



→ Salud, movilidad y calidad del aire

# BREATHE (BRain dEvelopment and Air polluTion ultrafine particles in sChool childrEn)

Mar Alvarez Pedrerol

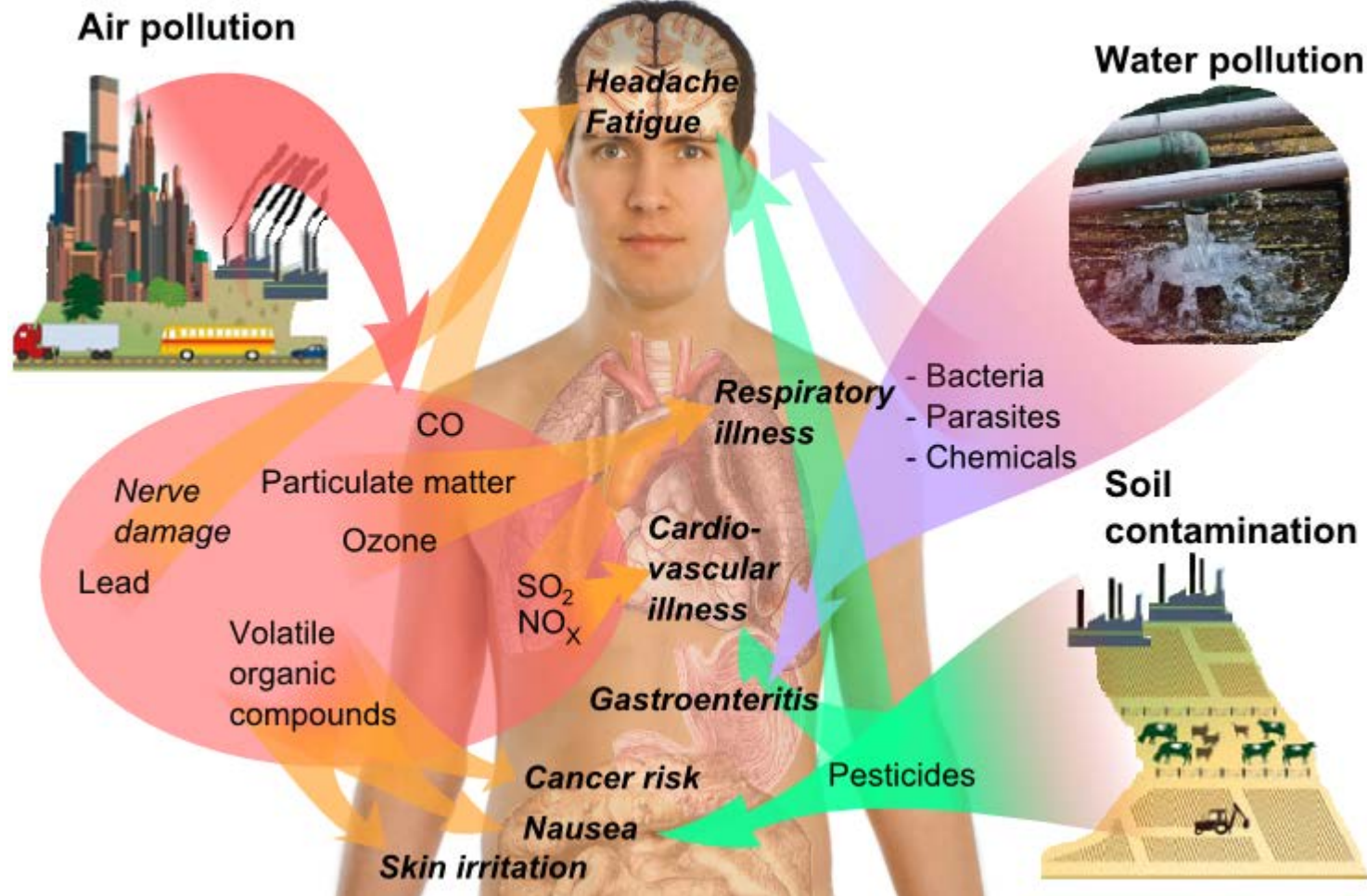


**ISGlobal**  
Instituto de  
Salud Global  
Barcelona

CONAMA2016



## Health effects of pollution





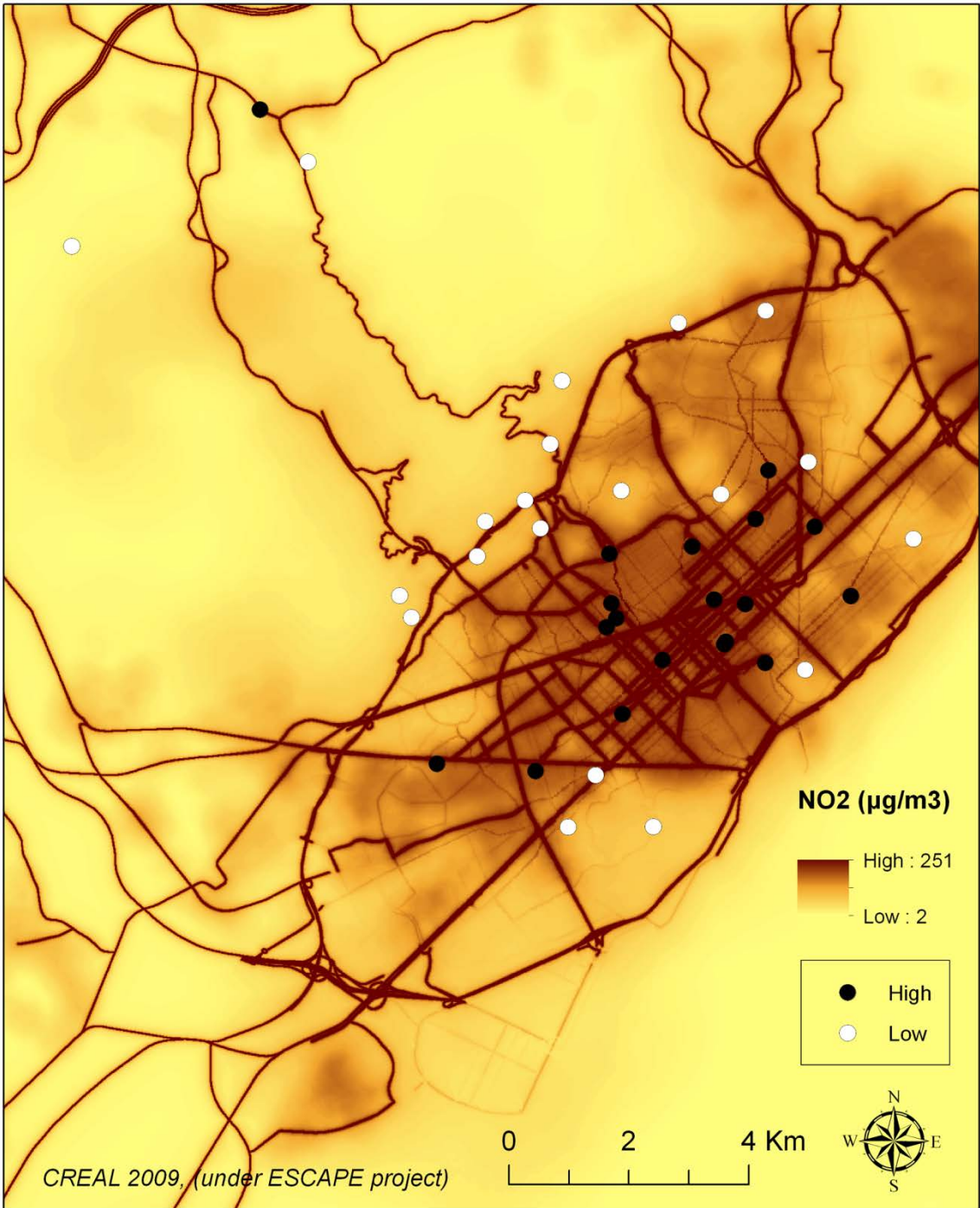
**Descubrir los efectos de la contaminación atmosférica  
en el neurodesarrollo de los escolares.**



## 2.897 niños de primaria de 39 escuelas de Barcelona

### Medidas y cuestionarios:

- ❖ Medida de contaminación en la escuela (exterior e interior)
- ❖ Pruebas psicométricas a los niños (4 veces en un año)
- ❖ Cuestionario a los profesores (TDAH)
- ❖ Cuestionario padres (datos nacimiento, ejercicio, ruta, medicación)
- ❖ Muestra de saliva para análisis genético
- ❖ Resonancia magnética (n=300)



CREAL 2009, (under ESCAPE project)



