



# CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SALUD: Una visión general.

---

*JULIO DÍAZ JIMÉNEZ  
Escuela Nacional de Sanidad  
Instituto de Salud Carlos III  
j.diaz@isciii.es*

## DEFINICIÓN DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

---

- **Directiva 84/360/CEE 28 junio 1984:**
    - *Introducción en la atmósfera, directa o indirectamente, por el hombre, de sustancias o de energía que tengan una acción nociva de tal naturaleza que ponga en peligro la salud del hombre, que cause daños a los recursos biológicos y a los ecosistemas, que deteriore los bienes materiales y que dañe o perjudique las actividades recreativas y otras utilizaciones legítimas del medio ambiente.*
-

## EFFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

**OMS:** Una de las prioridades más importantes en salud.

El cambio climático puede influir en el aumento de las concentraciones de algunos contaminantes como las partículas en suspensión y el ozono troposférico.

1,4 % de la mortalidad mundial está relacionado con la contaminación atmosférica.

Muerte prematura de 310.000 ciudadanos en Europa.

6 % de la mortalidad en Francia, Suiza y Austria está relacionada con la contaminación atmosférica.

16.000 personas mueren al año en España por contaminación atmosférica.



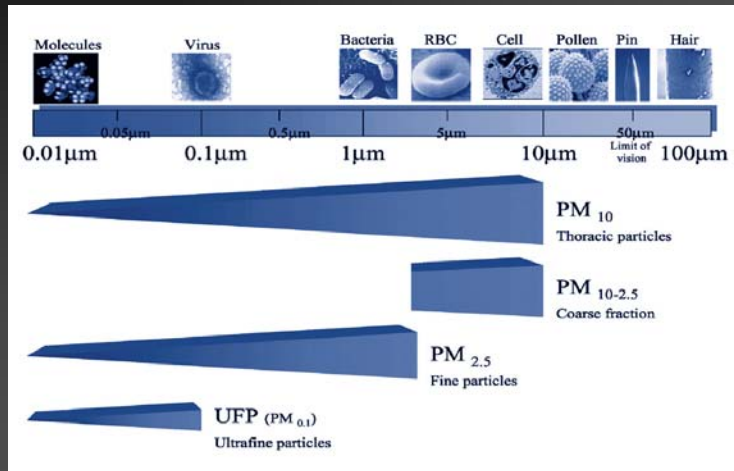
Contaminante	Formación	Estado físico	Fuentes
Partículas en suspensión (PM): PM <sub>10</sub> , Humos negros.	Primaria y secundaria	Sólido, líquido	Vehículos (sobre todo diesel) Procesos industriales Humo del tabaco
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Primaria	Gas	Procesos industriales Vehículos
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Primaria	Gas	Vehículos Estufas y cocinas de gas
Monóxido de carbono (CO)	Primaria	Gas	Vehículos (sobre todo gasolina) Humo de tabaco
Compuestos orgánicos volátiles (VOCs)	Primaria, secundaria	Gas	Vehículos, industria, humo del tabaco
Plomo (Pb)	Primaria	Sólido (partículas finas)	Vehículos, industria
Ozono (O <sub>3</sub> )	Secundaria	Gas	Vehículos (secundario a foto-oxidación de NO <sub>x</sub> y compuestos orgánicos volátiles)

PM<sub>10</sub>: partículas con un diámetro inferior a 10 µm.

NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrógeno.

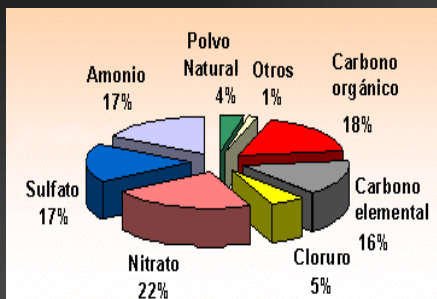
## EFFECTOS DE LAS PARTICULAS MATERIALES SOBRE LA SALUD

Partículas: Mezcla de partículas sólidas, líquidas o ambas, en suspensión aérea



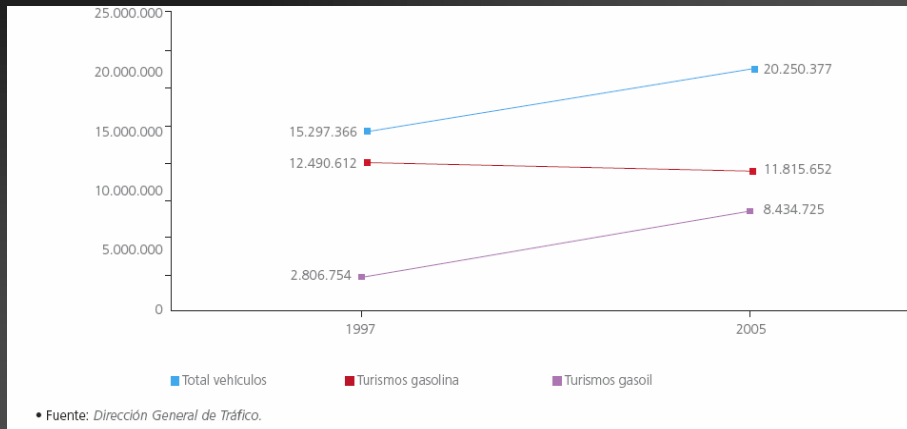
## EFFECTOS DE LAS PARTICULAS MATERIALES SOBRE LA SALUD

Composición de las partículas materiales y fuentes.



**Fuentes:**  
tráfico (vehículos diesel)  
calefacciones  
centrales térmicas  
incineradoras de residuos

## EVOLUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO

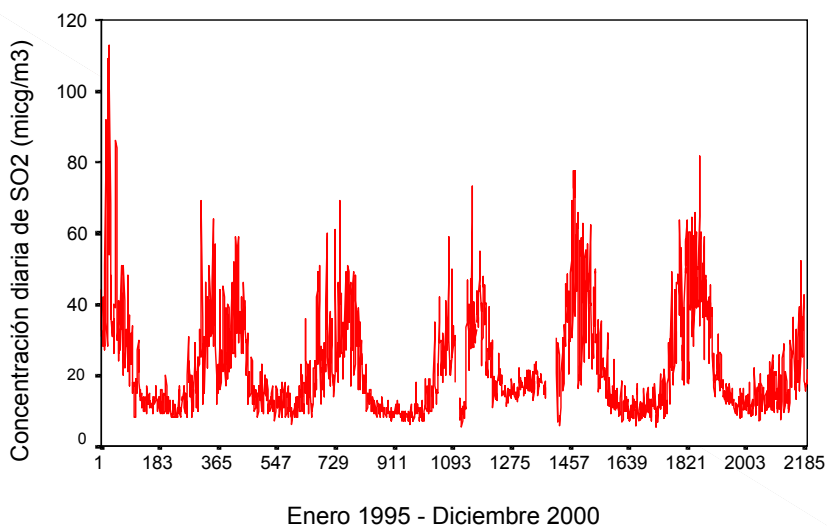


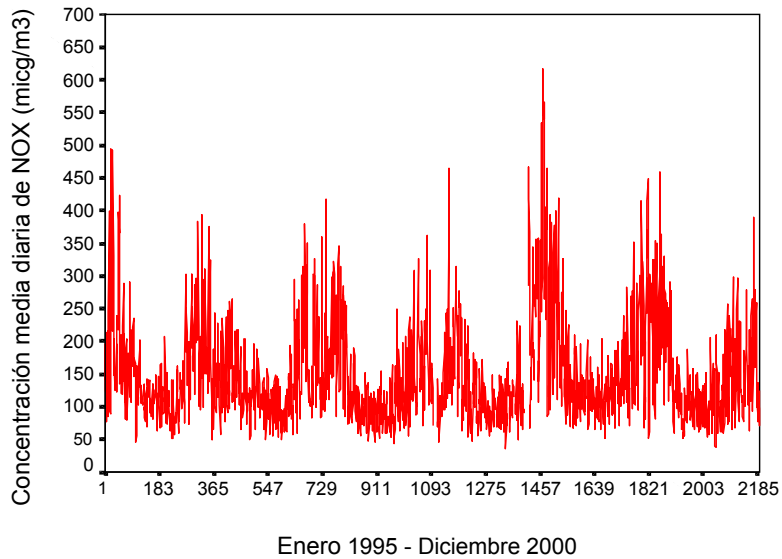
## COEFICIENTES DE PRODUCCIÓN DE LOS CONTAMINANTES

