



## **6. VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE FONDO REGIONAL**



**VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE FONDO REGIONAL**

INDICE DEL CAPÍTULO

6.	VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE FONDO REGIONAL .....	6-1
6.1	Descripción.....	6-1
6.2	Estaciones de la red EMEP/VAG/CAMP .....	6-2
6.3	Programa de mediciones .....	6-4
6.4	Datos por contaminantes (valores registrados en 2012).....	6-5
6.4.1	Contaminantes gaseosos (datos automáticos) .....	6-5
6.4.2	Aerosoles y gases + aerosoles .....	6-7
6.4.3	Especiación de partículas (PM10 y PM2,5) .....	6-10
6.4.4	Carbono en partículas .....	6-14
6.4.5	Análisis de la precipitación .....	6-15
6.4.6	Metales.....	6-19
6.4.7	Mercurio gaseoso .....	6-23
6.4.8	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs).....	6-24
6.4.9	Amoníaco.....	6-28
6.4.10	Compuestos foto-oxidantes (orgánicos y carbonílicos) .....	6-30
6.5	Análisis de tendencias temporales (2001-2012) de los principales contaminantes en el Fondo Regional de España .....	6-33



## 6. VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE FONDO REGIONAL

### 6.1 Descripción

La contaminación atmosférica de fondo regional es la existente en zonas alejadas de focos de emisión directa. Proporciona información acerca de cuál es el nivel de contaminación regional, debida tanto a fuentes antropogénicas, naturales, regionales o transfronterizas.

Estos niveles de fondo regional se determinan a partir de las mediciones realizadas por las estaciones de la **red española EMEP/VAG/CAMP**, que pretende satisfacer los compromisos de medición de contaminantes contraídos por España con los programas EMEP, VAG y CAMP.

El “Programa concertado de seguimiento y de evaluación del transporte a gran distancia de los contaminantes atmosféricos en Europa” (**Programa EMEP**), puesto en marcha en 1977, forma parte del Convenio de Ginebra sobre contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia y tiene cuatro componentes: recogida de datos de emisiones, mediciones de la calidad del aire, modelización del transporte y la dispersión de contaminantes atmosféricos y modelización integrada.

La Vigilancia Mundial de la Atmósfera (**VAG**), es un proyecto del Programa de Investigación de la Atmósfera y el Medio Ambiente (PIAMA), de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), organismo de las Naciones Unidas creado tras la firma del Convenio Meteorológico Mundial.

El **Programa CAMP** (“Programa Integral de Control Atmosférico”, que es fruto del Convenio Oslo-París para la Protección del Medio Ambiente Marino del Nordeste del Atlántico, de 1992) tiene por objeto conocer los aportes atmosféricos a la región del Nordeste Atlántico y estudiar sus efectos sobre el medio marino.

Las mediciones obtenidas de las estaciones de dicha red permiten determinar los niveles de contaminación de fondo en una región, así como evaluar el transporte desde fuentes emisoras situadas a grandes distancias de ellas. Por ello, son representativas, en cuanto a calidad del aire y precipitación, de un área extensa en torno a ellas, por lo que son utilizadas para la verificación de los pronósticos de los modelos de predicción de calidad del aire. Además, en ellas se determinan tanto los contaminantes regulados en la legislación europea y nacional, con lo cual dan apoyo a las redes autonómicas y locales en su evaluación de la calidad del aire, como una serie de contaminantes distintos a los regulados en dicha legislación, lo que permite que también sirvan para estudios científicos sobre dichos compuestos, cuyos resultados a su vez influyen en la generación de nueva legislación en calidad del aire.

Esta red sirve de apoyo al resto de las redes de calidad del aire españolas para sus labores de evaluación de la calidad del aire de todo el territorio. Además, los valores registrados de partículas PM10 en estas estaciones son necesarios para conocer el nivel de fondo regional y posteriormente realizar el procedimiento de descuento de episodios naturales por las intrusiones de masa de aire sahariano.

La red española empezó a funcionar en 1983 y fue aumentando progresivamente el número de estaciones que la componen. A partir de 2006, la **red EMEP/CAMP** unificó su gestión con la **red VAG**, creándose la actual **red EMEP/VAG/CAMP** y la gestión pasó a ser responsabilidad de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), incluyendo entre sus obligaciones el desarrollo de los diversos programas de mediciones. Desde el inicio del funcionamiento de la red, las determinaciones de las muestras analizadas en el laboratorio se realizan en el Laboratorio Nacional de Referencia, Centro Nacional de Sanidad Ambiental del Instituto de Salud Carlos III.

## 6.2 Estaciones de la red EMEP/VAG/CAMP

La red EMEP/VAG/CAMP española cuenta actualmente con 13 estaciones (Tabla 6.1 y Figura 6.1).

Tabla 6.1. Estaciones de la red EMEP/VAG/CAMP.

Cód. Nacional	Cód. Internacional	Código de la estación	Nombre	Provincia	Propósito
45153999	ES0001R	ES01	San Pablo de los Montes	Toledo	EMEP/VAG
15057999	ES0005R	ES05	Noia	A Coruña	EMEP/VAG/CAMP
07032999	ES0006R	ES06	Mahón	Baleares	EMEP/VAG
18189999	ES0007R	ES07	Víznar	Granada	EMEP/VAG
33036999	ES0008R	ES08	Niembro	Asturias	EMEP/VAG/CAMP
19061999	ES0009R	ES09	Campisábalos	Guadalajara	EMEP/VAG
17032999	ES0010R	ES10	Cabo de Creus	Girona	EMEP/VAG
06016999	ES0011R	ES11	Barcarrota	Badajoz	EMEP/VAG
46263999	ES0012R	ES12	Zarra	Valencia	EMEP/VAG
49149999	ES0013R	ES13	Peñausende	Zamora	EMEP/VAG
25224999	ES0014R	ES14	Els Torms	Lleida	EMEP/VAG
27058999	ES0016R	ES16	O Saviñao	Lugo	EMEP/VAG
21005999	ES0017R	ES17	Doñana	Huelva	EMEP/VAG/CAMP



Figura 6.1. Estaciones de la red EMEP/VAG/CAMP.



### 6.3 Programa de mediciones

Dentro de la red EMEP/VAG/CAMP se desarrolla un programa de mediciones que viene establecido por la Estrategia EMEP; y también por las decisiones de los Órganos Directores de los otros dos Programas (VAG y CAMP).

Aunque no todas las estaciones pertenecientes a la red EMEP/VAG/CAMP cumplen las mismas funciones ni miden los mismos parámetros muchos de los contaminantes que se registran en esta red son comunes al resto de las redes de calidad del aire en España. La diferencia radica en el nivel o grado de contaminación, al ser mucho menor que la registrada en aglomeraciones y estaciones influidas directamente por fuentes locales de contaminación. Además, realizan mediciones de otros contaminantes interesantes de conocer pero sobre los que aún no hay información ni sobre su comportamiento ni sobre sus posibles efectos adversos sobre la salud o la vegetación, por lo que no se han establecido aún en la legislación sus valores límite ni objetivo.

La recogida de muestras se realiza mediante **equipos automáticos** (valores horarios) y **manuales** (valores diarios, semanales y mensuales).

- A. **Equipos automáticos** (contaminantes gaseosos): Datos horarios de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y ozono ( $\text{O}_3$ ). También se realizan mediciones de  $\text{PM}_{10}$  horario con equipos automáticos (microbalanza oscilante) en: ES09 – Campisábalos, ES12 – Zarra, ES13 – Peñausende y ES16 – O Saviñao. Además, se obtienen también datos meteorológicos que sirven en muchas ocasiones para interpretar el comportamiento de algunos parámetros. En la estación de Niembro, además, se mide el mercurio gaseoso total.
- B. **Equipos manuales**. Son en su mayoría, datos diarios, aunque también se realizan mediciones con otras periodicidades (semanales y mensuales).
- **Aerosoles**:  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  en  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{PM}_{10}$ , todos los días
  - **Gases + aerosoles**:  $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ , todos los días
  - **Especiación de partículas**: determinación de  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$ : en las estaciones de Campisábalos, San Pablo de los Montes, Víznar, Niembro y Els Torms.
  - **Carbono en partículas**: determinación de carbono elemental y orgánico (CE y CO) en  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$  en las estaciones de Campisábalos y San Pablo de los Montes.
  - **Agua de lluvia**: pH,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{K}^+$  y conductividad, en todas las estaciones excepto en Cabo de Creus, todos los días con precipitación.
  - **Metales**: Pb, Cd, As, Ni, Cu, Cr, Zn y Hg (sólo en Niembro).
    - En  $\text{PM}_{10}$ , un día a la semana en las estaciones de Niembro y Campisábalos. También se han realizado medidas indicativas (campaña de 52 días) en campañas para el cumplimiento del RD 102/2011 en otras estaciones.
    - En precipitación, en ambas estaciones, a partir de muestras semanales (en la estación de Niembro también se analiza el Hg en precipitación).
    - En depósito total. Se han realizado medidas indicativas en campañas<sup>1</sup> para el cumplimiento del RD 102/2011 en varias estaciones.

<sup>1</sup> Las mediciones indicativas (de 52 días) se realizan en las siguientes estaciones: ES01: San Pablo de los Montes, ES06: Mahón, ES07: Víznar, ES08: Niembro, y ES14: Els Torms. Estas mediciones incluyen: Metales (en  $\text{PM}_{10}$  -datos diarios-; y en depósito total -datos mensuales-), mercurio gaseoso total (datos horarios; sólo en Niembro), e Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP; en  $\text{PM}_{10}$  -datos diarios- y en depósito total -datos mensuales-).



- **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP):**
  - En PM10: una muestra por semana, en la estación de Niembro. También se han realizado medidas indicativas en campañas para el cumplimiento del RD 102/2011 en otras estaciones.
  - En depósito total. Se han realizado medidas indicativas en campañas para el cumplimiento del RD 102/2011 en varias estaciones.
- **Amoníaco (NH<sub>3</sub>):** en Niembro, Campisábalos y, desde el año 2012 también en las estaciones de San Pablo de los Montes, Víznar, Barcarrota y Els Torms, a partir de muestras semanales.
- **Compuestos orgánicos volátiles (COV) y compuestos carbonílicos** (aldehídos y cetonas): dos muestras a la semana, en la estación de San Pablo de los Montes.

## 6.4 Datos por contaminantes (valores registrados en 2012)

### 6.4.1 Contaminantes gaseosos (datos automáticos)

En este apartado se muestran los datos de los contaminantes gaseosos principales que se miden en las todas redes de contaminación atmosférica.

A pesar de que el mercurio gaseoso total también es un contaminante gaseoso que se mide por medidas automáticas, se han incluido en otro apartado de este capítulo (apartado 6.4.7).



En todas las estaciones de la red se realizan mediciones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y O<sub>3</sub> (Figura 6.2).



Figura 6.2. Ubicación de las estaciones de medición automática (contaminantes gaseosos).

Tabla 6.2. Datos de niveles de contaminantes gaseosos en el año 2012.

Nombre estación	Código de la estación	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>x</sub> <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub>			AOT 40 (µg/m <sup>3</sup> h) promedio de 5 años <sup>3</sup>
					Nº superaciones			
					> 120 (µg/m <sup>3</sup> ) promedio de 3 años	>180 (µg/m <sup>3</sup> )	>240 (µg/m <sup>3</sup> )	
San Pablo de los Montes	ES01/45153999	0,47	3,2	3,4	29	-	-	19873
Noia	ES05/15057999	1,40	3,0	3,3	28	1	-	9024
Mahón	ES06/07032999	0,37	4,1	4,5	16	-	-	18582
Víznar	ES07/18189999	0,86	5,1	6,0	31	-	-	22932
Niembro	ES08/33036999	0,92	4,3	4,9	9	-	-	4679
Campisábalos	ES09/19061999	0,35	2,5	2,6	33	-	-	20817
Cabo de Creus	ES10/17032999	0,53	2,8	3,1	29	-	-	17111
Barcarrota	ES11/06016999	0,33	3,4	3,7	5	-	-	9623
Zarra	ES12/46263999	0,59	2,6	2,8	34	-	-	24400
Peñausende	ES13/49149999	0,54	3,1	3,4	29	-	-	16703
Els Torms	ES14/25224999	0,71	3,5	3,9	24	-	-	24784
O Saviñao	ES16/27058999	0,39	3,7	4,6	2	-	-	3977
Doñana	ES17/21005999	1,10	4,2	4,7	21	3	-	15072

Se puede observar en la Tabla 6.2 que los valores registrados para SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> son muy bajos y en ningún caso se superan los valores legislados para la protección de la salud ni los de protección de la vegetación.

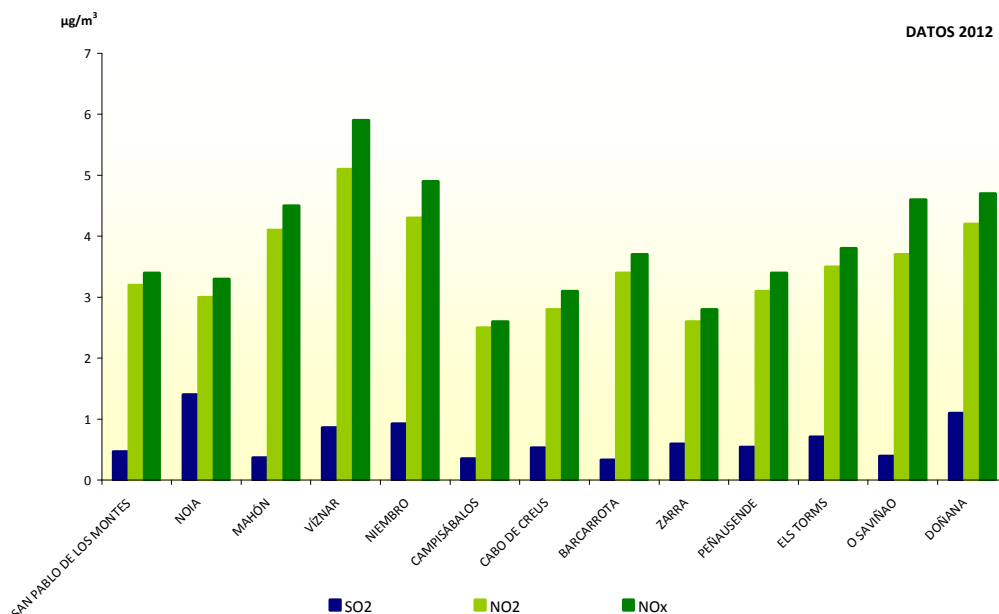


Figura 6.3. Datos de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> en el año 2012.

<sup>2</sup> Los datos de NO<sub>x</sub> se dan expresados en NO<sub>2</sub>.