# BREATHE





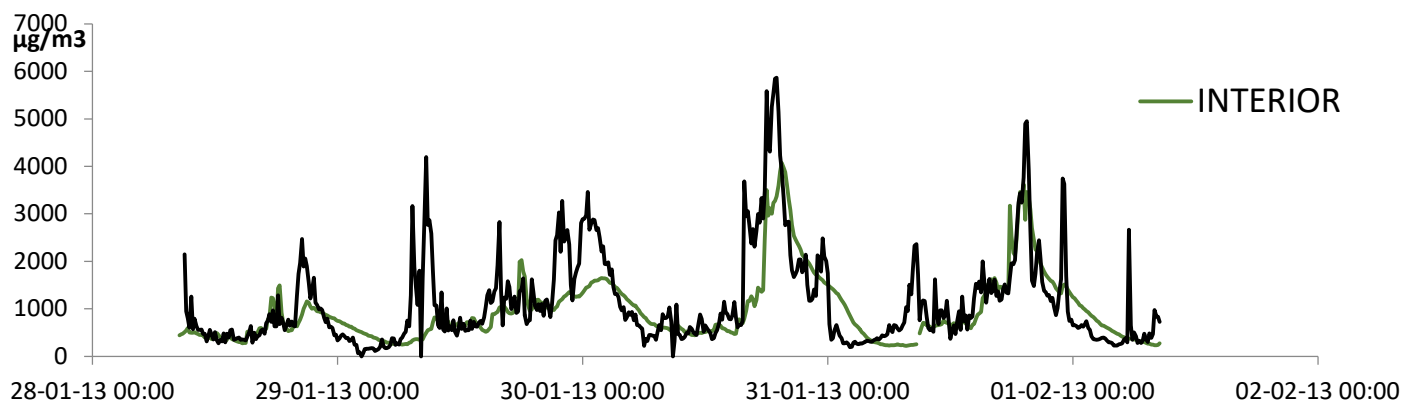






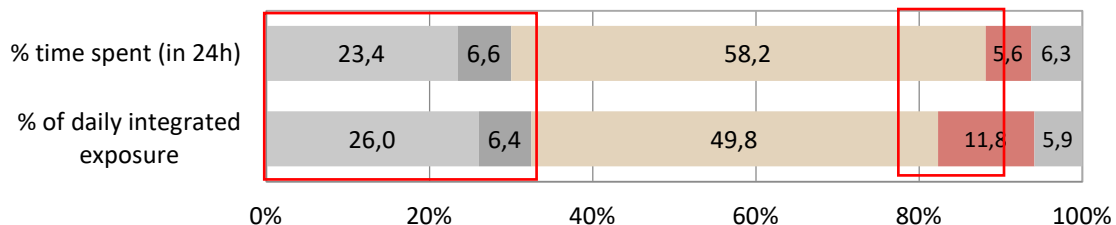
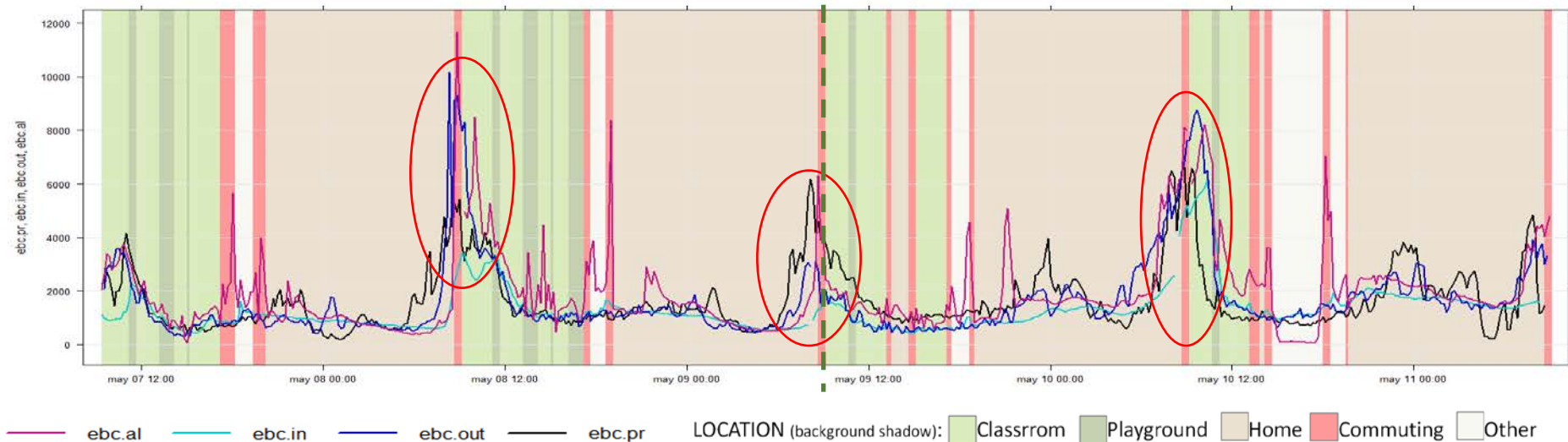


	Clase		Patio		Estacion referencia	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
<b>NO<sub>2</sub></b> ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	30	13	47	19	41	20
<b>PM<sub>2.5</sub></b> ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	37	16	29	24	17	8
<b>N</b> ( $\text{pt}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	15625	6673	23614	9514	14665	6034
<b>EBC</b> ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	1.3	0.9	1.4	1.1	1.3	0.8





## Exposición de los niños





>30 Artículos publicados

- **Plos Medicine 2015** → Chronic exposure to AP vs neurodevelopment
- **PNAS 2015** → Grennes and neurodevelopment
- **Neuroimage 2016** → Exposure to AP vs brain connectivity
- **Epidemiology 2017** → Accute exposure to AP vs neurodevelopment

RESEARCH ARTICLE

# Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study

Jordi Sunyer<sup>\*1,2,3,4</sup>, Mikel Esnaola<sup>1,2,3</sup>, Mar Alvarez-Pedrerol<sup>1,2,3</sup>, Joan Fornes<sup>1,2,3</sup>, Ioar Rivas<sup>1,2,3,5</sup>, Mònica López-Vicente<sup>1,2,3</sup>, Elisabet Suades-González<sup>1,2,3,6</sup>, Maria Foraster<sup>1,2,3</sup>, Raquel Garcia-Esteban<sup>1,2,3</sup>, Xavier Basagaña<sup>1,2,3</sup>, Mar Viana<sup>5</sup>, Marta Cirach<sup>1,2,3</sup>, Teresa Moreno<sup>5</sup>, Andrés Alastuey<sup>5</sup>, Núria Sebastian-Galles<sup>2</sup>, Mark Nieuwenhuijsen<sup>1,2,3</sup>, Xavier Querol<sup>5</sup>