Combustible	Unidad	CO /g	Hidrocarburos	NO <sub>x</sub> /g	Partículas	SO <sub>2</sub> /g	Pb/g
Gasolina	1 litro	360	30	15.3	1	1.4	0.5
Gasoil	1 litro	7		19	30	8.3	-
Fuel-oil	1 Tm	520	370	7500	2870	19000xS	-
Gasoleo C S = 0.6%	1 TM	590	410	7500	213	20100xS	-
Basura	1 Tm	42000	15000	3000	8000	500	-

## Distribución por orígenes de los principales contaminantes en Madrid

PARAMETRO	t/año	SECTOR DE CONTRIBUCION MAS RELEVANTE
SO <sub>2</sub>	3.159,00	Plantas de combustión no industrial (68,5%)
NO <sub>x</sub>	29.337,00	Transporte por carretera (77,0%)
PM <sub>2,5</sub>	1.694,00	Transporte por carretera (81,3%)
PM <sub>10</sub>	2.127,00	Transporte por carretera (74,9%)
CO	94.291,00	Transporte por carretera (91,4%)
Pb	4,94	Transporte por carretera (52,9%)
CO <sub>2</sub>	8.352.000,00	Transporte por carretera (51,1%)

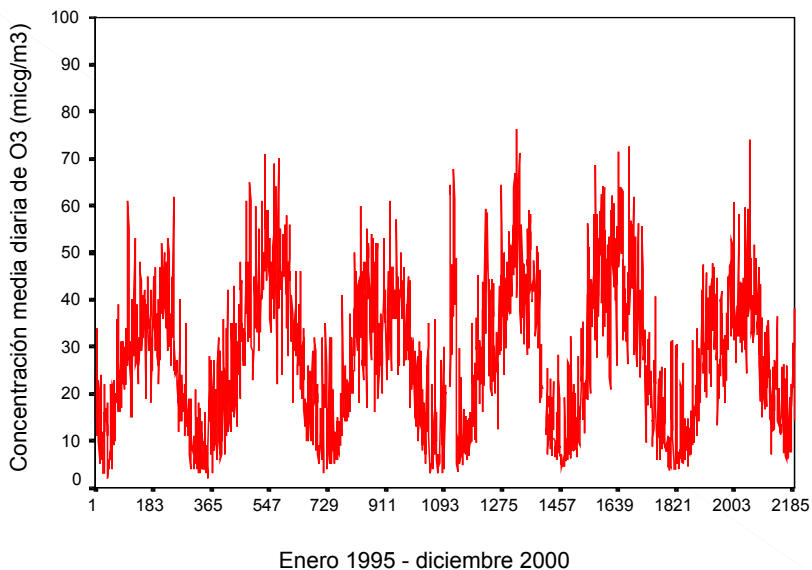




## OZONO TROPOSFÉRICO

- Contaminante secundario:
  - $\text{NO}_2 + \text{Luz solar} \rightarrow \text{NO} + \text{O}$
  - $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$
  - $\text{O}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$

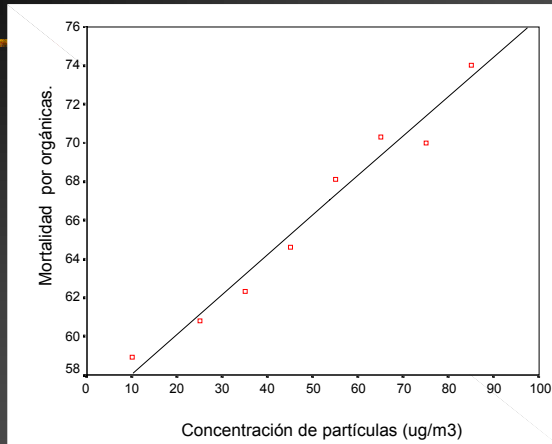
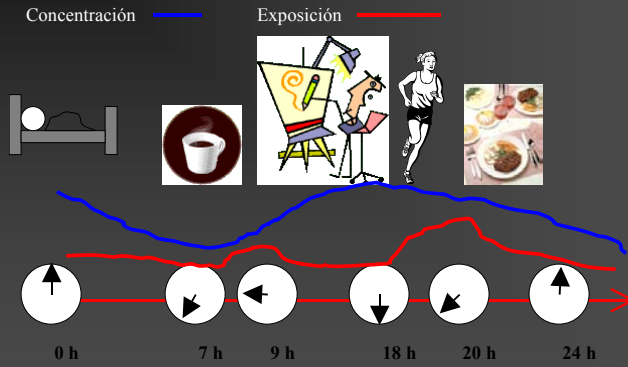
Máximo en la periferia de las ciudades.



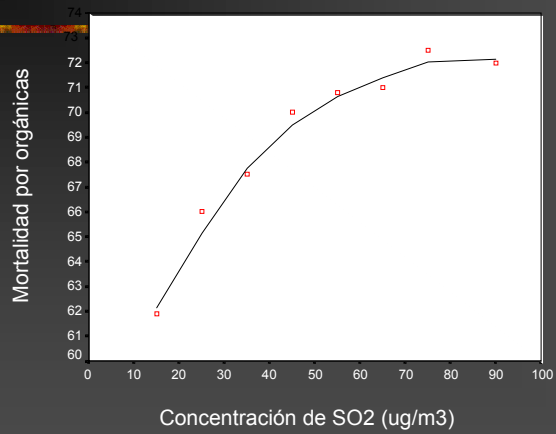
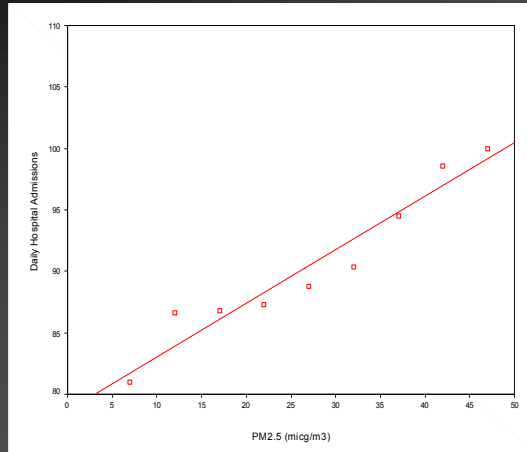
## CONTAMINACIÓN POR DISTRITOS