<sup>3</sup> Suma de la diferencia entre las concentraciones horarias superiores a los 80 µg/m<sup>3</sup> (=40 partes por mil millones) y 80 µg/m<sup>3</sup> a lo largo de un período dado, utilizando únicamente los valores horarios medidos entre las 8.00 y las 20.00 horas, Hora de Europa Central (HEC), cada día. (Un año participa en el promedio si tiene al menos el 86% de los datos posibles. Además, para calcular el promedio se utiliza el AOT40 corregido que es el AOT40 medido \* (nº total posible de horas / nº de valores horarios medido))

En la Figura 6.3 se puede observar cómo para el SO<sub>2</sub>, los mayores niveles se dan en la estación de Noia. En relación con el NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, es en la estación de Víznar donde se registran los valores más altos.

Con respecto al O<sub>3</sub>, y como se ha expuesto anteriormente, es un contaminante secundario que se crea, con la ayuda de la radiación solar, por la reacción fotoquímica entre los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles y se dan las mayores concentraciones lejos o en la periferia de las ciudades. En el caso de las estaciones de la red, por la ubicación donde se encuentran se registran valores relativamente altos.

En lo referente a los valores objetivo de protección de la salud (Figura 6.4), se puede ver que para el año 2012, en la mitad de las estaciones se supera en más de 25 ocasiones el máximo diario de las medias móviles octohorarias de 120 µg/m<sup>3</sup>. Respecto a los valores objetivo horarios, en el año 2012 sólo se dieron superaciones del umbral de información en las estaciones de Noia y de Doñana y en ninguna estación se dan superaciones del umbral de alerta.

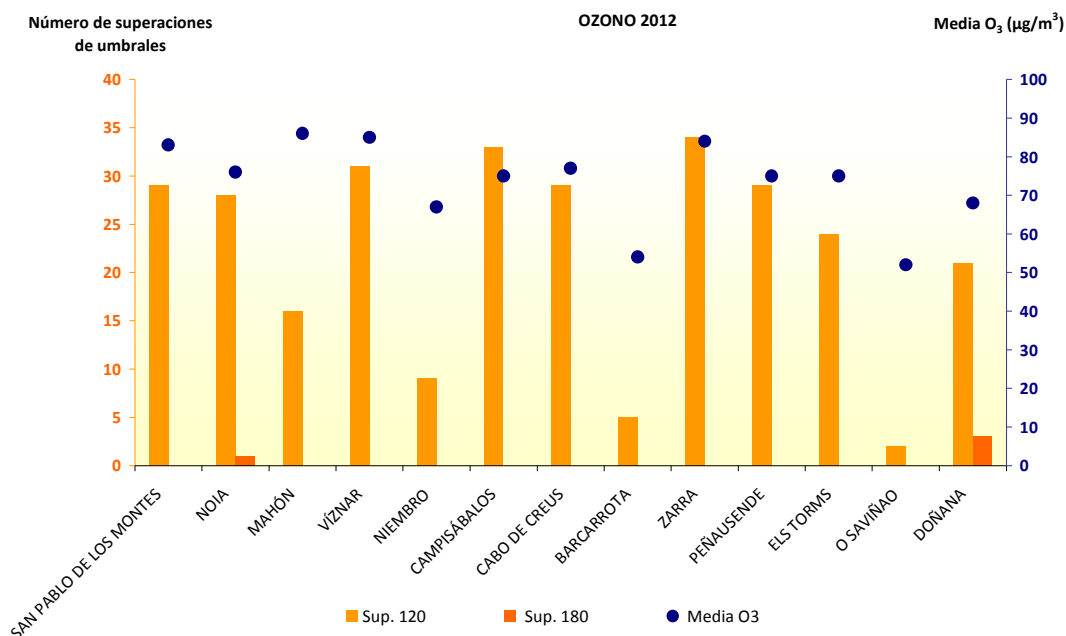


Figura 6.4. Media anual de O<sub>3</sub>, número de superaciones del máximo diario móvil octohorario de 120 µg/m<sup>3</sup> y del umbral de información de 180 µg/m<sup>3</sup>.

#### 6.4.2 Aerosoles y gases + aerosoles

Todas las estaciones disponen de medición manual de PM10 (por gravimetría), pero la mayoría también de PM2,5 (excepto Noia y Doñana). Además, 4 de ellas, adicionalmente también miden PM10 de forma automática.

En la Figura 6.5 se recoge un mapa con la distribución de las mediciones de partículas en las estaciones de la red, con la siguiente leyenda:

- ▲ PM10 gravimétrico
- ▲ PM10 gravimétrico + PM2,5 gravimétrico
- ▲ PM10 gravimétrico + PM10 automático + PM2,5 gravimétrico.



Figura 6.5. Distribución de las mediciones de partículas en la red EMEP/VAG/CAMP.

Estas mediciones de partículas son muy interesantes para la calidad del aire ya que a partir de los datos de estas y otras estaciones se pueden calcular los descuentos que pueden hacer el resto de puntos de muestreo por intrusiones de masas de aire sahariano.

En la Tabla 6.3 se muestran los valores medios anuales del año 2012 para datos de aerosoles y gases + aerosoles en PM10.

Tabla 6.3. Datos de aerosoles y gases + aerosoles en 2012 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Nombre estación	Código de la estación	Aerosoles				Gases + Aerosoles	
		PM10	PM2,5	SO <sub>4</sub> - S	NO <sub>3</sub> - N	HNO <sub>3</sub> + NO <sub>3</sub> - N	NH <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> - N
San Pablo de los Montes	ES01/45153999	12	6	0,36	0,23	0,33	1,5
Noia	ES05/15057999	8	-	0,47	0,18	0,42	0,9
Mahón	ES06/07032999	19	6 <sup>4</sup>	0,86	0,40	0,62	1,5
Víznar	ES07/18189999	17	10	0,44	0,27	0,44	1,4
Niembro	ES08/33036999	16	7	0,66	0,34	0,67	1,7
Campisábalos	ES09/19061999	10	5	0,33	0,13	0,23	0,8
Cabo de Creus	ES10/17032999	17	8	0,65	0,39	0,71	1,2
Barcarrota	ES11/06016999	14	7	0,40	0,21	0,34	0,9
Zarra	ES12/46263999	14	6	0,52	0,33	0,46	1,3
Peñausende	ES13/49149999	9	5	0,34	0,22	0,36	0,7
Els Torms	ES14/25224999	14	8	0,56	0,35	0,60	2,9
O Saviño	ES16/27058999	11	8	0,43	0,22	0,43	1,5
Doñana	ES17/21005999	17	-	0,68	0,37	0,55	1,5

<sup>4</sup> Las mediciones de PM2,5 en la estación de Mahón comenzaron el 29/05/2012



Captador de partículas



Equipos para la obtención de los datos de nitratos y amonios

En la Figura 6.6 se comparan los niveles de partículas PM10 y PM2,5 en las estaciones de la red EMEP/VAG/CAMP. También se puede observar la comparación de los niveles de PM10 de la medida manual frente a la realizada en continuo en los cuatro puntos de la red donde se dan las mediciones en paralelo. En la actualidad sólo hay dos estaciones que no realicen las mediciones de PM2,5.

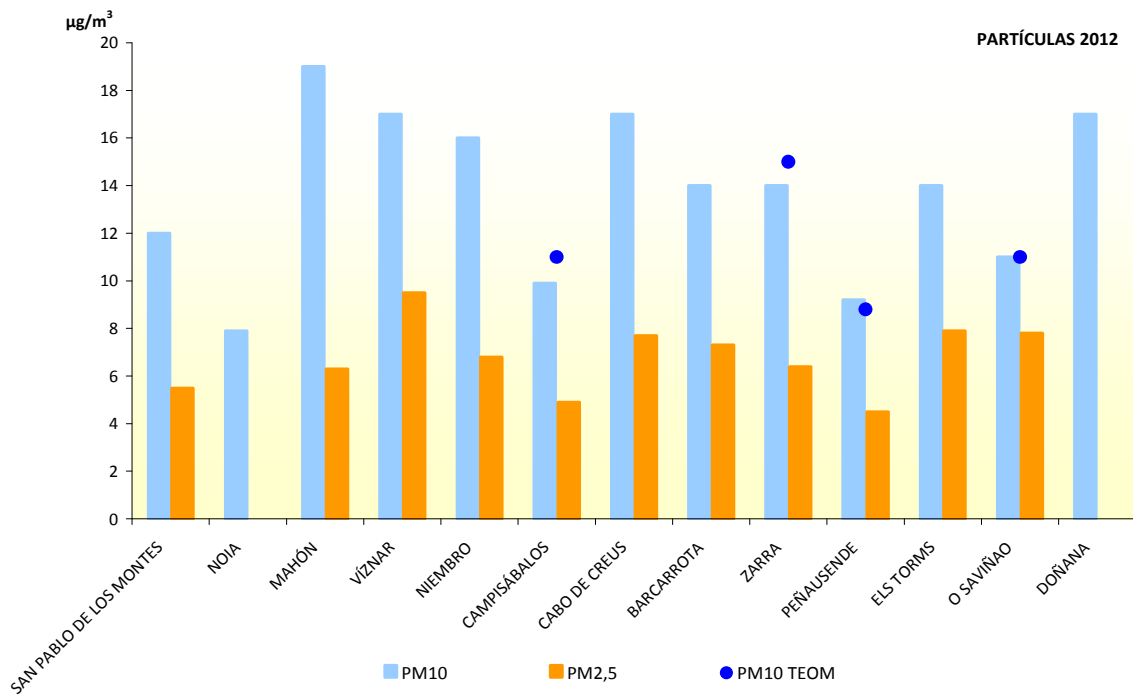


Figura 6.6. Datos medios anuales de partículas en 2012.

En la Figura 6.7 se presentan los datos sobre niveles de  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$  y de la suma de  $\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$  y de  $\text{NH}_4^++\text{NH}_3$  en el año 2012. Estos parámetros se miden en la fracción de PM10, en todas las estaciones.

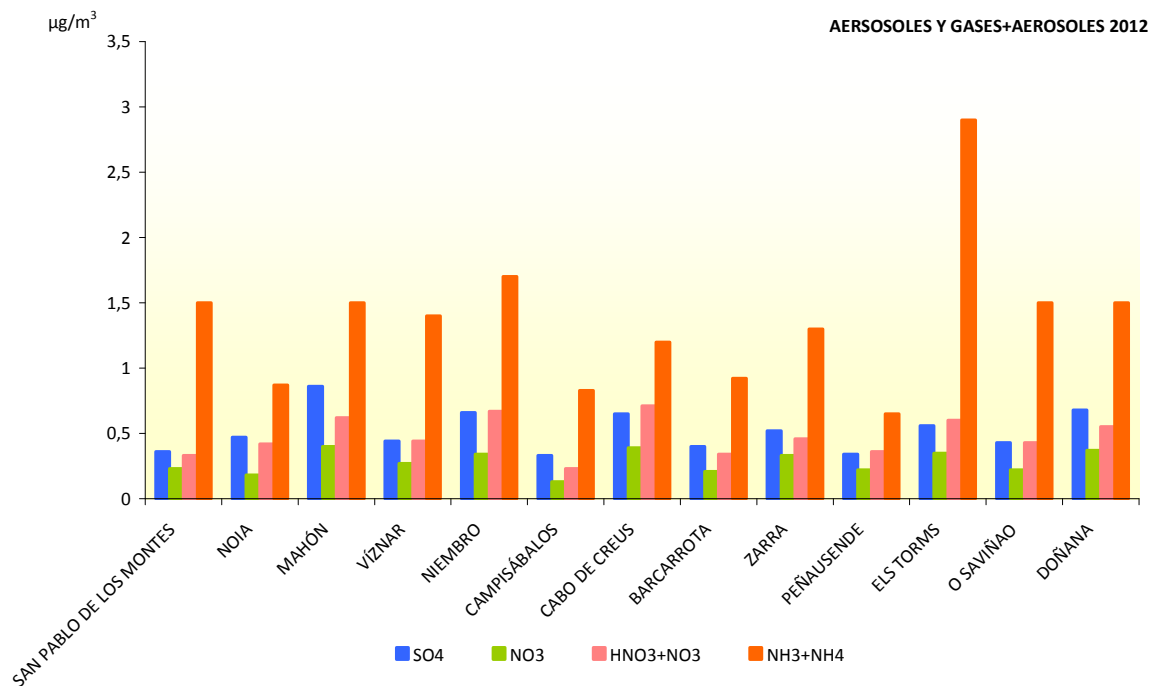


Figura 6.7. Datos medios anuales de aerosoles y gases + aerosoles en 2012.

En el apartado 6.4.3, de Especiación de PM10, se pueden observar de nuevo los datos de  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$  de las estaciones donde se realiza la especiación. No son mediciones repetidas, se dan también en este apartado para verlas con el resto de especies de la especiación.

### 6.4.3 Especiación de partículas (PM10 y PM2,5)

En las 13 estaciones de la red se miden niveles de  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$  en PM10 (Tabla 6.3, Figura 6.8 y Tabla 6.4).

Además, hay cinco estaciones en las que se miden otros compuestos, aniones y cationes, y en una de ellas (Campisábalos) además se analizaron los niveles de carbono en partículas PM10 durante los meses de enero y febrero de 2012 (ver apartado 6.4.4).

En la estación de Campisábalos, estos parámetros se llevan midiendo desde el año 2005. En las estaciones de San Pablo, Víznar, Niembro y Els Torms estas mediciones comenzaron a realizarse en febrero de 2012.



Figura 6.8. Distribución de las mediciones de especiación de PM10 en la red EMEP/VAG/CAMP.

Donde:

- ▲ SO<sub>4</sub> y NO<sub>3</sub> en PM10
- ▲ SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> y otros aniones y cationes en PM10
- ▲ SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, otros aniones y cationes y carbono en PM10

Tabla 6.4. Datos de especiación de PM10 en 2012.