1 Centre for Research in Environmental Epidemiology (CREAL), Barcelona, Catalonia, Spain, 2 Pompeu Fabra University, Barcelona, Catalonia, Spain, 3 Consortium for Biomedical Research in Epidemiology and Public Health (CIBERESP), Madrid, Spain, 4 Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques—Parc de Salut Mar, Barcelona, Catalonia, Spain, 5 Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Catalonia, Spain, 6 Learning Disabilities Unit (UTAE), Neuropediatrics Department, Hospital Sant Joan de Déu, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain

\* [jsunyer@creal.cat](mailto:jsunyer@creal.cat)



OPEN ACCESS

**Citation:** Sunyer J, Esnaola M, Alvarez-Pedrerol M, Fornes J, Rivas I, López-Vicente M, et al. (2015) Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study. *PLoS Med* 12(3): e1001792. doi:10.1371/journal.pmed.1001792

**Academic Editor:** Bruce P. Langheer, Simon Fraser University, CANADA

**Received:** September 16, 2014

**Accepted:** January 9, 2015

**Published:** March 3, 2015

**Copyright:** © 2015 Sunyer et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Data Availability Statement:** Data are from the BREATHE study whose authors may be contacted at CREAL (<http://www.creal.cat/portaldebreath/>).

**Funding:** The research leading to these results has received funding from the European Research Council under the ERC Grant Agreement number 268479 – the BREATHE project. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

## Abstract

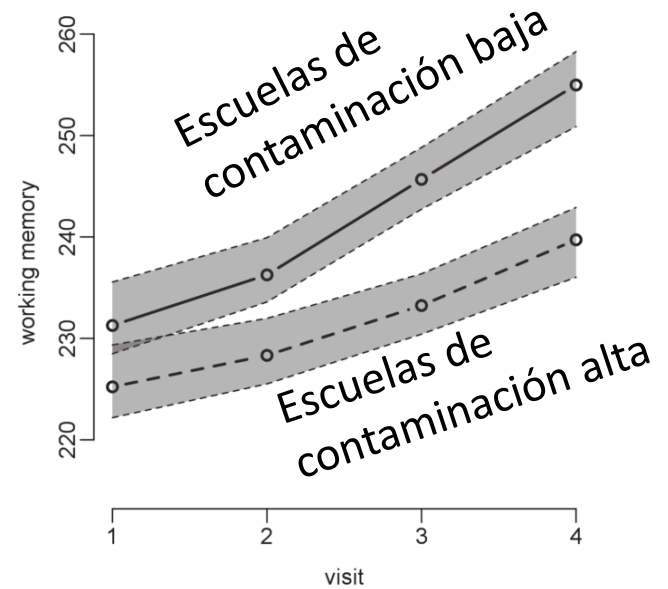
### Background

Air pollution is a suspected developmental neurotoxicant. Many schools are located in close proximity to busy roads, and traffic air pollution peaks when children are at school. We aimed to assess whether exposure of children in primary school to traffic-related air pollutants is associated with impaired cognitive development.

