

## REUNIÓN ANUAL SEDIGAS 2017

**Panel de calidad del aire**  
La contaminación urbana y su relación con la energía

**Ramón Gavela**  
**Director General del CIEMAT**  
**31 de mayo de 2017**

# INDICE

Historia de los problemas medioambientales globales severos

La contaminación en las ciudades

Actuaciones para gestionar la calidad del aire urbano

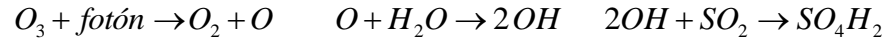
Algunos ejemplos de I+D+i para la sostenibilidad urbana

Conclusiones

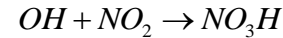
# HISTORIA DE LOS PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES GLOBALES SEVEROS

## Lluvia ácida

Conferencia Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano (Estocolmo, 1972)



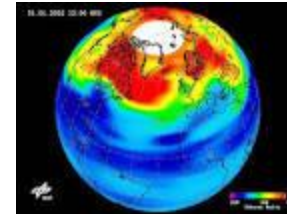
Se consigue controlar



## Agujero de ozono

Protocolo de Montreal de 1987. Producido por clorofluorocarbonos  
Equilibrio entre formación y destrucción bajo el efecto de rayos solares y sustancias químicas

Se consigue controlar



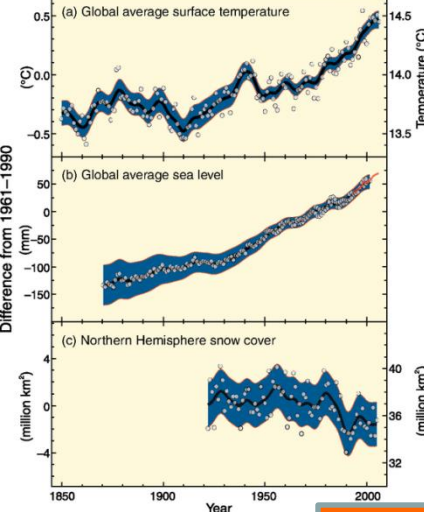
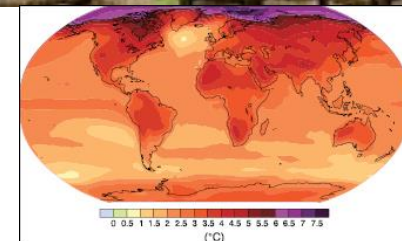
## Cambio climático

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (1988)  
creado por el Programa Medioambiental de Naciones Unidas  
y Organización Mundial Meteorológica  
GEI: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O,

Muy difícil de controlar

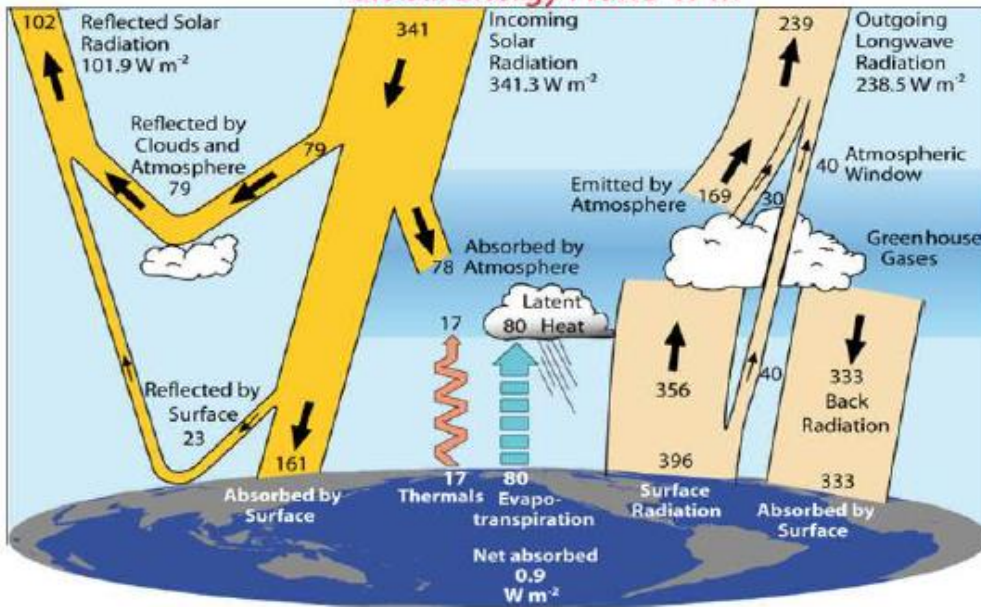
### Efectos catastróficos:

- Disminución cubierta de nieve
- Aumento superficie afectada por sequía
- Más calor
- Ciclones y huracanes
- Cambio de estaciones. Se adelanta la primavera
- Cambios en procesos físicos y especies

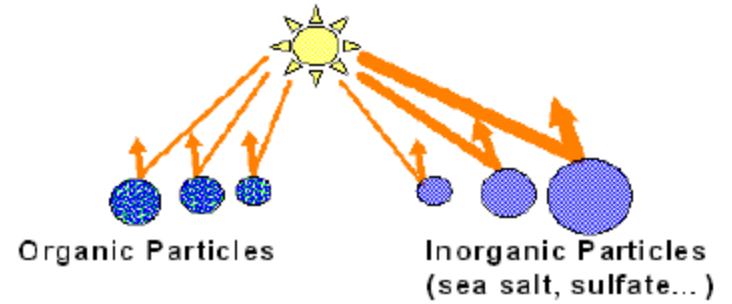


**NECESIDAD URGENTE PARA REDUCIR A 2°C EL AUMENTO DE TEMPERATURA MEDIA SOBRE LA TEMPERATURA PREINDUSTRIAL Y A 450 PPM LA CONCENTRACIÓN DE CO<sub>2</sub> EQUIVALENTE**

# Global Energy Flows $W m^{-2}$

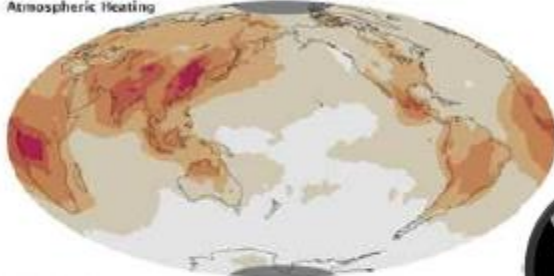


# Qué es el efecto invernadero?



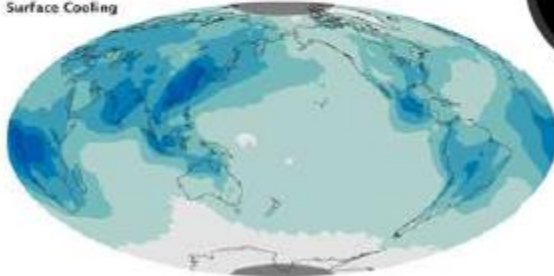
Las partículas en suspensión pueden tener un efecto de calentamiento o enfriamiento.

Atmospheric Heating



Black carbon aerosols, similar to the soot in a chimney, absorb sunlight rather than reflecting it. This warms the layer of the atmosphere carrying the black carbon, but also shades and cools the surface below... (Figure adapted from Chung, 2005.)