Periodo anual	Especiación de PM10 (en µg/m <sup>3</sup> )							
	SO <sub>4</sub> -S	NO <sub>3</sub> -N	Cl	Na	Mg	Ca	K	NH <sub>4</sub> -N
San Pablo de los Montes	0,36	0,23	0,34	0,31	0,048	0,34	0,09	0,31
Víznar	0,44	0,27	0,27	0,29	0,074	0,66	0,20	0,48
Niembro	0,66	0,34	1,40	1,60	0,180	0,31	0,15	0,56
Campisábalos	0,33	0,13	0,12	0,27	0,033	0,37	0,07	0,42
Els Torms	0,56	0,35	0,20	0,49	0,070	0,44	0,12	0,59

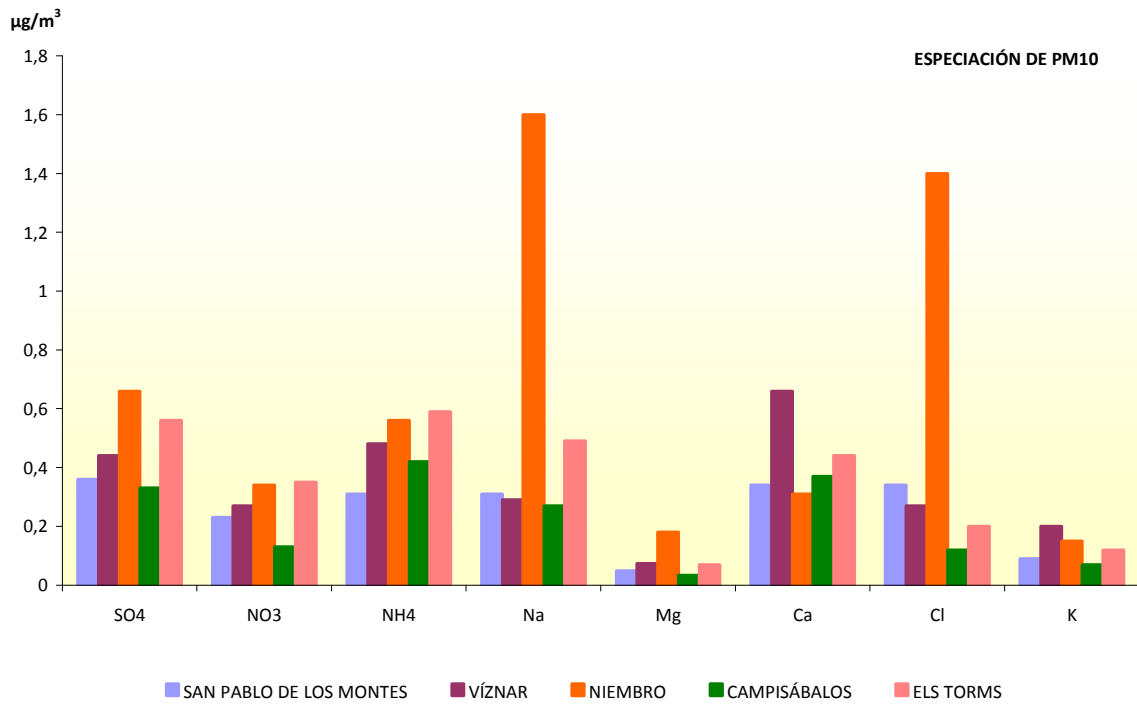


Figura 6.9. : Datos medios anuales de especiación de PM10 en 2012.

En la Figura 6.9, se presentan los valores de los distintos parámetros a partir del análisis del filtro de PM10. En la estación de Niembro, ubicada muy próxima a la costa atlántica, parece que tiene cierta influencia del aerosol marino. Además, se observan valores altos de  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NH}_4^+$  en Niembro y Els Torms, que podrían deberse a contaminación regional. Por otra parte, los mayores niveles de  $\text{Ca}^{2+}$  registrados en Víznar son generalmente el resultado de la mayor influencia del polvo africano en esta estación de Granada, próxima al continente africano.

Respecto a la especiación de PM2,5 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  en las partículas PM2,5), se realiza el análisis en cinco de las estaciones de la red (Figura 6.10 y Tabla 6.5). En la estación de Campisábalos, estos parámetros se llevan midiendo desde el año 2005. En las estaciones de San Pablo, Víznar, Niembro y Els Torms estas mediciones comenzaron a realizarse en el mes de febrero de 2012.

En Campisábalos y San Pablo, además, se realiza el análisis del contenido en carbono orgánico y carbono elemental (resultados en el apartado 6.4.4).





Figura 6.10. Distribución de las mediciones de especiación de PM<sub>2,5</sub> en la red EMEP/VAG/CAMP. Siendo:

- ▲ Especiación de PM<sub>2,5</sub>
- ▲ Especiación y carbono en PM<sub>2,5</sub>

Tabla 6.5. Datos de especiación de PM<sub>2,5</sub> en 2012.

Periodo anual	Especiación de PM <sub>2,5</sub> (en µg/m <sup>3</sup> )							
	SO <sub>4</sub> -S	NO <sub>3</sub> -N	Cl	Na	Mg	Ca	K	NH <sub>4</sub> -N
San Pablo de los Montes	0,26	0,10	0,099	0,14	0,018	0,12	0,06	0,20
Víznar	0,42	0,17	0,078	0,15	0,036	0,33	0,13	0,25
Niembro	0,42	0,07	0,099	0,22	0,024	0,10	0,05	0,30
Campisábalos	0,25	0,08	0,045	0,09	0,015	0,17	0,05	0,26
Els Torms	0,45	0,16	0,110	0,20	0,021	0,15	0,06	0,40

En la Figura 6.11 se muestran los valores de los distintos parámetros en la fracción de PM<sub>2,5</sub>. En ella se evidencian otra vez las características descritas para Els Torms (mayor carga de contaminación antropogénica, siempre dentro de los valores característicos de una red de fondo) y Víznar (mayor influencia africana). Sin embargo no queda tan reflejada la influencia del aerosol marino en los niveles de PM<sub>2,5</sub> de Niembro. Ello se debe sin duda a que el NaCl (principal indicador de dicho aerosol) es de granulometría sobre todo gruesa (mayor a PM<sub>2,5</sub>).

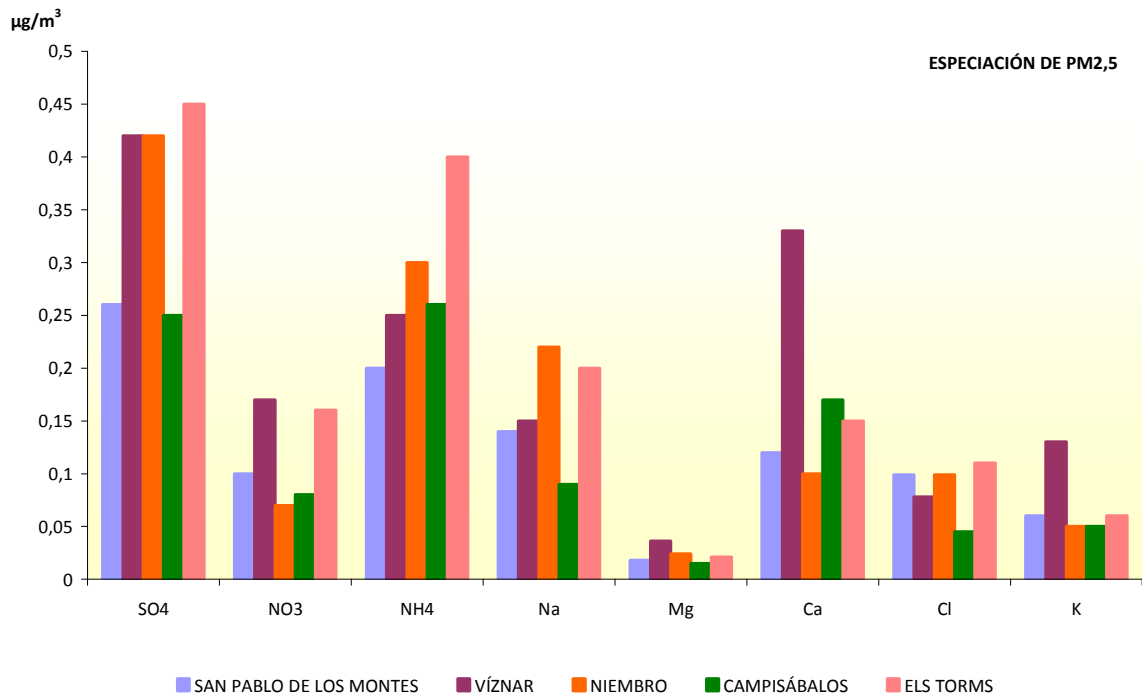


Figura 6.11. Datos medios anuales de especiación de PM2,5 en 2012.

#### 6.4.4 Carbono en partículas

En la red EMEP/VAG/CAMP se miden los niveles de carbono elemental y orgánico (CE y CO) en las estaciones de Campisábalos y San Pablo de los Montes. En la primera estación se ha medido en las fracciones de PM10 y en PM2,5 hasta el mes de febrero de 2012, cuando se dejó de medir en PM10. En San Pablo de los Montes, que comenzó a medirse a partir del mes de marzo de 2012, sólo se hace en la fracción de PM2,5.

El valor de los datos de carbono en PM10 en la estación de Campisábalos sólo corresponde a la media de los meses de enero y febrero de 2012, mes en que se dejó de realizar esta medida, por lo que no se puede sacar una conclusión a partir de estos datos. Con relación a la fracción de PM2,5 los valores en ambas estaciones son muy similares (Tabla 6.6 y Figura 6.12).



Equipos de medición de carbono orgánico y elemental en PM10 y PM2,5 en la estación de Campisábalos

Tabla 6.6. Datos de carbono elemental y orgánico en PM10 y PM2,5 en 2012 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Periodo Anual	PM10 <sup>5</sup>		PM2,5	
	Carbono elemental	Carbono Orgánico	Carbono elemental	Carbono Orgánico
San Pablo de los Montes	-	-	0,14	2,10
Campisábalos	0,19	3,30	0,17	1,90

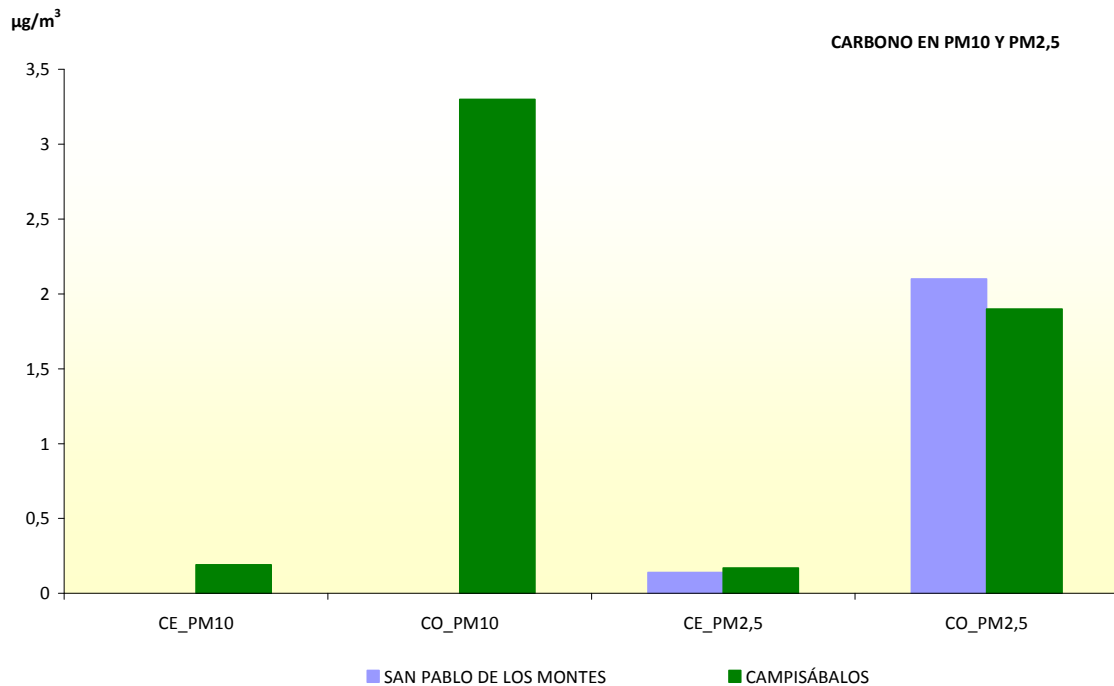


Figura 6.12. : Datos medios anuales de carbono en PM10 y PM2,5 en 2012

#### 6.4.5 Análisis de la precipitación

En el mapa de la Figura 6.13 se muestra qué tipo de medida de precipitación se da en cada estación. En todas las estaciones de la red, excepto en Cabo de Creus, se analiza la lluvia diaria y que incluye pH y conductividad, así como las concentraciones de aniones y cationes.

Además, hay dos estaciones (Niembro y Campisábalos) donde se analiza la lluvia acumulada a lo largo de una semana. En este caso, se determinan las concentraciones de metales. En la estación de Niembro, se analiza además la concentración del mercurio de una muestra de precipitación semanal (ver apartado 6.4.6).

<sup>5</sup> Datos correspondientes sólo a los meses de enero y febrero, fecha en la cual se dejó de realizar esta medición en Campisábalos.



Figura 6.13. Distribución de los análisis en precipitación en la red EMEP/VAG/CAMP.

Donde:

- ▲ Precipitación diaria
- ▲ Precipitación diaria y precipitación semanal
- ▲ Precipitación diaria, precipitación semanal y mercurio en precipitación



Equipos de recogida de agua de lluvia



Equipo de lluvia diaria



Equipo de recogida de lluvia para determinación de mercurio

La Tabla 6.7 muestra los valores medios anuales de pH y conductividad diario en las estaciones de la red en el año 2012.

Tabla 6.7. Datos medios anuales de pH y conductividad diaria en 2012.

Nombre estación	Código de la estación	pH	Cond (µS/cm)
San Pablo de los Montes	ES01/45153999	5,9	12
Noia	ES05/15057999	5,5	23
Mahón	ES06/07032999	6,0	231
Víznar	ES07/18189999	6,6	23
Niembro	ES08/33036999	5,4	88
Campisábalos	ES09/19061999	6,4	36
Barcarrota	ES11/06016999	6,2	16
Zarra	ES12/46263999	6,4	26
Peñausende	ES13/49149999	6,1	16
Els Torms	ES14/25224999	6,4	19
O Saviñao	ES16/27058999	5,9	20
Doñana	ES17/21005999	5,6	21

En la Figura 6.14 se puede observar que en las estaciones de Niembro y Noia se registran los valores más bajos de pH. Además, en la estación de Mahón, y en menor proporción en Niembro, se registran unos valores muy altos de conductividad, probablemente influidos por el agua de mar dada la ubicación de estas estaciones.

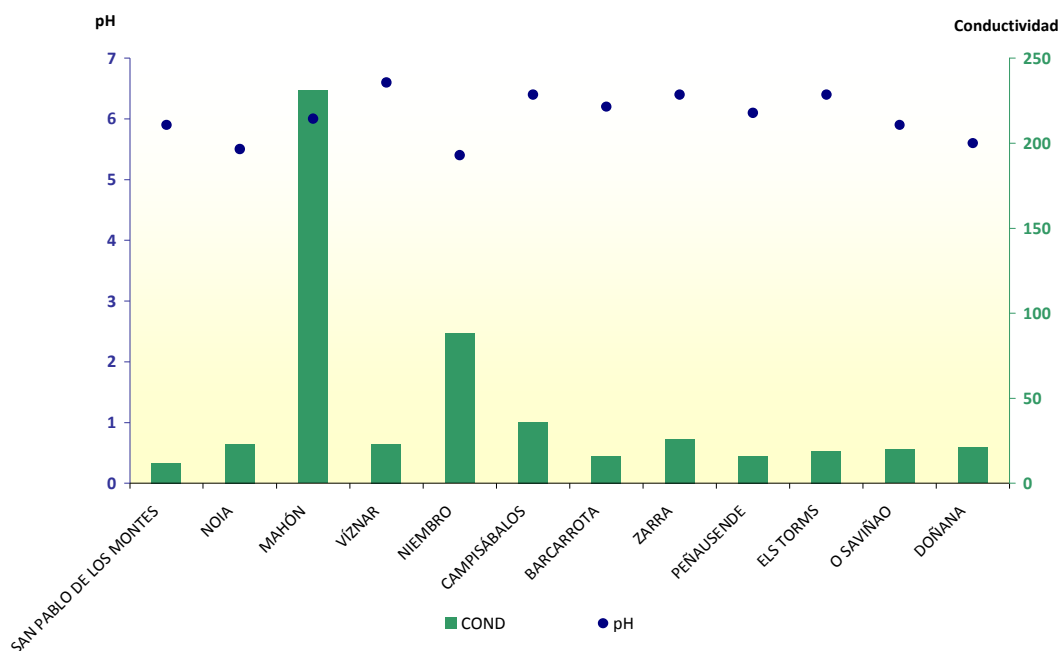


Figura 6.14. Media anual de pH y de conductividad en el año 2012.