### Methods and Findings

We conducted a prospective study of children ( $n = 2,715$ , aged 7 to 10 y) from 39 schools in Barcelona (Catalonia, Spain) exposed to high and low traffic-related air pollution, paired by school socioeconomic index; children were tested four times (i.e., to assess the 12-mo developmental trajectories) via computerized tests ( $n = 10,112$ ). Chronic traffic air pollution (elemental carbon [EC], nitrogen dioxide [NO<sub>2</sub>], and ultrafine particle number [UFP; 10–700 nm]) was measured twice during 1-wk campaigns both in the courtyard (outdoor) and inside the classroom (indoor) simultaneously in each school pair. Cognitive development was assessed with the  $n$ -back and the attentional network tests, in particular, working memory (two-back detectability), superior working memory (three-back detectability), and inattentiveness (hit reaction time standard error). Linear mixed effects models were adjusted for age, sex, maternal education, socioeconomic status, and air pollution exposure at home.

Children from highly polluted schools had a smaller growth in cognitive development than children from the paired lowly polluted schools, both in crude and adjusted models



**Fig 2. Working memory development by high- or low-traffic-air-pollution school.** Dashed line = high traffic air pollution; continuous line = low traffic air pollution; gray shading indicates 95% CIs. Adjusted for age, sex, maternal education, residential neighborhood socioeconomic status, and air pollution exposure at home; school and individual as nested random effects in 2,715 children and 10,112 tests from 39 schools.





>100 apariciones en los medios

Presentación resultados a las  
autoridades (departamentos

Salud, Medioambiente y  
Educación)

## el Periódico SOCIEDAD **CIENCIA**

MELENDI  
PALAU SANT JORDI  
Sábado, 16 de mayo  
DESDE 24 €

ÚLTIMAS ENTRADAS

PORTADA | INTERNACIONAL | POLÍTICA | ECONOMÍA | SOCIEDAD | BARCELONA | DEPORTES | OCIO Y CULTURA

ESTUDIO EN COLEGIOS DE BARCELONA

### La polución del tráfico reduce la capacidad infantil de aprendizaje

- Los niños de las escuelas de los distritos con más contaminados sufren mermas cognitivas
- Los investigadores proponen limitar los coches alrededor de los centros educativos

ÀNGELS GALLARDO / BARCELONA



COMENTARIOS 0



ENVÍA UNA CARTA DEL LECTOR

EDICIÓN IMPRESA



MIÉRCOLES, 4 DE MARZO DEL 2015

Los niños que estudian en **escuelas de zonas de Barcelona con alta contaminación ambiental** causada por el tráfico, como el Eixample, Sants, Sant Martí y Sant Andreu, experimentan un retraso en su desarrollo cognitivo, que afecta a la inteligencia práctica



Clase en una escuela de Barcelona.

necesaria para tomar decisiones inaplazables. Así lo constata una investigación realizada por el **Centre de Recerca Epidemiològica Ambiental (CREAL)**, que entre el 2012 y el 2013 analizó a 2.897 niños de 7 a 10 años que acuden a 39 escuelas de Barcelona y Sant Cugat del Vallés.



Jordi Sunyer (CREAL)  
Mar Alvarez (CREAL)  
Joan Forns (CREAL)  
Mònica Lopez (CREAL)  
Elisabeth Suades (CREAL)  
Ioar Rivas (CREAL)  
Maria Foraster (CREAL)  
Mariona Bustamante (CREAL)  
Cecilia Persavento (CREAL)  
Mikel Esnaola (CREAL)  
Xavier Basagaña (CREAL)  
Natàlia Vilor (CREAL)  
Raquel Garcia (CREAL)  
Pere Figueras (CREAL)  
Laura Bouso (CREAL)  
Judith González (CREAL)

Xavier Querol (IDAEA-CSIC)  
Andrés Alastuey (IDAEA-CSIC)  
Mar Viana (IDAEA-CSIC)  
Teresa Moreno Pérez (IDAEA-CSIC)  
Marco Pandolfi (IDAEA-CSIC)  
Fulvio Amato (IDAEA-CSIC)  
Cristina Reche (IDAEA-CSIC)  
Maria Cruz Minguillón (IDAEA-CSIC)

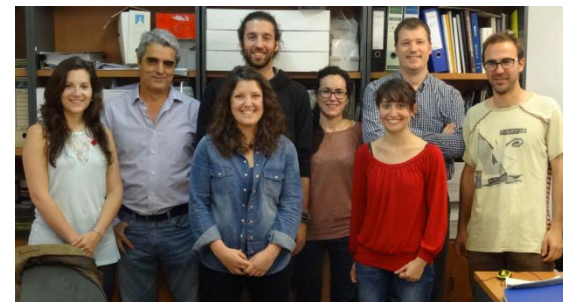
Jesús Pujol (Neurovoxel)  
Gerard Martínez (Neurovoxel)  
Marta Amor (Neurovoxel)

Col.laboradors:

Mark Nieuwenhuisen (CREAL)  
Montserrat de Castro (CREAL)  
Marta Cirach (CREAL)  
David Donaire (CREAL)  
Payam Dadvand (CREAL)  
Elmira Almoy (CREAL)  
Juan Ramon Gonzalez (CREAL)



centre de recerca  
en epidemiologia  
ambiental





→ Salud, movilidad y calidad del aire

# Grado de exposición de la población a contaminantes atmosféricos urbanos

Mar Alvarez Pedrerol  
Instituto de Salud Global de Barcelona

CONAMA2016



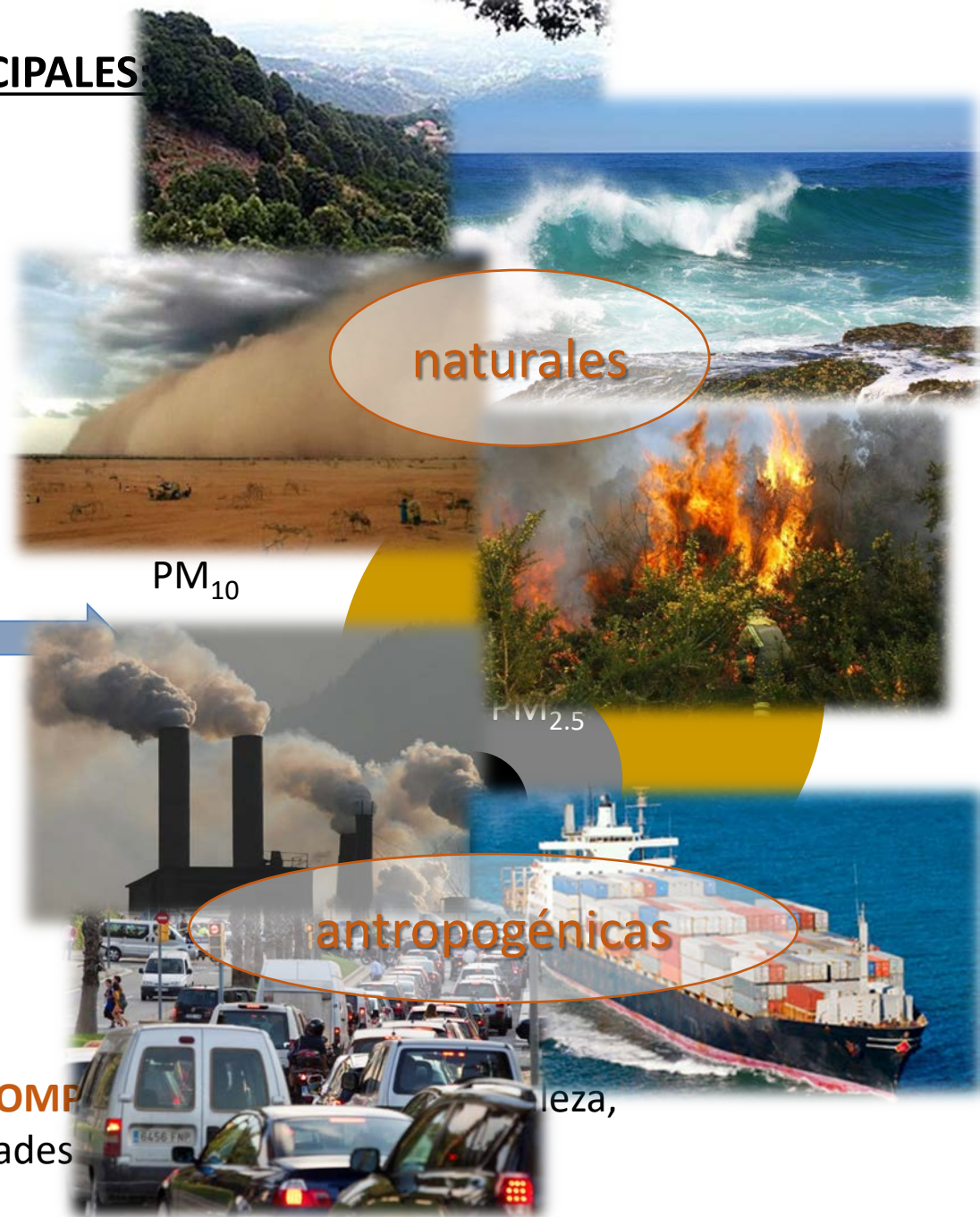
# CONTAMINANTES URBANOS PRINCIPALES

- GASOS:  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}$
- PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS:

- Compuestos de carbono (carbono negro, BC)
- Materia mineral
- Aerosol marino
- CIS ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ )
- Metales traza



**GRAN COMP**  
propiedades





Beijing, PRC China

La contaminación  
atmosférica está  
entre los factores de  
riesgo ambientales  
más destacados de  
muerte prematura

Imagen: Philipp Schneider

7 millones de personas  
mueren al año en todo el  
mundo por los efectos de la  
contaminación atmosférica

En el año 2011, 458.000  
muertes prematuras en  
Europa fueron  
atribuidas a la materia  
particulada del aire

# Salud y contaminación en el entorno urbano



## Cuánto tiempo estamos desplazándonos?



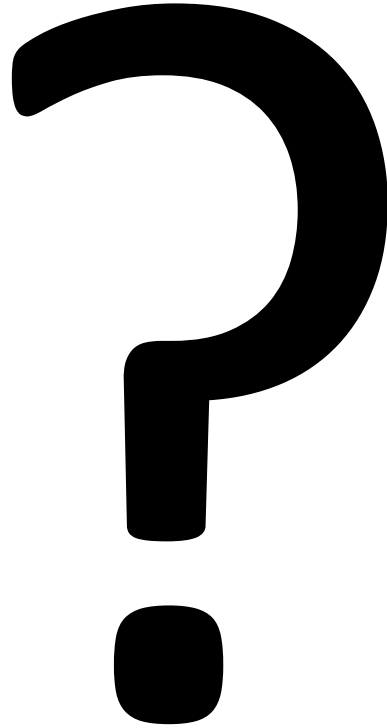
WAPO.ST/WONKBLOG

Source: Wonkblog analysis

Assumes a person commuting to and from work five days a week for 50 weeks in a year.



