

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA



Actualización 2013



Este documento es una actualización de los capítulos 4 y 6 del libro *“Análisis de la Calidad del Aire en España: Evolución 2001-2012”* a partir de los datos oficiales de 2013. Para obtener más información puede dirigirse a:

Bzn-sgca-calidadaire@magrama.es

Abril 2015



4. ANÁLISIS DE CONTAMINANTES PRINCIPALES

ANÁLISIS DE CONTAMINANTES PRINCIPALES

INDICE DEL CAPÍTULO

4.	ANÁLISIS DE CONTAMINANTES PRINCIPALES	4-2
4.1	Dióxido de azufre (SO ₂).....	4-2
4.1.1	Valores legislados para el SO ₂	4-2
4.1.2	Análisis de los niveles de SO ₂ (2013)	4-2
4.1.3	Evolución 2001-2013 del SO ₂	4-5
4.2	Óxidos de nitrógeno (NO, NO ₂ , NOx).....	4-6
4.2.1	Valores legislados para NO ₂ y NOx.....	4-6
4.2.2	Análisis de los niveles de NO ₂ (2013)	4-6
4.2.3	Evolución 2001-2013 del NO ₂	4-11
4.3	Partículas PM ₁₀ y PM _{2,5}	4-13
4.3.1	Valores legislados para las partículas en suspensión.....	4-13
4.3.2	Análisis de los niveles de partículas PM ₁₀ y PM _{2,5} (2013)	4-13
4.3.3	Evolución 2001-2013 de las partículas PM ₁₀	4-22
4.3.4	Evolución 2008-2013 de las partículas PM _{2,5}	4-23
4.4	Ozono (O ₃)	4-25
4.4.1	Valores legislados para O ₃	4-25
4.4.2	Análisis de los niveles del O ₃ (2013)	4-25
4.4.3	Evolución 2001-2013 del O ₃	4-31
4.5	Monóxido de carbono (CO)	4-32
4.5.1	Valores legislados para CO	4-32
4.5.2	Análisis de los niveles de CO (2013)	4-32
4.5.3	Evolución 2003-2013 del CO	4-33
4.6	Benceno (C ₆ H ₆).....	4-35
4.6.1	Valores legislados para C ₆ H ₆	4-35
4.6.2	Análisis de los niveles de C ₆ H ₆ (2013).....	4-35
4.6.3	Evolución 2003-2013 del C ₆ H ₆	4-36
4.7	Benzo(a)pireno (B(a)P)	4-37
4.7.1	Valores legislados para el B(a)P.....	4-37
4.7.2	Análisis de los niveles del B(a)P (2013)	4-37
4.7.3	Evolución 2008-2013 del B(a)P.....	4-39
4.8	Metales: Plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y níquel (Ni).....	4-41
4.8.1	Valores legislados para los metales.....	4-41
4.8.2	Análisis de los niveles del Pb, As, Cd y Ni (2013).....	4-41
4.8.3	Evolución 2001-2013 del Pb	4-44
4.8.3.1	Plomo (Pb)	4-44
4.8.3.2	Arsénico (As).....	4-45
4.8.3.3	Cadmio (Cd)	4-46
4.8.3.4	Níquel (Ni)	4-47

4. ANÁLISIS DE CONTAMINANTES PRINCIPALES

Los principales contaminantes a considerar son los siguientes:

- Dióxido de azufre (SO₂)
- Dióxido de nitrógeno (NO₂) y óxidos de nitrógeno (NOx)
- Partículas PM10 y PM2,5
- Ozono (O₃)
- Monóxido de carbono (CO)
- Benceno (C₆H₆) y benzo(a)pireno (B(a)P)
- Metales: Plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y níquel (Ni)

4.1 Dióxido de azufre (SO₂)

4.1.1 Valores legislados para el SO₂

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para el contaminante SO₂ son los recogidos en la Tabla 4.1:

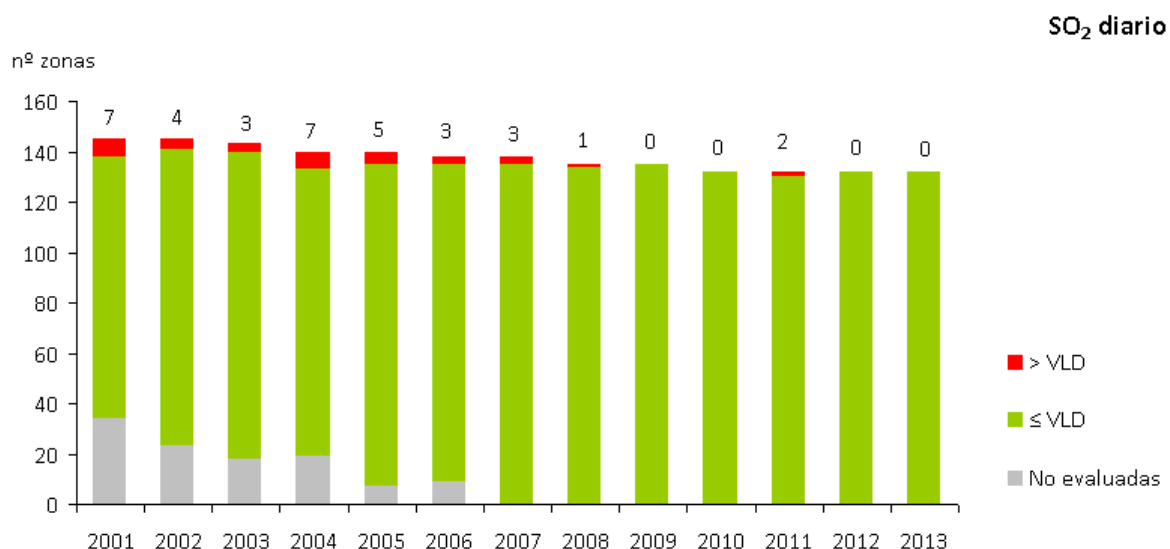
Tabla 4.1. Valores legislados (SO₂).

Valor legislado	Valor límite	Periodo
Valor límite horario (VLH) para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2005)	350 µg/m ³	Valor medio en 1 h No debe superarse en más de 24 ocasiones por año civil
Valor límite diario (VLD) para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2005)	125 µg/m ³	Valor medio en 24 h No debe superarse en más de 3 ocasiones por año civil
Valor límite para la protección de los ecosistemas (nuevo nivel crítico para la protección de la vegetación, según la Directiva 2008/50/CE y el RD 102/2011)	20 µg/m ³	Año civil y periodo invernal (1 de octubre del año anterior a 31 de marzo del año en curso)

4.1.2 Análisis de los niveles de SO₂ (2013)

4.1.2.1. Resumen de la evaluación del SO₂ 2013

En el año 2013 no se ha producido ninguna superación de los valores legislados. A modo ilustrativo, en la Figura 4.1 se refleja la evolución histórica del cumplimiento del VLD de SO₂ en España.



(*) El MdT dejó de aplicarse el 01/01/2005

Figura 4.1. Evolución del cumplimiento a nivel de zonas del VLD de SO₂ desde 2001 hasta 2013.

Información detallada de la evaluación oficial 2013 se puede encontrar en el “*INFORME DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA 2013*”:

http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Informe_evaluacion_calidad_aire_Espa%C3%B1a_2013_tcm7-345101.pdf

4.1.2.2. Análisis del SO₂ por tipo de estación en 2013

En la Figura 4.2 se muestra la distribución del percentil 99.2 agrupada por tipología de estación. Se emplea este estadístico para representar el VLD en lugar del número de días de superación 125 µg/m³. El número de días permite conocer si el punto de muestreo cumple o no la legislación pero no da información sobre lo cerca o lo lejos que se está de incumplir (por ejemplo si una estación tiene un mes con valores diarios 125 µg/m³, el número días>125 es cero, pero el percentil 99.2 daría un valor cercano o igual a 125 lo que indicaría que la estación está próxima a incumplir el valor legislado).

Se observa que de las 416 estaciones que se emplearon para evaluar SO₂ ninguna supera el VLD. Las estaciones de tipo industrial son aquellas que registran mayores valores del Percentil 99,2, no obstante la mayoría de ellas se encuentra por debajo de la mitad del umbral de evaluación inferior UEI/2.

En cuanto a las estaciones de tráfico y de fondo casi la totalidad de ellas se encuentra por debajo del UEI/2.

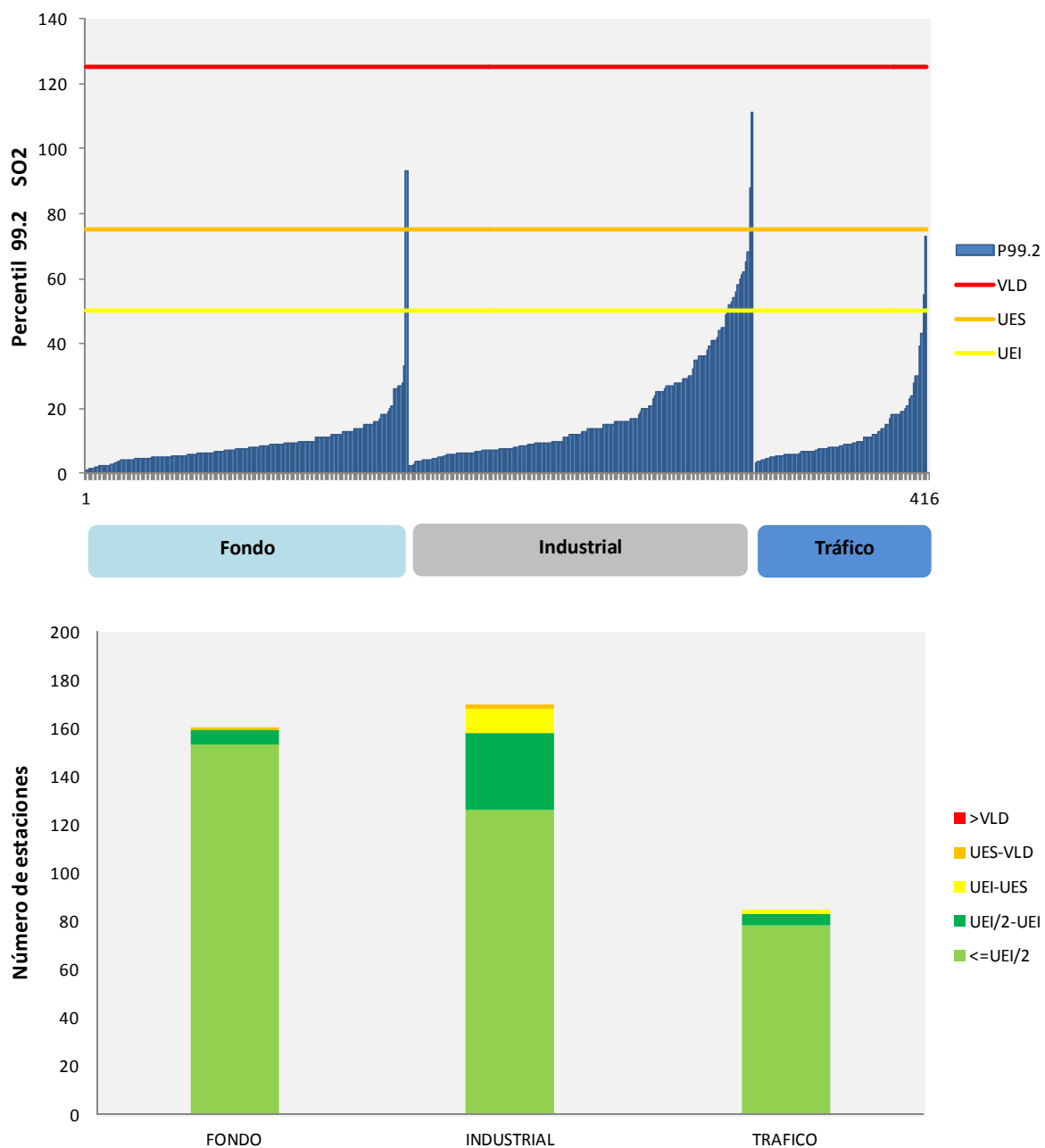


Figura 4.2. Distribución del P99.2 por tipología de estación en 2013.

4.1.3 Evolución 2001-2013 del SO₂

En este apartado se muestra la evolución del SO₂ a lo largo de los años 2001-2013. La Figura 4.3 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del SO₂ a lo largo del periodo 2001-2013, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto verde el valor medio de las medias anuales.

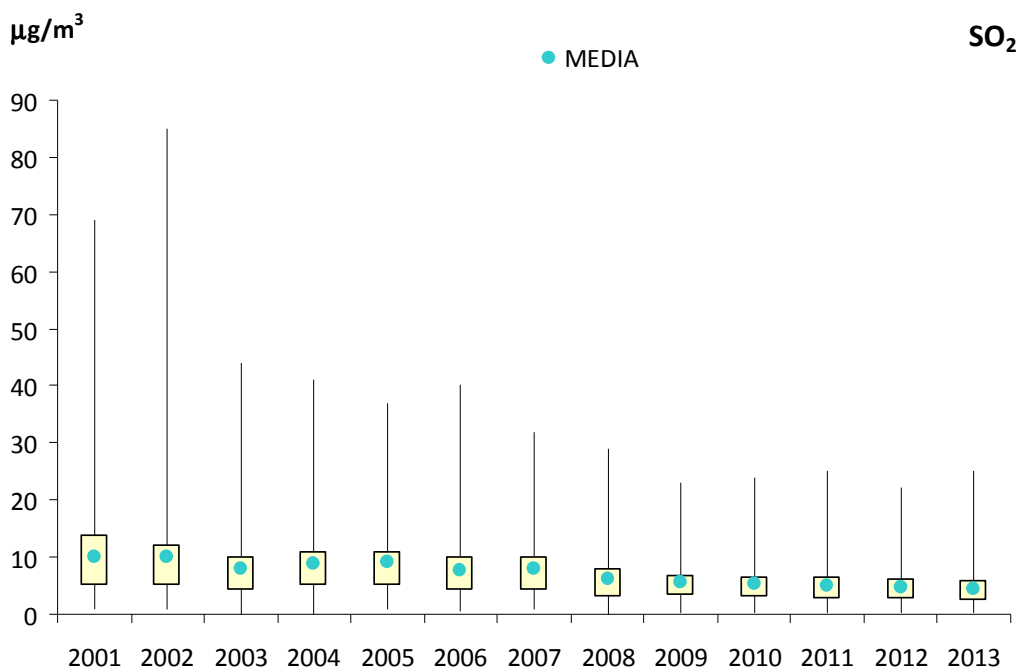


Figura 4.3. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de SO₂ 2001-2013.

A su vez, la Figura 4.4 representa la evolución de las medias anuales de las estaciones, agrupadas por tipo de estación y de área.

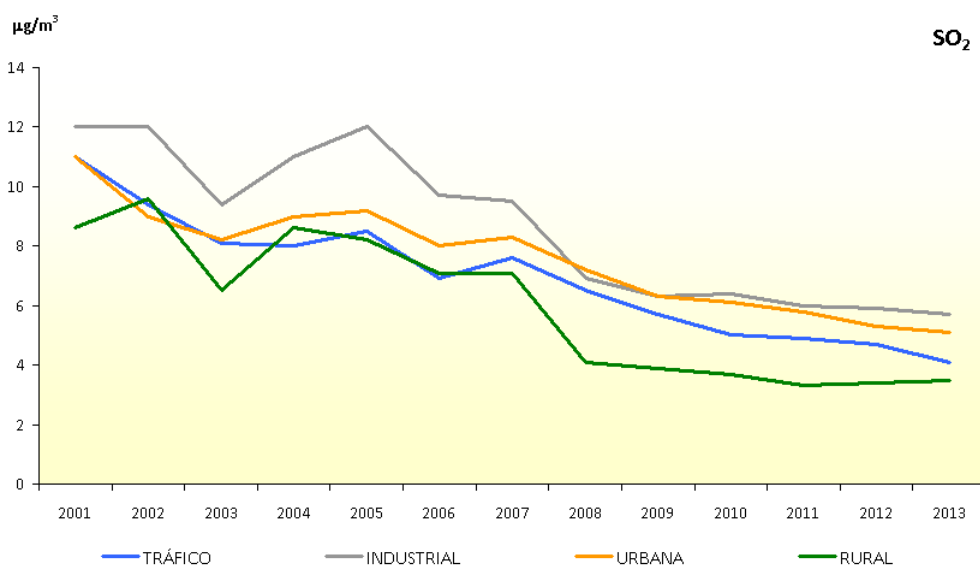


Figura 4.4. Evolución de las medias anuales de SO₂ (2001-2013) por tipo de estación y área.