Surface Cooling

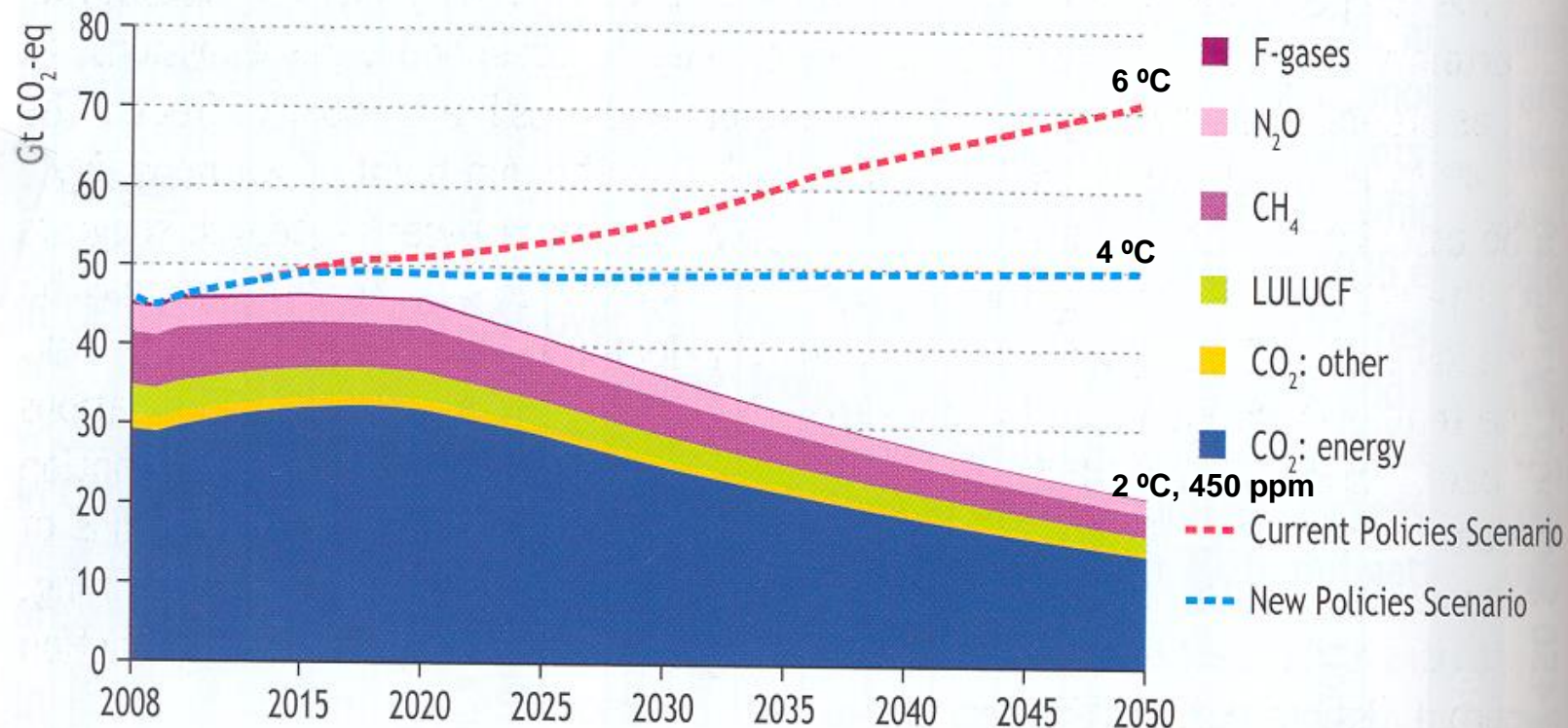


		Compuestos emitidos	Impulsores atmosféricos resultantes	Forzamiento radiativo por emisiones e impulsores	Nivel de confianza
Antropogénico	Gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	1,68 [1,33 a 2,03]	MA
		CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O <sup>equiv</sup> , O <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub>	0,97 [0,74 a 1,20]	A
		Halo-carbonos	O <sub>3</sub> , CFC, HCFC	0,18 [0,01 a 0,35]	A
		N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	0,17 [0,13 a 0,21]	MA
	Gases y aerosoles de vida corta	CO	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , O <sub>3</sub>	0,23 [0,16 a 0,30]	M
		COVNM	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , O <sub>3</sub>	0,10 [0,05 a 0,15]	M
		NO <sub>x</sub>	Nitrato, CH <sub>4</sub> , O <sub>3</sub>	-0,15 [-0,34 a 0,03]	M
	Gases y aerosoles de vida larga	Aerosoles y precursores (polvo mineral, SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , carbono orgánico y carbono negro)	polvo mineral, sulfato, nitrato, carbono orgánico, carbono negro	-0,27 [-0,77 a 0,23]	A
			Ajustes de nubes debidos a aerosoles	-0,55 [-1,33 a -0,06]	B
			Cambio del albedo debido al uso del suelo	0,15 [-0,25 a -0,05]	M
Natural		Cambios en la irradiación solar	0,05 [0,00 a 0,10]	M	
<b>Total de forzamiento radiativo antropogénico respecto de 1750</b>				2011: 2,29 [1,13 a 3,33] (A) 1980: 1,25 [0,64 a 1,86] (A) 1950: 0,57 [0,29 a 0,85] (M)	

Forzamiento radiativo respecto de 1750 ( $W m^{-2}$ )

# El origen y el futuro de las emisiones de CO2

**Figure 13.4** ● World anthropogenic greenhouse-gas emissions by type in the 450 Scenario



Note: F-gases include hydrofluorocarbons (HFCs), perfluorocarbons (PFCs) and sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) from several sectors, mainly industry.

Sources: IEA-OECD analysis using MAGICC (version 5.3v2) and OECD Env-Linkages models.

# INDICE

Historia de los problemas medioambientales globales severos

**La contaminación en las ciudades**

Actuaciones para gestionar la calidad del aire urbano

Algunos ejemplos de I+D+i para la sostenibilidad urbana

Conclusiones

# EL PROBLEMA DE LA CALIDAD DEL AIRE

**Historia:** Graves episodios a mediados siglo XX [Mosa (1930), Donora (1948), Londres (1952)]  
Demostración de relación mortalidad y morbilidad con la contaminación aguda  
Comprobación trastornos graves en salud por niveles moderados de contaminación

**Efectos:** 1,4 % muertes en el mundo debidas a contaminación aire (en Europa la mitad por vehículos de motor)  
Por ambientes interiores la cifra de muertes podría ser mayor

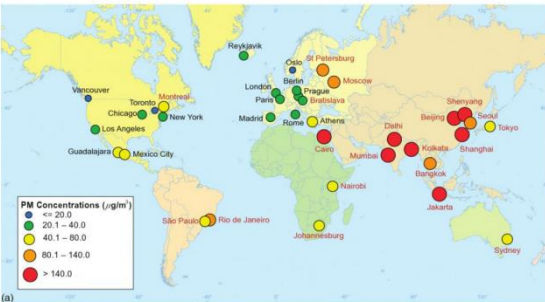


Figure 2.11 Annual concentrations of (a) particulate matter as PM<sub>2.5</sub> or TSP (city names shown in red), (b) nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and (c) sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) for selected cities (data from WHO 1998, OECD 2002, Salazar et al. 2003, AIRBASE 2005).

El Síndrome del Edificio Enfermo es un ejemplo de cómo la calidad del aire interior afecta a las personas, tiene una sintomatología especial

Irritación de ojos, nariz y garganta:

- Sequedad,
- Irritación
- Cambio de voz

Irritación de la piel:

- Enrojecimiento
- Irritación
- Sequedad

Efectos que afectan al sentido del olfato:

- Cambio de sensibilidad
- Olores desagradables
- Mucosidad nasal y lagrimeo

Ruidos bronquiales, asma síntomas asmáticos, síntomas neurotóxicos, dolor de cabeza, náuseas, etc.



Además aparición o agravamiento de enfermedades (asma, alergias, bronquitis, respiratorias)



# CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

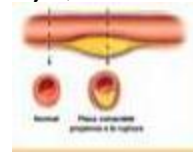
## Partículas materiales (PM)

### Efectos en la salud

mueres prematuras y reducción calidad de vida al agravar ciertas enfermedades respiratorias, como asma. Aumento de la coagulación sanguínea, elevación de la presión arterial y frecuencia cardiaca, lo que conlleva aumento de enfermedades cardiovasculares, como el infarto de miocardio. Las partículas menores de  $2,5 \mu\text{m}$  llegan a los alveolos pulmonares y las inferiores a  $1 \mu\text{m}$  al torrente sanguíneo.