**Cuál sería el modo de desplazamiento más saludable?**

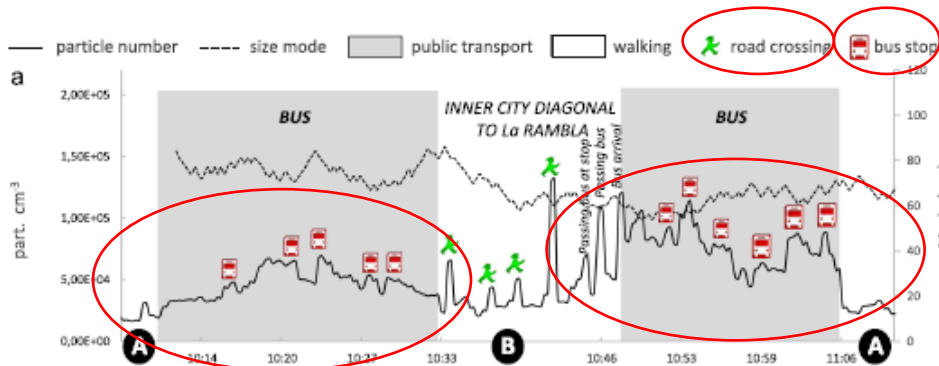




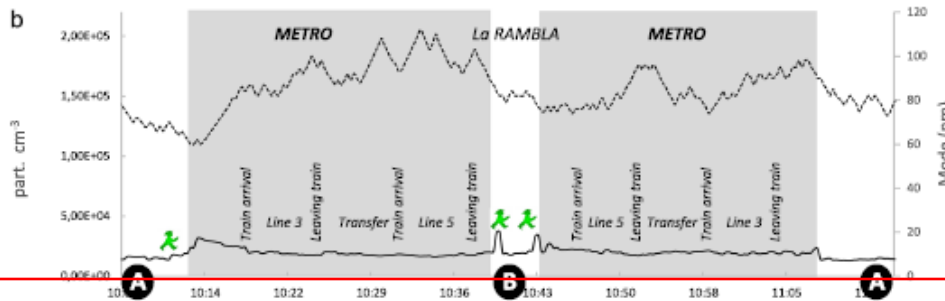
				Walking		
	Metro	Tram	Bus	Outer diag	Inner diag	Central grid
	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
<b><math>N</math> (part. <math>\text{cm}^{-3}</math>)</b>	$2.3 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$5.4 \times 10^4$	$3.7 \times 10^4$	$5.9 \times 10^4$	$5.4 \times 10^4$
<b>Mode (nm)</b>	90	66	64	66	56	54
<b>BC (<math>\mu\text{g m}^{-3}</math>)</b>	7.0*	3.4	5.5	6.5	9.6	5.3
<b>CO<sub>2</sub> (ppm)</b>	694	643	721	456	464	425
<b>CO (ppm)</b>	0.9	0.4	0.9	0.8	1.1	0.7

Transporte privado: ↑ PM y UFP (pero depende de la intensidad del tráfico, ventilación y tipo combustible)

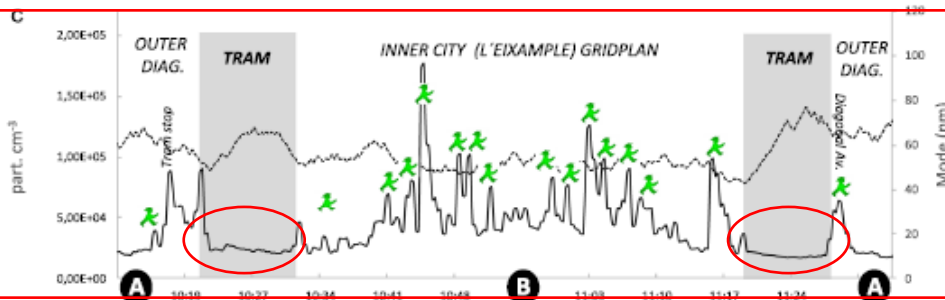
# UFP – Partículas ultrafinas



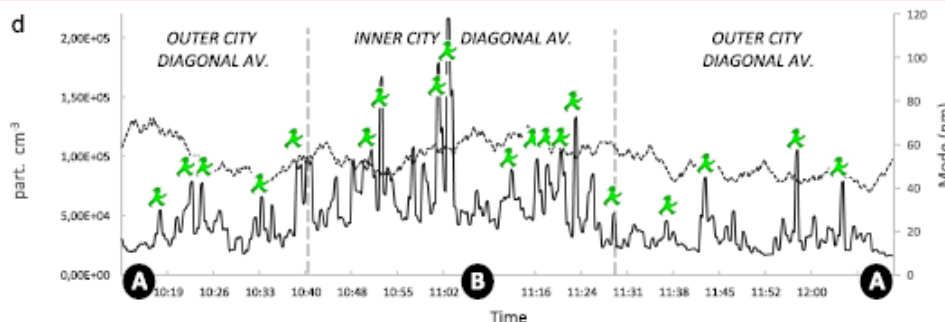
- Ida, menos UFP que vuelta
- Paradas autobús: ↑UFP
- Intersecciones: ↑UFP