En las dos figuras anteriores se observa una tendencia hacia la disminución de los niveles medios a lo largo del tiempo, siendo especialmente significativa la reducción que se produjo en 2008, año de entrada en vigor del Plan Nacional de Reducción de Emisiones de GIC. El máximo de las medias anuales registrado en 2013 es algo más alto que el correspondiente a 2012. También las medias de las estaciones ubicadas en área rural se han incrementado ligeramente en 2013, al contrario que ocurre con las estaciones de tráfico, cuya media disminuye de forma sensible. Por otro lado, los niveles más altos se registran en estaciones industriales, generalmente afectadas por centrales térmicas, refinerías, puertos, etc.

4.2 Óxidos de nitrógeno (NO, NO₂, NO_x)

4.2.1 Valores legislados para NO₂ y NO_x

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para los óxidos de nitrógeno son los recogidos en la Tabla 4.2:

Tabla 4.2. Valores legislados (NO₂ y NO_x).

Valor legislado	Valor límite	Periodo
Valor límite horario (VLH) de NO₂ para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2010)	200 µg/m ³	Valor medio en 1 h No debe superarse en más de 18 ocasiones por año civil
Valor límite anual (VLA) de NO₂ para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2010)	40 µg/m ³	Año civil
Valor límite (nuevo nivel crítico según la Directiva 2008/50/CE y el RD 102/2011) de NO_x para la protección de la vegetación	30 µg/m ³	Año civil

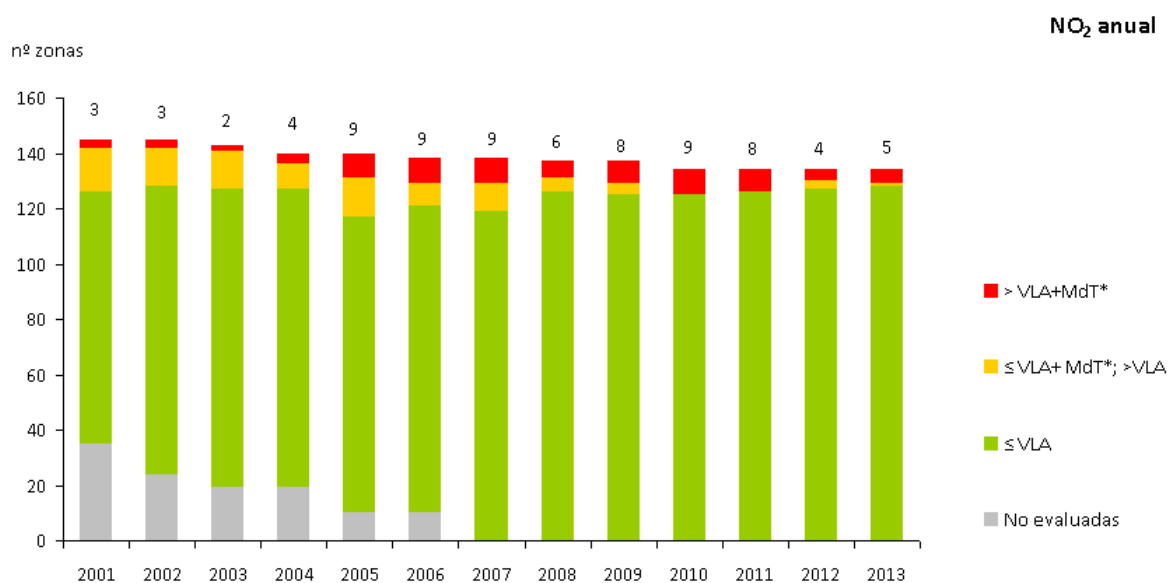
4.2.2 Análisis de los niveles de NO₂ (2013)

4.2.2.1. Resumen de la evaluación del NO₂ 2013

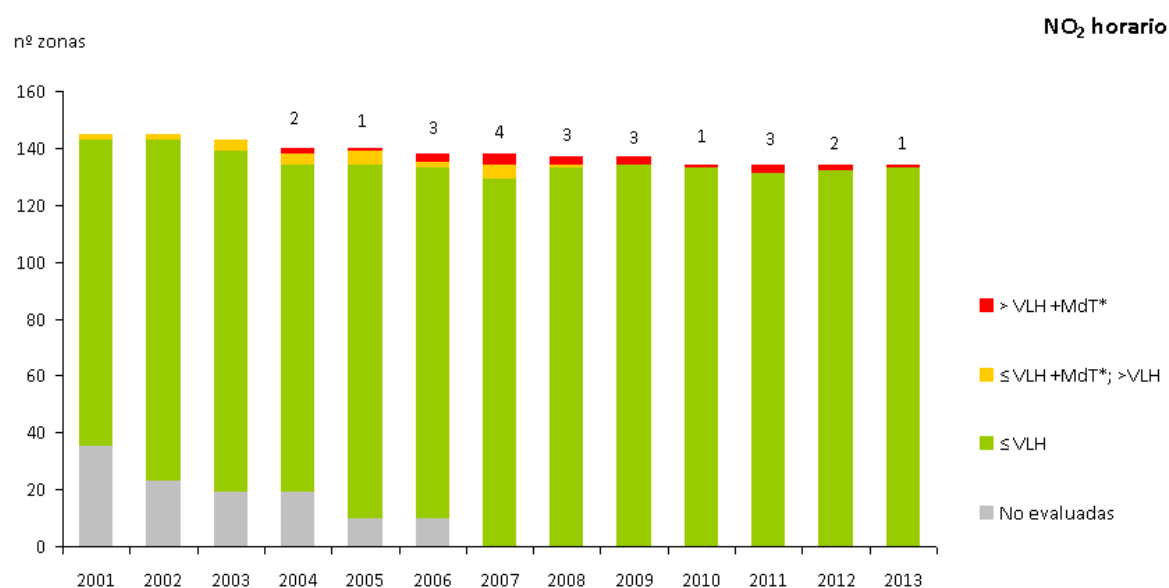
La situación de la calidad el aire en lo que se refiere al dióxido de nitrógeno (NO₂) es similar a la de años anteriores:

- Las superaciones del valor límite horario se reducen a una única zona, lo que supone una mejora respecto al año anterior, en el que fueron dos las superaciones.
- En cuanto al valor límite anual, se registraron superaciones en seis zonas, si bien para una de ellas existe una prórroga (vigente hasta el 1 de enero de 2015) y se cumple el valor límite anual más el margen de tolerancia.

A modo ilustrativo, en la Figura 4.5 se refleja la evolución a lo largo de los últimos 13 años del cumplimiento de los valores legislados de NO₂ en España.



(*) El MdT dejó de aplicarse el 01/01/2010



(*) El MdT dejó de aplicarse el 01/01/2010

Figura 4.5. Evolución del cumplimiento a nivel de zonas de los valores legislados de NO₂ desde 2001 hasta 2013.

4.2.2.2. Resumen de la evaluación del NO_x 2013

En ninguna de las zonas en las que se evaluó la protección de la vegetación se produjo superación del nivel crítico establecido por la legislación.

4.2.2.3. Niveles medios mensuales de NO₂ a lo largo del año 2013

Para estudiar la distribución mensual de los niveles de NO₂ en 2013, en la Figura 4.6 se muestra la evolución de medias mensuales de todas las estaciones que han participado en su evaluación, clasificadas por tipo de área.

Se observa que el patrón de distribución del NO₂ a lo largo del año presenta valores más altos en invierno que en verano, siendo esta tendencia especialmente acusada en las zonas urbanas.

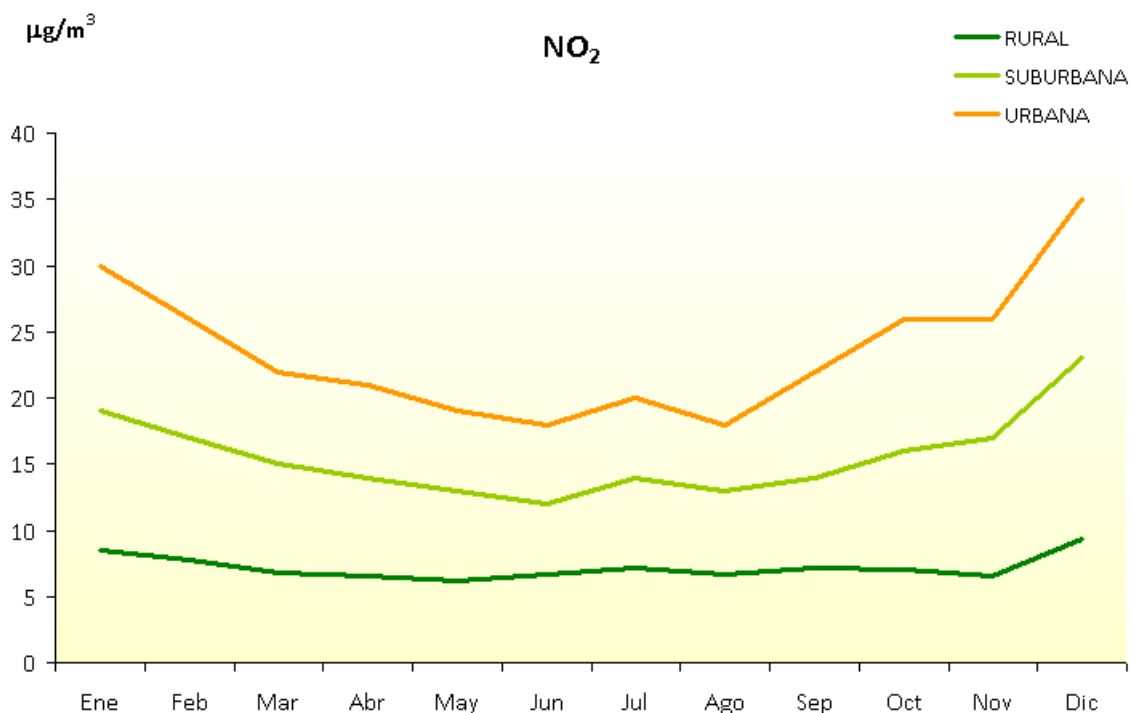


Figura 4.6. Evolución de las medias mensuales de NO₂ en 2013 por tipo de área.

4.2.2.4. Análisis del NO₂ por tipo de área y tipo de estación en 2013

En la Figura 4.7 se muestra la distribución de las medias anuales agrupada por tipo de área y en concreto las urbanas desagregadas por la fuente de emisión predominante (tráfico, industrial y fondo).

Se observa que de las 469 estaciones que se emplearon para evaluar NO₂, 20 superaron el VLA, 14 de ellas urbanas de tráfico, 1 urbana de fondo y 5 suburbanas. En la Figura 4.8 se observa que todas ellas se sitúan en las principales aglomeraciones de España (Madrid, Barcelona y puntualmente en Granada, Valencia y Murcia)

Prácticamente la mitad de las estaciones urbanas de tráfico se encuentran por encima del UES.

En cuanto a las estaciones rurales todas ellas se encuentran por debajo del UEI, incluso por debajo del UEI/2.

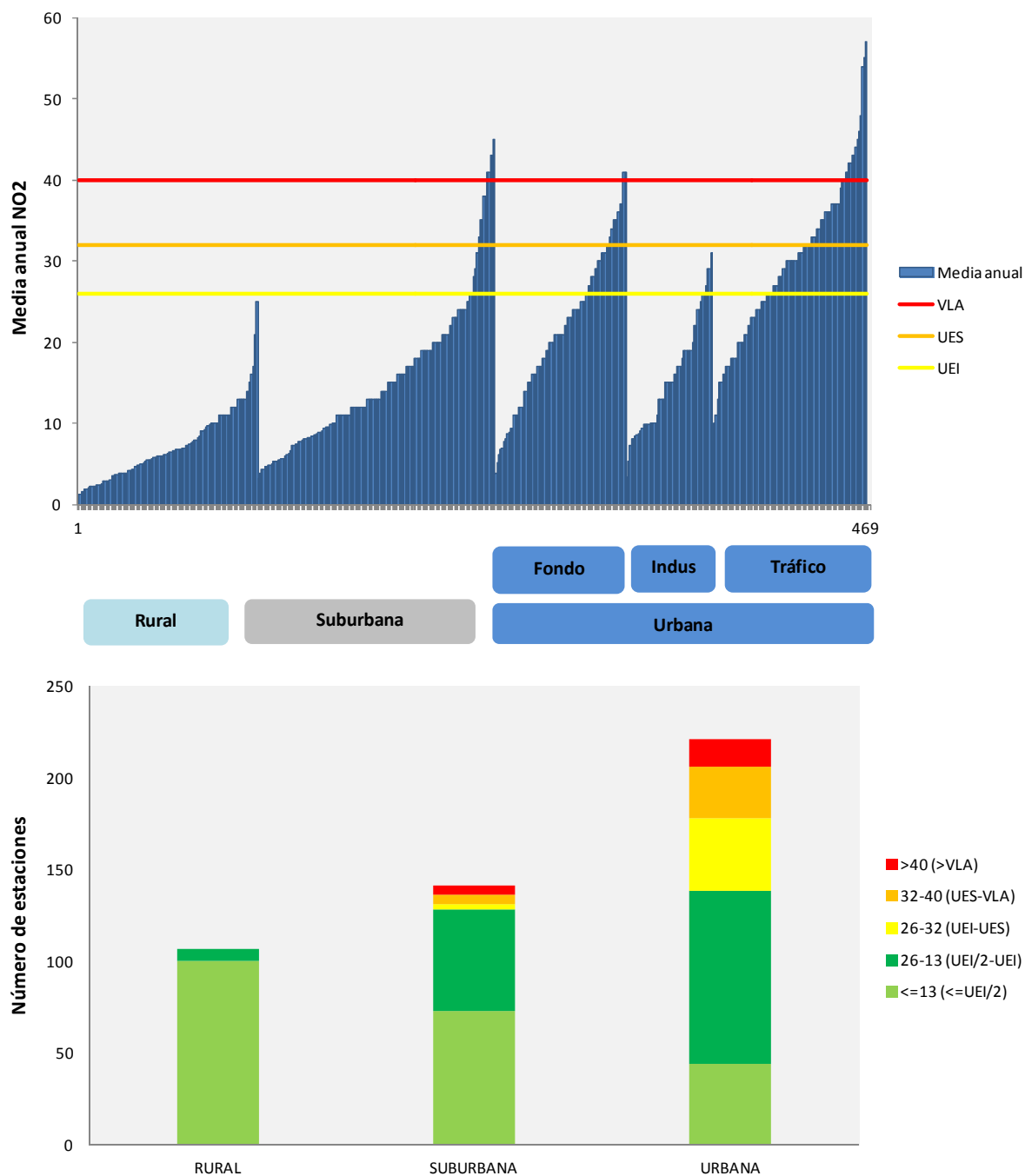


Figura 4.7. Distribución de las medias anuales de NO₂ y cumplimiento de los niveles legislados (2013)



Figura 4.8. Cumplimiento del VLA de las estaciones empleadas para la evaluación del NO₂ en 2013.

La Figura 4.9 permite analizar el grado de cumplimiento del VLA que representa la exposición crónica a este contaminante frente al VLH que representa la exposición a episodios del mismo. Se observa como el VLA se supera en mayor medida que el VLH, por lo que se deduce que el VLA es más restrictivo que el VLH.

