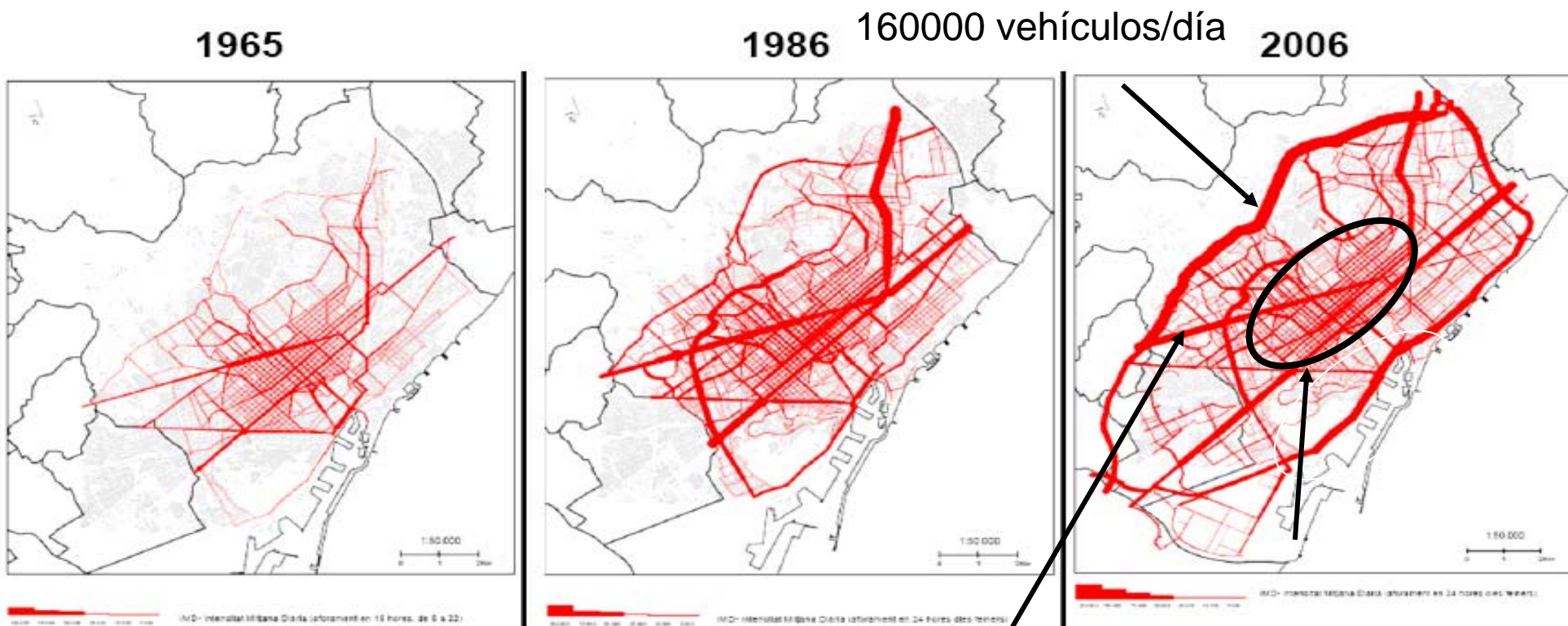
Ajuntament  de Barcelona

<http://w3.bcn.es/fitxers/mobilitat/dadesbasiques2006.222.pdf>

Elevadísima densidad (vehículos/km²)



CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN



Denso entramado de entre 7000 y 87000 vehículos/día

100000 vehículos/día

Font: Direcció de Serveis de Mobilitat

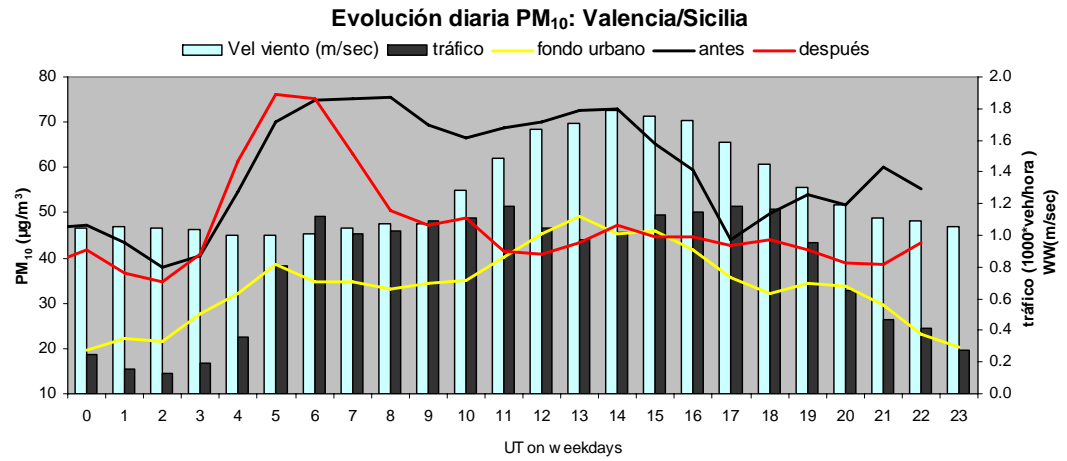
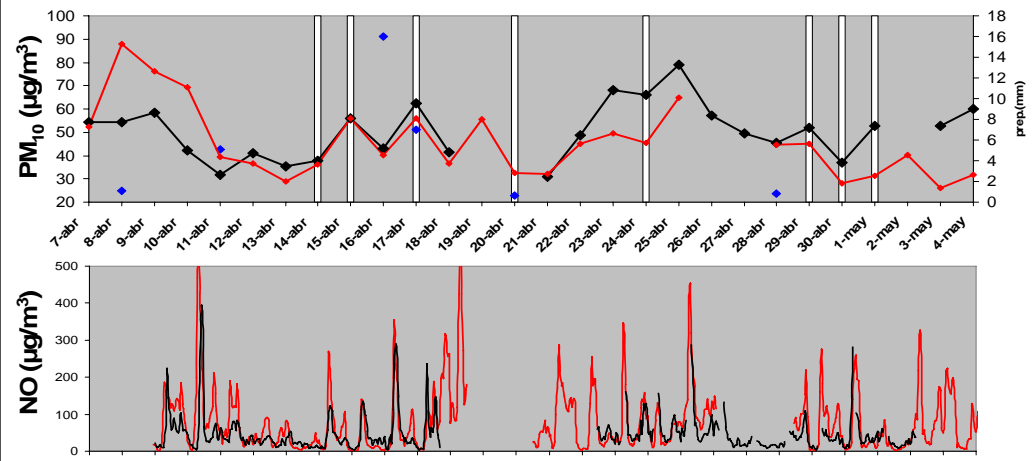
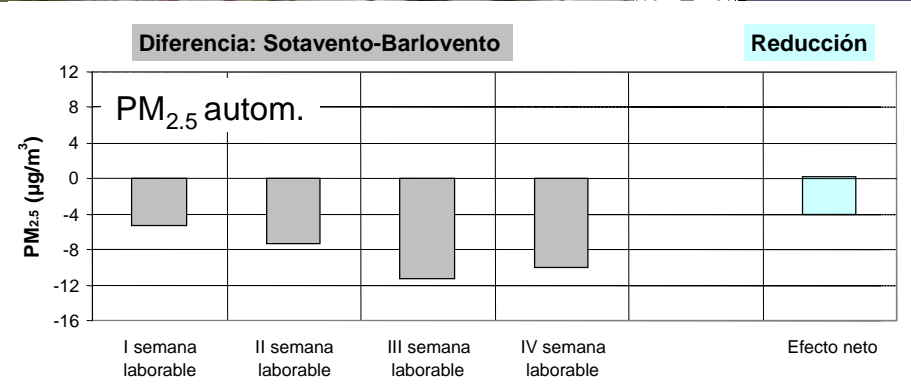
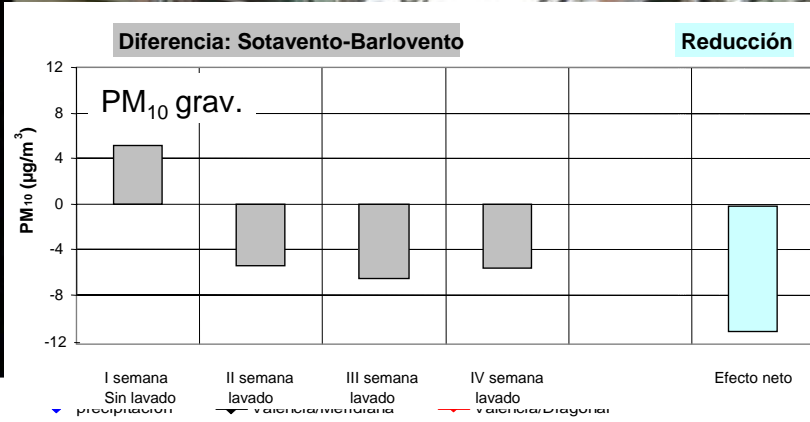
MEDIDA REDUCTORA: LAVADO FIRME RODADURA