- Metro: menos UFP



- TRAM: estabilidad



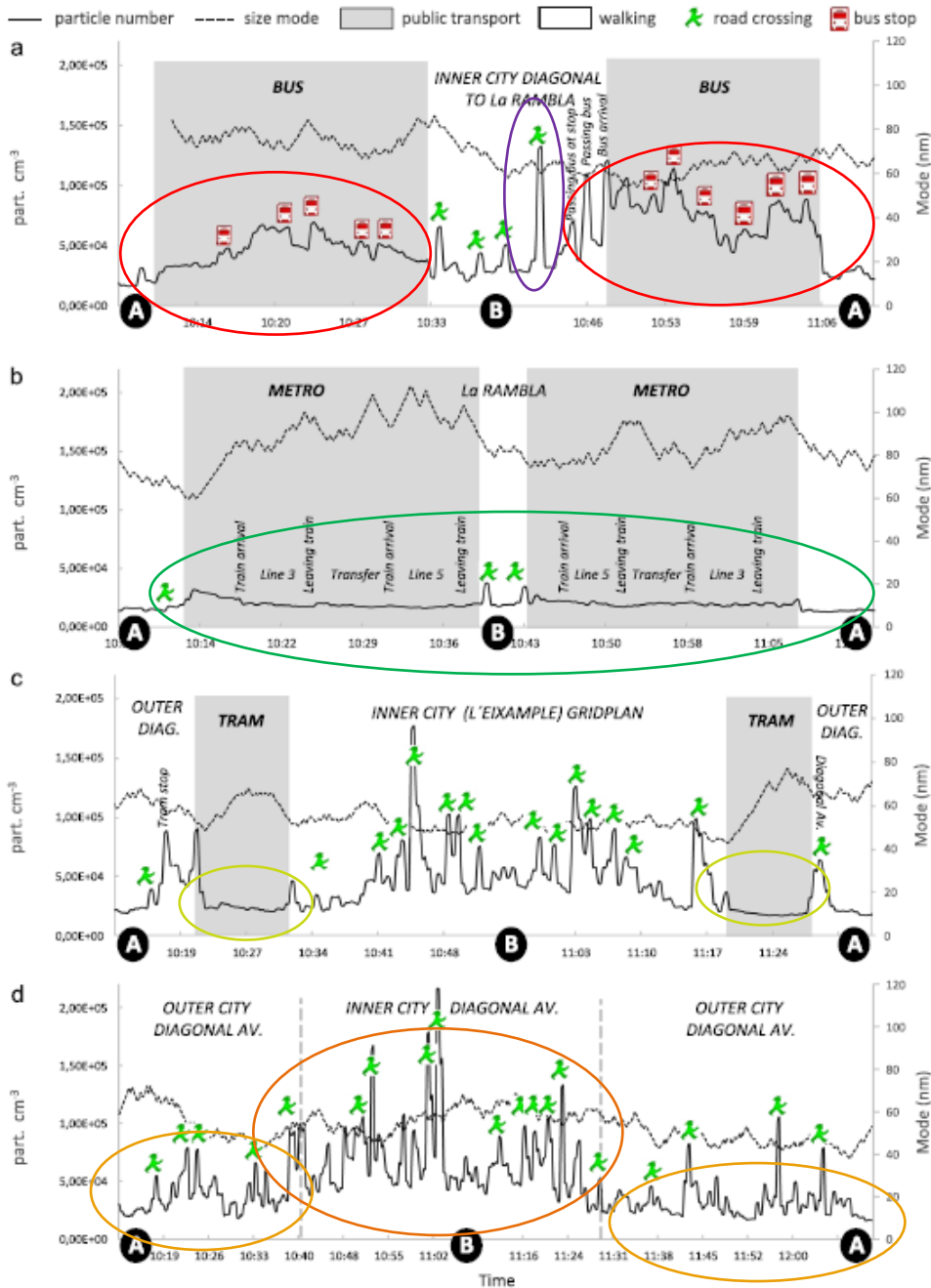
- Intersecciones y zona

Teresa Moreno, *et al.* Urban air quality comparison for bus, tram, subway and pedestrian commutes in Barcelona.