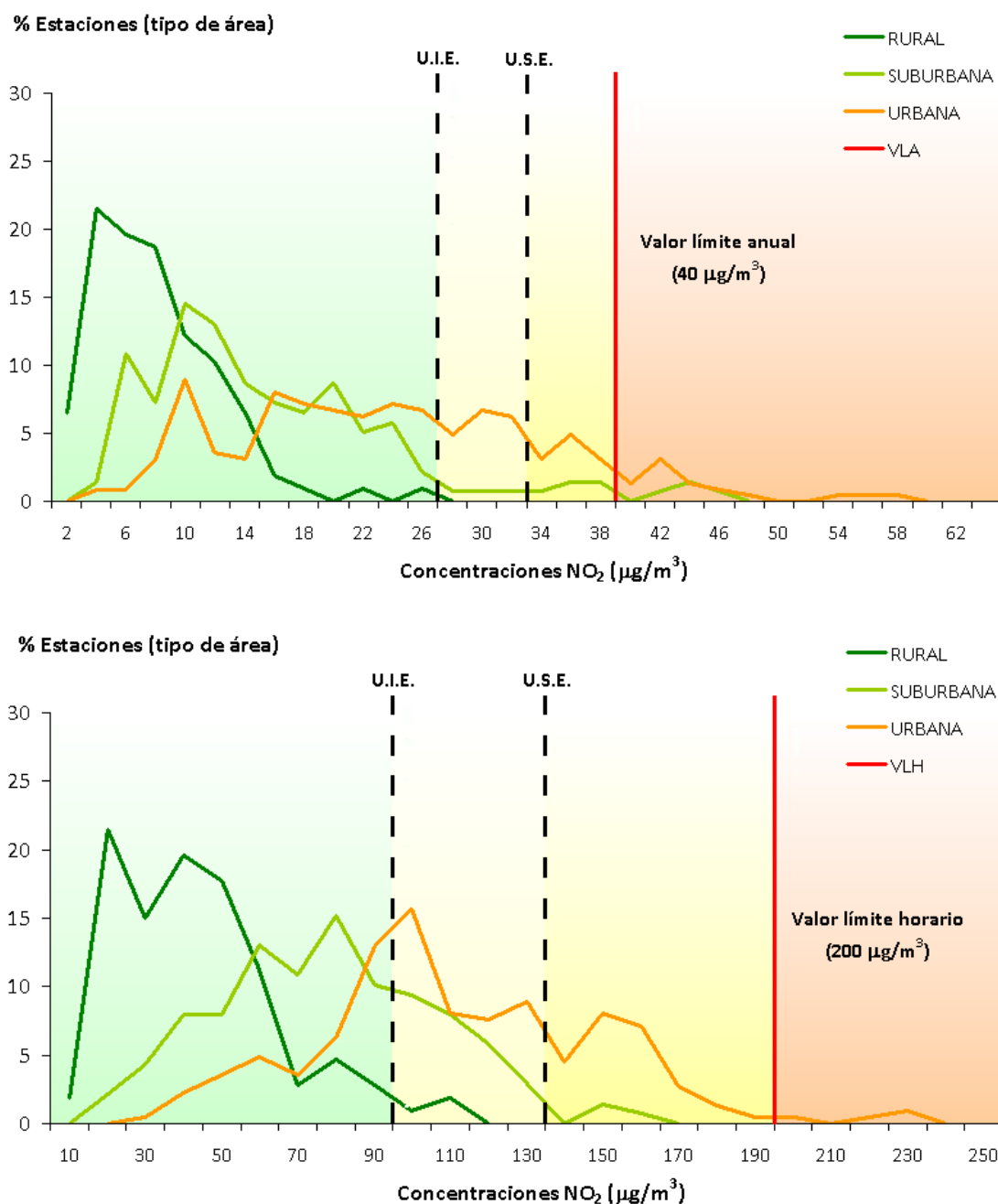


Figura 4.9. Distribución de los niveles de NO₂ en relación con los valores legislados (VLA y VLH) por tipo de área (2013).

4.2.3 Evolución 2001-2013 del NO₂

En este apartado se muestra la evolución del NO₂ a lo largo de los años 2001-2013. La Figura 4.10 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del NO₂ a lo largo del periodo 2001-2013, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto verde el valor medio de las medias anuales.

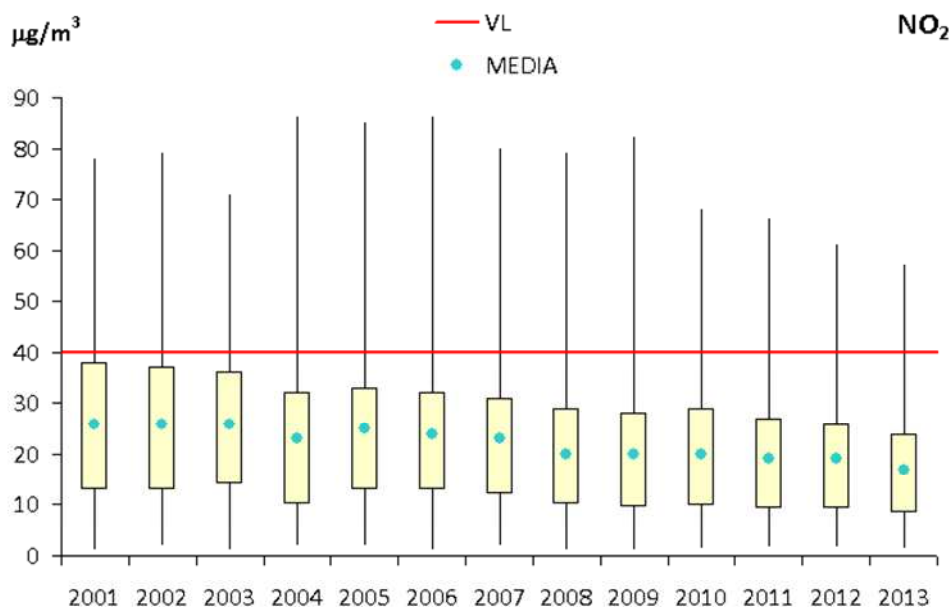


Figura 4.10. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de NO₂ 2001-2013.

A su vez, la Figura 4.11 representa la evolución de las medias anuales de las estaciones, agrupadas por tipo de estación y de área.

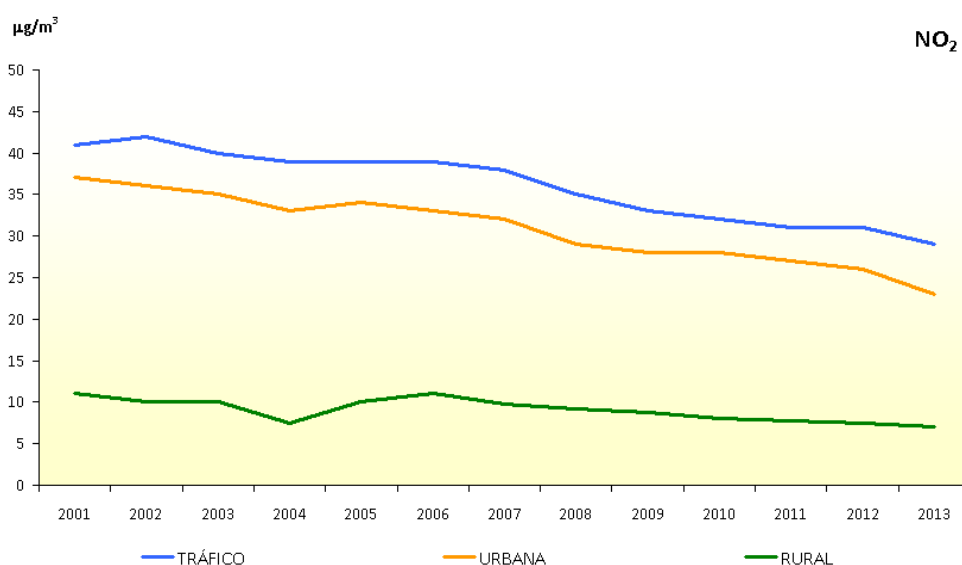


Figura 4.11. Evolución de las medias anuales de NO₂ (2001-2013) por tipo de estación y área.

En ambos gráficos se observa una tendencia de reducción que se hace especialmente patente a partir del año 2008, lo que podría venir explicado por los efectos de la crisis económica y la aplicación de los planes de mejora de calidad del aire en las principales ciudades.

4.3 Partículas PM10 y PM2,5

4.3.1 Valores legislados para las partículas en suspensión

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para las partículas PM10 y PM2,5 son los recogidos en las Tablas 4.3 y 4.4, respectivamente:

Tabla 4.3. Valores legislados para PM10 en aire ambiente.

Valor legislado – FASE I	Valor límite	Periodo
Valor límite diario (VLD) de PM10 para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2005)	50 µg/m ³	Valor medio en 24 h No debe superarse en más de 35 ocasiones por año civil
Valor límite anual (VLA) de PM10 para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2005)	40 µg/m ³	Año civil

Tabla 4.4. Valores legislados para PM2,5 en aire ambiente.

Valor objetivo	Nivel		Periodo
Valor objetivo anual para la protección de la salud (fecha de cumplimiento: 1 de enero del 2010)	25 µg/m ³		Año natural
Valor límite	Valor límite + Margen de Tolerancia (2013 y 2014)		Periodo
	VL	MdT	
Valor límite anual para la protección de la salud (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2015).- Fase I	25 µg/m ³	1 µg/m ³	Año natural
Valor límite anual para la protección de la salud (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2020).- Fase II	20 µg/m ³	--	Año natural

Por otra parte, la legislación vigente también establece que las autoridades competentes tomarán todas las medidas necesarias (que no conlleven gastos desproporcionados) para reducir la exposición a partículas PM2,5, con el fin de cumplir el objetivo nacional de reducción de la exposición fijado en la Tabla 4.5, a más tardar en el año 2020.

Tabla 4.5. Objetivo nacional de reducción de la exposición.

Objetivo de reducción de la exposición ¹		Año en que debe alcanzarse el objetivo de reducción de la exposición
Concentración inicial (µg/m ³)	Objetivo de reducción	
<8,5 a 8,5	0 %	2020
>8,5 a <13	10 %	
= 13 a <18	15 %	
= 18 a <22	20 %	
≥ 22	Reducir, como mínimo, hasta 18 µg/m ³	

4.3.2 Análisis de los niveles de partículas PM10 y PM2,5 (2013)

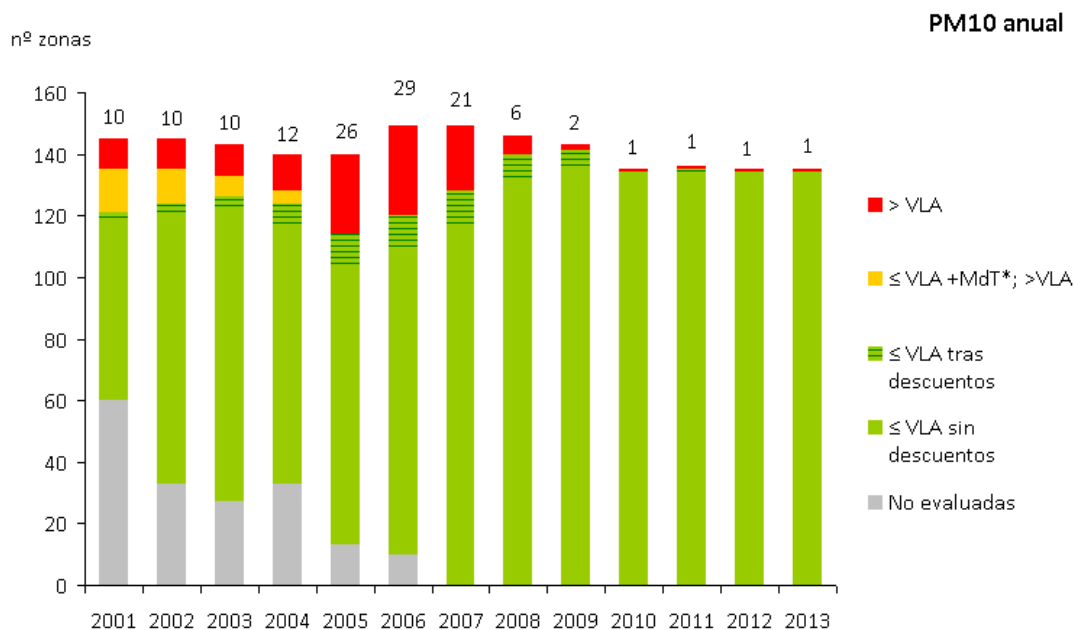
4.3.2.1. Resumen de la evaluación de las partículas PM10 y PM2,5 en 2013

En 2013 se volvió a producir una mejora en la situación respecto a PM10, más acusada que la que tuvo lugar en 2012, ya que el número de zonas con superaciones del valor límite diario han pasado de 10 en 2011 a 9 en 2012 y 6 en 2013 (zonas éstas que ya habían superado el VLD en 2012). La

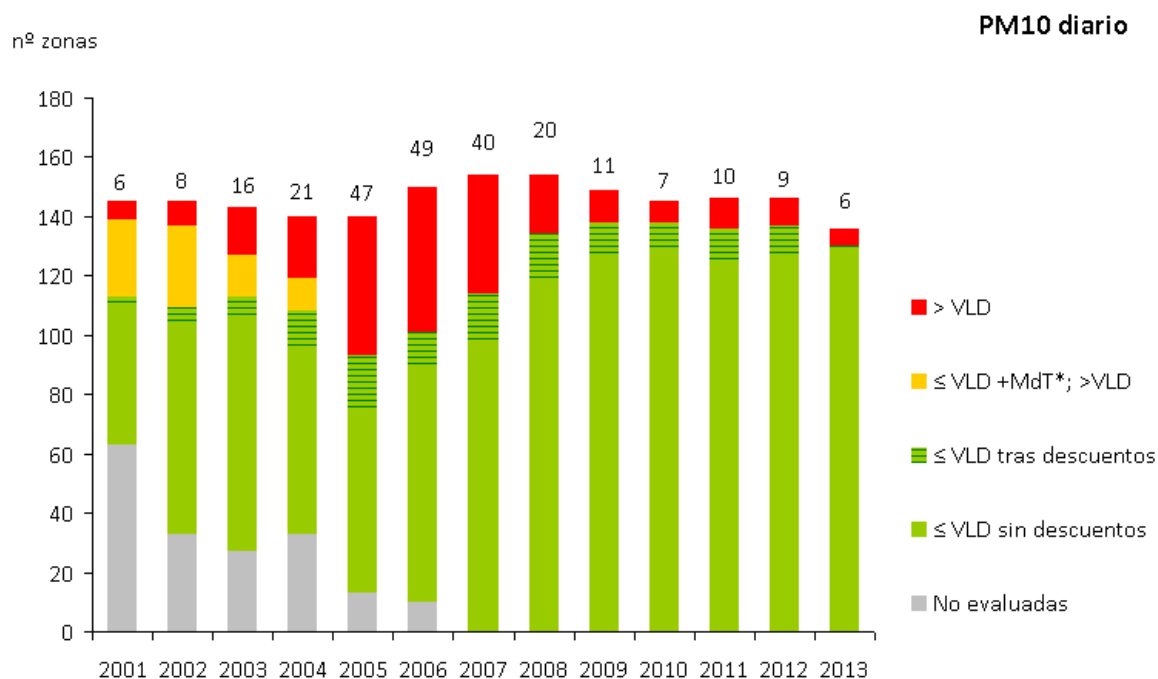
¹ En relación con el Indicador Medio de Exposición (IME) en 2011. El IME deberá ser igual o menor a 20 µg/m³ a más tardar en 2015.

situación respecto al valor límite anual se mantiene igual desde 2010, con una única superación en 2013, en la misma zona donde también se registró en 2012. (Figura 4.12)

Respecto al PM2,5, se mantienen los bajos niveles registrados desde el inicio de su medición. Se ha cumplido el valor objetivo en todas las zonas donde se ha evaluado dicho contaminante. El Indicador Medio de Exposición (IME) de 2013, calculado como media trienal de los indicadores anuales de 2011, 2012 y 2013, presenta un valor de 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ello supone una reducción del 7,8% respecto al IME 2011 de referencia (el año en el que se calculó por vez primera). El objetivo nacional de reducción a cumplir en el año 2020 es del 15% (respecto al IME de 2011).



(*) El MdT dejó de aplicarse el 01/01/2005



(*) El MdT dejó de aplicarse el 01/01/2005

Figura 4.12. Evolución del cumplimiento a nivel de zonas de los valores legislados de PM10 desde 2001 hasta 2013.

4.3.2.2. Concentración mensual de los niveles de PM10 y PM2,5 en 2013

Para estudiar la distribución mensual de los niveles de PM10 en 2013, en la Figura 4.13 se muestra la evolución de medias mensuales de todas las estaciones que han participado en su evaluación, clasificadas por tipo de área. La Figura 4.14 es equivalente, pero para las PM2,5.

En la evolución de los niveles de partículas se observa una correlación entre los valores de PM10 y PM2,5. Es difícil establecer patrones de evolución típicos durante el año, debido a que las estaciones están influidas por múltiples fuentes de emisión, que pueden ser de origen antrópico (tráfico, industria, construcción-demolición...) o de origen natural (episodios de polvo del Sáhara) y, además, hay que tener en cuenta el efecto de la meteorología (las precipitaciones provocan el lavado de la atmósfera y el régimen de vientos a su vez influye en el aporte natural). Sin embargo, es posible evidenciar una tendencia a incrementar los niveles en los meses de final de primavera a verano, con un máximo en julio.

La precipitación estival, la mayor frecuencia de episodios africanos, la alta frecuencia de ocurrencia de episodios de estancamiento atmosférico y la mayor velocidad de formación de partículas secundarias por mayor radiación solar, son las causas del incremento estival de los niveles de partículas. Por otro lado, las bajas temperaturas del invierno y el incremento de la combustión para calefacción podrían ser la causa del aumento observado en noviembre-diciembre.