### Fuentes

Se producen en motores diesel, combustión de fósiles, mezcla y aplicación de fertilizantes, construcción, industria del acero, minería, quema de rastrojos, chimeneas de hogar y estufas de leña



## Ozono (O3)

### Efectos en la salud

Potente oxidante que produce inflamación de vías respiratorias, daño pulmonar, irritación de los ojos, inflamaciones y cambios morfológicos, bioquímicos y funcionales en el sistema respiratorio, así como disminución de las defensas del organismo



### Fuentes

Contaminante secundario. Se forma por  $\text{NO}_2$ , COV y luz solar. Los vehículos y la industria son las fuentes principales de ozono a nivel de suelo.

## Oxidos de nitrógeno (NOx)

### Efectos en la salud

Afecta al aparato respiratorio al irritar los alveolos pulmonares y vías aéreas debido a que se disuelve en el agua de las mismas para formar ácidos nítrico y nitroso nocivos para los epitelios, produciendo reducción de capacidad pulmonar, síntomas respiratorios, aumento de ingresos hospitalarios e incluso muerte prematura a concentraciones elevadas.

### Fuentes

Combustión de gasolina, carbón y otros combustibles.



## Oxidos de azufre (SOx)

### Efectos en la salud

Irritantes del tracto respiratorio, ocasionando enfermedades crónicas del sistema respiratorio como bronquitis y enfisema pulmonar. En presencia de partículas se agudiza el efecto ya que el  $\text{SO}_2$  paraliza los cilios del aparato respiratorio, por lo que las partículas penetran en las vías inferiores arrastrando los compuestos azufrados que originan graves daños e incluso la muerte.

### Fuentes

Combustión de carbón en térmicas. También de procesos industriales como fabricación de papel, fundición de metales. Como los óxidos de nitrógeno el  $\text{SO}_2$  es uno de los causantes principales del smog y la lluvia ácida. La fuente natural principal es la de emisiones volcánicas.



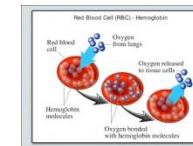
## Monóxido de carbon (CO)

### Efectos en la salud

Muy tóxico y considerado principalmente de interior. Afinidad por la hemoglobina de los glóbulos rojos con la que forma carboxihemoglobina reduciendo la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre y en concentraciones elevadas puede causar la muerte

### Fuentes

Se produce en la combustión incompleta de fósiles, carbón, madera, tabaco. Como fuente natural en fuegos forestales. Se halla en altas concentraciones en lugares cerrados, como garajes y túneles mal ventilados, así como en caminos de tránsito congestionado

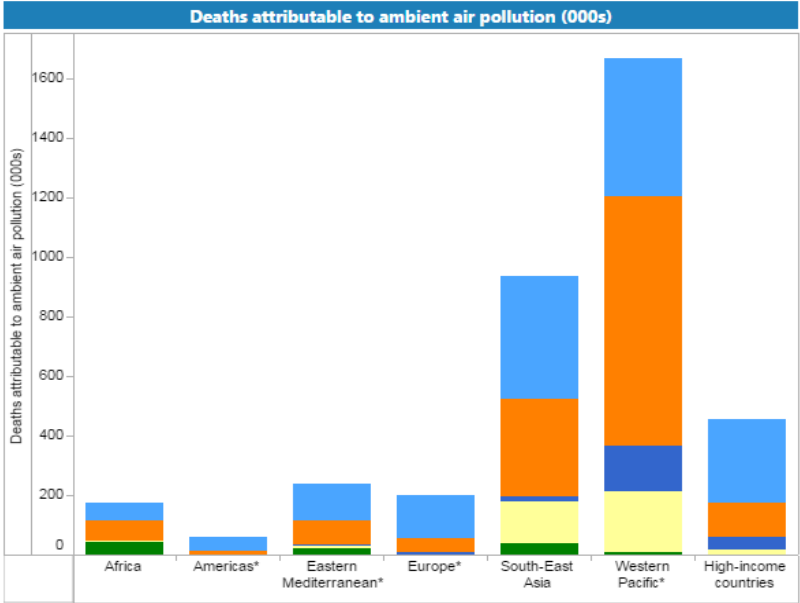


**El tráfico es la fuente principal de contaminación en las ciudades, siendo las partículas, el  $\text{NO}_2$  y el ozono los contaminantes más críticos**



# WHO - Global Health Observatory

## Muertes atribuibles a la contaminación atmosférica 2003-2010



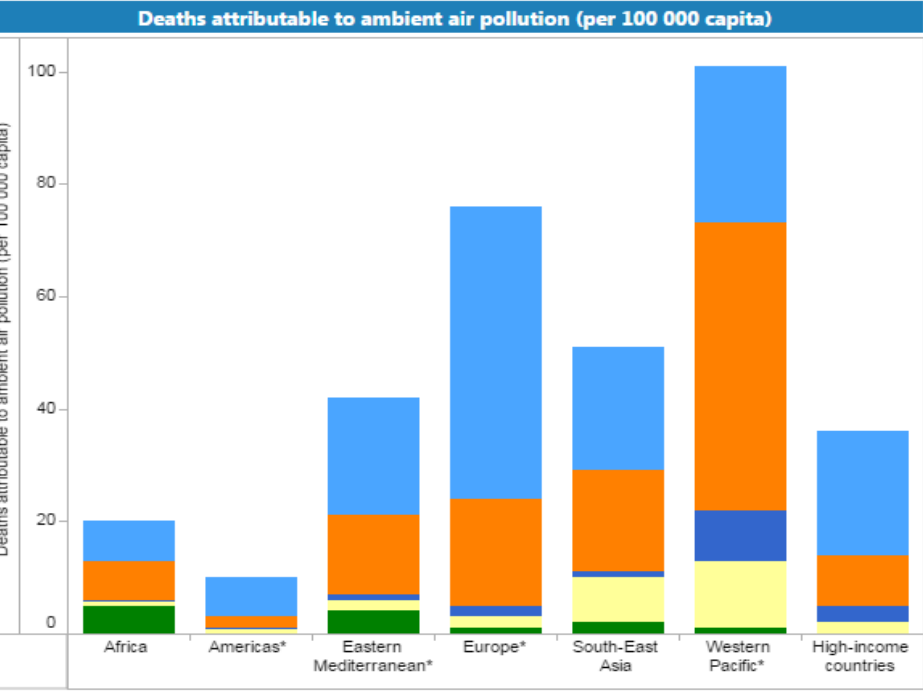
**Select a graph:**

- Deaths attributable to ambient air pollution (000s)
- Deaths attributable to ambient air pollution (per 100 000 capita)

- IHD (adults)
- Stroke (adults)
- Lung cancer (adults)
- COPD (adults)
- ALRI (children < 5 years)

IHD: Ischaemic heart disease  
 COPD: Chronic obstructive pulmonary disease  
 ALRI: Acute lower respiratory infection

\* low- and middle-income countries



**Select a graph:**

- Deaths attributable to ambient air pollution (000s)
- Deaths attributable to ambient air pollution (per 100 000 capita)

- IHD (adults)
- Stroke (adults)
- Lung cancer (adults)
- COPD (adults)
- ALRI (children < 5 years)

IHD: Ischaemic heart disease  
 COPD: Chronic obstructive pulmonary disease  
 ALRI: Acute lower respiratory infection

\* low- and middle-income countries

# MUERTES PREMATURAS EN EUROPA POR CONTAMINACIÓN URBANA

Muertes prematuras, en 40 países europeos (2012):