En la Tabla 6.8 se muestran los valores medios anuales del depósito húmedo diario. Los datos de esta tabla se obtienen a partir de las concentraciones medidas tras el análisis en el laboratorio y considerando el volumen recogido de la precipitación caída cada día y el área del captador.

Así, los datos de concentración de cada parámetro (concentración diaria), que se miden en mg/l, se multiplican por el volumen de precipitación recogida y se divide por el área del captador (m<sup>2</sup>) obteniendo el depósito diario de cada parámetro (mg/m<sup>2</sup>·día). Posteriormente se realiza el cálculo anual dividiendo el sumatorio de todos los depósitos diarios (de los días que ha habido lluvia) entre el número total de días del año, obteniendo la media anual del depósito húmedo diario.

Tabla 6.8. Media anual del depósito diario en 2012 (mg/m<sup>2</sup>·día).

Nombre estación	Código de la estación	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Na	Mg	Ca	Cl	K
San Pablo de los Montes	ES01/45153999	0,23	0,23	0,27	0,22	0,06	0,51	0,43	0,17
Noia	ES05/15057999	1,46	0,37	0,28	8,73	1,05	0,71	14,49	0,43
Mahón	ES06/07032999	1,24	0,33	0,11	13,15	1,63	1,32	22,47	0,48
Víznar	ES07/18189999	0,44	0,35	0,53	0,36	0,29	2,19	0,71	0,19
Niembro	ES08/33036999	1,50	2,17	0,79	7,38	1,09	1,37	12,66	0,45
Campisábalos	ES09/19061999	0,42	0,59	0,88	0,42	0,15	1,78	0,60	0,18
Barcarrota	ES11/06016999	0,18	0,20	0,21	0,47	0,20	0,66	0,68	0,25
Zarra	ES12/46263999	0,29	0,25	0,28	0,41	0,11	1,07	0,63	0,09
Peñausende	ES13/49149999	0,23	0,30	0,47	0,31	0,08	0,42	0,45	0,08
Els Torms	ES14/25224999	0,44	0,44	0,59	0,39	0,16	1,77	0,58	0,12
O Saviñao	ES16/27058999	0,61	0,29	0,87	2,61	0,35	0,79	4,31	0,40
Doñana	ES17/21005999	0,28	0,17	0,11	0,98	0,14	0,31	1,65	0,05

La Figura 6.15 muestra, por estación, los valores del resto de parámetros analizados en el agua de precipitación diario en el año 2012 en la media anual del depósito diario. En la mayoría de estaciones se dan valores muy bajos. Sin embargo, en las estaciones más próximas a la costa, Noia, Mahón, Niembro, Saviñao y Doñana, los datos de Na y Cl son notablemente más elevados. Puede deberse a que las muestras de precipitación reciben la influencia del aerosol marino.

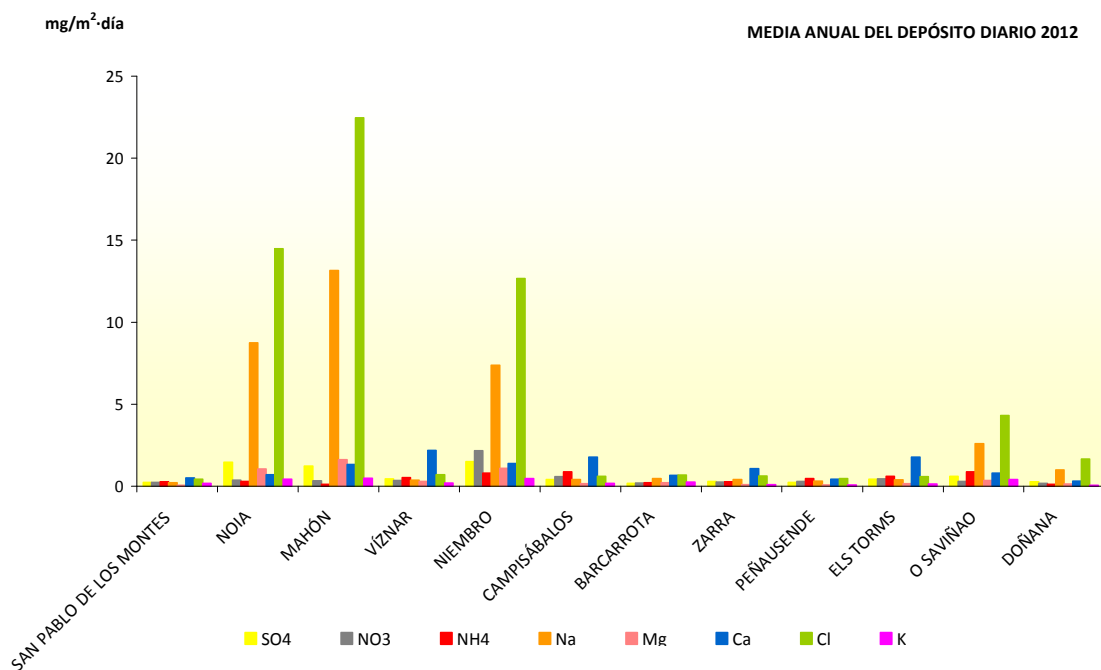


Figura 6.15. : Datos de compuestos en precipitación en el año 2012.

#### 6.4.6 Metales

En la red EMEP/VAG/CAMP se miden los metales tanto en PM10, como en precipitación y en depósito total.

En PM10 y en precipitación se miden en las estaciones de Niembro y Campisábalos regularmente desde 2001. Los datos de metales en PM10 se miden un día a la semana a partir de los filtros de PM10. Los de metales en precipitación, se analizan a partir de la muestra de lluvia recogida a lo largo de una semana. En Niembro, además, se mide el mercurio en precipitación (por la importancia para el cumplimiento del programa CAMP).

Se realizan medidas indicativas en campañas para el cumplimiento del RD 102/2011 en San Pablo de los Montes, Mahón, Víznar, Niembro y Els Torms. Con relación a los metales incluyen: Metales (en PM10 -datos diarios- (en Niembro ya se hace regularmente); y en depósito total -datos mensuales-) y mercurio gaseoso total (datos horarios; sólo en Niembro). Las campañas no han sido realizadas en el mismo periodo de tiempo por lo que hay que tener en cuenta la variable estacional al hacer comparaciones entre los datos.

Las mediciones de metales en depósito total (depósito húmedo + depósito seco) se realizan en un colector que siempre está abierto y el muestreo dura un mes. En este periodo se recoge el agua de lluvia cuando llueve y se produce depósito seco de material particulado el resto del tiempo. A partir del material muestreo (tanto seco como húmedo) se realiza un análisis de metales.



Figura 6.16. Distribución de la medición de metales en PM10 en la red EMEP/VAG/CAMP.

Donde:

- ▲ Mediciones regulares de metales en PM10
- ▲ Mediciones por campañas

Tabla 6.9. Datos de análisis de metales en PM10 en 2012 (ng/m<sup>3</sup>).

Estaciones	FECHA	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Zn
San Pablo de los Montes	2/07 – 27/08	1,6	0,042	0,29	1,00	2,10	11,0
Mahón	5/11 – 30/12	3,6	0,080	0,13	2,10	1,80	8,5
Víznar	16/01 – 12/03	1,9	0,098	0,14	1,50	2,60	9,8
Niembro	TODO EL AÑO	2,6	0,066	0,14	1,00	0,68	15,0
Campisábalos	TODO EL AÑO	1,0	0,026	0,11	0,47	0,58	6,8
Els Torms	18/03 – 14/05	1,8	0,073	0,16	0,86	0,31	13,0

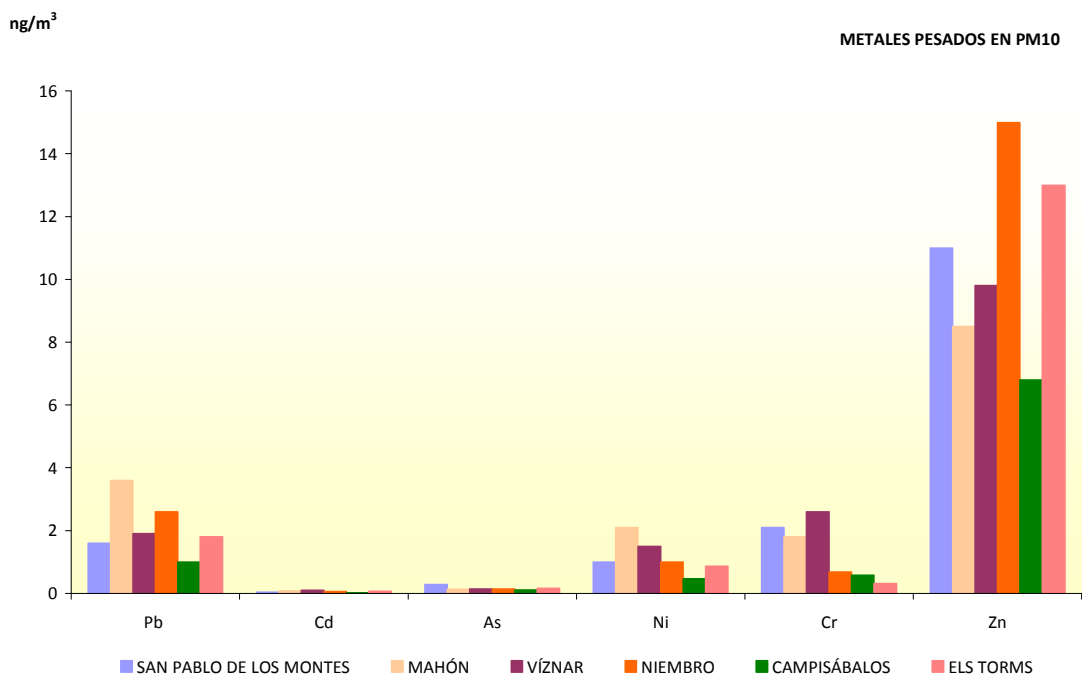


Figura 6.17. Metales en PM10 en la red EMEP/VAG/CAMP en el año 2012.

Los metales en precipitación se analizan en dos estaciones a partir de muestras de lluvia semanal.

A continuación se muestran los valores medios anuales del depósito húmedo semanal en la Tabla 6.10 y en la Figura 6.18. Los datos de esta tabla se obtienen a partir de las concentraciones medidas de metales en la precipitación recogida cada semana tras el análisis en el laboratorio y considerando el volumen recogido de la precipitación caída cada semana y el área del captador.

Así, los datos de concentración de cada metal (concentración semanal), que se miden en µg/l (el mercurio en ng/l), se multiplican por el volumen de precipitación recogida y se divide por el área del captador (m<sup>2</sup>) obteniendo el depósito diario de cada parámetro (µg/m<sup>2</sup>·semana o ng/m<sup>2</sup>·semana en el caso del mercurio). Posteriormente se realiza el cálculo anual dividiendo el sumatorio de todos los depósitos semanales entre el número de semanas del año, obteniendo la media anual del depósito húmedo semanal de metales.



Tabla 6.10. Media anual del depósito húmedo semanal de metales en 2012 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{semana}$ ).

Estaciones	Pb	Cd	As	Ni	Cu	Cr	Zn	Hg ( $\text{ng}/\text{m}^2\cdot\text{semana}$ )
Niembro	27,34	2,71	1,58	13,69	430,80	18,67	2142,20	162,37
Campisábalos	5,99	0,27	0,36	18,84	85,29	5,15	466,51	

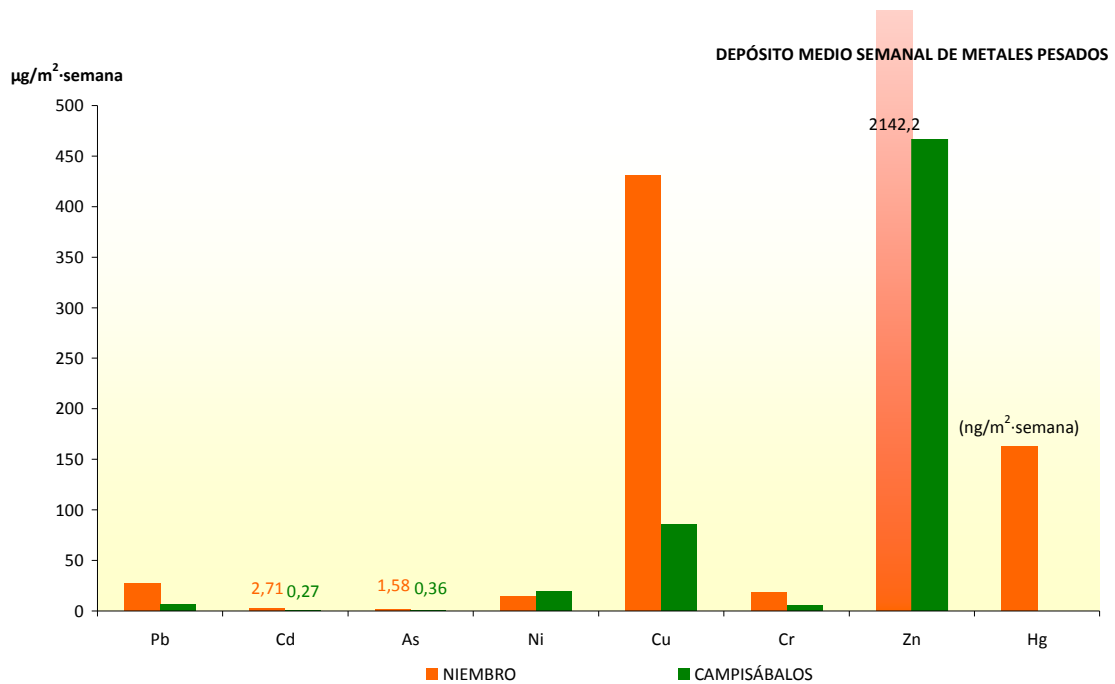


Figura 6.18. Depósito húmedo semanal de metales durante el año 2012.

Además, por el RD102/2011 se realizan campañas de metales en depósito total, durante 4 meses, en captaciones de un mes de duración.



Las campañas se realizan en las siguientes estaciones que se muestra según la Figura 6.19:



Figura 6.19. Distribución de la medición de metales en depósito total en la red EMEP/VAG/CAMP.

Las campañas no han sido realizadas en el mismo periodo de tiempo por lo que hay que tener en cuenta la variable estacional al hacer comparaciones entre los datos.