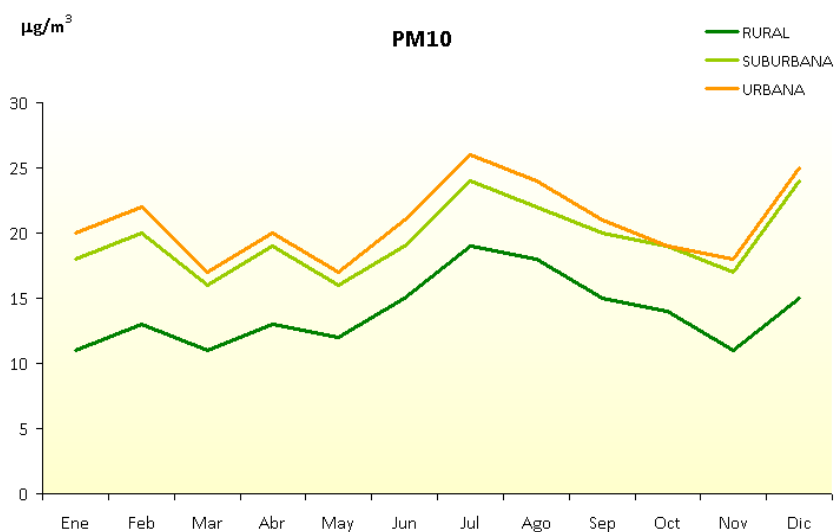


Figura 4.13. Evolución de las medias mensuales de PM10 en 2013 por tipo de área.

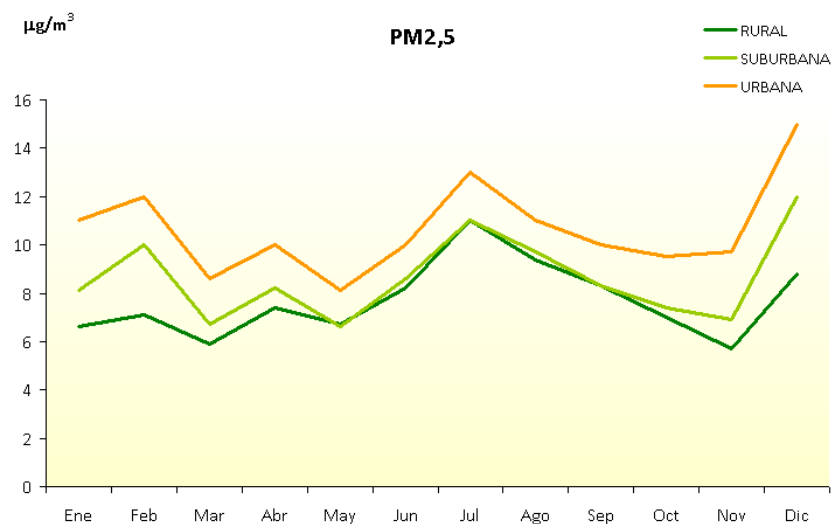


Figura 4.14. Evolución de las medias mensuales de PM2,5 en 2013 por tipo de área.

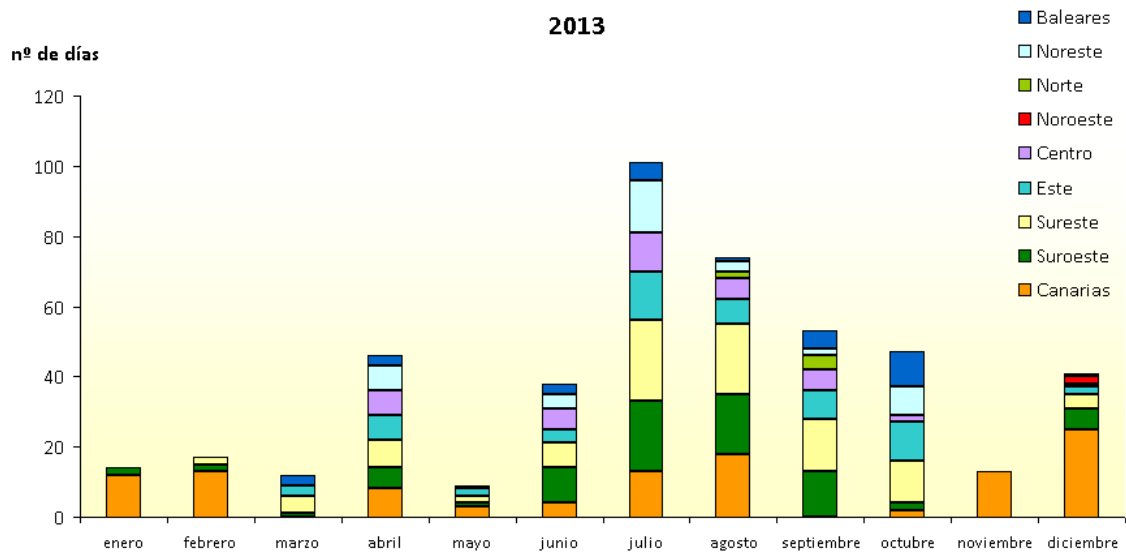


Figura 4.15. Distribución mensual del número de días africanos según las diferentes regiones consideradas en 2013².

Las regiones utilizadas en la Figura 4.15 son las que se reflejan gráficamente en la Figura 4.16.

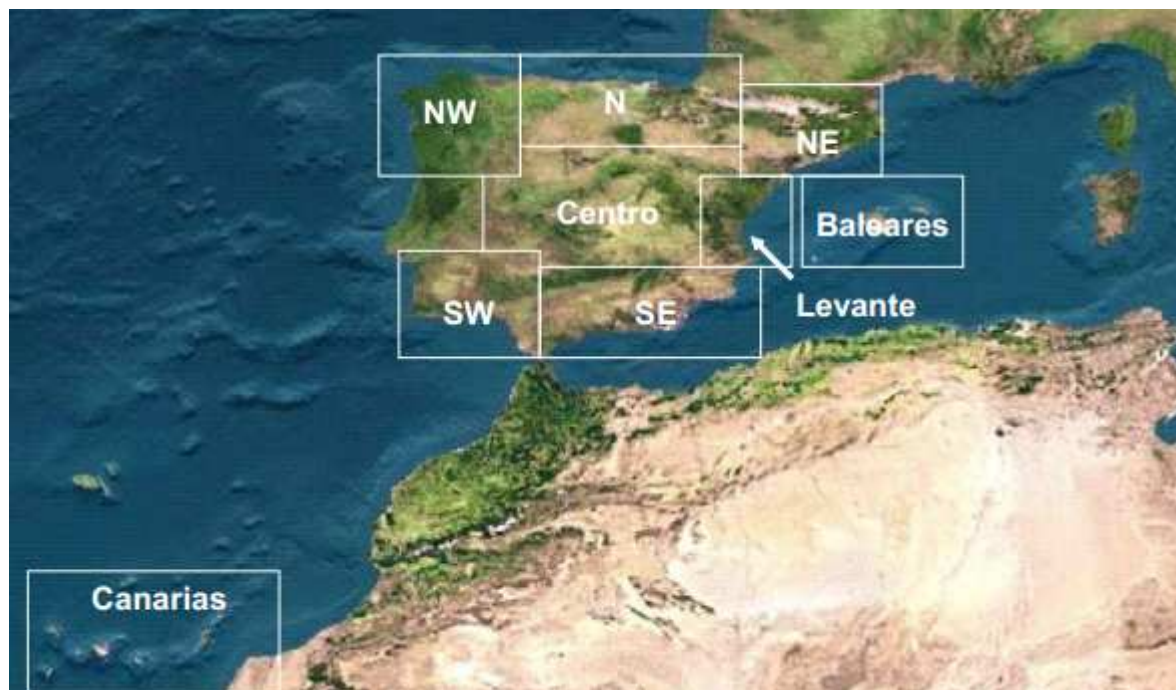


Figura 4.16. Regiones consideradas en relación con los episodios naturales de partículas 2013.

Se corresponden con las zonas definidas en el informe “Episodios Naturales de Partículas 2013”, que se elabora como resultado del convenio de colaboración para el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado en España entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Agencia Estatal de Meteorología³.

4.3.2.3. Análisis de las partículas PM10 por tipo de área y tipo de estación en 2013

En la Figura 4.17 se muestra la distribución de las medias anuales (gráfico izquierdo) y la distribución del Percentil 90,4 (gráfico derecho) de PM10 agrupada por tipo de área.

Se observa que de las 463 estaciones que se emplearon para evaluar PM10, sólo 1 estación suburbana supera el VLA mientras que 9 estaciones superaron el VLD, 6 suburbanas y 3 urbanas.

El 95% de las estaciones se encuentran por debajo del UES.

² Fuente: “Episodios Naturales de Partículas 2013”. MAGRAMA / CSIC / AEMET (Abril 2014)

³ http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Episodios_Naturales_2013_tcm7-323494.pdf

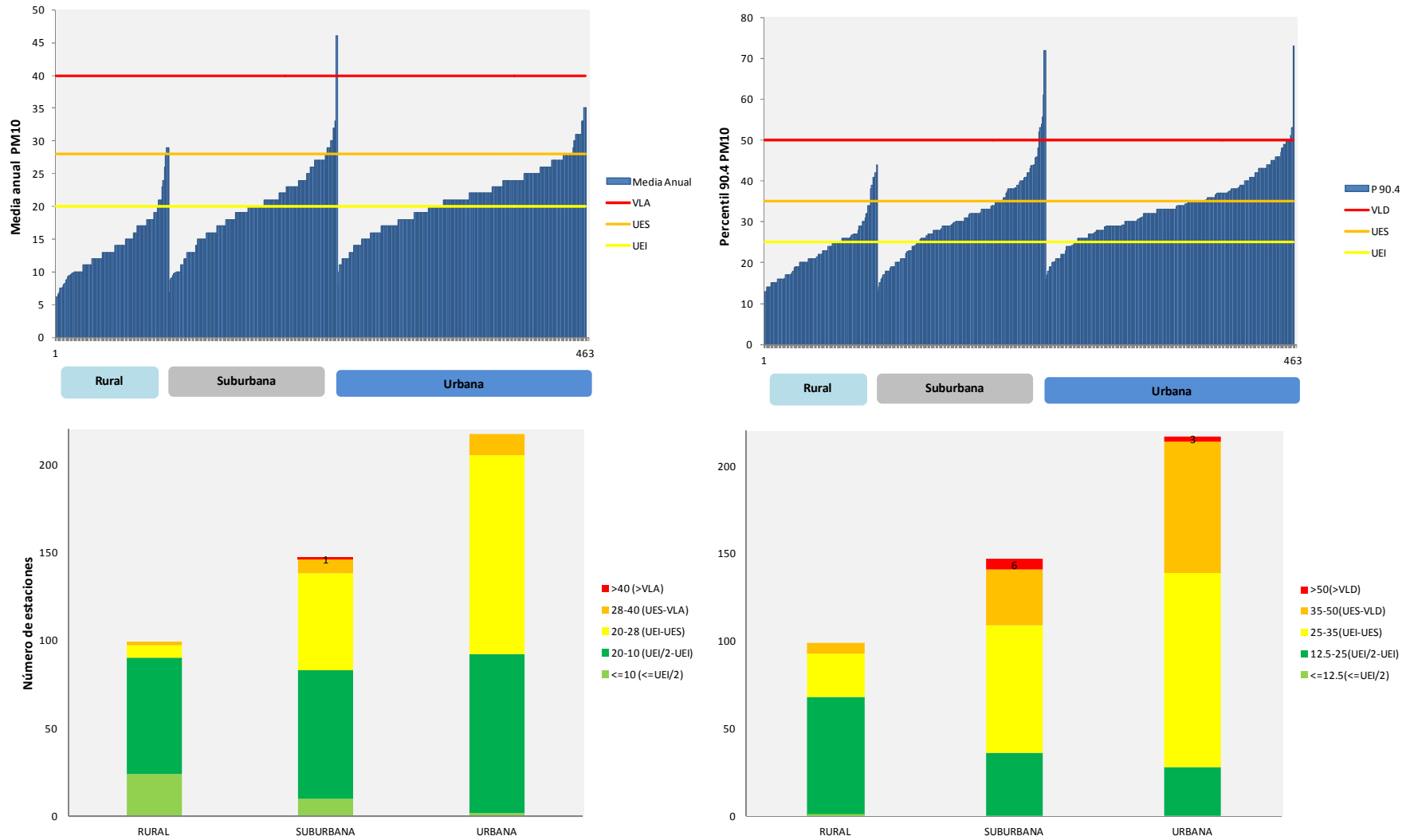


Figura 4.17. Distribución de las medias anuales y del Percentil 90,4 de PM10 y cumplimiento de los niveles legislados (2013)

La Figura 4.18 permite analizar el grado de cumplimiento de las estaciones utilizadas para evaluar PM10 en 2013, a través de la representación de la distribución de las medias anuales de las estaciones que evalúan PM10 respecto al valor límite anual ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en dicho año por tipo de estación. Todos los valores que se representan gráficamente tienen en cuenta los valores de partículas medidos (sin descontar las partículas de origen natural).

Se observa que las estaciones de tráfico y las industriales presentan niveles más altos que las estaciones de fondo; y que las superaciones del valor límite anual en 2013 se han dado en estaciones de tipo industrial / suburbano.

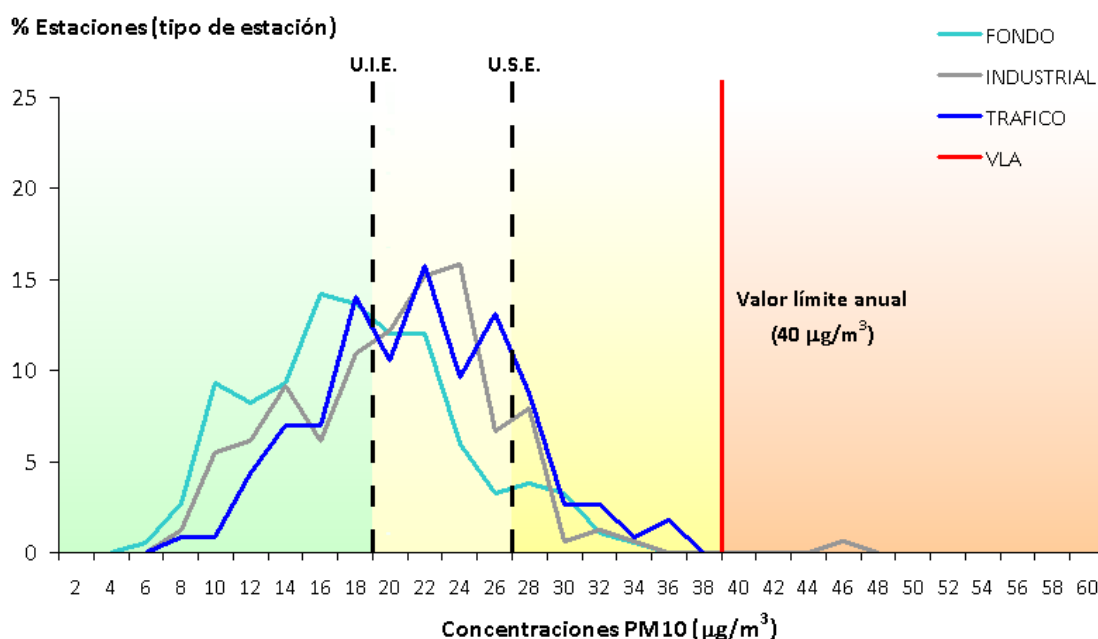


Figura 4.18. Distribución de los niveles de PM10 en relación con los valores legislados (VLA) por tipo de estación (2013).

4.3.2.4. Análisis de las partículas PM2,5 por tipo de área y tipo de estación en 2013

De forma similar a como ya se ha visto para las PM10, la Figura 4.19 permite analizar el grado de cumplimiento de las estaciones utilizadas para evaluar PM2,5 en 2013, a través de la representación de la distribución de las medias anuales de las estaciones que evalúan este contaminante respecto al valor objetivo anual agrupadas por tipo de área.

Se observa que de las 221 estaciones que se emplearon para evaluar PM2,5 ninguna supera el VO y únicamente 7 de ellas se encuentran por encima del UES correspondiéndose todas ellas a estaciones urbanas.