- 432.000 atribuibles a exposición de PM<sub>2.5</sub>
- 75.000 atribuibles al NO<sub>2</sub>
- 17.000 atribuibles al O<sub>3</sub>

Muertes prematuras, en 28 países de la UE (2012):

- 403.000 atribuibles a exposición de PM<sub>2.5</sub>
- 72.000 atribuibles al NO<sub>2</sub>
- 16.000 atribuibles al O<sub>3</sub>

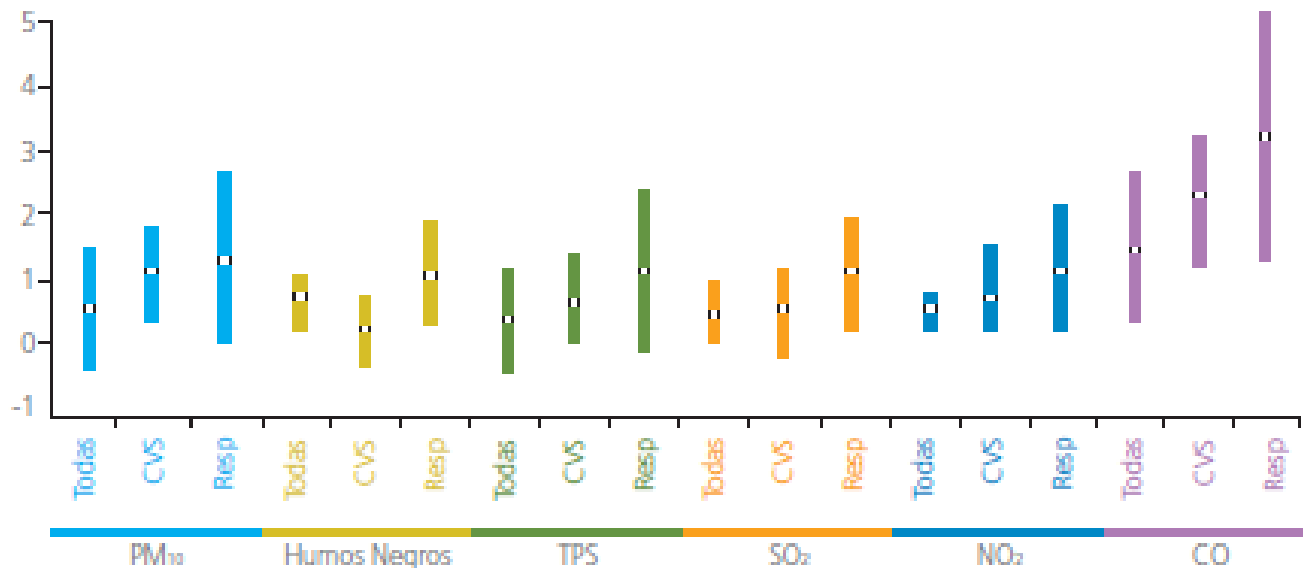
Table 9.2 Premature deaths attributable to PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> exposure in 2012 in 40 European countries and the EU-28

Country	PM <sub>2.5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
Austria	6 100	320	660
Belgium	9 300	170	2 300
Bulgaria	14 100	500	700
Croatia	4 500	270	50
Cyprus	790	40	0
Czech Republic	10 400	380	290
Denmark	2 900	110	50
Estonia	620	30	0
Finland	1 900	60	0
France	43 400	1 500	7 700
Germany	59 500	2 100	10 400
Greece	11 100	780	1 300
Hungary	12 800	610	720
Ireland	1 200	30	0
Italy	59 500	3 300	21 600
Latvia	1 800	60	90
Lithuania	2 300	80	0
Luxembourg	250	10	60
Malta	200	20	0
Netherlands	10 100	200	2 800
Poland	44 600	1 100	1 600
Portugal	5 400	320	470
Romania	25 500	720	1 500
Slovakia	5 700	250	60
Slovenia	1 700	100	30
<b>Spain</b>	<b>25 500</b>	<b>1 800</b>	<b>5 900</b>
Sweden	3 700	160	10
United Kingdom	37 800	530	14 100
Albania	2 200	140	270
Andorra	60	4	0
Bosnia and Herzegovina	3 500	200	70
former Yugoslav Republic of Macedonia, the	3000	130	210
Iceland	100	2	0
Liechtenstein	20	1	3
Monaco	30	2	7
Montenegro	570	40	20
Norway	1 700	70	200
San Marino	30	2	0
Serbia (*)	13 400	550	1100
Switzerland	4 300	240	950
<b>Total (*)</b>	<b>432 000</b>	<b>17 000</b>	<b>75 000</b>
<b>EU-28 (*)</b>	<b>403 000</b>	<b>16 000</b>	<b>72 000</b>

Air quality in Europe — 2015 report



**Asociación entre contaminación atmosférica y la mortalidad en el estudio EMECAS. Expresado como el aumento (en %) en el número de defunciones diarias (al 95% IC) asociado con el incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> (1 µg/m<sup>3</sup> para el CO) en los niveles de contaminante**



Todas: defunciones por todas las causas menos las externas  
 CVS: defunciones por causas del aparato circulatorio  
 Resp: defunciones por causas respiratorias

**CIUDADES DEL ESTUDIO EMECAS**

- |           |          |           |            |
|-----------|----------|-----------|------------|
| Barcelona | Bilbao   | Cartagena | Castellón  |
| Granada   | Gijón    | Huelva    | Las Palmas |
| Madrid    | Oviedo   | Pamplona  | Sevilla    |
| Tenerife  | Valencia | Vigo      | Zaragoza   |

• Fuente: estudio EMECAM-EMECAS, Ballester et al. Med Clín 2003.

# COSTES ECONÓMICOS ANUALES ASOCIADOS A LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA UE

Contaminante	Causa	Coste (millones de euros/año)
Ozono	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias	28
	Días con restricción parcial de actividades	2.071
	Utilización de medicamentos para enfermedades respiratorias (niños)	20
	Utilización de medicamentos para enfermedades respiratorias (adultos)	8
	Tos y síntomas de insuficiencia respiratoria (niños)	4.152
	<b>Coste total de la morbilidad asociada al ozono</b>	<b>6.280</b>
Partículas (PM)	Bronquitis crónica	30.687
	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias	124
	Ingresos hospitalarios por causas cardíacas	77
	Días con restricción de actividades	28.997
	Utilización de medicamentos para enfermedades respiratorias (niños)	4
	Utilización de medicamentos para enfermedades respiratorias (adultos)	26
	Síntomas de insuficiencia respiratoria, incluyendo tos, en niños	7.405
	Insuficiencia respiratoria en adultos con síntomas crónicos, incluyendo tos en niños	10.962
	<b>Coste total de la morbilidad asociada a las partículas</b>	<b>78.283</b>
<b>Coste medio total de la morbilidad asociada a la contaminación atmosférica</b>		<b>84.562</b>

Contaminante	Causa	Coste (millones de euros/año)
Ozono	Mortalidad aguda (muertes prematuras)	1.119 – 2.512
	<b>Coste total de la mortalidad asociada al ozono</b>	<b>1.119 – 2.512</b>
Partículas (PM)	Mortalidad crónica (pérdida de años de vida)	189.203 - 424.690
	Mortalidad crónica (muertes prematuras)	340.670 - 700.901
	Mortalidad infantil (0-1 años) (muertes prematuras)	952 - 1.903
	<b>Coste total de la mortalidad asociada a las partículas</b>	<b>190.155-702.804</b>
<b>Coste medio total de la mortalidad asociada a la contaminación atmosférica</b>		<b>191.274 – 705.316</b>

*Nota:* Para la valoración de los costes asociados a la contaminación por ozono se ha tenido en cuenta la media y la mediana. La valoración de los costes asociados a la contaminación por partículas se ha realizado con dos variables distintas: número de muertes prematuras y reducción de los años de vida (n°); para cada una de estas variables se ha calculado la media y la mediana. La estimación más elevada corresponde a la media de las muertes prematuras, mientras que la de menor coste corresponde a la mediana de años de vida perdidos.