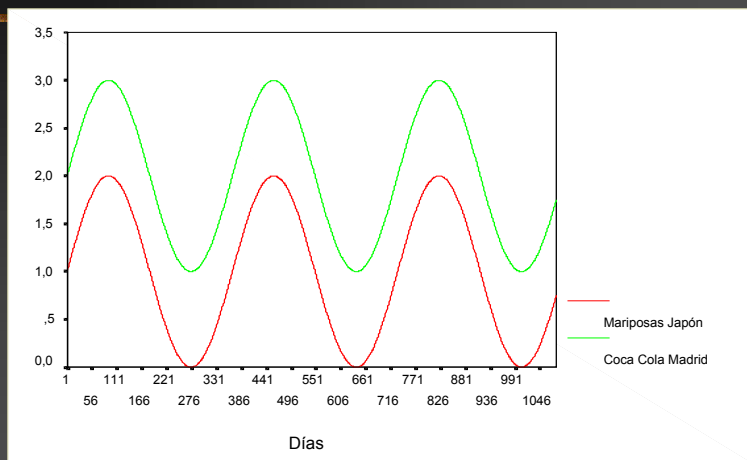
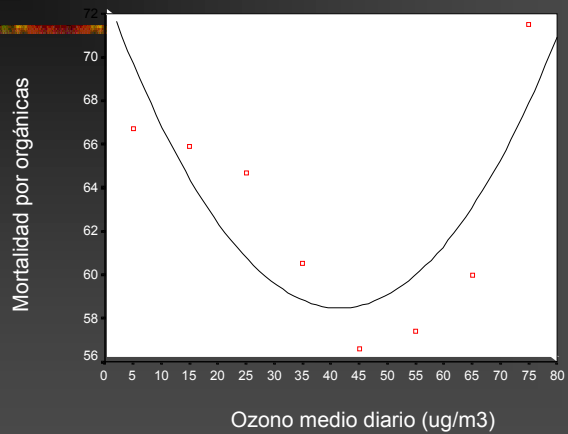
Distrito	(Ha)	% Z. verdes	PST < 10 $\mu$	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
Centro	523,73	12.04	36	75	19
Arganzuela	655,21	15.22	36.5	66	28
Retiro	537,83	28.07	36	70	24
Salamanca	540,93	7.44	35.3	69.3	26.3
Chamartín	919,57	6.06	33	66	27.5
Tetuán	537,31	10.09	37	71	25
Chamberí	469,22	5.82	37.5	57	27.5
Fuenc. – E. P.	24.345,2	62.45	40	58	34
Moncloa	4.492,8	45.57	33.6	56.6	33
Latina	2.543	6.60	32	60	26
Carabanchel	1.409	11.65	51	88	19
Usera	770	22.61	37	57	32
P. Vallecas	1.489	17.62	34	51	31
Moratalaz	634,42	19.26	32	54	32
Ciudad Lineal	1.136	8.59	33	51	33
Villaverde	2.029	6.57	47	64	24
V. Vallecas	5.156	1.04	51	61	22
San Blás	2.181	5.62	33	58	18
<b>Total</b>	<b>50.369</b>		<b>674.9</b>	<b>1133</b>	<b>481.3</b>

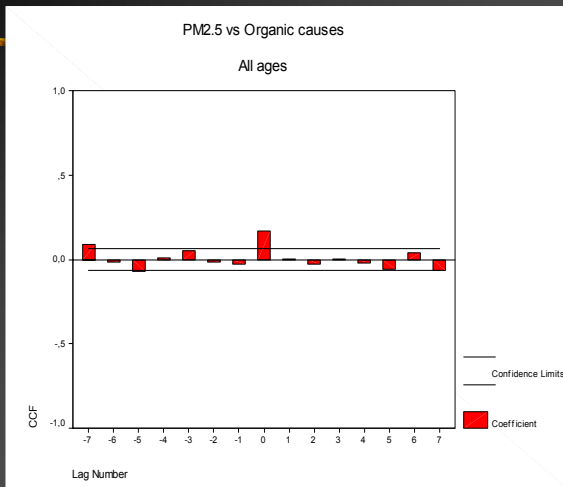
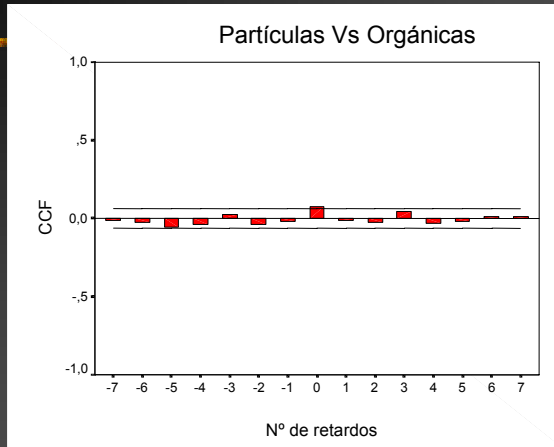
## EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN AL O<sub>3</sub>

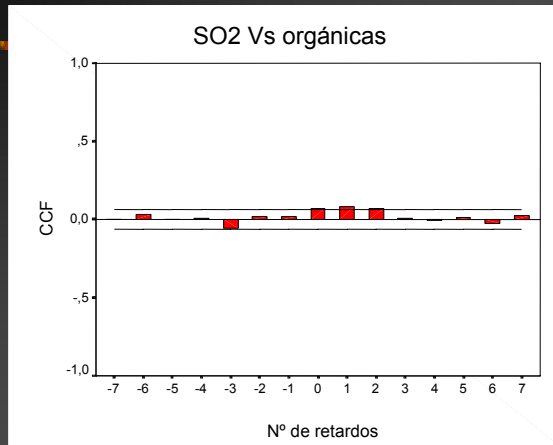


## PM2.5 Vs Ingresos por orgánicas









## MODELO MULTIVARIADO PARA LA MORTALIDAD

MORTALIDAD POR CAUSAS ORGÁNICAS.

Number of residuals 1085  
 Standard error 8,6764432  
 Log likelihood -3879,0635  
 AIC 7778,1271  
 SEC 7828,0204

Analysis of Variance:

	DF	Adj.	Residual Variance
Residuals	1075		75,280667

Variables in the Model:

	B	SEB	APPROX. PROB.
AR1	,962354	,0130522	,00000000
MA1	,843670	,0261308	,00000000
PAR	,046682	,0201930	,02097824
LSO21	2,805076	,8642782	,00120832
O3A4	,323097	,1027390	,00170742
TFRIO7	,038372	,0083739	,00000514
TFRIO11	,024621	,0083633	,00331055
TCAL1	,122321	,0262097	,00000344
TCAL3	,069924	,0258063	<b>,00684431</b>
CONSTANT	41,928964	2,9059641	,00000000

## CUANTIFICACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. MODELOS ARIMA.

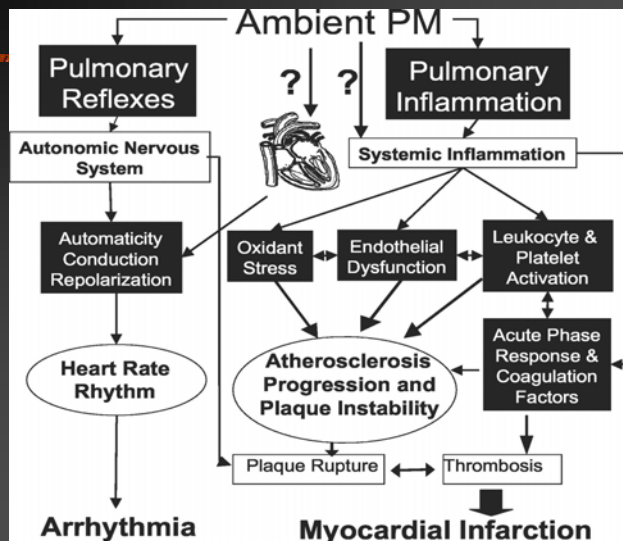
### RESULTADOS POBLACIÓN GENERAL MORTALIDAD:

PST aumento 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		1,8 %
SO2 aumento 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	sobre la media	1,9 %
O3 aumento 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	sobre 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12 %

### RESULTADOS POBLACIÓN GENERAL INGRESOS:

PST aumento 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		2,0 %
SO2 aumento 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	sobre la media	2,2 %
O3 aumento 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	sobre 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18 %

### Efectos respiratorios y cardiovasculares de los contaminantes



**Datos relativos al año 1998. Efectos a corto plazo.**  
**Proyecto APHEIS. Boletín epidemiológico de la Comunidad de Madrid.**  
**Octubre 2002.**