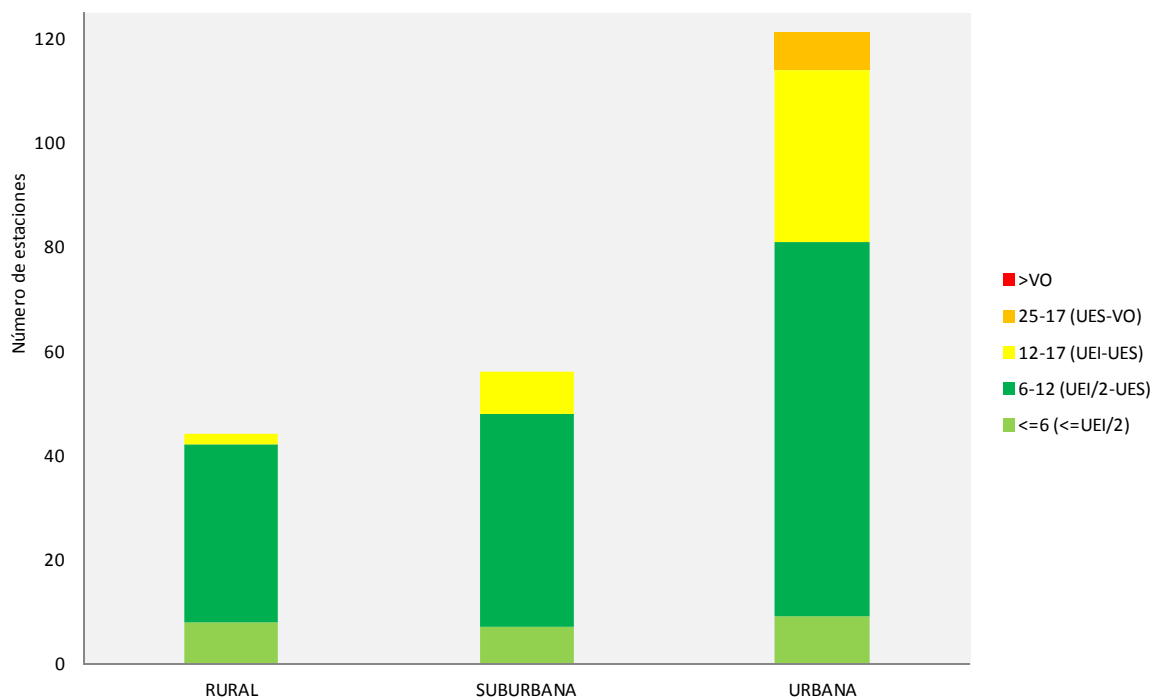
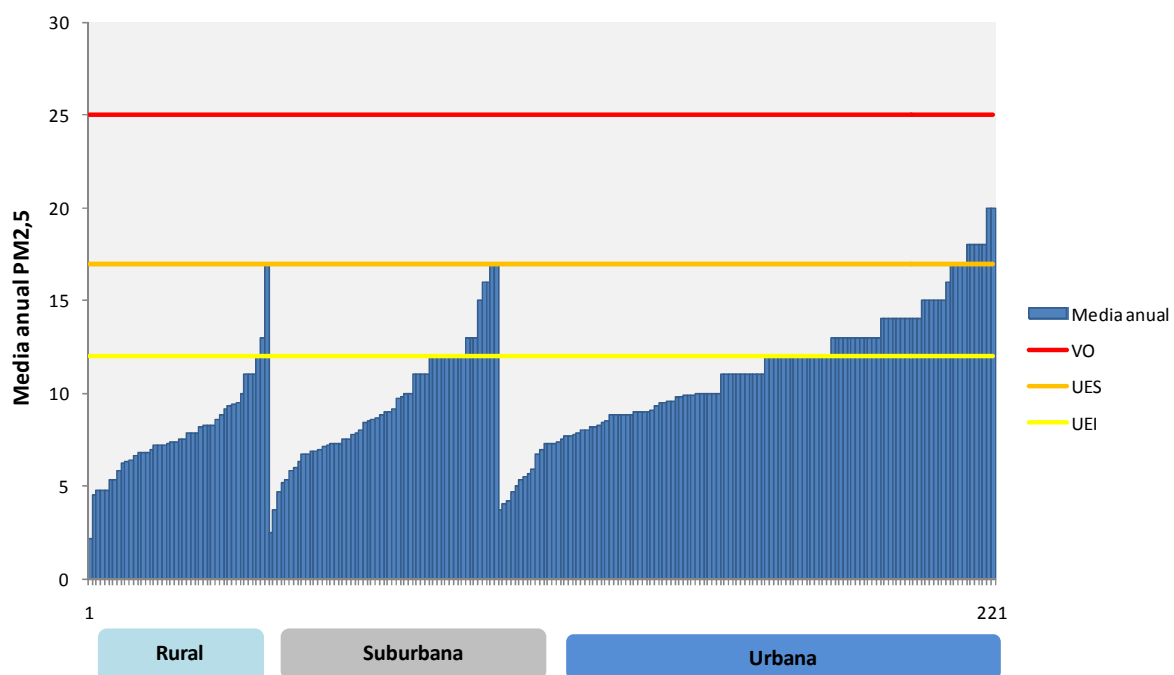


Figura 4.19. Distribución de las medias anuales PM_{2,5} y cumplimiento de los niveles legislados (2013)

4.3.2.5. Indicador Medio de Exposición (IME)

El IME es un indicador de la exposición de la población a partículas PM_{2,5} y se evalúa como concentración media móvil trienal, ponderada con la población en todos los puntos de muestreo establecidos a tal fin. Así, el IME para el año 2013 será la concentración media de los años 2011, 2012 y 2013 (es decir, de los indicadores anuales de 2011, 2012 y 2013).

Las estaciones utilizadas en el cálculo del IME entre los años 2009 y 2013 son las recogidas en la Figura 4.20.



Figura 4.20. Estaciones utilizadas en el cálculo del IME entre los años 2009 y 2013.

La Tabla 4.6 resume los resultados del cálculo del IME trienal 2011, 2012 y 2013:

Tabla 4.6. IME trienal 2011, 2012 y 2013.

Indicador anual de exposición	Nivel	Periodo
Indicador anual de exposición 2009	15,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Año natural 2009
Indicador anual de exposición 2010	13,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Año natural 2010
Indicador anual de exposición 2011	13,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Año natural 2011
Indicador anual de exposición 2012	13,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Año natural 2012
Indicador anual de exposición 2013	11,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Año natural 2013
Indicador medio de la exposición (IME)	Nivel	Periodo
Indicador medio de exposición 2011	14,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2009-2010-2011
Indicador medio de exposición 2012	13,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2010-2011-2012
Indicador medio de exposición 2013	13,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2011-2012-2013

El IME se emplea para evaluar el cumplimiento del objetivo nacional de reducción de la exposición a las partículas más finas que, en el caso de España, consiste en lograr en 2020 una reducción del 15% de la exposición de la población nacional, respecto al nivel obtenido en 2011 (año considerado de referencia). Como el IME trienal 2009-2011 utilizado como referencia fue de 14,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, aplicando el objetivo de reducción del 15%, en 2020 el IME deberá ser inferior a 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En 2013, el IME trienal 2011-2013 (la concentración media de los años 2011, 2012 y 2013) ha sido de 13,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que supone que en 2013 ya se ha logrado una disminución del 7,8%.

Además, en 2015 el valor del IME debe cumplir la obligación en materia de exposición a la población de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que se viene cumpliendo desde 2011, como se desprende de la Figura 4.21.

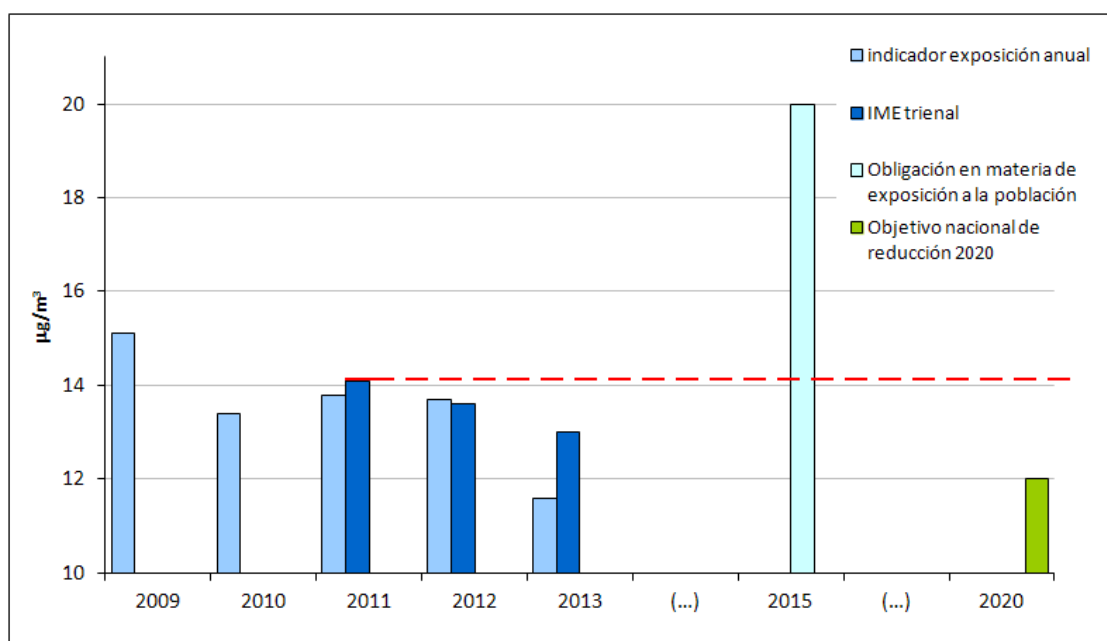


Figura 4.21. Indicadores anuales de exposición 2009-2013, IME 2011, 2012 y 2013 y objetivo nacional de reducción 2020.

4.3.3 Evolución 2001-2013 de las partículas PM10

En este apartado se muestra la evolución de las partículas PM10 a lo largo de los años 2001-2013. La Figura 4.22 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación de las PM10 a lo largo del periodo 2001-2013, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto verde el valor medio de las medias anuales.

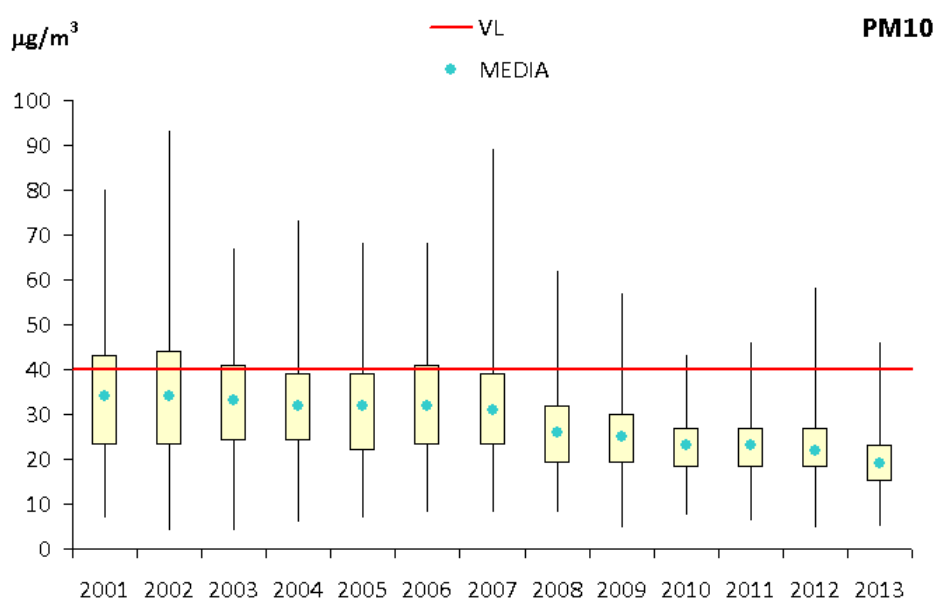


Figura 4.22. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de PM10 2001-2013.

A su vez, la Figura 4.23 representa la evolución de las medias anuales de las estaciones, agrupadas por tipo de estación y de área.

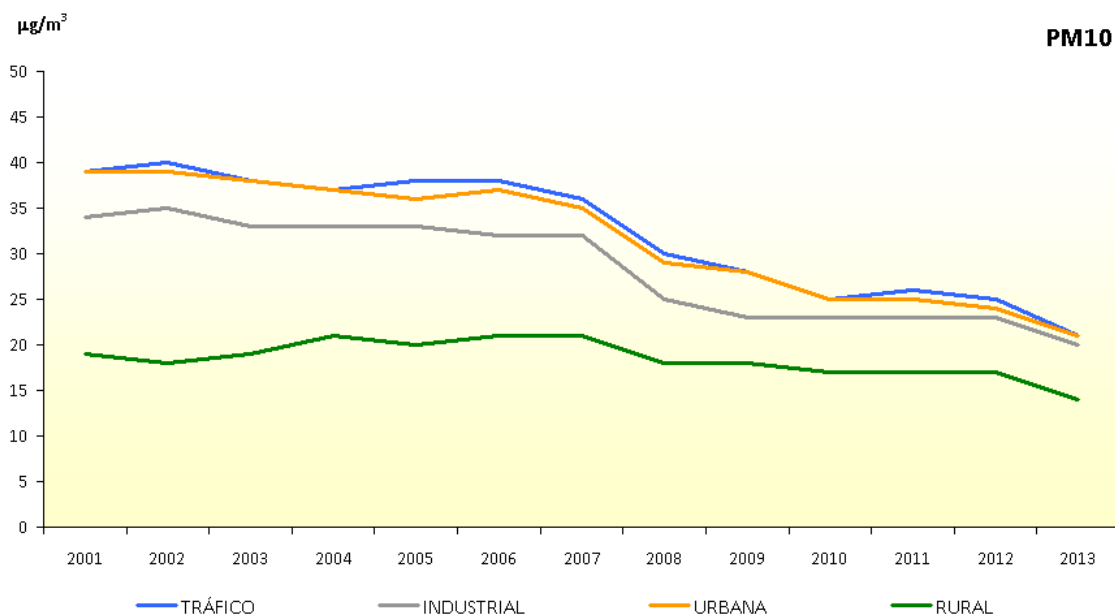


Figura 4.23. Evolución de las medias anuales de PM10 (2001-2013) por tipo de estación y de área.

En ambos gráficos se observa una tendencia hacia la disminución de los niveles medios a lo largo del tiempo, sobre todo desde el año 2007, acentuada aún más en el año 2013, en el que además se ha alcanzado un máximo medio inferior al de 2012. El descenso se hace especialmente patente en las estaciones urbanas de tráfico y en las industriales.

4.3.4 Evolución 2008-2013 de las partículas PM2,5

La Figura 4.24 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación de las PM2,5 a lo largo del periodo 2008-2013, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto verde el valor medio de las medias anuales. A su vez, la Figura 4.25 representa la evolución de las medias anuales de las estaciones, agrupadas por tipo de estación y de área.

En ellas se aprecia que los niveles de PM2,5 han permanecido relativamente constantes a lo largo del periodo considerado, incluyendo en el reciente año 2013. En lo que respecta a la distribución de los niveles por tipo de área, se aprecia que los valores más altos se dan en estaciones de tráfico / urbanas, seguidas por las industriales.

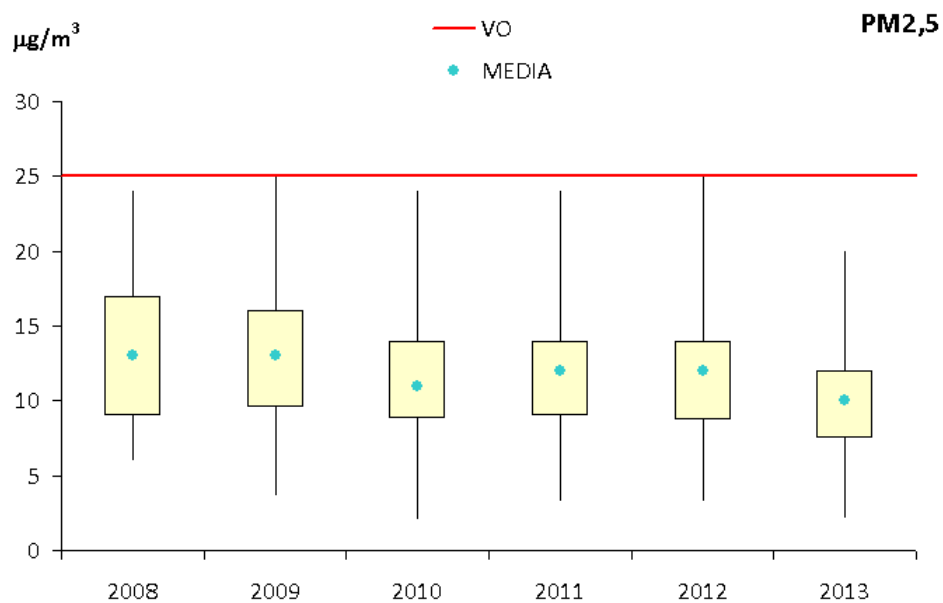


Figura 4.24. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de PM2,5 2008-2013.