Fuente: CAFE CBA: Baseline Analysis 2000 to 2020. 2005.

**En España el coste de mortalidad y morbilidad está entre 16.839 y 45.838 M€/año**

# NORMATIVA APLICABLE PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE URBANO

Directiva 2008/50/CE  
Directiva 2004/107/CE



RD 102/2011  
Información a la CE sobre calidad del aire

	VLH	VLD	VLA	IME	VL ecosistema	Situación en 2014
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	350 (24)	125 (3)			20	☺
NO <sub>2</sub> y Nox (µg/m <sup>3</sup> )	200 (18)		40		30	[1], [6]
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		50 (35)	40			[3]
PM <sub>2,5</sub>			25+1	12,3		☺
Pb (µg/m <sup>3</sup> )			0,5			☺
Benceno (µg/m <sup>3</sup> )			5			☺
CO (mg/m <sup>3</sup> )		10				☺
Ozono (µg/m <sup>3</sup> )		max120(25)			18.000 µg/m <sup>3</sup> .h	[42],[58]
As (ng/m <sup>3</sup> )			6		6	☺
Cd (ng/m <sup>3</sup> )			5		5	☺
Ni (ng/m <sup>3</sup> )			20		20	[1]
Benzo(a)Pireno (ng/m <sup>3</sup> )			1		1	☺

[n] nº de zonas en que se incumple el límite

Medidas en estaciones fijas (indicativas) o modelización (estimación objetiva)  
Avance de la evaluación de la calidad del aire en España en 2014. Julio n2015, MAGRAMA

. Estimación de la población afectada por niveles de contaminación.

Total población España (sin Canarias). Año 2000	38.960.364	% población expuesta
Incumplimiento alerta horaria O <sub>3</sub>	28.018.160	71,91%
Incumplimiento superaciones octohorarias O <sub>3</sub>	33.038.578	84,80%
Incumplimiento umbral Información horaria O <sub>3</sub>	38.571.696	99,00%
Superación anual NO <sub>2</sub>	14.836.323	38,08%
Superación anual PM <sub>10</sub>	12.422.982	31,89%
Superaciones diarias PM <sub>10</sub>	28.028.042	71,94%
Superación anual SO <sub>2</sub>	556.976	1,43%

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente. Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

# PERCEPCIÓN Y ACTITUDES DE LA POBLACIÓN ESPAÑOLA SOBRE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Principales problemas relacionados con el medio ambiente a nivel local, nacional y mundial, Porcentaje\*.

Medio ambiente	A nivel local	A nivel nacional	A nivel global
La contaminación atmosférica en general	16,5	23,1	22,9
El efecto Invernadero	1,2	3,3	19,0
El excesivo número de vehículos	14,9	14,5	7,4
La construcción masiva	2,5	1,0	0,5
Las centrales nucleares	1,4	3,1	4,8
La escasez de agua	2,8	5,3	2,3
La calidad del agua	2,8	2,8	2,7
La erosión y la desertificación	1,1	2,5	2,7
La desaparición de especies	0,6	1,2	1,7
La tala de árboles	1,3	1,9	6,0
La pérdida de tierras de cultivo	1,0	0,6	0,2
La construcción en los espacios naturales	14,1	0,9	0,3
La falta de equipamientos	14,1	6,6	2,4
La falta de espacios verdes	4,8	2,4	0,8
Los incendios forestales	1,8	9,3	2,5
La suciedad	17,1	5,3	1,6
La contaminación acústica	8,8	3,3	1,0
La contaminación Industrial	13,8	20,0	17,1
La contaminación de las costas	2,0	5,2	4,0
La contaminación de los ríos	5,1	6,9	2,0
La contaminación lumínica	0,3	0,2	0,0
La falta de educación ambiental	5,3	5,7	3,3
La falta de energías limpias	0,2	0,8	0,4
Otras respuestas	2,3	1,5	4,4
Ninguno	3,4	0,1	0,0
NS/NC	16,8	20,0	26,4

• Fuente: Encuesta Ecología y Medio Ambiente. CIS, 2005.

(\*) Nota: Los ciudadanos debían señalar dos de los problemas mencionados en la lista.

# INDICE

Historia de los problemas medioambientales globales severos

La contaminación en las ciudades

**Actuaciones para gestionar la calidad del aire urbano**

Algunos ejemplos de I+D+i para la sostenibilidad urbana

Conclusiones

# PROCESOS PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE URBANO

**PLANEAMIENTO URBANO**

- Espacios verdes
- Ordenación residencial (difusa o concentrada)
- Espacios industriales
- Infraestructuras (agua, residuos, energía, transporte)

**FUERZAS MOTRICES**

- Transporte y movilidad
- Industria
- Energía
- Sector doméstico
- Agricultura

**PRESIÓN (emisiones)**

- PM, Nox, CO, COV, SO2
- CO2 (efecto invernadero)

**Monitorización Modelización**

**ESTADO**

- Concentración contaminantes
- Población afectada
- Nivel equidad ambiental

**Cambio Climático**

**RESPUESTAS**

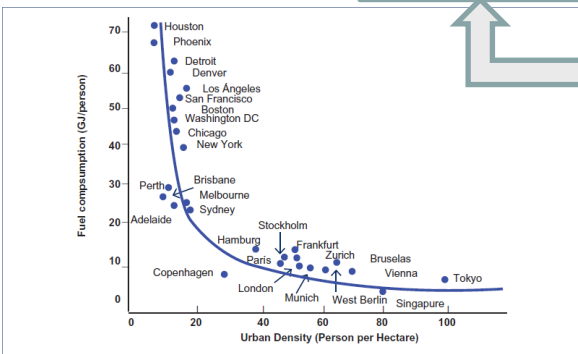
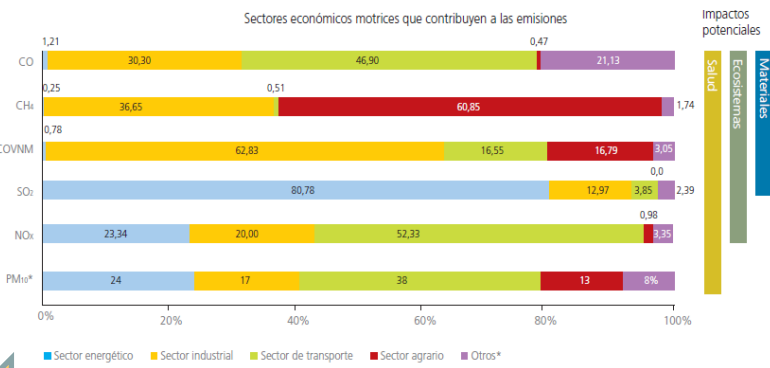
- Control de la Administración
- Alertas a la población
- Legislación calidad aire y límites
- Planes de saneamiento atmosférico, transporte sostenible, ecoeficiencia
- Fiscalidad ambiental
- Comunicación y participación ciudadana