En la Tabla 6.11 y Figuras 6.20 y 6.21 se observa que los niveles de depósito total de metales son bastante diferentes entre unos metales y otros. Por este motivo, el gráfico del Zn está separado.

Tabla 6.11. Datos de depósito total de metales en 2012 ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{día}$ ).

Estaciones	FECHA	Pb	Cd	As	Ni	Cu	Cr	Zn
San Pablo de los Montes	Julio - Octubre	0,8	0,2	0,23	1,2	13	0,6	207
Mahón	Diciembre	1,2	0,06	0,58	1,5	7,5	3,8	198
Víznar	Enero – Abril	1,7	0,04	0,23	1,4	9,9	0,5	98
Niembro	Mayo – Agosto	0,7	0,14	0,32	3,1	5,5	1,5	85
Els Torms	Marzo – Junio	3,2	0,07	0,26	2,5	17	1,8	164

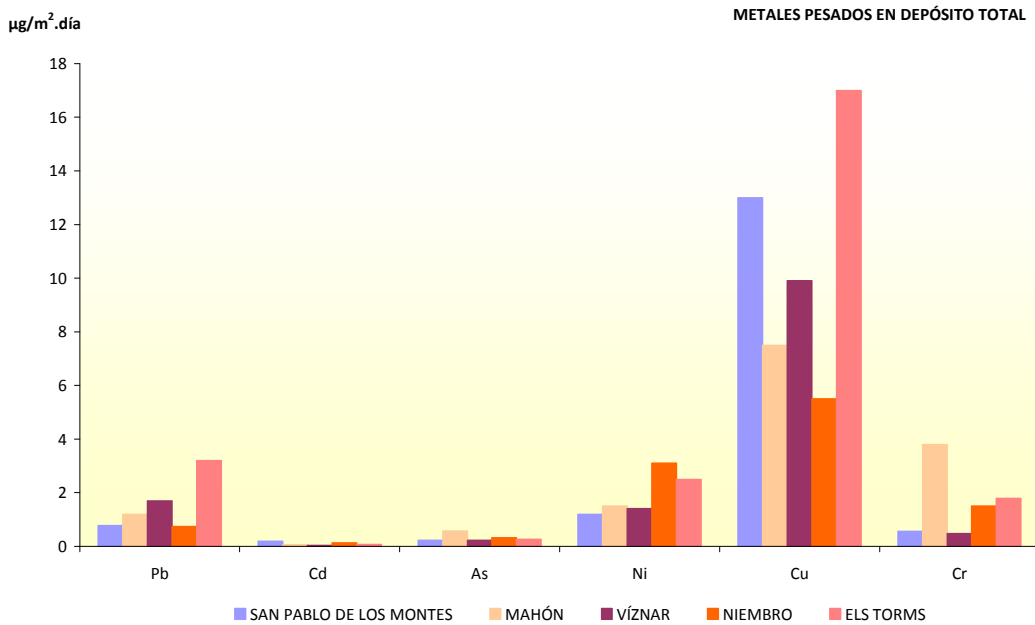


Figura 6.20. Datos de metales en depósito total en 2012.

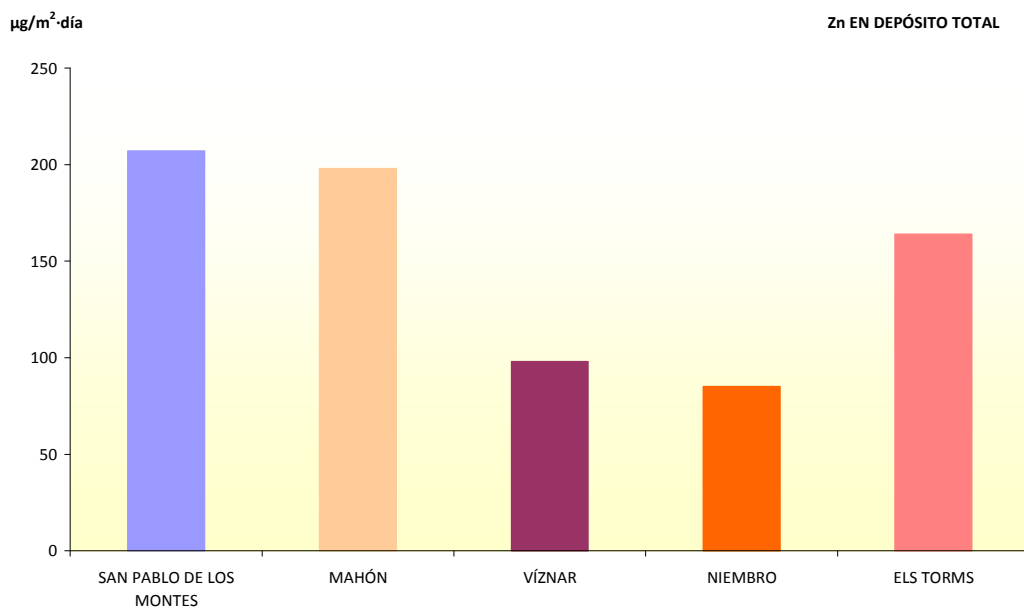


Figura 6.21. Datos de zinc en depósito total en 2012.

#### 6.4.7 Mercurio gaseoso

El mercurio gaseoso total se mide en Niembro para dar cumplimiento al RD102/2011 así como al programa de mediciones del programa CAMP.

Tabla 6.12. Datos de mercurio gaseoso total en 2012.

Estaciones	Mercurio Gaseoso Total Medias Anuales 2012 (ng/m <sup>3</sup> )
Niembro	0,51

#### 6.4.8 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)

En la red EMEP/VAG/CAMP se miden los hidrocarburos aromáticos policíclicos tanto en PM10, como en depósito total, como se puede apreciar en la Figura 6.22.

En la estación de Niembro, se miden desde 2006 los hidrocarburos aromáticos policíclicos a partir de los filtros de PM10 de forma regular, una vez cada 8 días. Además, se realizan medidas indicativas en campañas para el cumplimiento del RD 102/2011 en San Pablo de los Montes, Mahón, Víznar, Niembro y Els Torms. Con relación a los HAP incluyen: Mediciones en PM10 -datos diarios- (en Niembro ya se hace regularmente); y en depósito total -datos mensuales-. Las campañas no han sido realizadas en el mismo periodo de tiempo por lo que hay que tener en cuenta la variable estacional al hacer comparaciones entre los datos.

Para medir el depósito total de HAP se utiliza el mismo método de muestreo que el visto en el apartado sobre metales (ver apartado 6.4.6).



Figura 6.22. Distribución de la medición de HAP en PM10 en la red EMEP/VAG/CAMP.

Donde:

- ▲ Mediciones regulares de HAP en PM10 todo el año
- ▲ Mediciones por campañas

Tabla 6.13. Datos de hidrocarburos aromáticos policíclicos en PM10 en 2012 (ng/m<sup>3</sup>).

Parámetro	San Pablo de los Montes	Mahón	Víznar	Niembro	Els Torms
FECHA	2/07 – 27/08	5/11 – 30/12	16/01 – 12/03	TODO EL AÑO	18/03 – 14/05
Naftaleno	0,085	0,092	0,085	0,085	0,093
Acenaftileno	0,095	0,083	0,065	0,065	0,065
Acenafteno	0,110	0,087	0,09	0,085	0,085
Fluoreno	0,031	0,029	0,036	0,024	0,038
Fenantreno	0,041	0,042	0,210	0,033	0,042
Antraceno	0,220	0,010	0,087	0,009	0,050
Fluoranteno	0,033	0,051	0,240	0,150	0,057
Pireno	0,035	0,056	0,260	0,100	0,053
Benzo_a_Antraceno	0,015	0,019	0,063	0,034	0,018
Criseno	0,015	0,033	0,170	0,087	0,027
Benzo_k_Fluoranteno	0,020	0,029	0,350	0,094	0,083
Benzo-j-Fluoranteno				0,280	
Benzo-b+j-Fluoranteno	0,036	0,270	2,400	0,72	0,840
Benzo_a_Pireno	0,020	0,022	0,110	0,044	0,026
Indeno_123_cd_Pireno	0,022	0,098	1,100	0,330	0,460
Dibenzo_ah_Antraceno	0,015	0,042	0,075	0,031	0,069
Benzo_ghi_Perileno	0,016	0,055	0,850	0,200	0,410

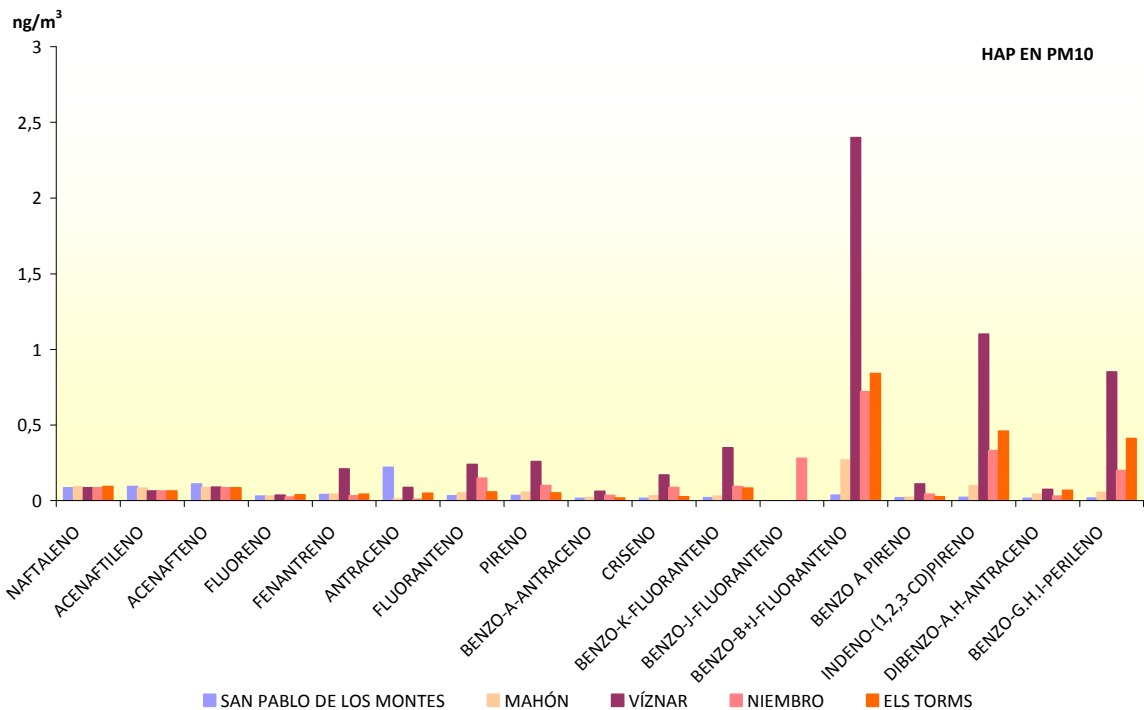


Figura 6.23. : Datos de HAP en PM10 en el año 2012.



Figura 6.24. Distribución de la medición de HAP en depósito en la red EMEP/VAG/CAMP.

Tabla 6.14. Datos de depósito total de hidrocarburos aromáticos policíclicos en 2012 (ng/m<sup>2</sup>-día).

Parámetro	San Pablo de los Montes	Mahón	Niembro	Els Torms
FECHA	Julio - Octubre	Diciembre	Mayo – Agosto	Marzo – Junio
Naftaleno	0,085	0,085	0,085	0,085
Acenaftileno	0,065	0,065	0,065	0,065
Acenafteno	0,085	0,085	0,085	0,085
Fluoreno	0,065	0,020	0,020	0,02
Fenantreno	0,053	0,015	0,021	0,022
Antraceno	0,005	0,005	0,005	0,005
Fluoranteno	0,050	0,030	0,063	0,03
Pireno	0,058	0,035	0,046	0,035
Benzo_a_Antraceno	0,033	0,015	0,015	0,015
Criseno	0,015	0,015	0,015	0,015
Benzo_b+j_Fluoranteno	0,065	0,030	0,055	0,030
Benzo_k_Fluoranteno	0,045	0,020	0,038	0,020
Benzo_a_Pireno	0,040	0,020	0,045	0,020
Indeno_123_cd_Pireno	0,020	0,020	0,020	0,020
Dibenzo_ah_Antraceno	0,028	0,015	0,015	0,015
Benzo_ghi_Perileno	0,038	0,015	0,021	0,015

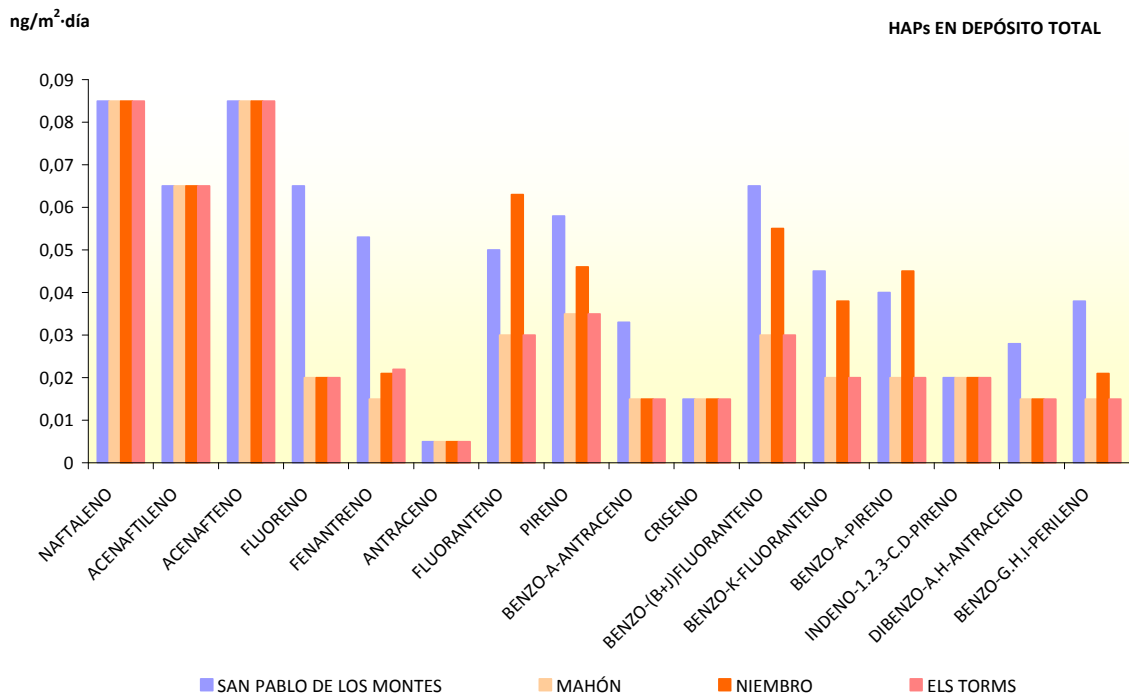


Figura 6.25. Datos de HAP en depósito total en el año 2012.