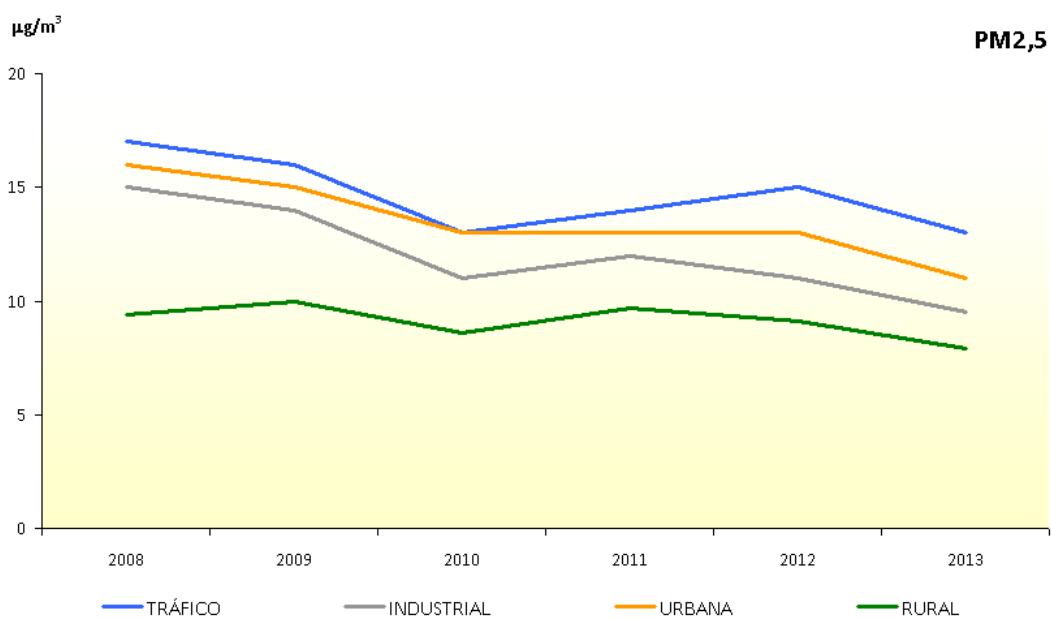


Figura 4.25. Evolución de las medias anuales de PM2,5 (2008-2013) por tipo de estación y área.

4.4 Ozono (O₃)

4.4.1 Valores legislados para O₃

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para el contaminante O₃ son los recogidos en la Tabla 4.7:

Tabla 4.7. Valores legislados (O₃).

Valores objetivo	Nivel	Periodo
Valor objetivo para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: año 2010)	120 µg/m ³	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias ⁴ . No debe superarse en más de 25 ocasiones de promedio en un periodo tres años
Valor objetivo para la protección de la vegetación (fecha de cumplimiento: año 2010 ²)	AOT40 ⁵ = 18.000 µg/m ³ ·h	Valor acumulado de mayo a julio de promedio en un periodo de 5 años
Objetivos a largo plazo	Nivel	Periodo
Objetivo a largo plazo para la protección de la salud humana	120 µg/m ³	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias ³ dentro de un año civil
Objetivo a largo plazo para la protección de la vegetación	AOT40 ⁴ = 6.000 µg/m ³ ·h	Valor acumulado de mayo a julio
Tipos de umbrales	Parámetro	Valor del umbral
Umbral de información	Promedio horario	180 µg/m ³
Umbral de alerta	Promedio horario ⁶	240 µg/m ³

4.4.2 Análisis de los niveles del O₃ (2013)

4.4.2.1. Resumen de la evaluación del O₃ 2013

El ozono troposférico (O₃) sigue mostrando en 2013 niveles elevados en zonas suburbanas o rurales, debido a la alta insolación y a que se mantienen los niveles de emisión de sus precursores (NO_x y compuestos orgánicos volátiles). La situación de cumplimiento de legislación es similar a la de años anteriores, con una cierta mejoría en el número de zonas que superan el valor objetivo para protección de la salud (47) como se observa en la Figura 4.26.

³ La concentración máxima diaria de las medias móviles octohorarias se determina examinando las medias octohorarias móviles, calculadas a partir de datos horarios y actualizados cada hora. Cada media octohoraria así calculada se asigna al día en que termina el periodo, es decir, el primer periodo de cálculo para un día cualquiera será el comprendido entre las 17:00 h. del día anterior y la 1:00 h. de dicho día; el último periodo de cálculo para un día cualquiera será el comprendido entre las 16:00 h. y las 24:00 h. de dicho día.

⁵ AOT40 [expresado en (µg/m³)·h] es la suma de las diferencias entre las concentraciones horarias superiores a los 80 µg/m³ (=40 partes por mil millones) y 80 µg/m³ a lo largo de un periodo dado utilizando únicamente los valores horarios medidos entre las 8:00 h. y las 20:00 h., Hora de Europa Central (HEC), cada día.

⁶ A efectos de la aplicación del artículo 25 del RD 102/2011 en relación con la elaboración de Planes de Acción a corto plazo, la superación del umbral se debe medir o prever durante tres horas consecutivas.

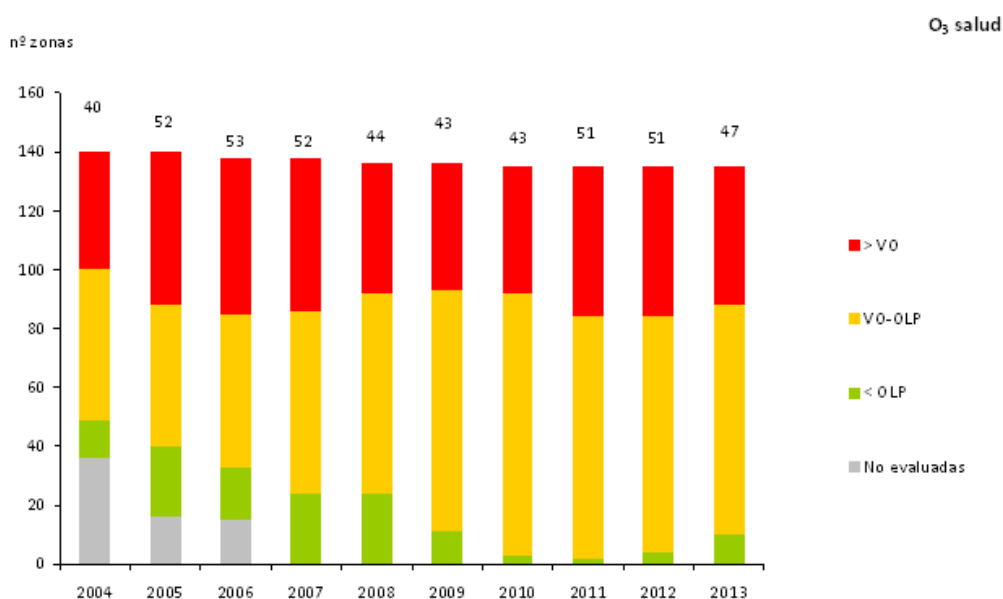


Figura 4.26. Evolución del cumplimiento a nivel de zonas de los valores legislados para protección de la Salud de O₃ desde 2001 hasta 2013.

4.4.2.2. Concentración mensual de los niveles de O₃ en 2013

Para estudiar la distribución mensual de los niveles de O₃ en 2013, en la Figura 4.27 se muestra la evolución de medias mensuales (a partir de datos máximos diarios horarios) de todas las estaciones que han participado en su evaluación, clasificadas por tipo de área.

En 2013 se sigue observando una geometría convexa, con valores más altos en verano (especialmente en julio), independientemente del tipo de área de que se trate, aunque, lógicamente, superiores en las áreas rurales e inferiores en las urbanas, en las que disminuyen como consecuencia de la mayor presencia de óxidos de nitrógeno.

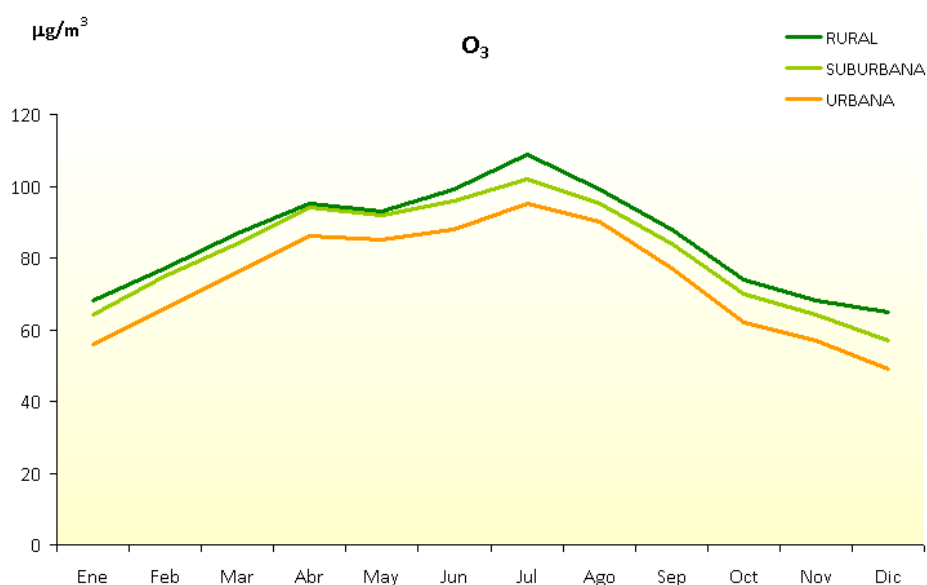


Figura 4.27. Evolución de las medias mensuales de máximos diarios octo-horarios de O₃ en 2013 por tipo de área.

4.4.2.3. Análisis del O₃ por tipo de área y tipo de estación en 2013

La Figura 4.28 permite analizar el grado de cumplimiento de las estaciones utilizadas para evaluar O₃ en 2013. En la gráfica superior se representa la distribución del Percentil 93,2 calculado a partir de máximos diarios octohorarios, de las estaciones agrupadas por tipo de área que evalúan O₃ en 2013 respecto al valor de referencia de 120 µg/m³. La gráfica inferior indica el número de estaciones que cumple con el VO para la salud, es decir, considerando la media de los últimos tres años (promedio 2011, 2012, 2013) y el objetivo a largo plazo considerando únicamente las superaciones de 120 en el 2013.

Como se observa, en 2013 la línea que marca el valor de 120µg/m³ se sigue superando con cierta frecuencia, sobre todo en estaciones rurales y suburbanas, mientras que los valores más bajos se registran en estaciones urbanas.

De las 406 estaciones que se emplearon en la evaluación, 81 superan el VO para la salud, de las cuales el 45% se corresponden con estaciones de tipo rural. En concreto únicamente 60 cumplen con el valor objetivo a largo plazo.

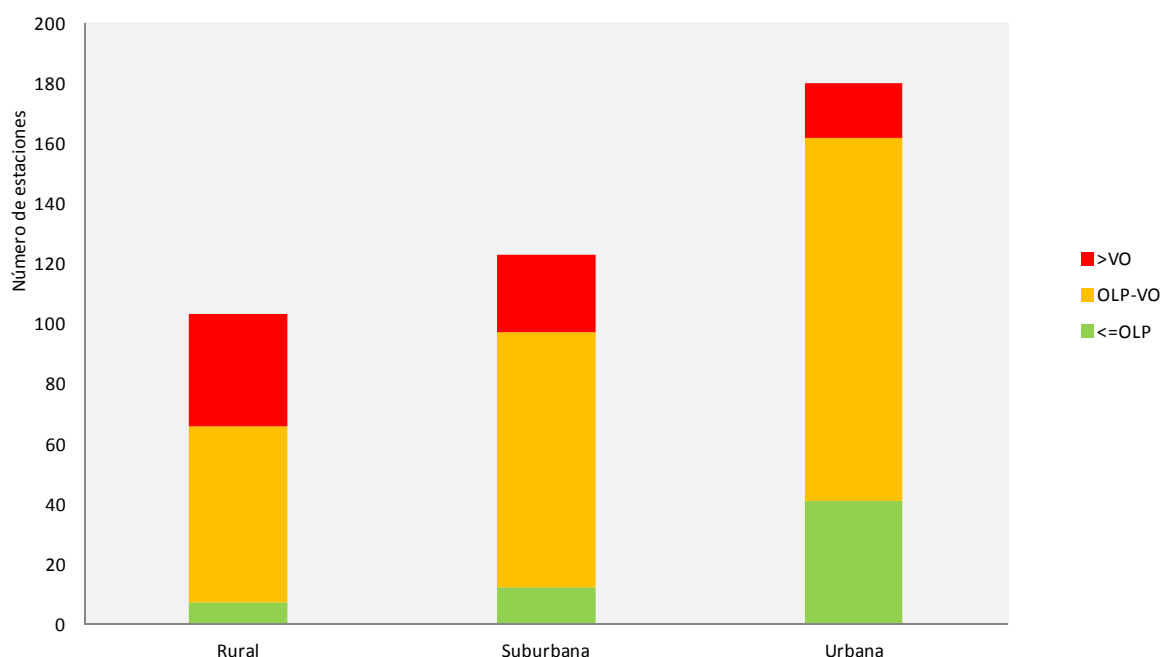
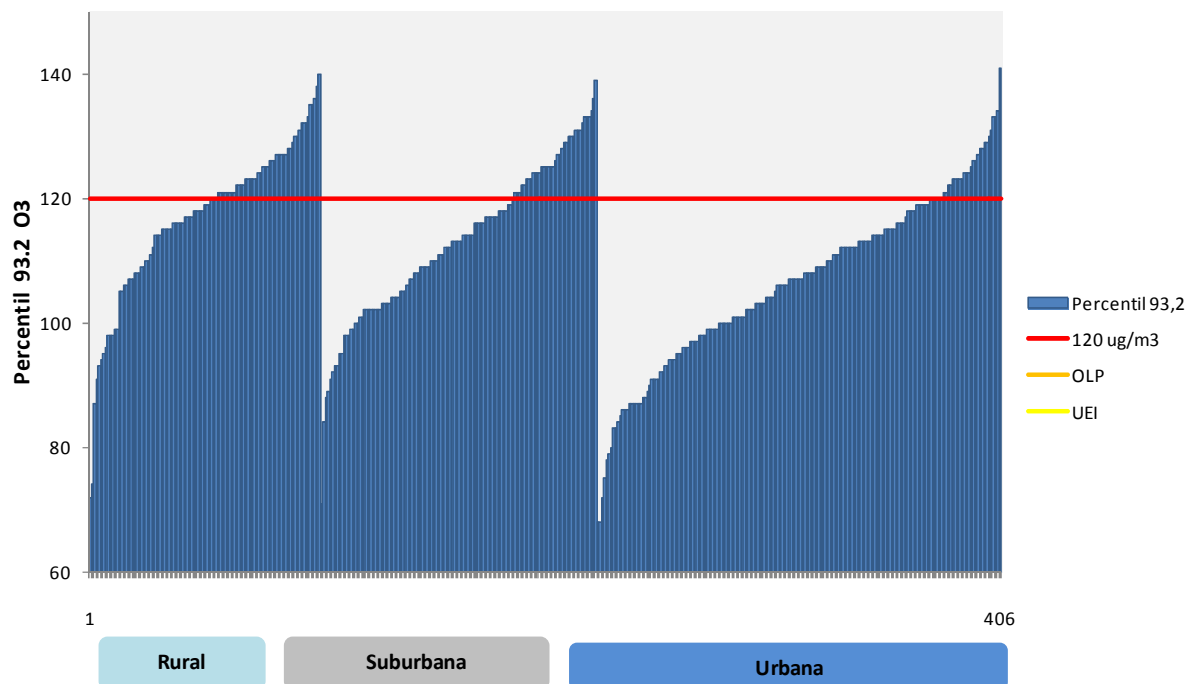


Figura 4.28. Distribución del Percentil 93.2 de O₃ y cumplimiento del VO y OLP protección salud (2013)

4.4.2.4. Umbrales de información y alerta del O₃

Las Figura 4.29 y Figura 4.30 muestran el número de días con superación del umbral de información de O₃ registrados en España en el periodo de verano (de abril a septiembre) en 2013 y 2014 respectivamente.

Comparando ambas figuras se observa que en general en España ha disminuido el nº de días de superación del umbral de información en 2014 respecto a 2013, concentrándose en el último año el mayor número de superaciones en Madrid, mientras que en 2013 se ubicaban en Cataluña. También destacada por su mayor número de superaciones en 2014 respecto a 2013 el Área de Puertollano.



Figura 4.29. Días de superación del umbral de información de O₃ en el periodo abr-sept 2013.