**IMPACTOS**

- Salud
- Ecosistemas
- Materiales y Patrimonio

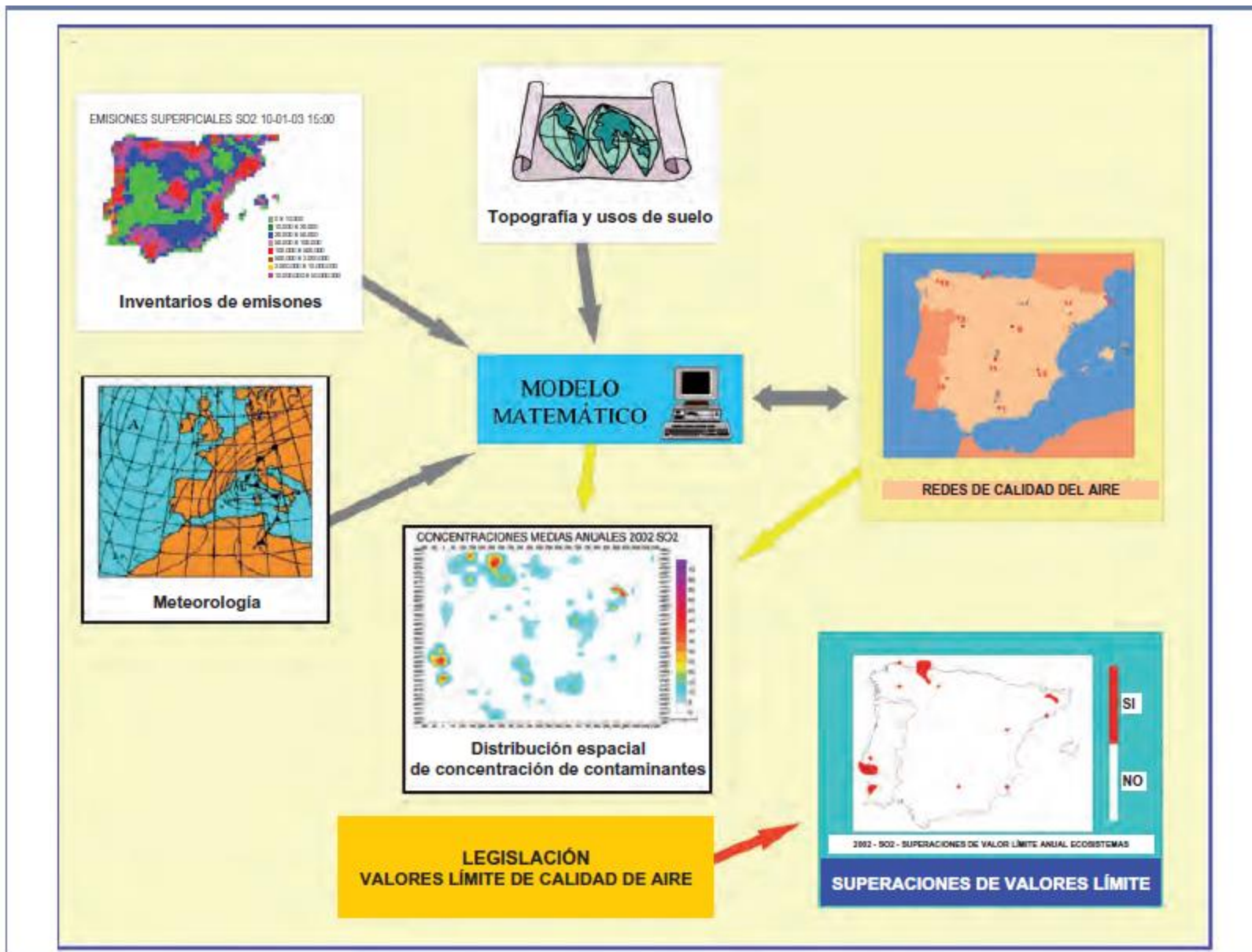
**Efectos globales**

- Aumento temp. Olas de calor
- Aumento nivel mar
- Desertización
- Catástrofes naturales



Fuente: N.B. Grimm, et al., Global Change and the Ecology of Cities, Science 319, 756 (2008). Citado en CCEIM, Fundación Conama y OSE (2009): Cambio Global España 2020/50. Programa Ciudades: Hacia un pacto de las ciudades españolas antes del cambio global.  
 Nota: Eje de ordenadas, consumo de gasolina (GJ/persona), eje de abscisas, densidad urbana (personas por hectárea).





Fuente: CIEMAT, 2012.

# INTERÉS DE LA MODELIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

- Conocer de forma integrada los procesos en una zona, su interacción y predominio
- Evaluar la calidad del aire en cada zona como complemento de las mediciones fijas
- Conocer el impacto y contribución de las fuentes
- Diseñar planes y programas para garantizar el cumplimiento de los límites de calidad de aire
- Predecir la calidad del aire. Estimar el efecto de medidas de mitigación (restricción tráfico, etc)
- Gestionar emergencias por emisiones tóxicas

## DIFICULTADES

Calidad de inventarios de emisiones

Calidad de inputs meteorológicos o de concentración de fondo

Dificultad de modelización de la geometría

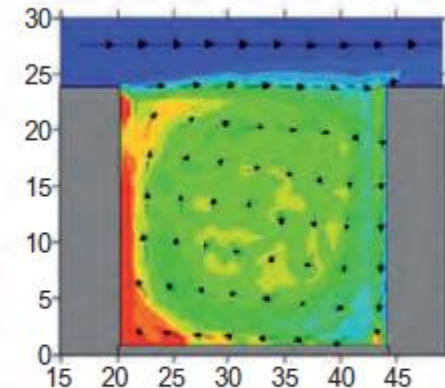
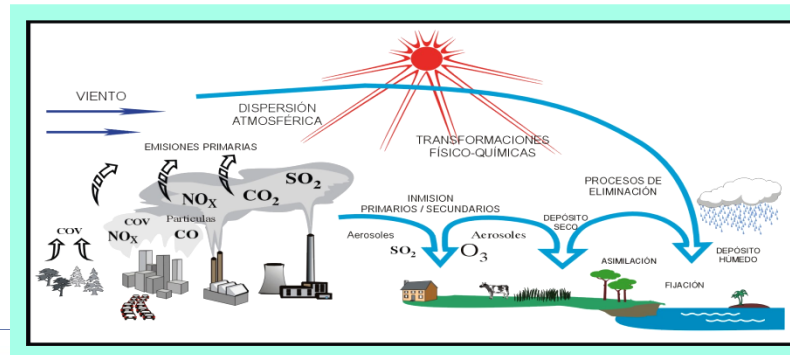
Costo y complejidad de la computación

## ESCALAS

*Macroescala.* Miles km y varios días

*Mesoescala,* centenas km y varias horas

*Microescala,* menor de 10 km y menor de 1 hora



# ACTUACIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE URBANO Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

## MOVILIDAD

- Promover el VE, transporte público, la bicicleta y el GN
- Plan actuación en superación de límites
- Teletrabajo
- Desarrollo de tecnologías de eliminación de contaminantes

## ENERGÍA LIMPIA

- Energía distribuida comunitaria (Fotovoltaica, Minieólica, Biomasa, Biocarburantes de RSU, sustitución por GN)
- Ahorro y eficiencia energética (Ciudad inteligente, Edificación eficiente, Iluminación pública)

## MONITORIZACIÓN Y MODELIZACIÓN

- Optimización de estaciones de medida
- Vigilancia y gestión de la contaminación
- Análisis de actuaciones de mitigación

## PLANEAMIENTO URBANO

- Optimización del tejido urbano, evitando difusión urbana
- Planteamientos de justicia ambiental que evite la marginación

## INCENTIVACIÓN TARIFARIA Y FISCAL

- Tarifas de aparcamiento para vehículos limpios
- Reducción de impuestos en vehículos limpios

## EDUCACIÓN Y DIFUSIÓN

- Educación infantil sobre la calidad del aire
- Campañas de mentalización ciudadana

## I+D+i+d

Eliminación de contaminantes, estudio de recursos energéticos en ciudad, modelización de contaminación, demostración de energía y eficiencia, etc.