[Environmental Research](#) 2015;142:495-510



# UFP – Partículas ultrafinas



Fondo Urbano



Metro



TRAM



Andar por el suburbio



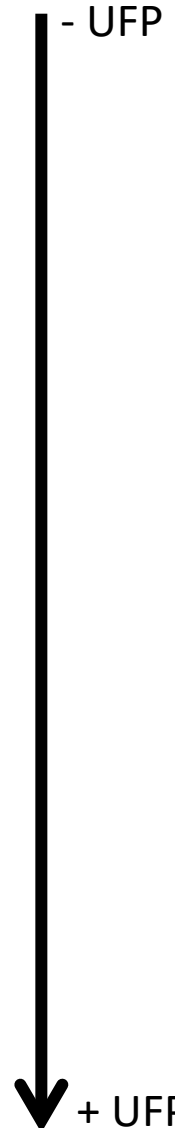
Andar por el centro



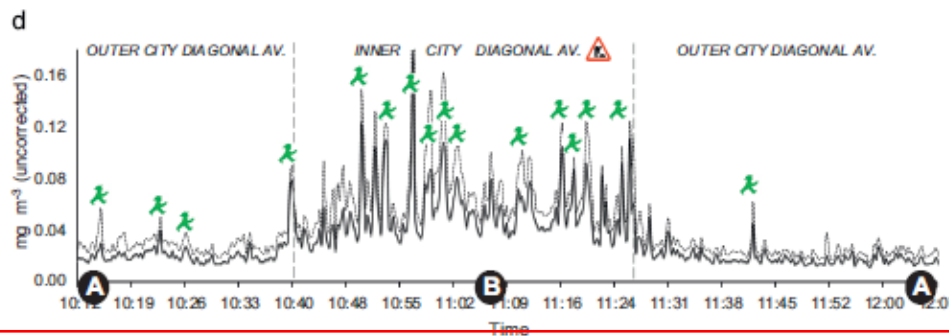
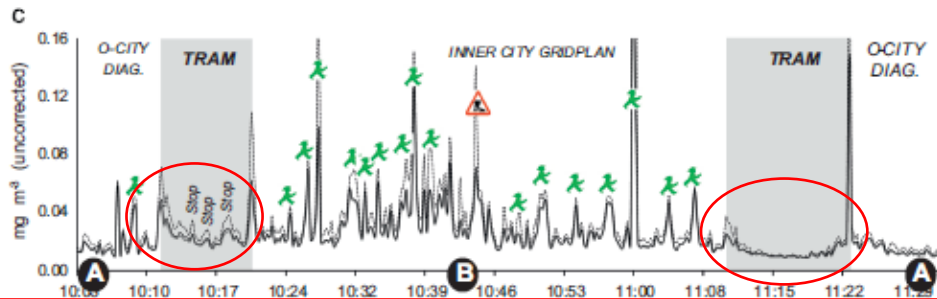
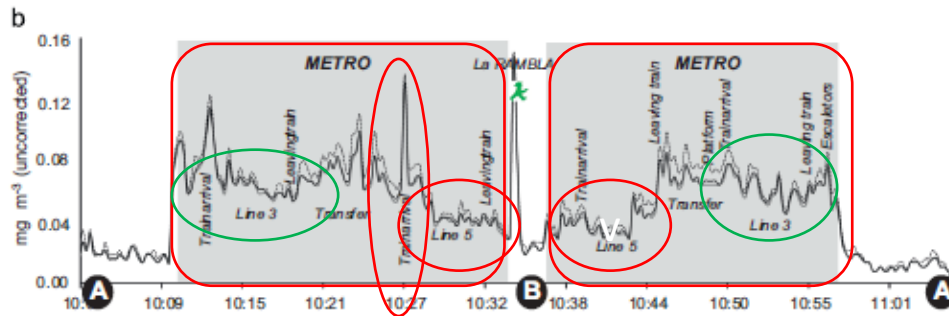
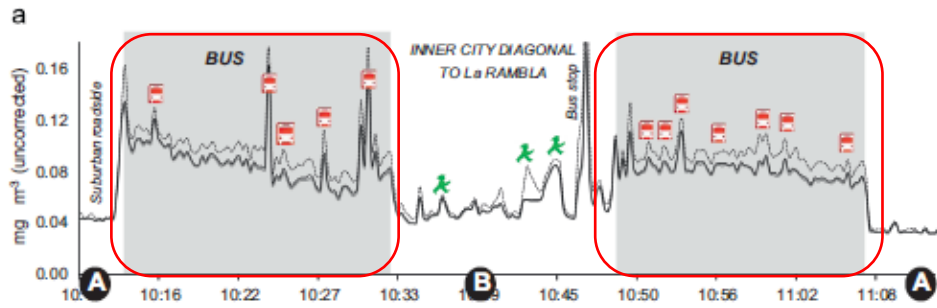
Bus



Intersecciones



# PM – Partículas finas



- ↑ Metro y bus

- ↑ Paradas bus e intersecciones

- ↑ Llegada del tren

- Diferencias según línea tren

- TRAM: Transporte público con menos PM

- Diferencia según zona

Date	Average			
	Walking	Metro	Tram + walking	Bus
$\mu\text{g m}^{-3}$				
PM <sub>2.5</sub>	278	42.6	30.6	45.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.2	0.2	0.01	0.2
SiO <sub>2</sub>	3.5	0.5	0.03	0.4
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	2.7	1.7	0.98	1.8
Ca	1.8	1.1	0.65	1.2
Fe	1.1	13.3	0.74	2.2
K	0.5	0.7	0.92	0.6
Na	0.4	0.3	0.20	0.3
Mg	0.3	0.3	0.10	0.2
P	0.04	0.03	0.03	0.06
S	1.1	0.7	0.59	0.6
$\text{ng m}^{-3}$				
Li	0.80	< dl	< dl	< dl
Ti	106.53	2710	14.35	34.65
V	8.92	4.66	3.51	7.72
Mn	18.38	120.35	14.23	23.71
Co	0.73	1.51	0.31	< dl
Cu	36.28	111.99	24.98	170.65
Zn	101.60	179.88	53.09	130.19
Ga	0.62	< dl	< dl	< dl
Ge	< dl	2.05	< dl	< dl
As	1.97	1.04	0.46	1.92
Rb	0.94	1.10	< dl	1.15
Sr	5.24	14.26	2.91	4.17
Y	2.53	2.47	2.53	3.15
Zr	2.69	13.31	< dl	32.37
Nb	0.11	< dl	< dl	< dl
Cd	0.22	0.15	0.29	< dl
Sn	5.84	5.42	3.89	5.67
Sb	1.98	2.47	0.66	24.05
Ba	23.08	494.60	19.80	59.86
La	0.54	0.38	0.48	0.49
Ce	1.22	0.90	0.58	1.13
Nd	0.29	0.22	< dl	0.16
Sm	0.73	1.09	0.94	1.02
Gd	0.17	0.52	0.13	0.19
Dy	0.49	0.47	0.54	0.61
Er	0.70	1.08	0.89	0.91
Pb	8.82	7.45	6.61	7.11
U	0.92	1.03	1.24	1.35

	PM2.5 Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Car	46.2
Cycle	29.5

Ratio Car:Bike = **1.56** Barcelona (de Nazelle et al, 2011)

Ratio Bike:Car = **3.63** London (Adams et al, 2001)

= 1.32 London (Kaur et al, 2005)

= 2.3 (Wijnen et al, 1995)

Inhaled dose ( $\mu\text{g}/\text{day}$ ) <sup>c</sup>	= 1.11 Dutch cities (Boogaard et al, 2009)
	= 4.4 (The Paris et al, 2010)
	= 1.09 Arnhem (Zuurbier et al, 2010)
	= 2.1 (Zuurbier et al, 2010)

= **1.24** mean of ratios

= 2.2 (de Hartog et al, 2010)

= **2.9** mean of ratios

# Cuál sería el modo de desplazamiento más saludable?

Los efectos en la salud por la exposición a la contaminación urbana depende de muchos factores:

- ❖ Concentración
- ❖ Medida partículas
- ❖ Composición
- ❖ Distancia/Tiempo exposición
- ❖ Actividad física
- Intensidad tráfico (zona)
- Momento del día
- Meteorología
- Tipo de vehículos (combustible)
- Distancia a la calle.

Modo Transporte



**¡GRACIAS!** 

CONAMA2016