Es interesante observar como en el depósito atmosférico se muestra un predominio de los HAP ligeros respecto a pesados, mientras que en PM10 la situación es inversa.

#### 6.4.9 Amoniaco

Se miden los niveles de  $\text{NH}_3$  (gas) mediante tubos pasivos en muestras semanales en seis puntos de la red (Figura 6.26) para dar una cobertura espacial completa en toda la península. Hasta 2012 sólo se medía en Niembro y Campisábalos. Se ha comenzado a medir en San Pablo de los Montes (05/06/2012), en Víznar (27/08/2012), en Barcarrota (12/09/2012) y en Els Torms (20/08/2012) por lo que en estas estaciones la media se refiere al periodo comprendido entre esa fecha y el 31/12/2012.



Figura 6.26. Distribución de la medición de amoníaco en la red EMEP/VAG/CAMP.





La Tabla 6.15 y la Figura 6.27 muestran los valores medios anuales de los niveles de amoniaco en el año 2012 en los puntos de medida (hay que tener en cuenta que las medias no corresponden al mismo periodo de tiempo ya que hay estaciones que han comenzado a medir a lo largo del año 2012).

Se puede observar que en la estación de Els Torms se dan los valores más altos debido probablemente a las emisiones de NH<sub>3</sub> de las abundantes granjas porcinas existentes en la zona. Esto también se refleja en los valores de la suma de NH<sub>4</sub>+NH<sub>3</sub> (apartado 6.4.2) y en el valor de NH<sub>4</sub> (apartado 6.4.3).

Tabla 6.15. Datos de amoniaco en 2012 (µg/m<sup>3</sup>).

Periodo	San Pablo de los Montes	Víznar	Niembro	Campisábalos	Barcarrota	Els Torms
Anual	1,1	0,7	0,9	0,9	0,6	3,6

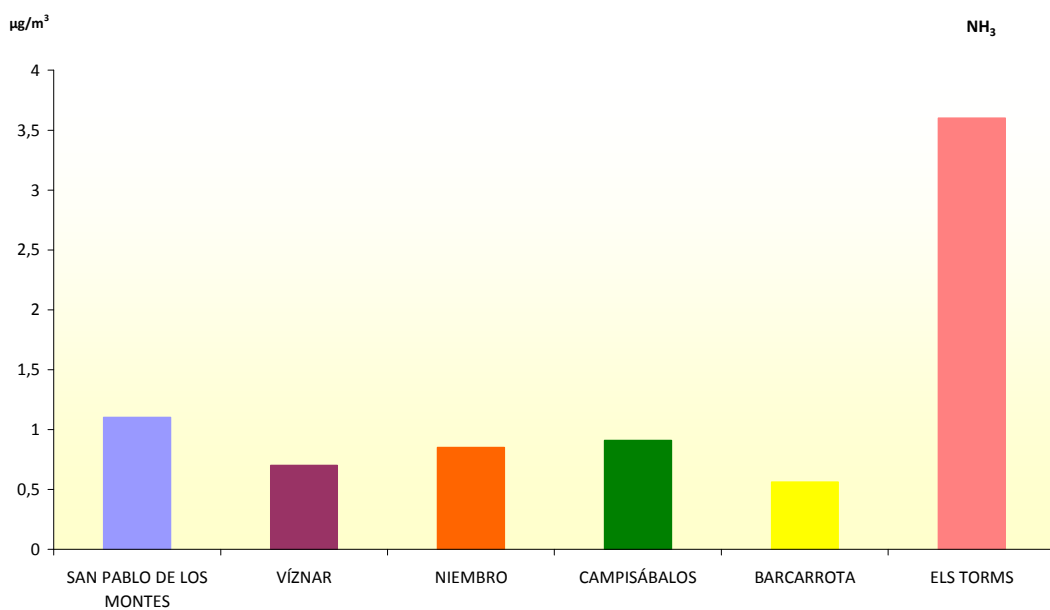


Figura 6.27. : Datos de amoniaco en el año 2012

#### 6.4.10 Compuestos foto-oxidantes (orgánicos y carbonílicos)



Figura 6.28. Distribución de la medición de COV y CC en la red EMEP/VAG/CAMP.

Los compuestos foto-oxidantes sólo se miden en una estación en toda la red (Figura 6.28), en San Pablo de los Montes. Hasta hace pocos años se medía en Campisábalos, pero al unificarse las dos redes se trasladaron las mediciones a San Pablo. En esta estación se miden compuestos orgánicos volátiles (COV) y compuestos carbonílicos (CC) (Tablas 6.16 y 6.17 y Figuras 6.29 y 6.30).

Equipo de muestreo de compuestos orgánicos volátiles en San Pablo de los Montes (canister)



Tabla 6.16. Datos de compuestos orgánicos volátiles en 2012 (nmol/mol).

Parámetro	San Pablo de los Montes
Etano	1,10
Eteno	0,04
Acetileno	0,03
Propano	1,10
Propeno	0,14
i-Butano	0,48
n-Butano	0,85
1-Buteno	0,07
Cis-2 Buteno	0,35
Trans-2 Buteno	0,05
Butadieno	0,26
i-Pentano	0,25
n-Pentano	0,18
1-Penteno	0,09
Trans-2 Penteno	0,24
n-Hexano	3,30
n-Heptano	0,20
n-Octano	0,19
Benceno	0,34
Tolueno	2,30
Isopreno	1,50

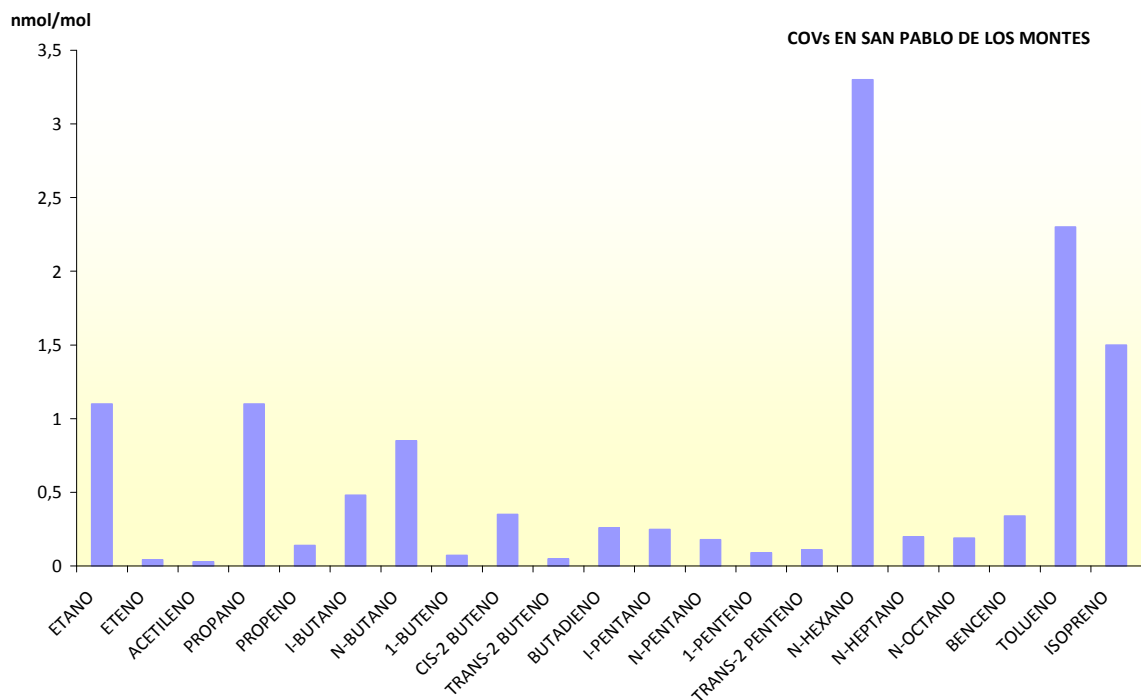


Figura 6.29. Datos de COV en el año 2012.

Tabla 6.17. Datos de compuestos carbonílicos en 2012 (ng/l).

Parámetro	San Pablo de los Montes
Formaldehído	3,8
Acetaldehído	2,7
Acetona+Acroleína	7,4
Propanal	0,7
Crotonaldehido	0,4
2-Butanona	0,6
Metacroleína + Butanal	1,8
Benzaldehido	1,0
Pentanal	0,8
Tolualdehido	0,8
Hexanal	0,7

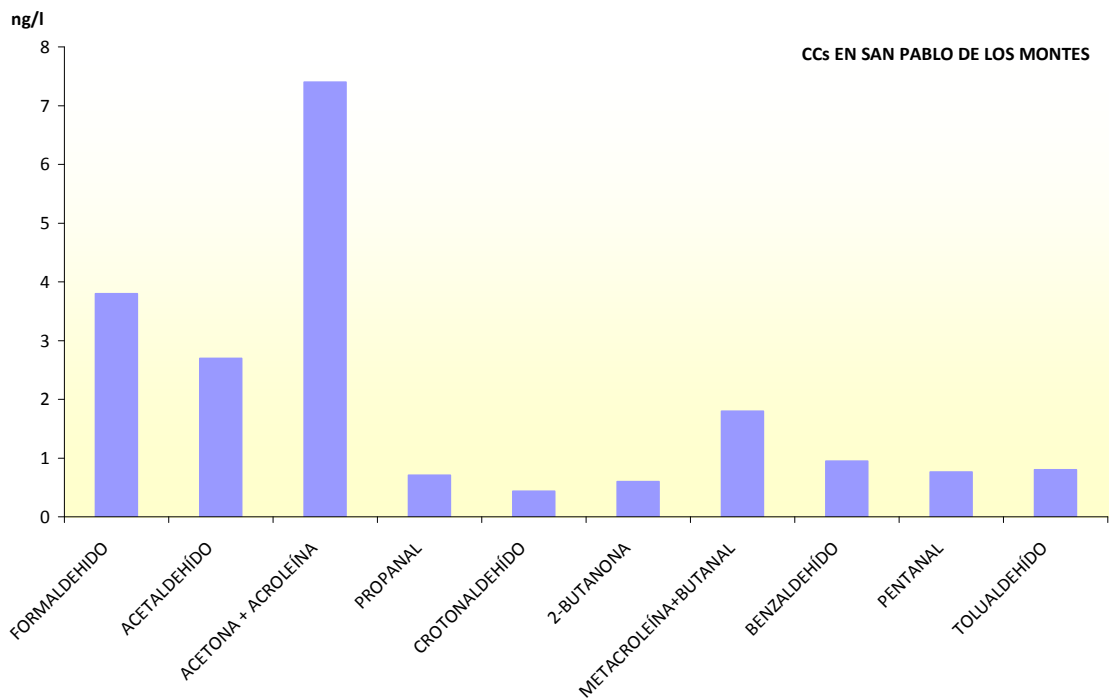


Figura 6.30. Datos de CC en el año 2012.

## 6.5 Análisis de tendencias temporales (2001-2012) de los principales contaminantes en el Fondo Regional de España

En este apartado se pretende dar una visión de cuál ha sido la evolución temporal (2001-2012) de las concentraciones de los principales contaminantes ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$ ) en fondo regional a través del análisis de datos de la red EMEP producidos en estaciones que hayan producido datos ininterrumpidamente durante los últimos 12 años.

Como se puede apreciar en la Figura 6.31 la evolución de los niveles medios anuales de  $\text{SO}_2$  muestra un claro descenso en todas las estaciones. Se diferencian dos grupos: O Saviñao, Niembro y Peñausende, por un lado, con altas concentraciones de  $\text{SO}_2$  entre 2001 y 2007, un descenso brusco en 2008 seguido de otro más progresivo hasta 2009, y niveles muy bajos y constantes o en un ligero ascenso desde entonces; y las estaciones de Barcarrota, Cabo de Creus, Víznar, Campisábalos, Els Torms y Zarra, por otro, que muestran también un descenso, pero que ya presentaban niveles bajos en el primer periodo y aunque en el 2008 se produce una disminución marcada, ésta es más progresiva a lo largo del periodo analizado.

El análisis estadístico de tendencias (Tabla 6.18) muestra que en todas las estaciones se produce un descenso estadísticamente significativo (\*\*\*) de entre -3.6 y -7.7%/año, excepto en Víznar.

La Figura 6.31 muestra también la evolución de los niveles medios anuales de  $\text{NO}_2$  y evidencia igualmente un descenso de los mismos en todas las estaciones. Se diferencian también dos grupos, pero formados por estaciones diferentes al  $\text{SO}_2$ : Cabo de Creus, Víznar, Els Torms, O Saviñao y Niembro, por una parte, con altas concentraciones entre 2001 y 2007, un brusco descenso en 2008 seguido de otro progresivo hasta 2009, y niveles bajos y constantes desde entonces; y las estaciones de Barcarrota, Campisábalos, Zarra y Peñausende, por otra, que muestran también una disminución, pero que ya mostraban niveles bajos en el primer periodo y en las que, aunque en 2008 se produce un descenso marcado, éste es más progresivo a lo largo del periodo analizado.

El análisis estadístico de tendencias (Tabla 6.18) muestra que solamente en Els Torms, Víznar, Cabo de Creus, O Saviñao y Niembro (estaciones con influencia antropogénica regional algo superior al resto) se produce un descenso estadísticamente significativo (\* a +) de entre -2.8 y -3.7%/año, mucho menos marcado que para  $\text{SO}_2$ .

El  $\text{NO}$  sigue una tendencia similar a la del  $\text{NO}_2$ , con los mismos rasgos temporales descritos para éste. La tendencia decreciente presenta mayor y menor grado de significación estadística para Cabo de Creus y Els Torms (\*\*), y Campisábalos, Niembro y Peñausende (\* a +), respectivamente. La disminución en las series con significación estadística oscila entre -3.0 a -5.8 %/año.