**Perspectiva multiescalar (Administración central, Administración Regional, Provincias, Ayuntamientos) y transversal (integración de políticas de medio ambiente, urbana, económica, participación pública)**

# INDICE

Historia de los problemas medioambientales globales severos

La contaminación en las ciudades

Actuaciones para gestionar la calidad del aire urbano

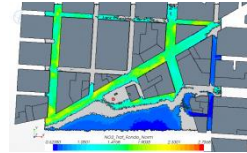
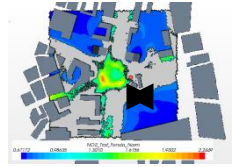
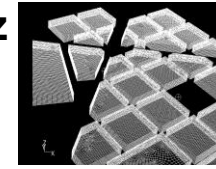
**Algunos ejemplos de I+D+i para la sostenibilidad urbana**

Conclusiones

# CIEMAT. ALGUNOS PROYECTOS DE MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE URBANO

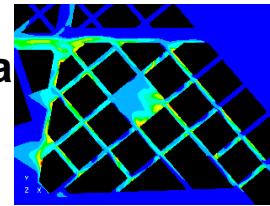
## Estudios de representatividad de estaciones de medida de contaminantes

- En un barrio de Pamplona en torno a plaza Cruz
- En Plaza de Castilla
- En zona de Escuelas Aguirre Madrid (EE.AA)



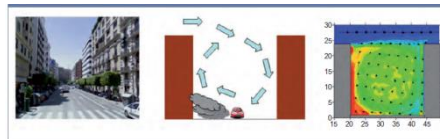
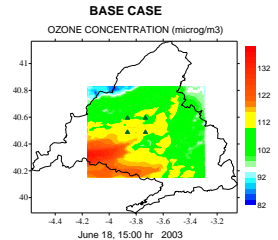
## Estudios de ordenamiento del tráfico

- Comprobación de metodología en plaza de la Cruz de Pamplona
- Proyecto Life Respira en Pamplona (ciclistas, rutas saludables)
- Medida emisiones de vehículos (vehículo monitorizado, banco de ensayos, detección dinámica de vehículos contaminantes)

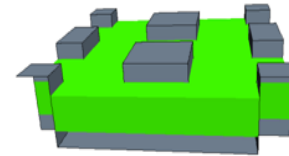


## Efecto de la vegetación en la calidad del aire

- Efecto del Pardo en el ozono Proyecto Hereplus (UE)
- Efecto en calidad del aire en las calles

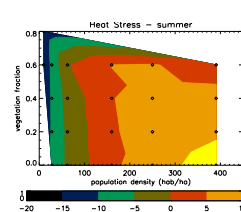
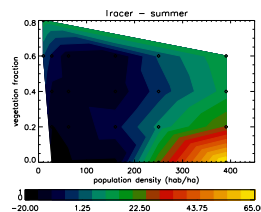
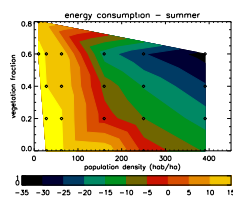


Fuente: CIEMAT, 2012.

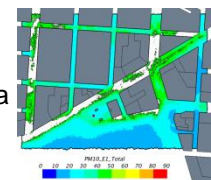


## Estructura urbana frente a confort térmico, consumo de energía y calidad del aire

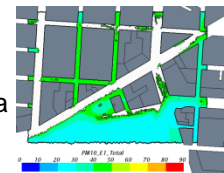
- En 22 ciudades, variando densidad de población y fracción vegetal



0%  
biomasa



100%  
biomasa



## Evaluación impacto calderas de biomasa en la concentración de PM10. Zona EE.AA

# EPISODIO DE DICIEMBRE DE 2016 EN MADRID

Perfil WRF + T	Escenario sin cortes (Esc. 1)	Escenario con reducción - 15% (real) (Esc. 2)	Escenario Gran Vía (-50%) (Esc. 3)	Escenario Gran Vía (-100%) (Esc. 4)
Concentración Plaza del Carmen ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	141.5	133	116.4	91.3
Concentración promedio espacial ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	112.9	108.7	104.3	95.7
Desviación estándar del promedio ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	41.1	34.9	28.9	24.7
Máximo Concentración ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	416	366	362	362
Máximo Concentración debido emisiones Gran Vía ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	328	278	164	0
Concentración Promedio debido emisiones Gran Vía ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	17.2	14.6	8.6	0
Contribución Gran Vía a la concentración promedio (%)	15.2	13.4	8.2	0
Contribución Gran Vía máximo (%)	79	76	65	0



UNIÓN EUROPEA  
Fondos Estructurales



**Comunidad  
de Madrid**

# MODELIZACIÓN DEL IMPACTO DE LAS CALDERAS DE BIOMASA EN LA CALIDAD DEL AIRE URBANO. CIEMAT para MAGRAMA

Escenario	Proporción de tipos de calderas en consumo energético	Aumento del área de superaciones de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 respecto al escenario base	Máximo aproximado de la concentración de PM10 debido a las calderas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
0	Biomasa=0.6%; Gas Natural=76.6%; Productos Petrolíferos=20.6%; Carbón=2.2%	0%	1.8
1.a	Biomasa( $150 \text{ mg}/\text{m}^3$ )=25% ; Gas Natural=75%	20%	6
1.b	Biomasa( $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ )=25% ; Gas Natural=75%	3%	2.5
2.a	Biomasa( $150 \text{ mg}/\text{m}^3$ )=50% ; Gas Natural=50%	52%	11
2.b	Biomasa( $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ )=50% ; Gas Natural=50%	14%	4.5
3.a	Biomasa( $150 \text{ mg}/\text{m}^3$ )=75% ; Gas Natural=25%	85%	16
3.b	Biomasa( $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ )=75% ; Gas Natural=25%	24%	6.5
4.a	Biomasa( $150 \text{ mg}/\text{m}^3$ )=100% ;	117%	21
4.b	Biomasa( $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ )=100%	38%	8.5
5	Gas Natural=100%	-7%	0.5
6	Carbón=100%	278%	55



# Assessment of the key parameters of the photocatalytic properties for construction materials: LIFE-MINOX-STREET European Project

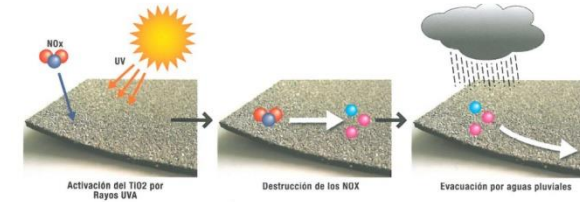


Total Budget: 1,912,619€

% UE Contribution: 46%

## Beneficiaries:

- **INECO** (Engineering and Transport Economics, SA) (coordinating partner)
- **CIEMAT** (Departments of Energy, Environment and Technology) (majority shareholder)
- **CEDEX** (Center for Studies and Experimentation of Public Works)
- **Alcobendas** Council



**El objetivo del proyecto es la eliminación de óxidos de nitrógeno de la atmósfera urbana.**

## Actividades:

- \* Ensayo en laboratorio de materiales fotocatalíticos como absorbentes de NOx y selección de los más eficaces
- \* Estudio de los materiales anteriores en superficies urbanas reales (pavimentos, fachadas, aceras)
- \* Estudio del coste beneficio de estas tecnologías





# CIEMAT. Aprovechamiento eólico en entornos urbanos y peri-urbanos

Según la Directiva Europea 2010/31/UE, todos los edificios residenciales y terciarios que se construyan a partir de 2020, deberán ser de demanda de energía casi nula NZEB, promoviendo la Eficiencia Energética y la integración de las energías renovables.

CIEMAT, en colaboración con la Asociación de empresarios de pequeña eólica, IDAE y APPA, y en el marco de la AIE y de H2020, realiza las siguientes actividades:

Desarrollo de procedimientos para la medida y evaluación del recurso eólico, combinando medida (anemometría 2D y 3D) con modelos meso-escalares (WP) y micro-escalares (CFD).

Desarrollo de Procedimientos de ensayo de tecnología eólica de baja potencia (Ciemat dispone de un laboratorio eólico acreditado por ENAC en Soria).