	Número de días al año Que sobrepasan 50 y 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Número de muertes atribuibles	Casos atribuibles por año (tasa por 100.000 hab)
50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>*</sup>	59	33,7 (22,5 44,9)	1,2 (0,8 1,5)
20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>**</sup>	322	225,7 (151,0 300,0)	7,8 (5,2 10,4)
En 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>***</sup>	---	69,3 (46,0 92,7)	2,4 (1,6 3,2)

- \* Beneficios potenciales de reducir los niveles diarios de PM10 mayores de 50 a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- \*\* Beneficios potenciales de reducir los niveles diarios de PM10 mayores de 20 a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- \*\*\* Beneficios potenciales de reducir los niveles diarios de PM10 en 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**Datos relativos al año 1998. Efectos a corto plazo.**  
**Proyecto APHEIS. Boletín epidemiológico de la Comunidad de Madrid.**  
**Octubre 2002.**

	Número de días al año Que sobrepasan 50 y 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Número de casos por año. Ingresos Cardiovasculares Todas las edades	Número de casos por año. Ingresos Respiratorias Mayores 65 años
50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>*</sup>	59	15,4 (6,2 24,6)	23,0 (15,4 33,2)
20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>**</sup>	322	103,1 (41,4 164,1)	153,6 (103,1 220,7)

- \* Beneficios potenciales de reducir los niveles diarios de PM10 mayores de 50 a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- \*\* Beneficios potenciales de reducir los niveles diarios de PM10 mayores de 20 a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**Datos relativos al año 1998. Efectos a largo plazo.  
 Proyecto APHEIS. Boletín epidemiológico de la Comunidad de Madrid.  
 Octubre 2002.**

	Número de muertes atribuibles	Muertes atribuibles por año (tasa por 100.000 hab)
<b>40 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>*</b>	0,0 (0,0 0,0)	0,0 (0,0 0,0)
<b>20 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>**</b>	1546,8 (929,9 2181,0)	53,7 (32,3 75,7)
<b>10 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>***</b>	2411,5 (1437,6 3429,4)	83,7 (49,9 119,0)
<b>En 5 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>****</b>	469,1 (284,8 654,9)	16,3 (9,9 22,7)

- \* Beneficios potenciales de reducir los niveles anuales de PM<sub>10</sub> a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- \*\* Beneficios potenciales de reducir los niveles anuales de PM<sub>10</sub> a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- \*\*\* Beneficios potenciales de reducir los niveles anuales de PM<sub>10</sub> a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- \*\*\*\* Beneficios potenciales de reducir los niveles diarios de PM<sub>10</sub> en 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



La OMS en sus valores Guía 2006 de protección para la salud, recomienda la utilización de las PM<sub>2,5</sub> como indicador de la concentración de material particulado en la atmósfera urbana en vez de los valores de PM<sub>10</sub> utilizados hasta ahora

El origen de las PM<sub>2,5</sub> en la atmósfera urbana es principalmente de tipo antropogénico (tráfico de vehículos) mientras que el origen de las PM<sub>10</sub> tiene un importante componente natural (aire sahariano).

## Efectos en salud de las PM<sub>2,5</sub>

**Toxicidad-PM** (grado penetración y permanencia en sistema respiratorio) depende del **tamaño** y también de la **composición**.

**Aumento morbilidad cardiovascular:** infarto, arritmias, enf vascular periférica, ictus...

**Aumento morbilidad respiratoria:** sinusitis, insuficiencia respiratoria, deterioro función pulmonar, asma, EPOC, neumonía...

**Mortalidad prematura:** 0,8 millones muertes prematuras y 6,4 millones de años de vida perdidos al año en el mundo (OMS).

**Población + susceptible:** niños, ancianos, enf. crónicos

## VALORES GUÍA OMS DE PROTECCIÓN PARA LA SALUD 2005

Table 1

WHO air quality guidelines and interim targets for particulate matter: annual mean concentrations<sup>a</sup>

	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Basis for the selected level
Interim target-1 (IT-1)	70	35	These levels are associated with about a 15% higher long-term mortality risk relative to the AQG level.
Interim target-2 (IT-2)	50	25	In addition to other health benefits, these levels lower the risk of premature mortality by approximately 6% [2–11%] relative to the IT-1 level.
Interim target-3 (IT-3)	30	15	In addition to other health benefits, these levels reduce the mortality risk by approximately 6% [2–11%] relative to the IT-2 level.
Air quality guideline (AQG)	20	10	These are the lowest levels at which total, cardiopulmonary and lung cancer mortality have been shown to increase with more than 95% confidence in response to long-term exposure to PM <sub>2,5</sub> .

<sup>a</sup> The use of PM<sub>2,5</sub> guideline value is preferred.

Madrid: media anual PM<sub>2,5</sub> (2003-05) = 19,2 µg/m<sup>3</sup>

## VALORES GUÍA OMS DE PROTECCIÓN PARA LA SALUD 2005

**Table 2**

**WHO air quality guidelines and interim targets for particulate matter: 24-hour concentrations\***

	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Basis for the selected level
Interim target-1 (IT-1)	150	75	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 5% increase of short-term mortality over the AQG value).
Interim target-2 (IT-2)	100	50	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 2.5% increase of short-term mortality over the AQG value).
Interim target-3 (IT-3)*	75	37.5	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 1.2% increase in short-term mortality over the AQG value).
Air quality guideline (AQG)	50	25	Based on relationship between 24-hour and annual PM levels.

\* 99<sup>th</sup> percentile (3 days/year).

\* For management purposes. Based on annual average guideline values; precise number to be determined on basis of local frequency distribution of daily means. The frequency distribution of daily PM<sub>2.5</sub> or PM<sub>10</sub> values usually approximates to a log-normal distribution.

El valor de 25 µg/m<sup>3</sup> se supera el 24 % de los días en el periodo 2003-2005

## Valores de Pm10 y Pm2,5 para las ciudades del Proyecto APHEIS

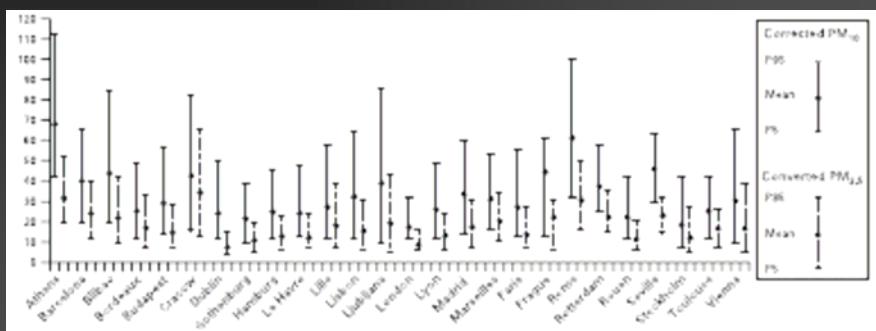


Figure 1 Annual levels for corrected PM<sub>10</sub> and converted PM<sub>2.5</sub> for each Apehis city (conversion factor by default 0.5).