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge



Valencia/Diagonal: estación CSIC



Valencia/Meridiana: estación AYT0



CONCLUSIONES

1. ZCA 1 y 2 registran incumplimientos en NO_2 , PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, sobre todo en estaciones de tráfico, aunque existen zonas de fondo urbano que también registran superaciones
2. La elevada densidad de tráfico rodado, la topografía, la geografía urbana y el clima: Alta densidad de emisión y acumulación de contaminantes. **Medidas drásticas sobre la reducción del tráfico para reducir los niveles de contaminantes en aire ambiente**
3. El tráfico rodado emite PM: motor y de abrasión mecánica. Ambas suponen 43 a 50% del PM en fondo urbano
4. Valores de emisión estrictos para motores diesel nuevos (NO LOS ACTUALMENTE EN CIRCULACIÓN). Sin normativa sobre emisiones abrasión mecánica (frenos, ruedas, firme,...), **por tanto la acción a tomar es la reducción del tráfico**
5. Emisiones de PM por **demolición-construcción** (y puntualmente, industriales) pueden llegar a ser focos muy importantes de PM en el área metropolitana de Barcelona
6. Estudios de dosimetría pasiva de NO_2 (método indicativo) muestra claramente que la fuente causante de las superaciones es el tráfico rodado
7. La baja dispersión de las emisiones de NO_2 en la ciudad causa que los niveles de fondo sean también elevados, sin embargo la variabilidad espacial es muy grande (<10 m)
8. Debido a las condiciones específicas de baja dispersión y precipitación es conveniente adoptar medidas, como lavado del firme, que en otras zonas no han sido efectivas

Agradecimientos:

Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat de Catalunya

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Ministerio de Educación y Ciencia. CCAA: Andalucía, Baleares, Canarias, Cantabria, Castilla-León, Castilla la Mancha, Catalunya, Euskadi, Extremadura, Galicia, Madrid, Melilla, Murcia, Valencia, Ayuntamiento Madrid, ENDESA

Son aún muy necesarias medidas drásticas sobre el tráfico urbano y la concienciación de usuarios y fabricantes de vehículos, por tanto los programas de CA deben incluir una fase de divulgación ciudadana muy importante



Gracias por su atención !

xavier.querol@ija.csic.es

ESTRATEGIAS DE MEJORA DE CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS URBANAS (TRÁFICO RODADO)



MEDIDAS TECNOLÓGICAS: a) **tráfico rodado**, b) industria, c) otras:

Objetivo: Reducción de emisiones NOx y PM-carbonoso (emisiones motores)

Ejemplo evolución normativa vehículos de DIESEL pasajeros y comerciales ligeros

1992 EURO 1	180 mg PM / km
1996 EURO 2	80 mg PM / km
2000 EURO 3	50 mg PM / km
2005 EURO 4	25 mg PM / km
2008 EURO 5	5 mg PM / km