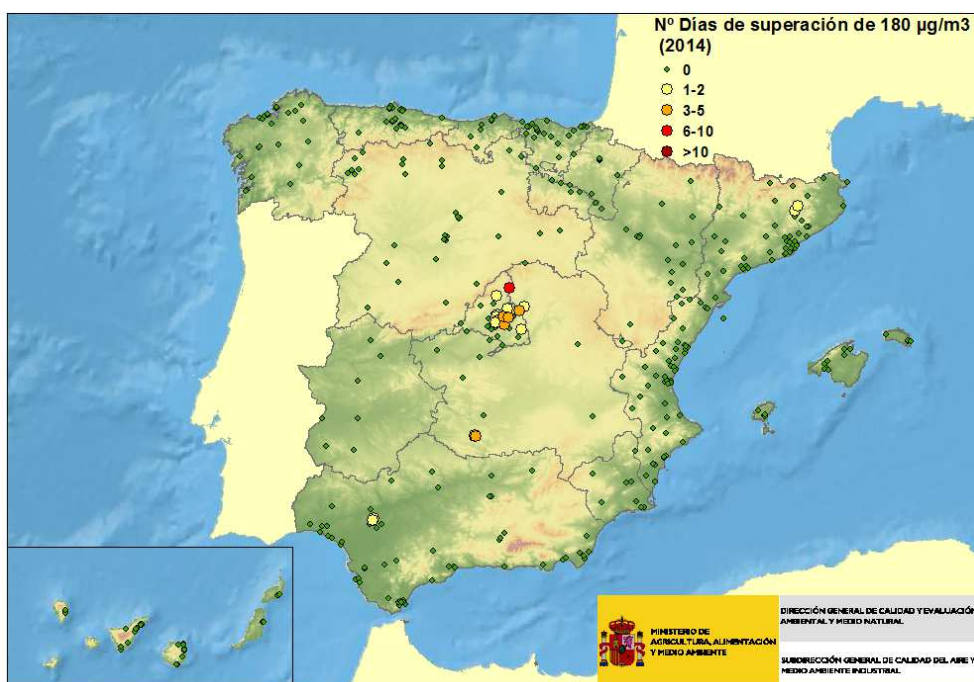


Figura 4.30. Días de superación del umbral de información de O₃ en el periodo abr-sept 2014.

La evolución de las superaciones de los umbrales de información y alerta de O₃ producidas a lo largo del periodo 2008-2014 se recogen gráficamente en la Figura 4.31. En ella se aprecia que, respecto a los años anteriores, en 2014 se ha producido un descenso del número de horas en que se supera el

umbral de información, alcanzándose el menor valor de horas y días de superación que se da desde el año 2008.

Las superaciones del umbral de alerta (en horas) fueron creciendo a lo largo del período considerado hasta alcanzar un máximo en 2011, para luego disminuir en 2012 y finalmente no registrándose ninguna superación desde 2013.

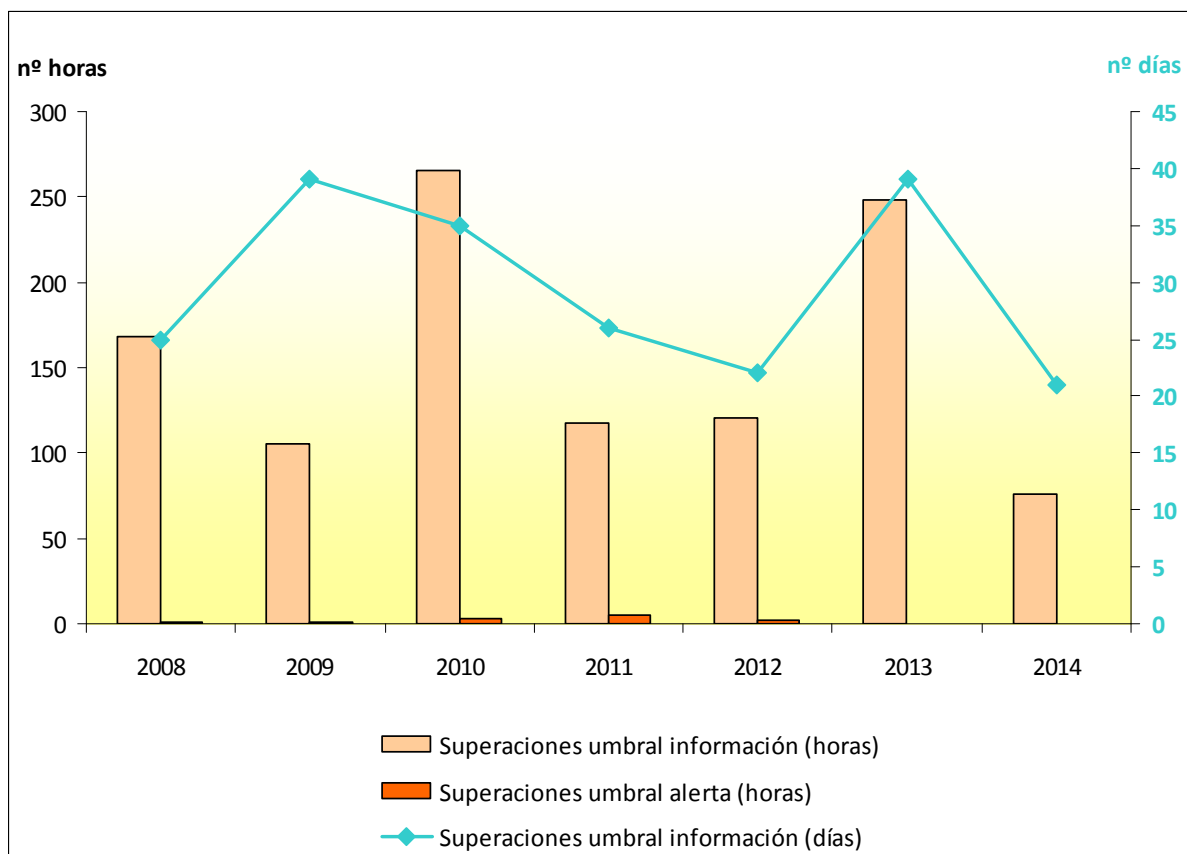


Figura 4.31. Superación de los umbrales de información y alerta del O₃ en el periodo 2008-2014.

Para concretar más, la Figura 4.32 se centra en las superaciones del período estival, el más sensible para este contaminante. Se observa un descenso en los valores correspondientes a 2014; las horas totales del periodo de verano anual son las más bajas registradas desde 2008, y por meses, el mayor número de superaciones vuelve a tener lugar en el mes de julio, como en 2013.

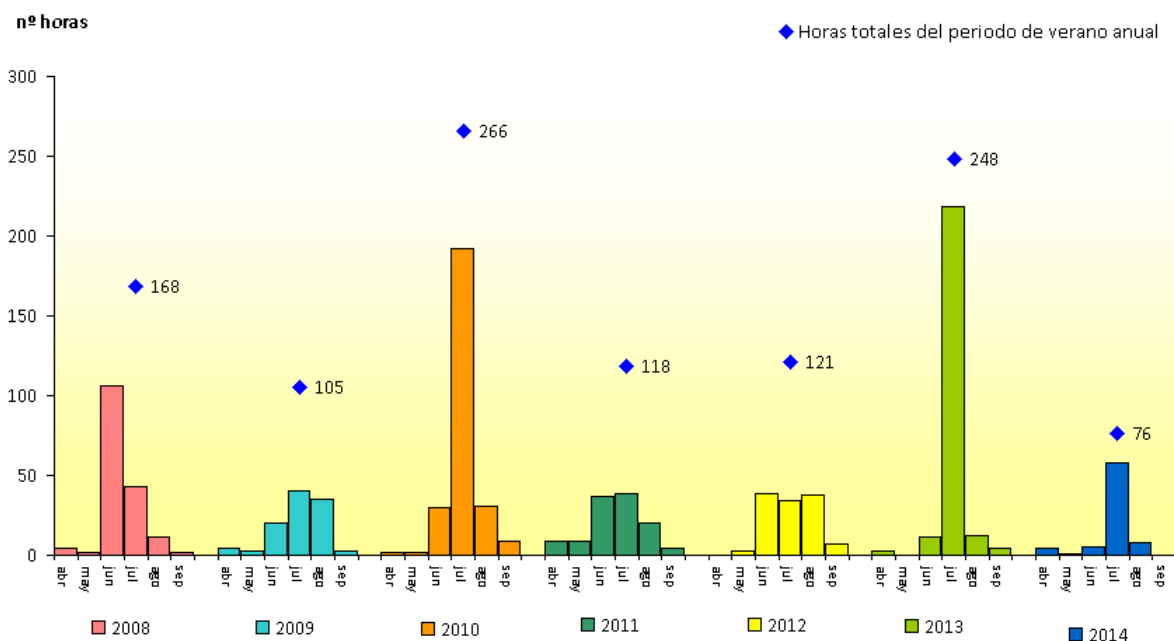


Figura 4.32. Superación del umbral de información del O₃ durante el periodo de verano en el período 2008-2014.

4.4.3 Evolución 2001-2013 del O₃

En este apartado se muestra la evolución del O₃ a lo largo de los años 2001-2013. La Figura 4.33 muestra la distribución de los Percentiles 93,2 de los máximos diarios octohorarios de las estaciones participantes en la evaluación del O₃ a lo largo del periodo 2001-2013, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto verde el valor medio de los percentiles 93,2.

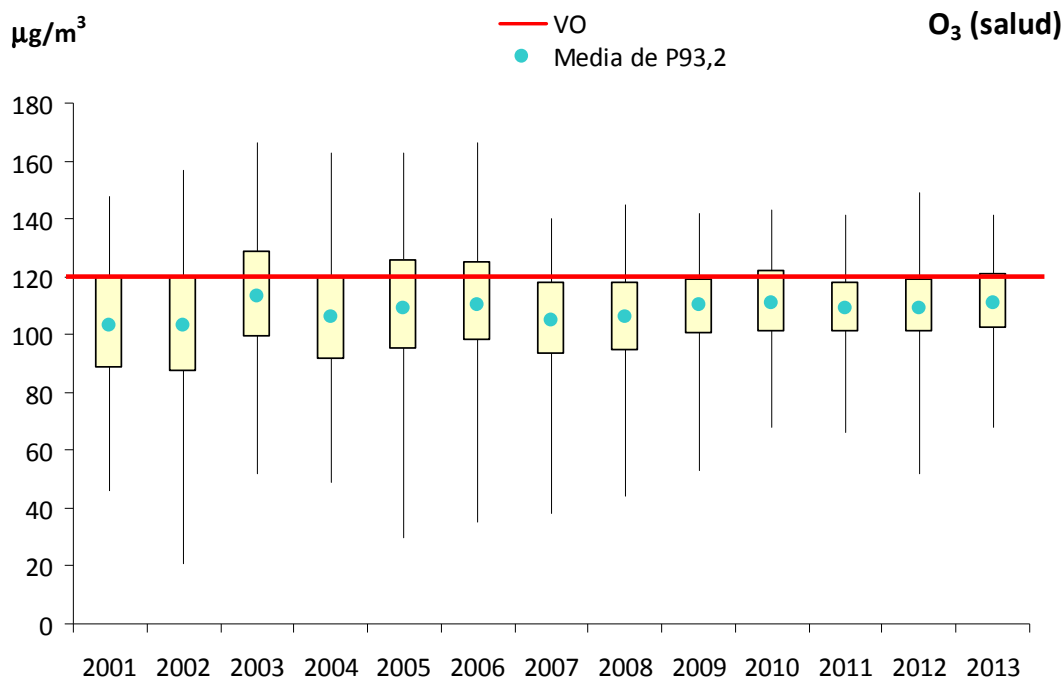


Figura 4.33. Diagrama de caja y bigotes del percentil 93,2 (de los máx diario 8h) de O₃ 2001-2013.

A su vez, la Figura 4.34 representa la evolución de las medias anuales del valor del percentiles 93,2 (de máximos diarios octohorarios) de las estaciones que han participado en la evaluación de O₃ entre 2001 y 2013, agrupadas por tipo de estación y de área. Se observa que, también en 2013, los valores tienden a aumentar en las estaciones urbanas y de tráfico, y a mantenerse en las rurales.

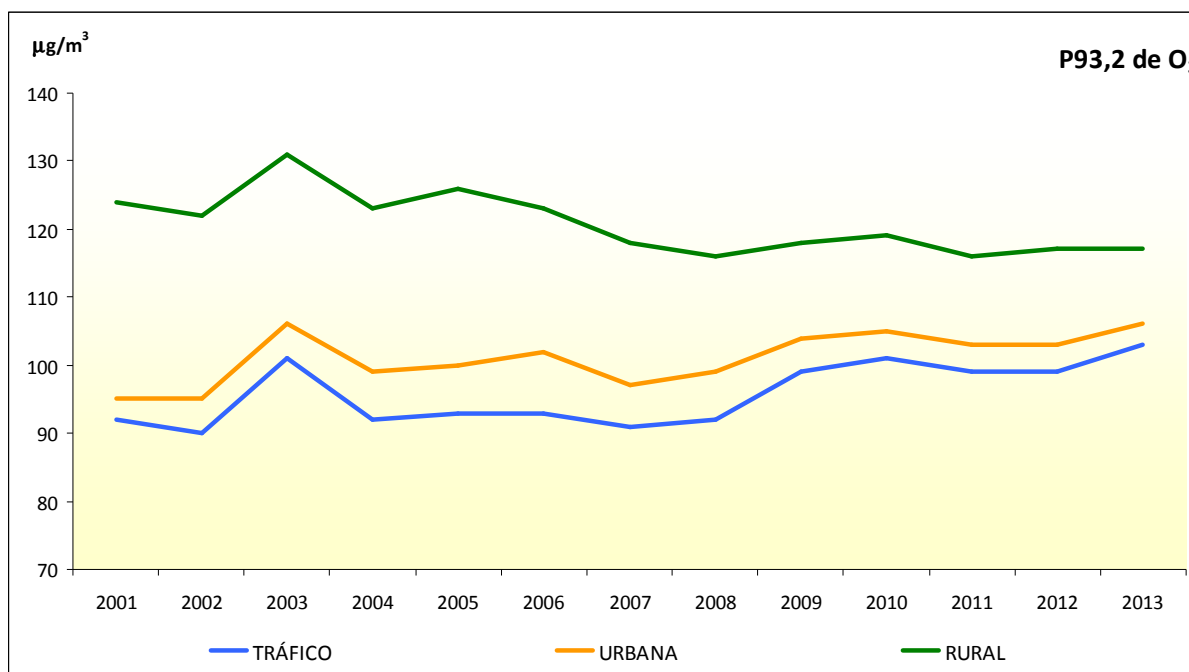


Figura 4.34. Evolución de las medias anuales de los percentiles 93,2 de O₃ (2001-2013) por tipo de estación y área.

4.5 Monóxido de carbono (CO)

4.5.1 Valores legislados para CO

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para el contaminante CO son los recogidos en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8. Valores legislados (CO).

Valor legislado	Valor límite	Periodo
Valor límite para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2005)	10 mg/m ³	Máximo diario octohorario anual

4.5.2 Análisis de los niveles de CO (2013)

4.5.2.1. Resumen de la evaluación del CO 2013

La situación de la calidad el aire en lo que se refiere al monóxido de carbono (CO) mantiene los niveles bajos registrados en años precedentes desde que comenzó su evaluación oficial, ya que tampoco en 2013 se ha superado el valor límite establecido, en ninguna de las zonas de evaluación.

4.5.2.2. Análisis del CO por tipo de área y tipo de estación en 2013

La Figura 4.35 permite analizar el grado de cumplimiento de las estaciones utilizadas para evaluar CO en 2013, a través de la representación de la distribución del valor máximo diario octohorario anual de las estaciones que participan, agrupadas por tipo de estación.

Se aprecia que, en 2013, prácticamente todas las estaciones se sitúan por debajo del umbral de evaluación inferior, excepto alguna de tipo industrial que esta entre el USE y el UIE.

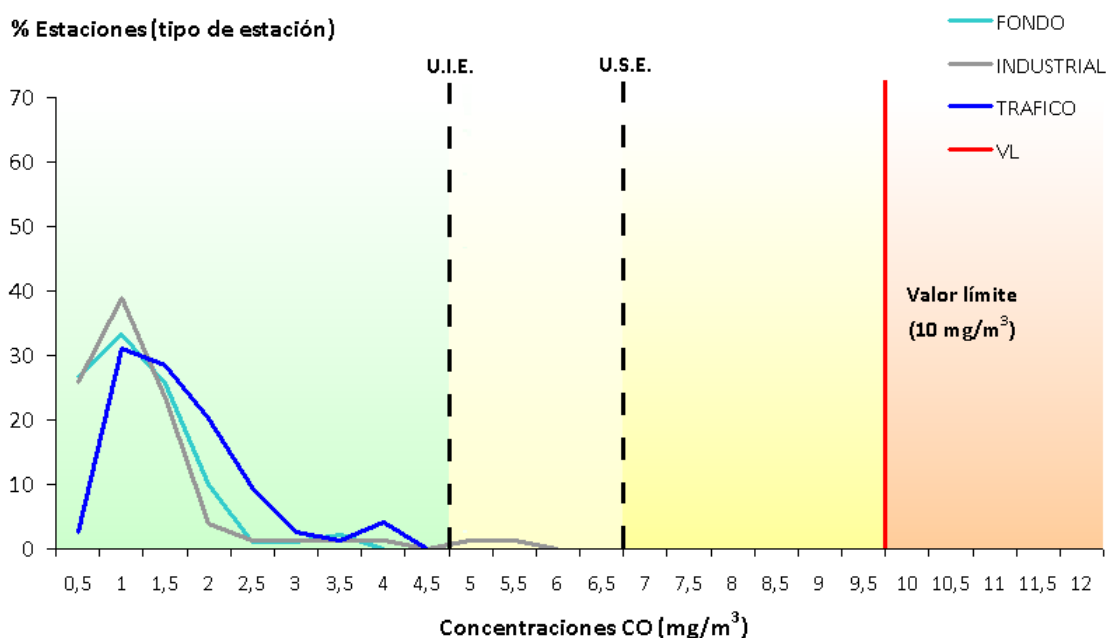


Figura 4.35. Distribución de los niveles de CO en relación con los valores legislados (VL) por tipo de área y tipo de estación (2013).