Recomendaciones prácticas para el etiquetado de aerogeneradores de pequeña potencia

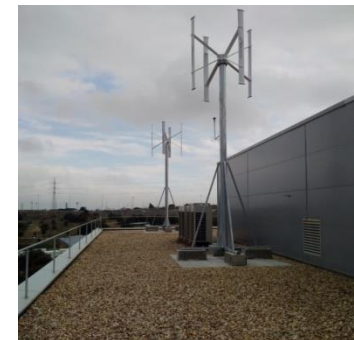
Recomendaciones para la autorización de instalaciones minieólicas de competencia municipal” que faciliten la gestión de permisos para la integración de esta tecnología eólica en entorno urbano.

Estudio del recurso eólico en entorno urbano y peri-urbano.

Algunas ciudades de España ya disponen de atlas eólicos de las zonas con un mayor recurso eólico (Barcelona). **Ciemat** está trabajando en que esta actividad (City Wind Maps) se extienda a otras ciudades

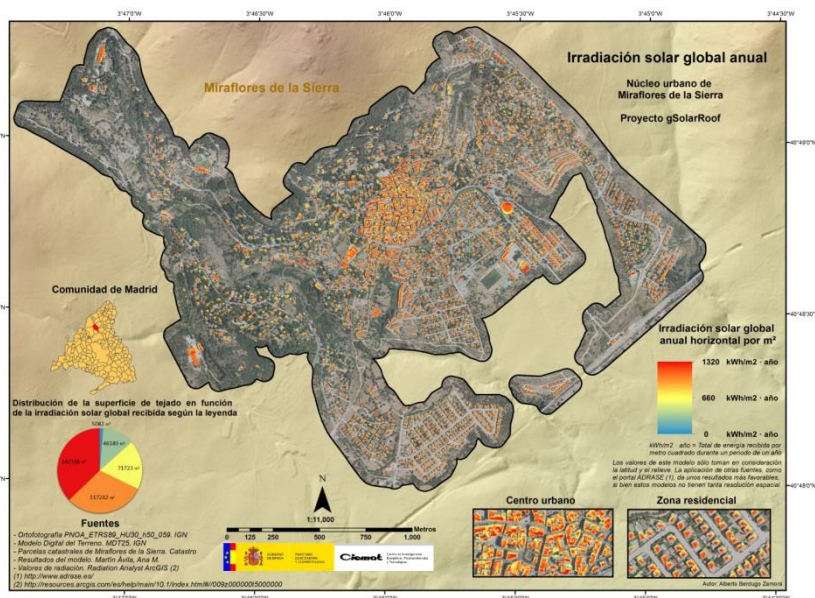


Planta de ensayos de pequeños aerogeneradores (< 100 kW) en el CEDER (CIEMAT), Lubia, Soria



Aerogeneradores Technowind en UPM Madrid

## Principales resultados

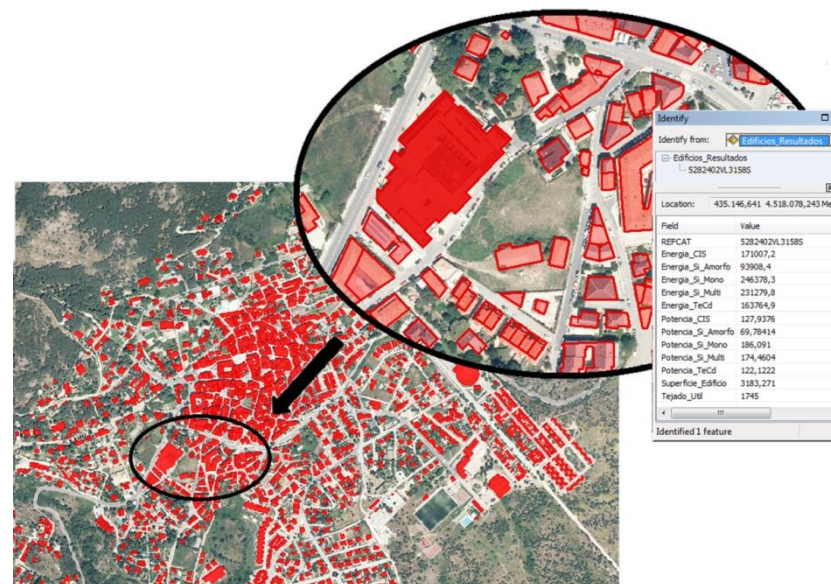


EDIFICIOS	
Nº Edificios analizados	2.849
Nº Edificios con superficie útil	2.611
IRRADIACIÓN	
Irradiación solar anual	357.447 MWh
SUPERFICIE	
Total de la zona	4.219.295 m <sup>2</sup>
Construida	382.683 m <sup>2</sup>
Disponible	111.770 m <sup>2</sup>

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	POTENCIA INSTALADA (kWp)	ENERGÍA GENERADA (MWh/año)	COBERTURA DE DEMANDA (%)
Si-monocristalino	17.883	16.677	84
Si-multicristalino	16.765	15.634	79
CIS	12.294	11.465	58
CdTe	11.735	10.944	55
Silicio amorfo	6.706	6.253	31

El modelo proporciona:

- Resultados globales para una zona.
- Resultados individuales de los edificios.



# CIEMAT. PROYECTOS DE CIUDADES INTELIGENTES Y EDIFICACIÓN EFICIENTE

## PROYECTO PSE ARFRISOL (Arquitectura bioclimática y frío solar)



CIESOL en Almería



Edificio de oficinas en la PSA



Edificio oficinas Fundación Barredo (Asturias)



Edif.bioteología CIEMAT (Madrid)



CEDER (Soria)

El objetivo ha sido demostrar que se puede conseguir una edificación con energía casi cero en diferentes climas de España, utilizando tecnologías nacionales.

Se han utilizado tecnologías de arquitectura bioclimática (diseño y materiales), energías renovables adaptadas a cada zona (energía solar térmica, biomasa, fotovoltaica) y instalaciones de frío solar mediante ciclos de absorción.

Se ha estudiado la calidad del aire interior y demostrado que es mejor en edificios bioclimáticos

## PROYECTO INNPACTO 2012 SMARTZA (Smart city)

Rehabilitación energética de edificios en un barrio de Zamora, diseño eficiente de generación y distribución de energía (calor y frío integrados), gestión inteligente de alumbrado público, aplicación TICS a servicios de transporte y otros

# BIOCARBURANTES. Planta Piloto de Alcudia (Valencia)

Patente de CIEMAT para obtener bioetanol a partir de la fracción orgánica de RSU o residuos agrícolas



Colaboración con la empresa IMECAL

4 Tm/día

Proceso de digestión aerobia con enzimas optimizadas con técnicas bioquímicas

# CONCLUSIONES

- **La calidad del aire urbano es el principal problema medioambiental en la preocupación de los españoles**
- **Causa en España decenas de miles de muertes prematuras al año y una alta morbilidad. Cuesta alrededor de 30.000 M€/año.**
- **Existe una sólida legislación para su gestión.**
- **El sistema de gestión de la calidad del aire urbano es un sistema complejo que debe considerar la perspectiva multiescalar y multisectorial, e incluye un gran número de procesos complejos e interrelacionados que cubren la política urbanística, la política energética, la social y la económica, además de requerir un alto nivel tecnológico.**
- **Aunque se ha mejorado mucho, se siguen superando los límites en algunas ciudades y para algunos contaminantes (Nox, ozono, PM10).**
- **El transporte es la principal fuente de contaminación atmosférica y, por tanto, el que exige mayor número de medidas para reducir su efecto.**
- **La modelización es una herramienta esencial para determinar los niveles de contaminación, analizar la efectividad de las medidas y predecir la contaminación futura**
- **Las políticas para la mejora de la calidad del aire urbano son sinérgicas con las de combate del cambio climático y deben, por tanto, coordinarse.**



¡¡Muchas Gracias!!