Fuente: Ballester et al. 2008 (JECH)

	25 µg/m <sup>3</sup> (Valor límite UE 2015)	20 µg/m <sup>3</sup> (Valor límite UE 2020)	15 µg/m <sup>3</sup> Valor Guía E.P.A.	10 µg/m <sup>3</sup> Valor Guía OMS
Barcelona	0	1,5 (0,4 a 3,0)	3,5 (0,9 a 6,8)	5,4 (1,4 a 10,4)
Bilbao	0	0,7 (0,2 a 1,4)	2,6 (0,7 a 5,2)	4,6 (1,2 a 8,9)
Dublín	0	0	0	0
Hamburgo	0	0	0	1,0 (0,2 a 1,9)
Lisboa	0	0	0,1 (0,0 a 0,3)	2,1 (0,5 a 4,2)
Londres	0	0	0	0
Madrid	0	0	0,8 (0,2 a 1,6)	2,7 (0,7 a 5,4)
París	0	0	0	1,4 (0,3 a 2,8)
Roma	2,2 (0,5 a 4,3)	4,1 (1,0 a 8,0)	6,0 (1,5 a 11,6)	7,9 (2,0 a 15,1)
Sevilla	0	1,1 (0,3 a 2,3)	3,1 (0,8 a 6,1)	5,0 (1,3 a 9,8)
Viena	0	0	0,6 (0,2 a 1,2)	2,6 (0,7 a 5,1)

Porcentaje de reducción de la mortalidad cuando se alcance el objetivo indicado en la concentración media anual de PM<sub>2,5</sub> (IC 95%)

Fuente: Ballester et al. 2008. Journal Epidemiology Community Health

## LEGISLACIÓN Y VALORES RECOMENDADOS DE LAS PM<sub>2,5</sub>

• **VALORES LÍMITE** de PM<sub>2,5</sub> recomendados por la OMS (2005) para la protección de la salud:

**Anual : 10 µg/m<sup>3</sup>**

**24 horas: 25 µg/m<sup>3</sup>**


• **DIRECTIVA 2008/50/CE**

• Fase I (Año Civil): valor límite anual 25 µg/m<sup>3</sup> 1 enero de 2015

• Fase II (Año Civil): valor límite anual 20 µg/m<sup>3</sup> 1 enero de 2020

➤ Escasos estudios analizan el efecto de las partículas finas PM<sub>2,5</sub> sobre la salud humana en ciudades europeas.

➤ OMS recomienda la utilización de los valores de PM<sub>2,5</sub> en áreas urbanas como mejor indicador de la calidad del aire.



## OBJETIVO Y DISEÑO DE ESTUDIO

No existe ningún estudio realizado hasta ahora que evalúe específicamente la mortalidad debida a contaminación por  $PM_{2.5}$  en Madrid.

### OBJETIVO

Analizar la asociación que presentan las  $PM_{2.5}$  con la mortalidad diaria en Madrid según diversas causas específicas.

Grupo de edad específico de >75 años



ESTUDIO ECOLÓGICO DE SERIES TEMPORALES




## VARIABLES DEL ESTUDIO

### VARIABLE DEPENDIENTE

- **Mortalidad diaria** por todas las causas, **CIE IX (1-799)**, por causas circulatorias **CIE IX (390-459)** y por causas respiratorias **CIE IX (460-519)** de residentes e inscritos en el Municipio de Madrid desde el **1 de enero de 2003 al 31 de diciembre de 2005** en todos los grupos de edad y en el grupo de edad de > 75 años.

### VARIABLE INDEPENDIENTE

- **Concentraciones medias diarias de  $PM_{2.5}$**  durante el periodo de estudio.
- **Tendencia de la serie:** Variable contadora ordenada en el tiempo.
- **Autocorrelación de la propia serie:** Para controlarla se introduce la variable dependiente retrasada 1 día.
- **Estacionalidades:** Anuales, semestrales, cuatrimestrales y trimestrales.



## VARIABLES DEL ESTUDIO

### VARIABLES DE CONTROL

- *Concentraciones medias diarias :PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>*
- *Niveles de ruido diarios (día, noche y 24h)*
- *Temperatura máxima y mínima*
- *Concentraciones medias diarias de polen de gramíneas, cupresáceas, olivo y plátano*
- *Epidemias de gripe*



## ANÁLISIS DEL ESTUDIO

### PREVIO AL ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

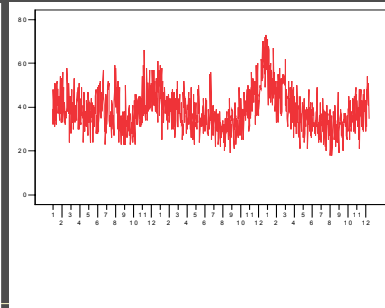
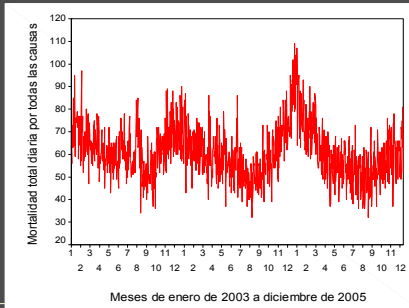
- Imputación valores ausentes
- Control de valores extremos

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

- **Estadísticos descriptivos y gráficos de secuencia**
- **Relación funcional** : Diagramas de dispersión
- **Funciones de correlación cruzada** : Lag
- Proceso de modelización con **regresión Poisson**
- Cálculo del **riesgo relativo (RR)** y del **riesgo atribuible(RA)**

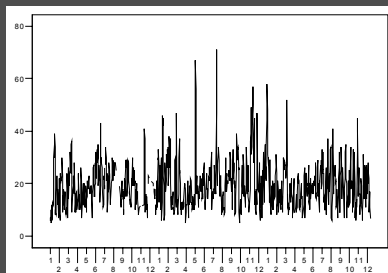
## ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS Y GRÁFICOS SECUENCIA

n= 1096	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estandar
Mortalidad todas las causas	32	109	60,8	11,7
Mortalidad todas las causas >75años	18	73	38,4	9,0
Mortalidad causas respiratorias	0	32	9,4	4,3
Mortalidad causas respiratorias > 75años	0	27	7,4	3,7
Mortalidad causas circulatorias	5	40	18,6	5,4
Mortalidad causas circulatorias > 75 años	4	33	13,9	4,5



## ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS Y GRÁFICOS SECUENCIA

n= 1096	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estandar
PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	5	71	19,1	8,6
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	8	150	34,4	17,5
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	5	36	11,8	5,4
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	19	133	59,9	17,7
NOx (µg/m <sup>3</sup> )	22	495	118,1	65,3
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	5	89	34,8	17,9
Ruido medio diario(24h) (dB)	61,5	66,4	64,1	0,7
Ruido diurno (8-23h) (dB)	62,1	67,3	65,1	0,8
Ruido noche (23-7h) (dB)	58,7	71	60,5	0,8
Gramineae (granos/m <sup>3</sup> )	0	124	2,7	8,3
Cupresaceae (granos/m <sup>3</sup> )	0	811	7,6	37,9
Olea (granos/m <sup>3</sup> )	0	480	2,8	23,4
Platanus (granos/m <sup>3</sup> )	0	1126	8,4	57,3
Tmax (°C)	2,0	38,6	20,4	9,0
Tmin (°C)	-6,1	27,8	10,5	7,0



Fracción PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> = 0,59 (OMS atmósferas urbanas países desarrollados: 0,5 – 0,8)

## CONCENTRACIONES MEDIAS DIARIAS $PM_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

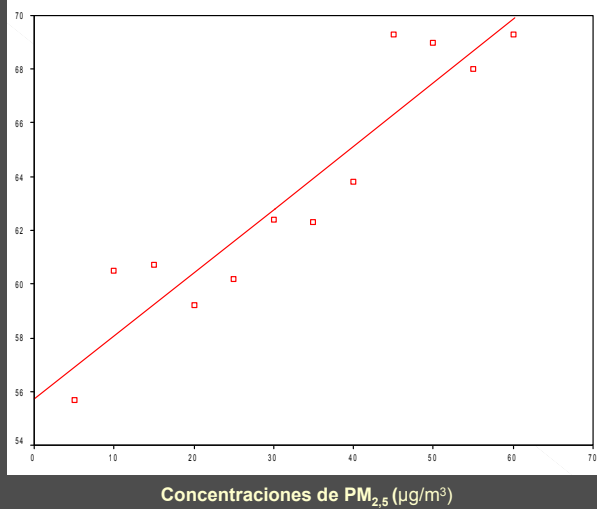
ESTUDIOS	MEDIA	(MÍN - MÁX)
Madrid	19,2	(5 - 71)
ACS (EEUU)	20	(9 - 33,5)
Seis Ciudades (EEUU)	18	(11 - 29,6)
Roma	28	(5 - 101)