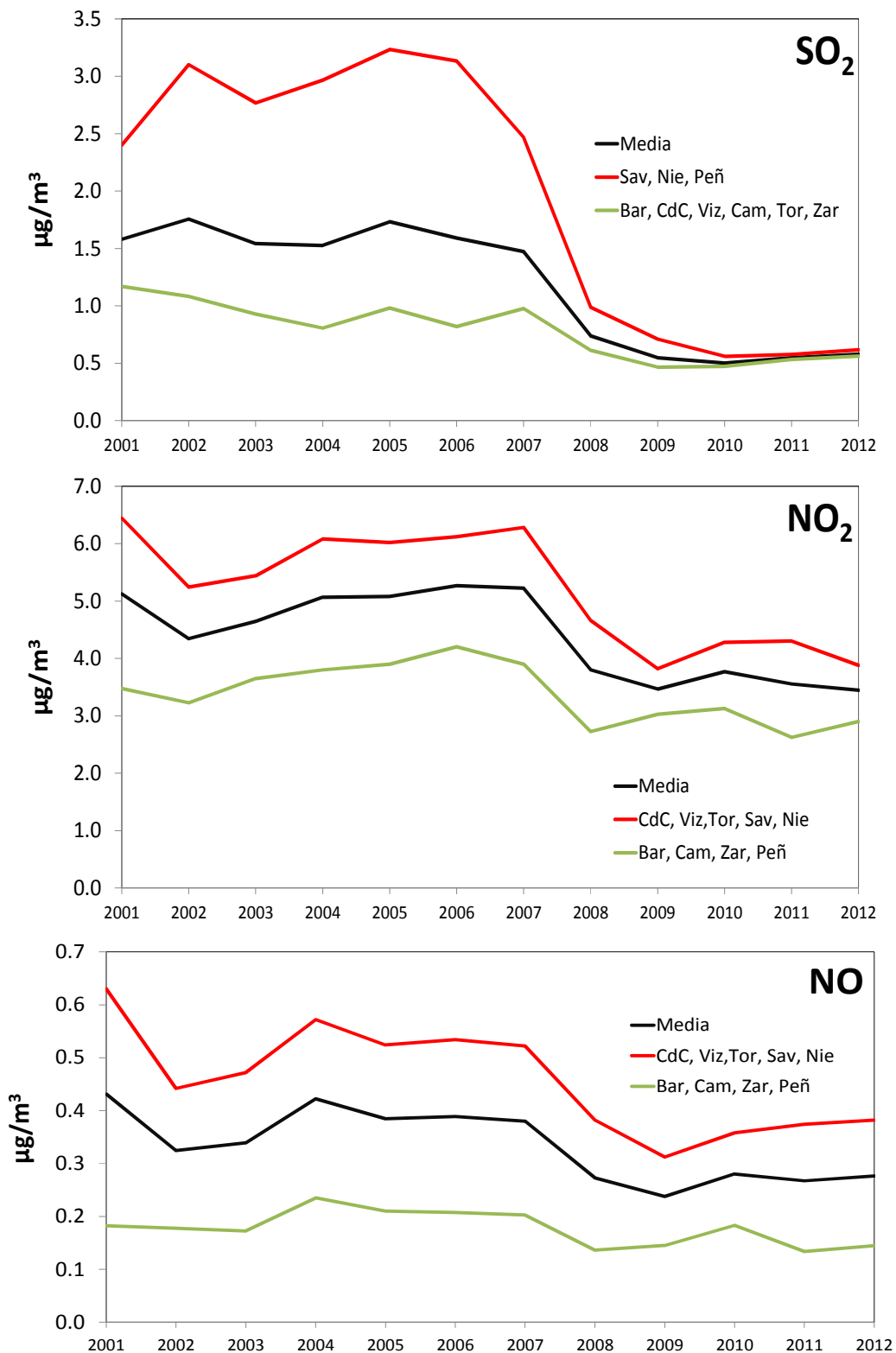


Figura 6.31. Variación temporal: Evolución de los niveles medios anuales de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y NO.

Tabla 6.18. Descenso medio anual (en %/año y en  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{año}$ ) de los niveles de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}$  registrados en 2001-2012, con indicación del grado de significación estadística (P-value \*\*\*: mayor significación; \*\*: media significación; \* y +: menor significación; sin símbolo: sin significación estadística).

$\text{SO}_2$	Periodo	Nivel inicial ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Descenso anual en %			Descenso anual en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Significación estadística (P-value)	
			%/año	% min	% max	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ año	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ min	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ max		
Zarra	2001-2012	1.4	-7.7	-8.8	-5.6	-0.10	-0.13	-0.06	***	
Barcarrota	2001-2012	1.4	-7.1	-8.2	-6.7	-0.11	-0.15	-0.09	***	
Els Torms	2001-2012	1.3	-5.1	-6.5	-3.5	-0.07	-0.11	-0.04	***	
O Saviñao	2001-2012	2.4	-7.1	-10	-3.2	-0.27	-0.45	-0.10	**	
Niembro	2001-2012	3.3	-6.8	-10	-2.4	-0.39	-0.64	-0.10	*	
Peñausende	2001-2012	1.5	-5.5	-7.1	0.00	-0.10	-0.16	0.00	*	
Campisábalos	2001-2012	1.0	-5.3	-7.1	-4.0	-0.05	-0.09	-0.03	*	
Cabo de Creus	2001-2012	0.7	-3.6	-5.6	-0.21	-0.03	-0.05	0.00	*	
Víznar	2001-2012	1.2	0.10	-6.9	4.8	0.00	-0.06	0.03		
<b>NO<sub>2</sub></b>										
Els Torms	2001-2012	8.2	-3.2	-5.8	0.0	-0.20	-0.50	0.00	*	
Víznar	2001-2012	7.6	-2.9	-4.1	-1.7	-0.20	-0.40	-0.10	*	
Cabo de Creus	2001-2012	5.3	-3.7	-5.9	0.0	-0.20	-0.40	0.00	+	
O Saviñao	2001-2012	4.8	-3.2	-6.4	0.0	-0.20	-0.50	0.00	+	
Niembro	2001-2012	6.3	-2.8	-5.3	0.0	-0.20	-0.40	0.00	+	
Barcarrota	2001-2012	4.0	-1.3	-4.2	0.0	-0.05	-0.20	0.00		
Campisábalos	2001-2012	3.0	-3.2	-6.4	0.0	-0.10	-0.30	0.00		
Peñausende	2001-2012	3.7	-0.30	-3.6	3.2	0.00	-0.20	0.10		
Zarra	2001-2012	3.2	-2.3	-5.1	0.7	-0.10	-0.30	0.00		
<b>NO</b>										
Cabo de Creus	2001-2012	0.48	-5.8	-7.2	-2.9	-0.03	-0.05	-0.01	**	
Els Torms	2001-2012	0.75	-5.6	-11	-2.2	-0.02	-0.06	-0.01	**	
Campisábalos	2001-2012	0.18	-5.2	-7.6	-4.1	-0.01	-0.02	-0.01	*	
Niembro	2001-2012	0.62	-3.6	-6.2	1.6	-0.02	-0.05	0.01	+	
Peñausende	2001-2012	0.22	-3.0	-6.3	0.00	-0.01	-0.02	0.00	+	
O Saviñao	2001-2012	0.57	-3.8	-8.1	10	-0.02	-0.05	0.02		
Víznar	2001-2012	0.73	-1.8	-4.9	2.9	-0.01	-0.05	0.02		
Barcarrota	2001-2012	0.18	-0.37	-5.9	2.3	0.00	-0.02	0.00		
Zarra	2001-2012	0.15	0.00	-4.1	5.3	0.00	-0.01	0.01		

La Figura 6.32 muestra la evolución de los niveles medios anuales de  $\text{O}_3$  y evidencia unos niveles bastante constantes a lo largo de los años estudiados. Se diferencian también dos grupos, pero en este caso se distinguen principalmente por presentar niveles superiores (en Cabo de Creus, Víznar, Campisábalos, Zarra y Peñausende) e inferiores (en Barcarrota, Els Torms, O Saviñao y Niembro).

El análisis estadístico de tendencias (Tabla 6.19) muestra que para la mayoría de estaciones los niveles de  $\text{O}_3$  se han mantenido constantes a los largo de los 12 años. Solamente en Cabo de Creus, en O Saviñao y en Zarra se han registrado variaciones estadísticamente significativas (\*\* a +), con un ligero descenso de los niveles en los dos primeros casos (-1.8 y -1.9%/año) y un ligero aumento en el tercero (+0.4%/año).

La Figura 6.32 también muestra la tendencia temporal 2001-2012 de los niveles de **PM<sub>2,5</sub>** y **PM<sub>10</sub>**. En el caso de las partículas **PM<sub>2,5</sub>** se evidencian una vez más dos grupos de estaciones: Barcarrota, Cabo de Creus, Víznar y Els Torms, con mayores niveles; y Campisábalos, O Saviñao,

Niembro, Zarra y Peñausende con niveles inferiores PM<sub>2,5</sub>. Esta distinción es posiblemente el resultado de la mayor influencia de episodios de polvo africano en el sector sur peninsular (Bacarrota y Víznar).

En cuanto a las tendencias, ambos grupos de estaciones siguen pautas similares, con un descenso gradual y claro de los niveles de PM<sub>2,5</sub> y una disminución más brusca de 2007 a 2008 (al igual que se ha descrito para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>), así como una mayor estabilización de los niveles a partir de 2009.

En el caso de las **PM<sub>10</sub>** (Figura 6.32) también se observa un descenso de los niveles, pero el salto abrupto de 2007 a 2008, descrito para PM<sub>2,5</sub> y otros contaminantes gaseosos, no se aprecia. Sin embargo sí se puede observar una estabilización de los niveles desde 2008.

Como muestra la Tabla 6.19, para PM<sub>2,5</sub> el descenso es significativamente estadístico (\*\*\*) a (+) en todos los casos, pero con mayor grado (\*\*\*) a (\*\*\*) en los de Els Torms, Campisábalos, Cabo de Creus y Peñausende, y menor significación (+) en los de Zarra, Niembro y Víznar. En el primer caso el descenso se produjo a razón de -3.9 a -5.1%/año, y en el segundo, de -1.7 a -3.0 %/año.

En el caso de PM<sub>10</sub> el descenso también es claro y significativamente estadístico (\*\*\*) a (\*) para todos los casos, excepto el de Niembro, pero con mayor grado (\*\*\*) a (\*\*\*) en O Saviñao, Els Torms, Víznar, Cabo de Creus y Peñausende, y menor significación (\*) en Barcarrota, Campisábalos y Zarra. En el primer caso el descenso se produjo a razón de -2.5 a -3.4%/año, y en el segundo, de -1.7 a -2.4 %/año.

Es de destacar que el descenso relativo es un 50% superior en PM<sub>2,5</sub> que en PM<sub>10</sub> en las estaciones con mayor significación estadística en la disminución. Ello se debe sin duda a que el PM<sub>10</sub> en fondo regional de la península ibérica está muy influido por los episodios africanos, especialmente en el sur y este peninsular. Este tipo de polvo afecta en mayor grado a los niveles de PM<sub>10</sub> que a los de PM<sub>2,5</sub>, en donde la influencia antropogénica es marcadamente superior.

También parece evidenciarse que, excepto en Niembro (con fuerte influencia industrial en la región) los descensos han sido más marcados y con mayor significación estadística en el sector norte peninsular (Els Torms, Peñausende, O Saviñao, Cabo de Creus, Campisábalos) que en el sur (Víznar, Zarra y Barcarrota). Ello puede deberse también a la mayor influencia de los episodios de polvo africano en el sector sur, lo cual dificulta una clara observación de las tendencias debidas a factores antropogénicos.



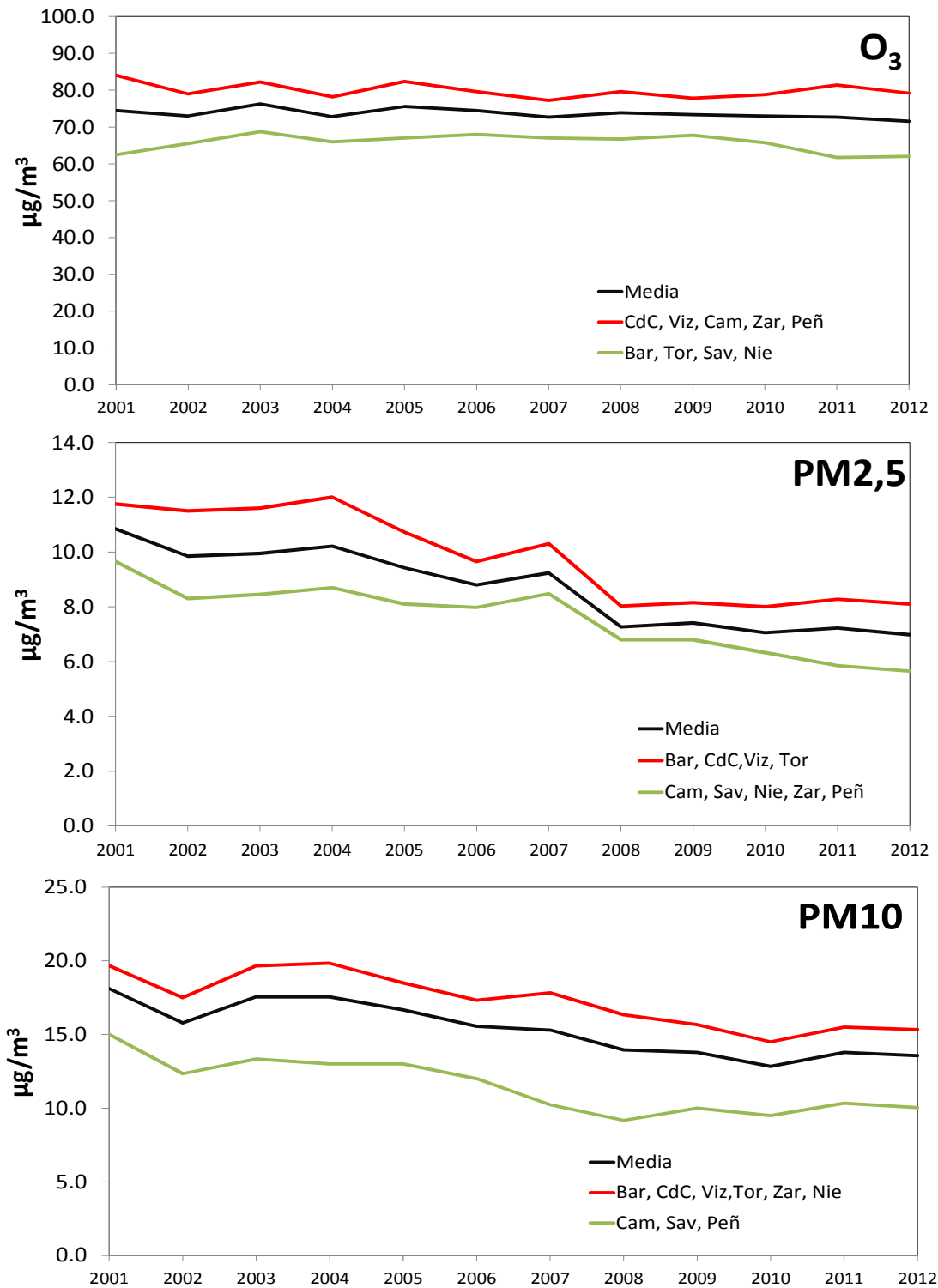


Figura 6.32. Variación temporal: Evolución de los niveles medios anuales de O<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>.