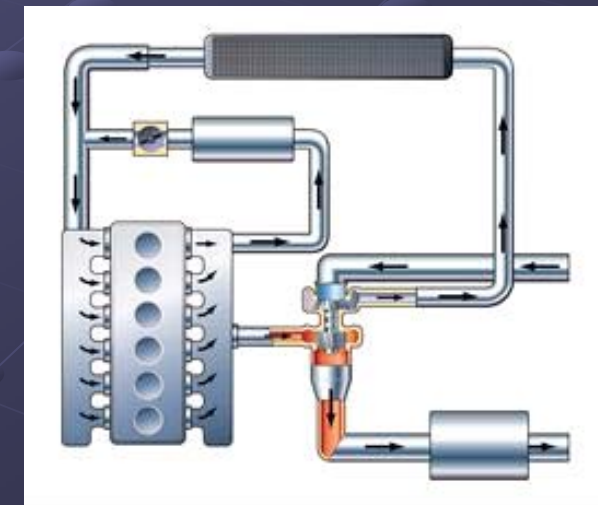
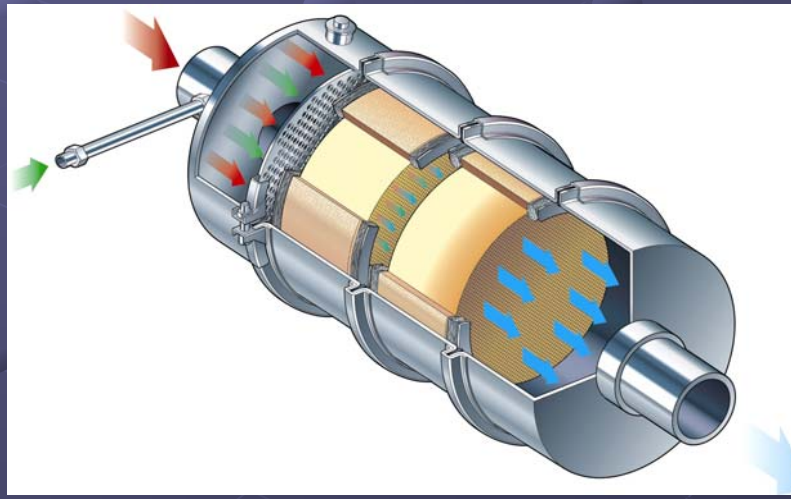
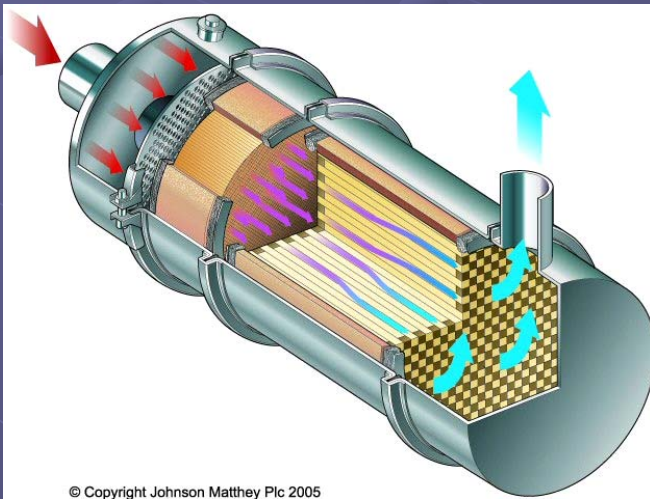
Incremento del parque de vehículos no ha permitido detectar mejoras en calidad del aire

ESTRATEGIAS DE MEJORA DE CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS URBANAS (TRÁFICO RODADO)



MEDIDAS TECNOLÓGICAS

- Nuevos vehículos: eléctricos, híbridos, gas, hidrógeno
- Nuevos motores: EGR, inyección de combustible a alta presión, optimización combustión
- Calidad del combustible y lubricantes: gasolina, diesel, contenido en S, gas natural, bio-combustibles, metales en lubricantes (ZnO lubricante diesel)
- Post-tratamiento de gases:
 - Sistemas OC, SRC, L-NOxC,
 - Filtros de PM, tipo CRT, (SRCRT), FAP
 - Combinación de sistemas EGR-FP-SRC (ej. Toyota DPNR)



(Johnson Matthey copyright)

**La tecnología actual y no permite reducir PM y metales de abrasión frenos, ruedas y pavimento:
Son NECESARIAS soluciones NO TECNOLÓGICAS**

ESTRATEGIAS DE MEJORA DE CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS URBANAS (TRÁFICO RODADO)



LAS MEDIDAS NO TECNOLÓGICAS

Medidas con impacto a corto plazo: Restringir el volumen de tráfico

- Impedir acceso a zonas céntricas a determinados vehículos (ej. diesel anteriores a EURO2)
- Prohibiciones temporales circulación vehículos privados en zonas céntricas (ej. fines de semana o días de alerta).
- Limitación de la velocidad de circulación 120 a 80 km/h (porco efectivo 50 a 30 km/h)
- Sistemas complejos de gestión del flujo de tráfico (calidad aire-volumen tráfico)
- Optimización del flujo de tráfico (actuación sobre semáforos y reducción de las obstrucciones en las vías): Solamente como medida complementaria ya que incrementar el número de vehículos
- Limpieza del firme de rodadura en vías de tráfico
- Muy poco efectiva prohibición a vehículos según el número de las matrículas pares o impares

ESTRATEGIAS DE MEJORA DE CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS URBANAS (TRÁFICO RODADO)



LAS MEDIDAS NO TECNOLÓGICAS

Medidas con impacto a medio plazo: Políticas de restricciones y ventajas a los usuarios

- Diseño de estructuras logísticas urbanas con criterios ambientales (ordenación del territorio)
- Definición de 'zonas ambientales' con obligación de reducción progresiva emisiones
- Aplicación peajes y parking disuasorios
- Incentivar medios de transporte más ecológico
- Acondicionamiento del firme de rodadura
- No solución: Circunvalaciones y rondas

OTRAS MEDIDAS SIN RELACIÓN CON EL TRÁFICO

- Demolición, construcción, (transporte material pulverulento)
- Áreas portuarias aplicación MTD
- Emisiones residenciales,.....