➤ Nivel medio anual  $PM_{2,5} = 19,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (casi el doble del marcado por la OMS para proteger la salud:  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

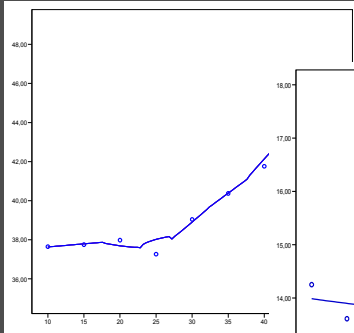
➤ 23,9% días nivel medio diario  $PM_{2,5} > 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Límite marcado por la OMS para proteger salud)

## DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

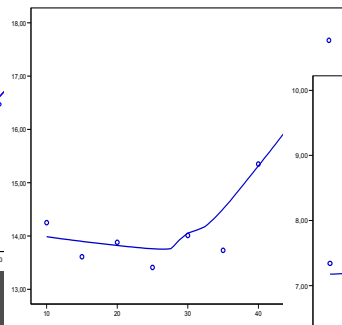
Mortalidad diaria todas las causas y todos los grupos de edad



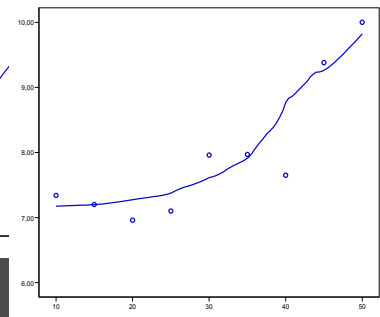
## DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN MAYORES DE 75 AÑOS



PM<sub>2.5</sub> y mortalidad por todas las causas

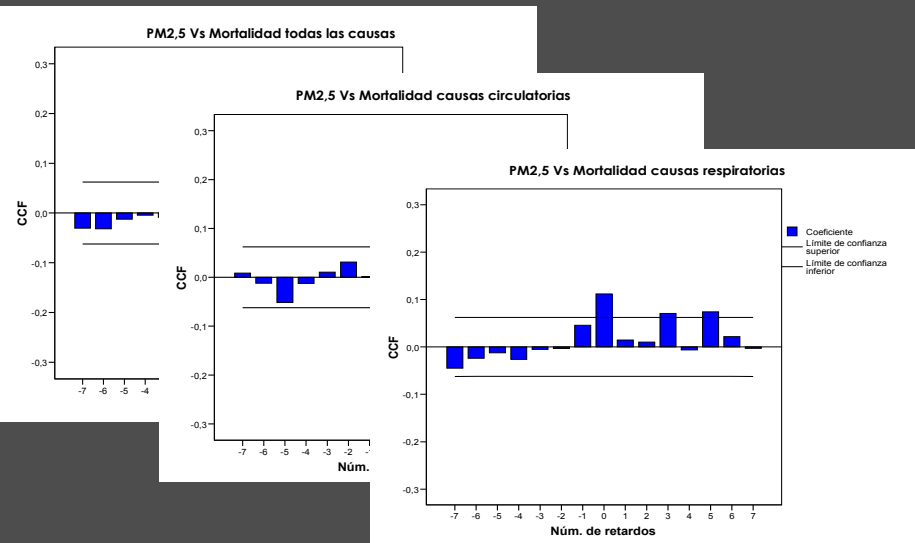


PM<sub>2.5</sub> y mortalidad por causas circulatorias



PM<sub>2.5</sub> y mortalidad por causas respiratorias

## FUNCIONES DE CORRELACIÓN CRUZADA MAYORES DE 75 AÑOS





## MODELOS DE REGRESIÓN POISSON

### MORTALIDAD EN TODOS LOS GRUPOS DE EDAD

PM <sub>2,5</sub>	RIESGO RELATIVO (RR)	RIESGO ATRIBUIBLE (RA)	OTRAS VARIABLES p< (0,05)
Mortalidad por todas las causas	1,027 (1,001 1,054)	2,7%	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , Tmax, Tmin
Mortalidad por causas respiratorias	1,072 (1,015 1,130)	6,7%	SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , Tmax, ruido24h
Mortalidad por causas circulatorias	1,083 (1,043 1,124)	7,7%	O <sub>3</sub> , Tmax, ruido24h, polen

Incremento por 25µg/m<sup>3</sup> en la concentración media diaria de PM<sub>2,5</sub>

➤ Los RA obtenidos son mayores por causas respiratorias y circulatorias que por todas las causas lo que indica que es en estas causas específicas de mortalidad donde mayor es el impacto de las PM<sub>2,5</sub>



## MODELOS DE REGRESIÓN POISSON

### MORTALIDAD EN MAYORES DE 75 AÑOS

PM <sub>2,5</sub>	RIESGO RELATIVO (RR)	RIESGO ATRIBUIBLE (RA)	OTRAS VARIABLES p< (0,05)
Mortalidad por todas las causas	1,07 (1,03 1,10)	6,11%	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , Tmax, Tmin
Mortalidad por causas respiratorias	1,09 (1,02 1,16)	8,57%	SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , Tmax, ruido 24h
Mortalidad por causas circulatorias	1,11 (1,06 1,15)	9,79%	O <sub>3</sub> , Tmax, polen

Incremento por 25µg/m<sup>3</sup> en la concentración media diaria de PM<sub>2,5</sub>

➤ Los RA obtenidos son mayores en este grupo de edad y mayores por causas respiratorias y circulatorias que por todas las causas

## MODELOS DE REGRESIÓN POISSON (Ingresos Hospitalarios)

Todas las edades	>75 años	65-74 años	45-64 años	18-44 años	10-17 años	0-9 años
PM <sub>2.5</sub> (0) RR:1.07 (1.05 1.09) AR:6.7%		PM <sub>2.5</sub> (0) RR:1.06 (1.03 1.12) AR:5.8%	PM <sub>2.5</sub> (2) RR:1.05 (1.01 1.11) AR:5.3%		PM <sub>2.5</sub> (0) RR:1.15 (1.04 1.27) AR:13.2%	PM <sub>2.5</sub> (0) RR:1.07 (1.01 1.13) AR:6.6%
Tfrio (6) RR:1.00 (1.00 1.01) AR:0.3%	PM <sub>2.5</sub> (0) RR:1.09 (1.06 1.13) AR:8.8%	O <sub>3a</sub> (8) RR:1.53 (1.26 1.81) AR:34.8%	Tfrio (1) RR:1.01 (1.00 1.02) AR:0.6%	PM <sub>2.5</sub> (0) RR:1.05 (1.02 1.08) AR:4.9%	Leq <sub>dia</sub> (2) RR:1.09 (1.01 1.17) AR:8.3%	Leq <sub>dia</sub> (0) RR:1.05 (1.02 1.09) AR:5.0%
Graminae (2) RR:1.03 (1.00 1.05) AR:2.6%	Tfrio (9) RR:1.01 (1.00 1.01) AR:0.8%	Tfrio (11) RR:1.01 (1.00 1.01) AR:1.1%	Cupresaceae (4) RR:1.01 (1.00 1.02) AR:1.2%		Tfrio (11) RR:1.02 (1.00 1.03) AR:1.8%	O <sub>3a</sub> (0) RR:1.45 (1.14 1.76) AR:31.0%
Oleaceae (6) RR:1.01 (1.00 1.02) AR:0.9%		Platanaceae(8) RR:1.01 (1.00 1.02) AR:0.8%	Oleaceae (2) RR:1.02 (1.01 1.04) AR:2.5%	Oleaceae (2) RR:1.01 (1.00 1.02) AR:1.4%		Oleaceae(6) RR:1.02 (1.00 1.04) AR:2.0%
Platanaceae(5) RR:1.00 (1.00 1.01) AR:0.3%		Cupresaceae(0) RR:1.01 (1.00 1.02) AR:1.1%	Platanaceae(5) RR:1.00 (1.00 1.01) AR:1.0%		Platanaceae(6) RR:1.02 (1.00 1.03) AR:1.7%	