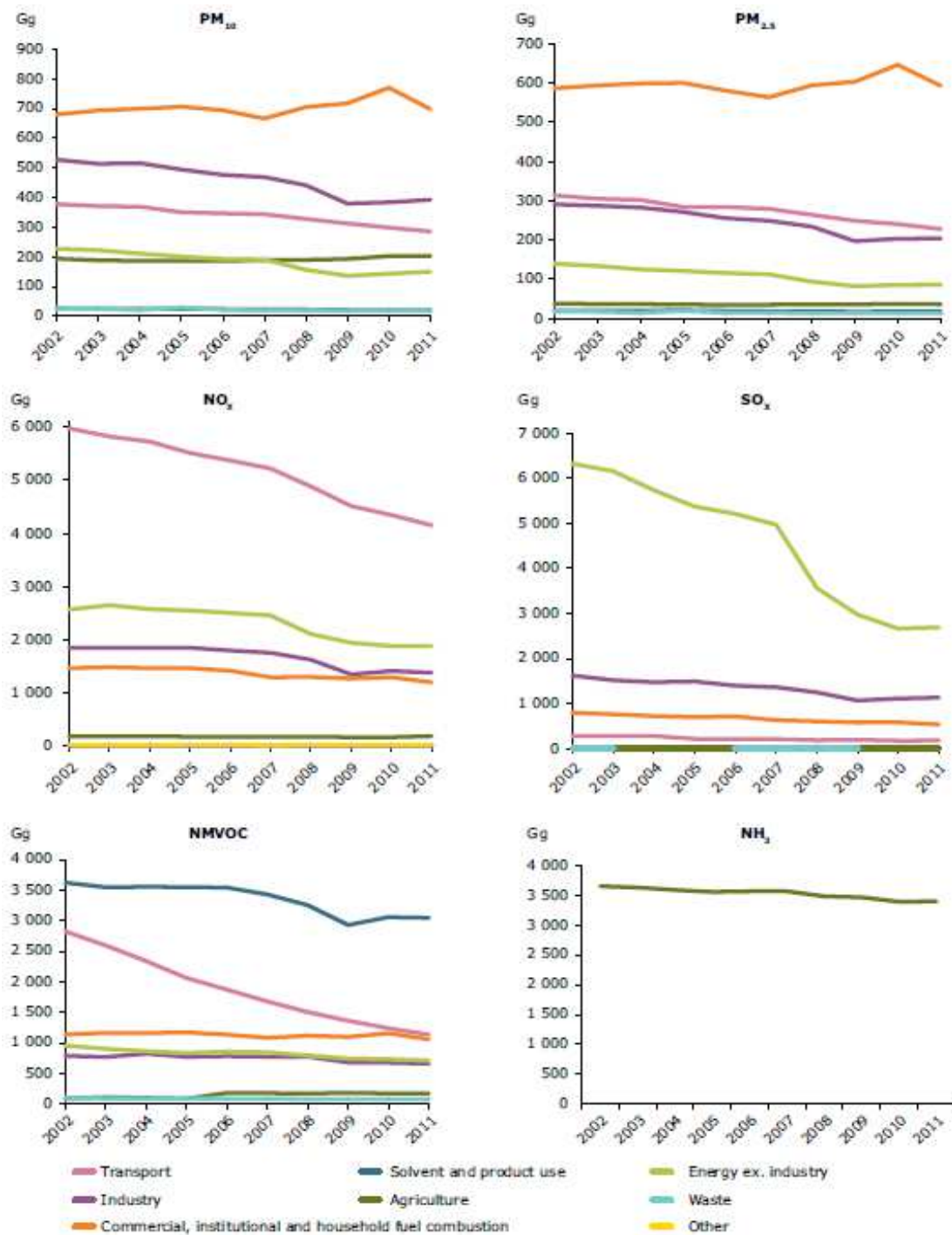


Figura 6.33. Variación temporal de las emisiones en PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, COVNM y NH<sub>3</sub> en la UE. Valores en Giga gramos/año (1000 toneladas/año). Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente: Air Quality in Europe- 2013 report.

<http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>

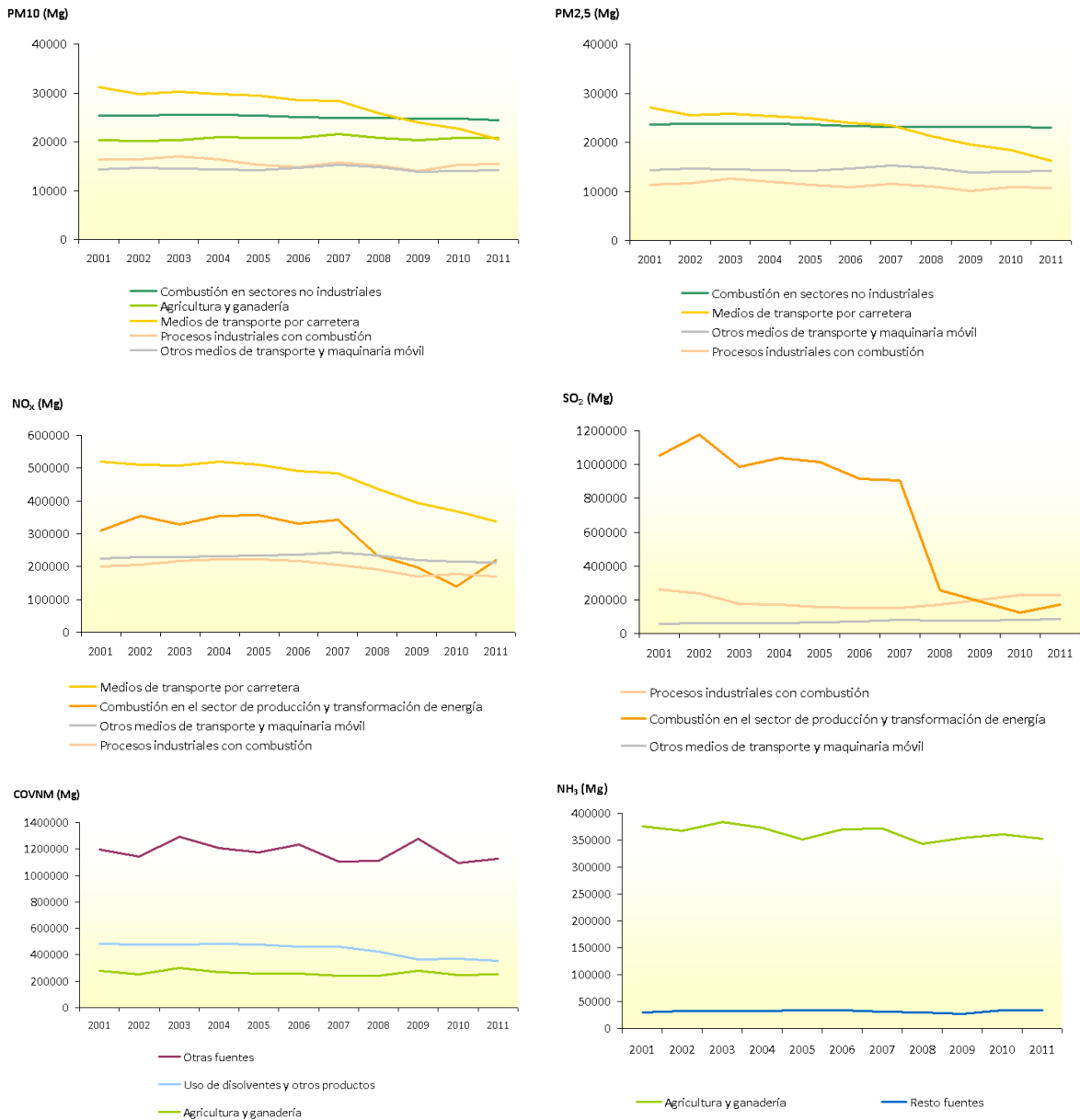


Figura 6.34. Variación temporal de las emisiones en PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, COVNM y NH<sub>3</sub> en España, en el año 2011. Valores en Mega gramos/año (toneladas/año). Fuente: Base de Datos de Calidad del Aire. MAGRAMA.

Tabla 6.19. Descenso medio anual (en %/año y en  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{año}$ ) de niveles  $\text{O}_3$ , PM10 y PM2,5 registrado en 2001-2012, con indicación del grado de significación estadística (P-value, \*\*\*: mayor significación; \*\*: media significación; \* y +: menor significación; sin símbolo: sin significación estadística).

$\text{O}_3$	Periodo	Nivel inicial ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Descenso anual en %			Descenso anual en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Significación estadística (P-value)
			%/año	% min	% max	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ año	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ min	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ max	
Cabo de Creus	2001-2012	94	-1.8	-2.7	-0.80	-1.6	-2.5	-0.70	**
O Saviñao	2001-2012	68	-1.9	-2.7	-0.70	-1.3	-2.0	-0.50	**
Zarra	2001-2012	80	0.40	0.00	0.90	0.30	0.00	0.70	+
Barcarrota	2001-2012	57	-0.90	-2.5	1.0	-0.60	-1.8	0.60	
Peñausende	2001-2012	82	-0.40	-1.2	0.30	-0.30	-1.0	0.20	
Els Torms	2001-2012	66	-0.30	-1.2	2.1	-0.30	-1.0	1.4	
Campisábalos	2001-2012	85	0.00	-1.2	1.4	0.00	-1.0	1.0	
Niembro	2001-2012	59	0.80	0.00	2.6	0.50	0.00	1.5	
Víznar	2001-2012	79	0.80	-0.90	1.7	0.70	-0.80	1.3	
<b>PM10</b>									
O Saviñao	2001-2012	16	-3.4	-6.3	-2.0	-0.54	-1.0	-0.32	***
Els Torms	2001-2012	19	-3.2	-5.3	-0.90	-0.61	-1.0	-0.17	**
Víznar	2001-2012	24	-2.8	-4.2	-1.8	-0.68	-1.0	-0.44	**
Cabo de Creus	2001-2012	20	-2.5	-5.0	-1.1	-0.50	-1.0	-0.22	**
Peñausende	2001-2012	15	-3.3	-4.7	-1.9	-0.50	-0.70	-0.28	**
Barcarrota	2001-2012	19	-1.7	-3.5	0.00	-0.33	-0.67	0.00	*
Campisábalos	2001-2012	14	-2.4	-3.6	0.00	-0.33	-0.50	0.00	*
Zarra	2001-2012	16	-2.1	-3.1	0.00	-0.33	-0.50	0.00	*
Niembro	2001-2012	20	-1.3	-2.5	0.00	-0.25	-0.50	0.00	
<b>PM2,5</b>									
Els Torms	2001-2012	12	-3.9	-5.7	-2.8	-0.47	-0.68	-0.33	***
Campisábalos	2001-2012	9	-4.1	-5.1	-2.2	-0.37	-0.46	-0.20	**
Cabo de Creus	2001-2012	12	-5.1	-8.3	-3.3	-0.61	-1.0	-0.39	**
Peñausende	2001-2012	10	-4.2	-5.6	-3.1	-0.42	-0.56	-0.31	**
Barcarrota	2001-2012	11	-3.6	-6.8	-1.0	-0.40	-0.75	-0.11	*
O Saviñao	2001-2012	12	-2.7	-5.3	-0.50	-0.32	-0.64	-0.06	*
Zarra	2001-2012	9	-3.0	-4.4	0.00	-0.27	-0.40	0.00	+
Niembro	2001-2012	11	-2.7	-4.1	0.00	-0.30	-0.45	0.00	+
Víznar	2001-2012	12	-1.7	-2.6	0.00	-0.20	-0.31	0.00	+

### Conclusiones

Se evidencia una clara y generalizada mejora de la calidad del aire de fondo regional en España, demostrada por la disminución de los niveles de PM2,5, PM10 y  $\text{SO}_2$ , así como un descenso de los niveles de  $\text{NO}_2$ , pero menos marcado y restringido a algunas estaciones sitas en zonas con elevadas emisiones antrópicas.

En el caso del  $\text{O}_3$ , los niveles permanecen constantes a lo largo de estos últimos 12 años, excepto en dos estaciones en donde ha decrecido muy ligeramente y en una donde ha incrementado de forma muy leve. La menor disminución de  $\text{NO}_2$  y la estabilización de  $\text{O}_3$  pueden estar relacionadas, ya que al no haber una marcada disminución de los gases precursores ( $\text{NO}_2$  en este caso), no es esperable un descenso claro de los niveles de  $\text{O}_3$ .

Parece evidente el descenso gradual de  $\text{SO}_2$ , PM10 y PM2,5 en el periodo estudiado, pero se observa también una disminución abrupta de 2007 a 2008, y una mayor ralentización o incluso

desaparición de las tendencias decrecientes desde 2008 a 2012. Estas tendencias pueden explicarse conforme a los siguientes factores:

1. La aplicación de directivas europeas, como IPCC (que afecta a las emisiones industriales), la Directiva de Grandes Instalaciones de Combustión y las relativas a la disminución del contenido en azufre (S) en los combustibles (tanto los utilizados en los buques como en el tráfico rodado), entre otras. Es de destacar el paralelismo entre los niveles de SO<sub>2</sub> en aire ambiente en zonas afectadas por la producción energética y la variación de las emisiones totales anuales de la UE en SO<sub>2</sub> debidas a la industria y la generación energética (Figuras 6.31 y 6.33).
2. Los planes de mejora de calidad del aire aplicados en determinadas regiones y ciudades.
3. La crisis económica, cuyo efecto en la producción industrial y el uso de combustibles es patente desde octubre de 2008.
4. La entrada en vigor de la legislación europea y española sobre Grandes Instalaciones de Combustión (GIC), que produjo una disminución sensible de las emisiones de SO<sub>2</sub> y, por tanto, de PM secundario (sulfato principalmente). Este factor, junto con el anterior, serían probablemente los causantes del brusco descenso 2007-2008 observado para SO<sub>2</sub> y PM<sub>2,5</sub>.
5. Las condiciones meteorológicas más favorables a la dispersión de contaminantes en el periodo 2008-2012 respecto a 2001-2007. Ello ha sido descrito por estudios del CSIC al respecto y se evidencia un mayor índice de Oscilación del Atlántico Norte (iNAO, definido como la diferencia de presiones entre el anticiclón de las Azores y la depresión de Islandia) para 2001-2007, mientras que para 2010, el iNAO ha sido el más negativo de los últimos 150 años. Cuando el iNAO es negativo (menos marcada diferencia de presiones entre los citados anticiclón y depresión) hay una mayor posibilidad de que los frentes barran la península ibérica de oeste a este, y una menor posibilidad de influencia de masas de aire africano. En cambio, cuando el iNAO es muy positivo (gran diferencia de presiones) se suceden mayores episodios de estancamiento atmosférico y una mayor influencia africana.

Es de destacar también que las citadas políticas europeas, estatales, regionales y locales han sido mucho menos eficaces para NO<sub>2</sub>, cuyos niveles no han disminuido tan marcadamente, y cuando lo han hecho han afectado solamente a un número limitado de estaciones EMEP. Ello se debe sin duda a la menor presión ambiental que han sufrido los focos emisores de NO<sub>x</sub> (existen aún en España muy pocas plantas De-NO<sub>x</sub> para reducir las emisiones industriales de este contaminante), así como a la baja eficiencia de las políticas europeas para la disminución de emisiones de NO<sub>x</sub> del tráfico rodado (normas EURO4 desde 2005 a 2008 y EURO5 desde 2009).

Este poco pronunciado descenso de los niveles de NO<sub>2</sub>, junto al hecho de la complejidad de las reacciones de formación de O<sub>3</sub>, y de la intervención de los COV naturales en su formación, ha dado lugar a que los niveles de este contaminante de carácter oxidante no hayan variado muy significativamente en los últimos 12 años.