- El único contaminante químico primario estadísticamente significativo en la modelización por grupos de edad son las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>
- Esta relación es lineal y se establece a corto plazo
- Los RR obtenidos para un incremento de 25µg/m<sup>3</sup> son similares para todos los grupos de edad y superiores a los encontrados para similares incrementos de PM<sub>10</sub>

## CONCLUSIONES

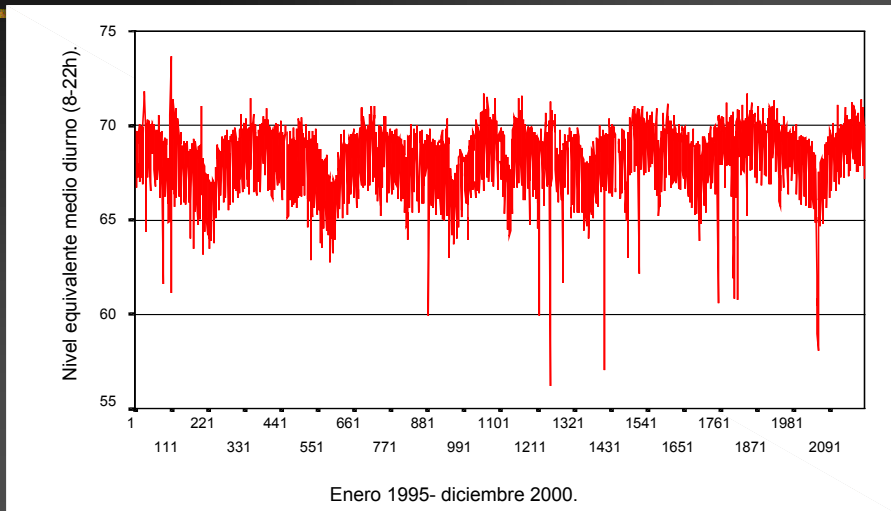
Las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> muestran una asociación estadísticamente significativa con las diferentes causas de mortalidad analizadas, en todos los grupos de edad y en el grupo de edad de mayores de 75 años

Los RR y los RA obtenidos para las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> son superiores a los encontrados en otros trabajos previos en los que se consideraban las concentraciones de PM<sub>10</sub> en la atmósfera de Madrid

Los modelos propuestos son válidos, no sólo desde el punto de vista diagnóstico, sino también desde el punto de vista predictivo, lo que permitiría articular un sistema de vigilancia de la mortalidad basado en variables ambientales

Los resultados obtenidos indican la necesidad de adopción de medidas para disminuir las concentraciones de este contaminante en la atmósfera de Madrid

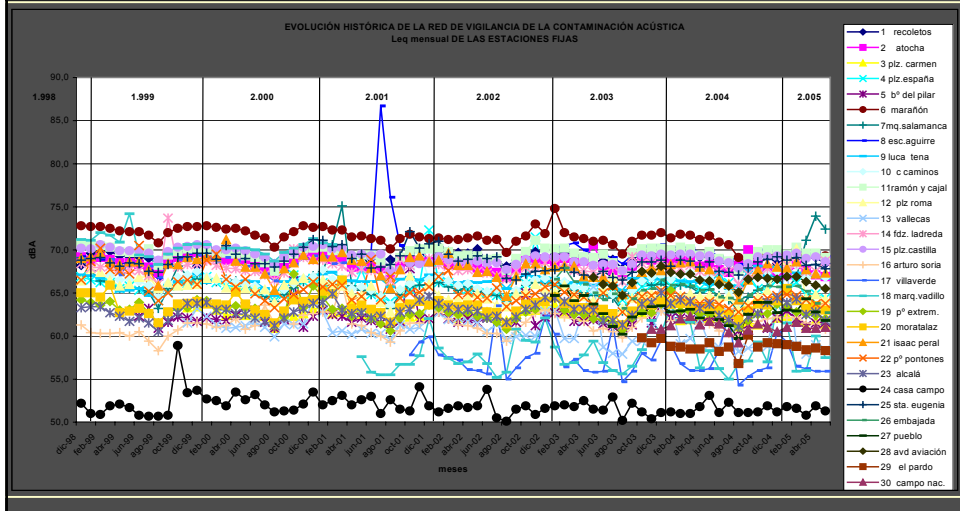
## CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN MADRID 1995-2000



## EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

- El 80 % ruido es debido al tráfico rodado
- Regla de la energía constante: Intensidad x tiempo
- Efectos Auditivos:
  - Pérdida de audición.
  - Efecto máscara
  - Acúfenos
  - Desplazamiento umbral audición.

# EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

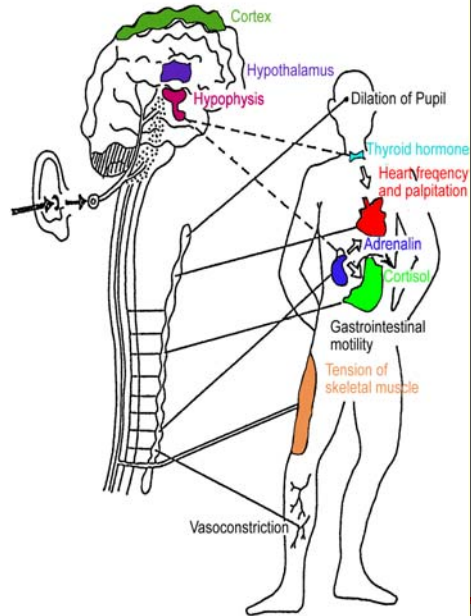


## EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

- Efectos NO Auditivos:
  - Efectos Psíquicos (irritabilidad, agresividad, falta de concentración).
  - Estrés
  - Hipertensión
  - Aprendizaje
  - Embarazo
  - Aumento colesterol en sangre, triglicéridos, glucosa...

## Sistema vegetativo hormonal

El sistema auditivo está estructurado de forma que las señales acústicas pueden inducir además agudos efectos fisiológicos. Una señal puede transmitirse a través de las conexiones neuronales al cortex auditivo - para oír- sino también al sistema reticular arousal (RAS) y al hipotálamo, centro de regulación de las actividades automáticas en el cuerpo. La activación de estos sistemas activa mecanismos de estrés fisiológico

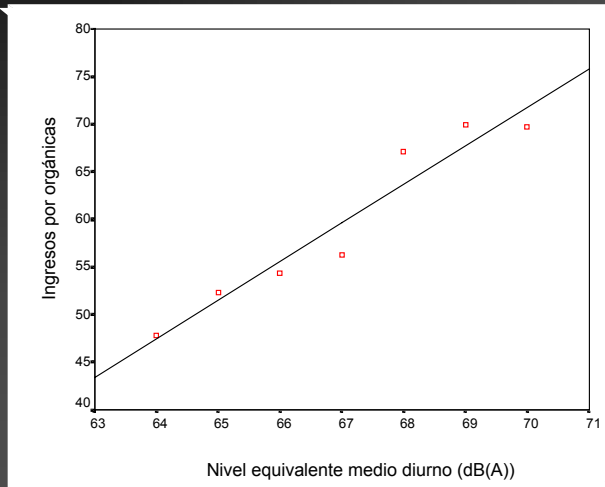


Studies 1975-1999	Time of day	Source (situation)	Test persons	Glucose	Cholesterol	Triglycandes	Fibrinogen	Adrenaline	Nrcadrenaline	Cortisol
Brown (14)	day	work-noise	51	=	-					
Manninen (28)	day	work-noise	292	-	+			-	+	
Ising (25)	day	work-noise	46					=	+	
Belli (8)	day	work-noise	940	+	+	+				
Idzior (24)	day	work-noise	784			+	+			
Polano (38)	day	work-noise	80							
Cavatorta (18)	day	work-noise	130							
Altena (1)	day	street/flight	863		=			+	+	=
Babisch (3)	day	street-noise	2512	+	+	=	(+)			
Babisch (3)	day	street-noise	2030	+	(+)	+	=			
Babisch (3)	day	work /street	255	=	+	(+)	(+)			
Maschke (29)	night	flight (lab)	40					+	+	
Maschke (30)	night	flight (field)	28	=	=	=		+	=	+
Carter (16)	night	lorry (lab)	9					=	=	
Melam (35,36)	day	work-noise	2145		+	+				+
Sudo (42)	day	work-noise	75					+	+	+
Braun (12)	night	street (field)	25					=	+	+
Harder (20)	night	flight (field)	16	=	=	=	(+)	(+)	=	(+) (-)
No relevant difference =				Signif. higher +	Signif. lower -	Relevant, not significant ( )				

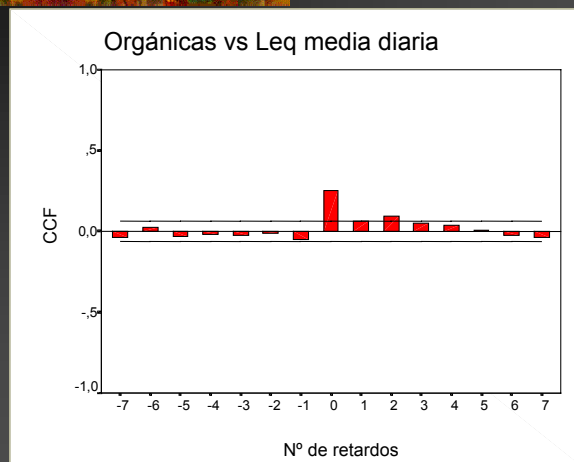
Semi-quantitative representation of laboratory findings in comparison with control situations (adults)

Source: Maschke, C. et al. The Influence of stressors on biochemical reactions - a review of present scientific findings with noise. In: *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2000.

# EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA SOBRE INGRESOS HOSPITALARIOS



# EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA



# MODELO MULTIVARIADO PARA LOS INGRESOS HOSPITALARIOS

```

INGRESOS POR CAUSAS ORGÁNICAS.
Number of residuals      639
Standard error           9,1465465
Log likelihood           -2315,6041
AIC                      4653,2082
SBC                      4702,2672
    
```

### Analysis of Variance:

	DF	Adj.	Residual Variance
Residuals	628		83,659313

### Variables in the Model:

	B	SEB	APPROX. PROB.
AR1	-,984516	,0216579	,00000000
MA1	-,969809	,0301600	,00000000
DIA2	11,128145	1,0767269	,00000000
DIA3	3,384184	1,0856771	,00190970
DIA7	-7,069993	1,1125839	,00000000
O3A7	,218348	,1114604	,05055853
TCA11	1,451143	,4225494	,00063330
TRIO10	,222331	,0686441	,00126321
LSO2	2,019330	1,0178569	,04770154
LMD65	3,051367	,2674095	,00000000
CONSTANT	41,359612	2,3870408	,00000000

Model	ARMA	Meteorological variables.	Pollution Variables.	Noise Leqda 65 (0)	% increase explained variance.
Univariate	AR(1)= 0.99 *** MA(1)=0.82 ***	---	---	---	
Univariate + noise	AR(1)= 0.99 *** MA(1)=0.84 ***	---	---	3.43 ***	4.3 %
Univariate+ Weather	AR(1)= 0.99 *** MA(1)=0.82 ***	Th(1)=0.97 * Tc(4)=0.22*	---	---	0.7 %
Univariate+Weather +Noise	AR(1)= 0.99 *** MA(1)=0.84 ***	Th(1)=1.10 *	---	3.48 ***	5 %
Univariate+Weather+ Pollution	AR(1)= 0.99 *** MA(1)=0.81 ***	Th (1)=0.86 *	O3h (7)= 0.43 ** NOX (0)=0.03 ***	---	3.1%
Univariate+Weather +Pollution +noise	AR(1)= 0.99 *** MA(1)=0.81 ***	Th (1)=0.98 *	O3h (7)= 0.39 ** NOX (0)=0.03 ***	3.33 ***	7.2%

Table1. Significant coefficients and lags (in parentheses) for every model. Emergency admissions in the Hospital Gregorio Marañón. (\*p <0.05; \*\* p<0.01; \*\*\*p<0.001)

## RELACIONES FUNCIONALES

### Contaminación Acústica

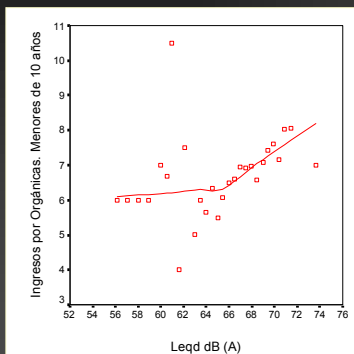


Diagrama de dispersión entre nivel sonoro medio diurno y las causas orgánicas (CIE-IX: 1-799) en el grupo de 0 a 9 años.

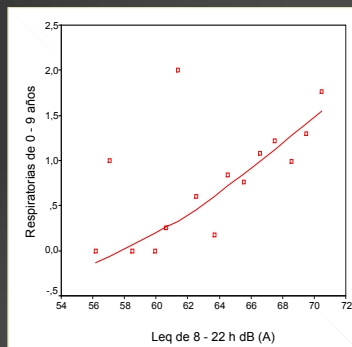


Diagrama de dispersión entre nivel sonoro medio diurno y las causas respiratorias (CIE-IX: 460-519) en el grupo de 0 a 9 años.

## EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

### MORBILIDAD INFANTIL

#### (Ingresos hospitalarios por causas orgánicas)

Variables Signif. ( $p < 0,05$ )	Varianza Explicada	RR Incremento	AR
PM <sub>10</sub>	1,35 %	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : 1,03 (1,02 1,04)	2,91 %
Ruido Leq (8-22 h)	0,95 %	1 dB (A): 1,02 (1,01 1,03)	1,99 %
Ruido Medio Diario	0,31 %	1 dB (A): 1,02 (1,00 1,03)	1,68 %
Polen de Gramíneas	0,56 %	10 granos/ $\text{m}^3$ : 1,01 (1,00 1,01)	0,85 %

## EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

- Variable ambiental que presenta una mayor significación estadística con los ingresos hospitalarios.
- Por cada decibelio por encima de 65 dB(A) aumentan los ingresos un 5,3 %, sobre todo por causas cardiovasculares.
- Ruido de tráfico como factor indicador de la actividad antropogénica en la ciudad.

## EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

- El ruido de tráfico en UK está relacionado con la mortalidad por causas cardiovasculares . 3000 muertes/año (3% 2006).
- Estudios realizados en Madrid (2008) relacionan el ruido con la mortalidad en el grupo de menores de 10 años y en de 45 años por causas circulatorias. También se da asociación el de mayores de 75 años por circulatorias.
- Estudios realizados en Alemania (Babisch 2009) en niños de 8-14 años por cada 10 dB(A) ruido tráfico aumenta la presión sistólica 1mmHg y la sistólica y 0,6 mmHg la diastólica.
- No se trata de una variable “proxi”, si no que tiene una asociación estadística propia con la mortalidad.