4.5.3 Evolución 2003-2013 del CO

En este apartado se muestra la evolución del CO a lo largo de los años 2003-2013. La Figura 4.36 muestra la distribución de las medias anuales de los máximos diarios octohorarios de las estaciones participantes en la evaluación del CO a lo largo del periodo considerado, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto verde el valor medio de los máximos diarios octohorarios.

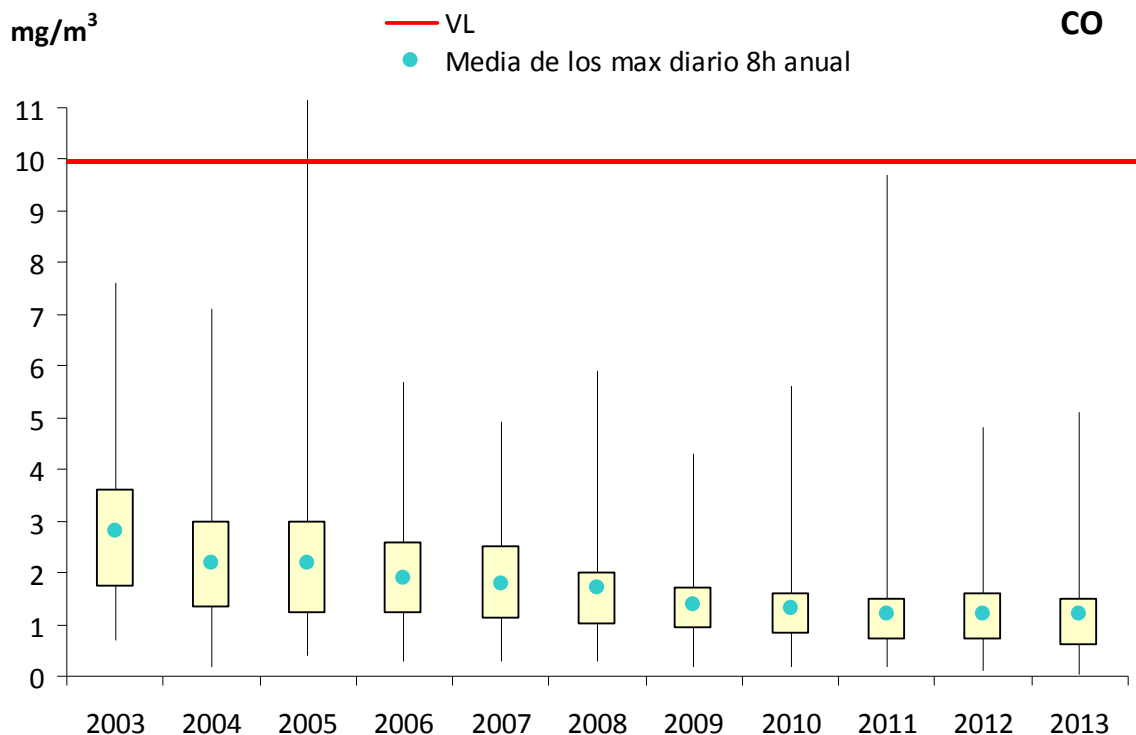


Figura 4.36. Diagrama de caja y bigotes de la media anual de los max diario 8h de CO 2003-2013.

A su vez, la Figura 4.37 representa la evolución de las medias anuales (de máximos diarios octohorarios) de las estaciones, agrupadas por tipo de estación y de área.

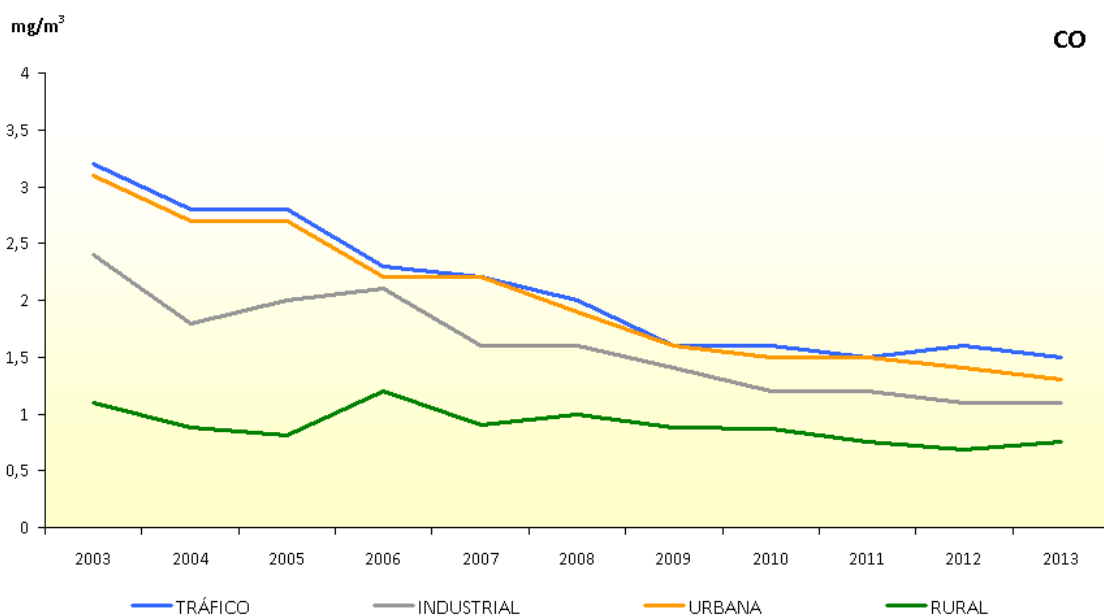


Figura 4.37. Evolución de las medias anuales de CO (2003-2013) por tipo de estación y área.

En ellas se aprecia que, en 2013, de nuevo no sólo los valores registrados se encuentran muy lejos del incumplimiento de los objetivos de calidad legales establecidos para la protección de la salud,

sino que además se mantiene la tendencia a la baja en las concentraciones a lo largo de los años desde que se inició la evaluación de este contaminante.

4.6 Benceno (C₆H₆)

4.6.1 Valores legislados para C₆H₆

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para el contaminante C₆H₆ son los recogidos en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9. Valores legislados (C₆H₆).

Valor legislado	Valor límite	Periodo
Valor límite anual (VLA) de C ₆ H ₆ para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2010)	5 µg/m ³	Año civil

4.6.2 Análisis de los niveles de C₆H₆ (2013)

4.6.2.1. Resumen de la evaluación del C₆H₆ 2013

La situación de la calidad el aire en lo que se refiere al benceno (C₆H₆) mantiene los niveles bajos registrados en años precedentes desde que comenzó su evaluación oficial, ya que tampoco en 2013 se ha superado el valor límite establecido, en ninguna de las zonas de evaluación.

4.6.2.2. Análisis del C₆H₆ por tipo de área y tipo de estación en 2013

La Figura 4.38 permite analizar el grado de cumplimiento de las estaciones utilizadas para evaluar C₆H₆ en 2013, a través de la representación de la distribución de las medias anuales de las estaciones que participan, agrupadas por tipo de área y por tipo de estación.

Se aprecia que en 2013 en ninguna estación se han producido superaciones del valor límite, y que las estaciones con niveles más altos se corresponden con las industriales y de tráfico.

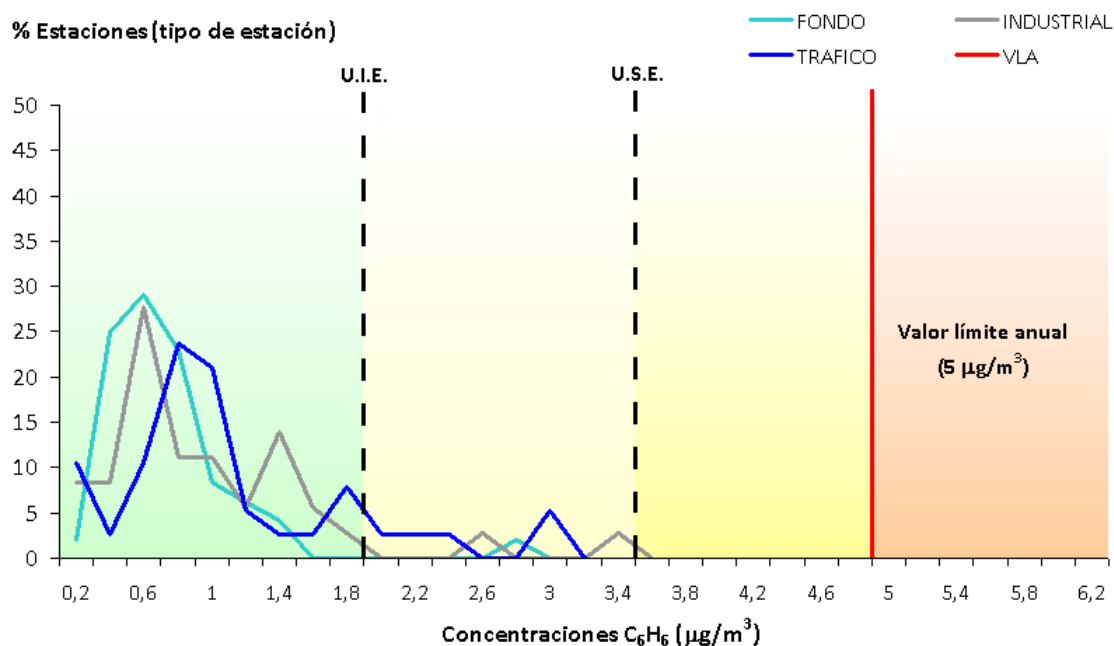


Figura 4.38. Distribución de los niveles de C₆H₆ en relación con los valores legislados (VLA) por tipo de área y tipo de estación (2013).

4.6.3 Evolución 2003-2013 del C₆H₆

En este apartado se muestra la evolución del C₆H₆ a lo largo de los años 2003-2013. La Figura 4.39 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación de este contaminante a lo largo del periodo considerado, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto verde el valor medio de las medias anuales. A su vez, la Figura 4.40 representa también la evolución de las medias anuales de las estaciones, pero desagregada por tipo de estación y de área.

En ellas se aprecia cómo las medias anuales se mantienen por debajo del límite legislado año tras año a lo largo del periodo considerado, y cómo se ha seguido dentro del mismo una tendencia descendente, más o menos estabilizada desde 2010, si bien en 2013 se observa un ligero repunte, respecto a 2012, de los niveles en las estaciones de tipo industrial.

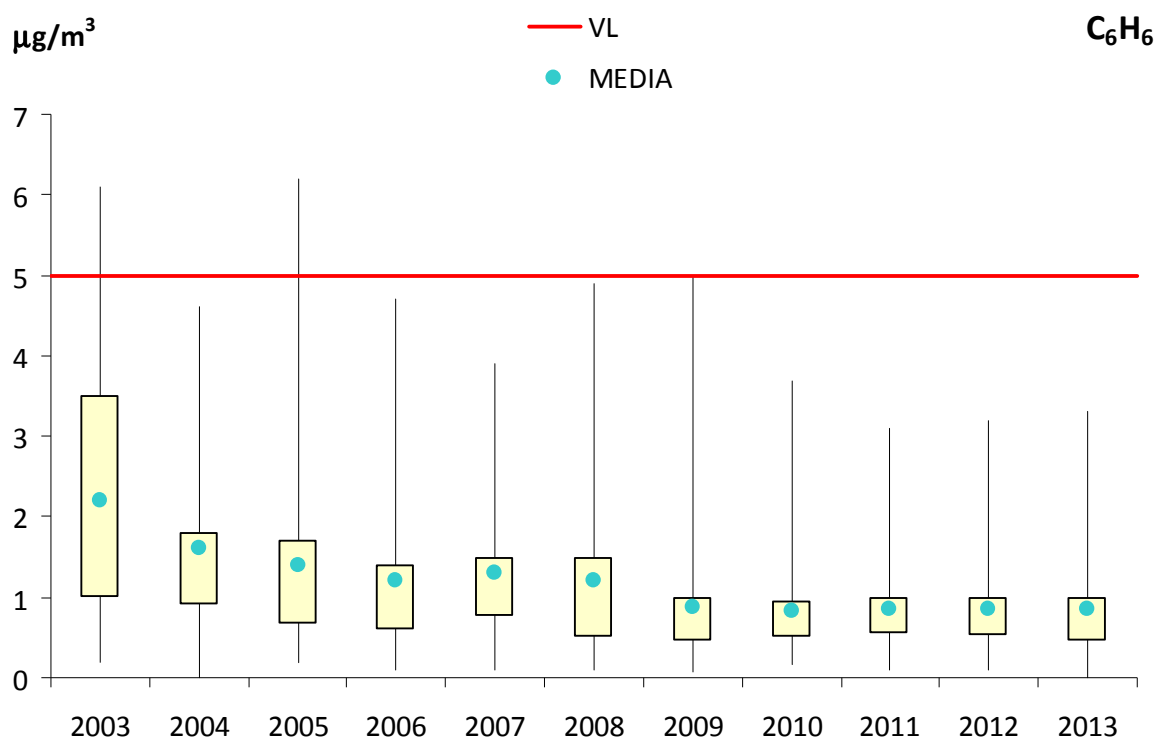


Figura 4.39. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de C₆H₆ 2003-2013.

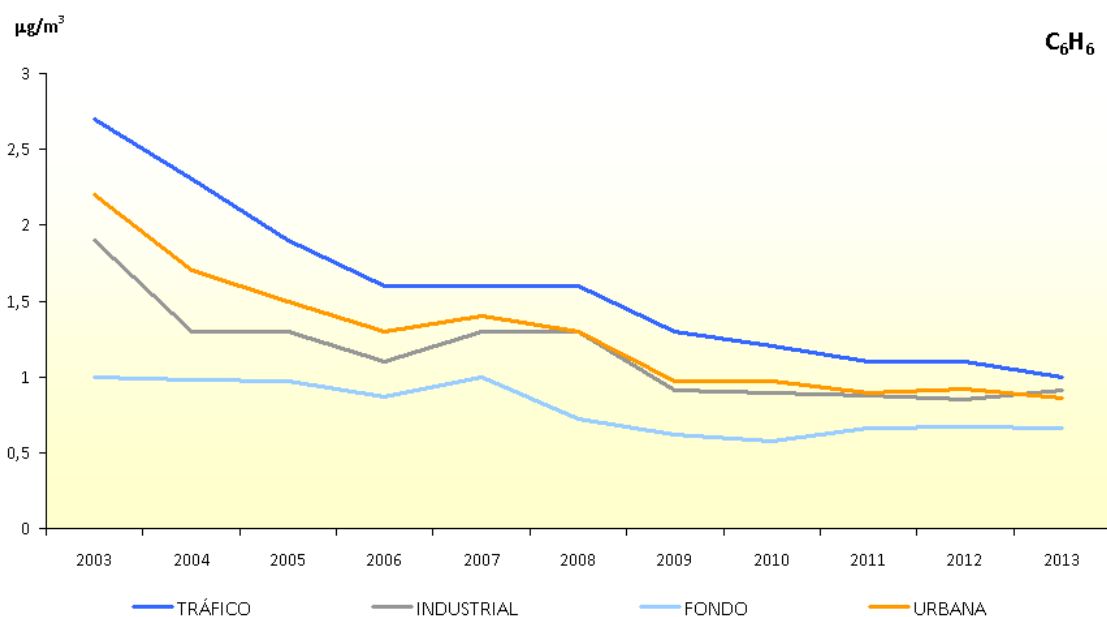


Figura 4.40. Evolución de las medias anuales de C₆H₆ (2003-2013) por tipo de estación y área.

4.7 Benzo(a)pireno (B(a)P)

4.7.1 Valores legislados para el B(a)P

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para el contaminante B(a)P son los recogidos en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10. Valores legislados (B(a)P).

Valores objetivo	Nivel	Periodo
Valor objetivo para la protección de la salud humana y el medio ambiente en su conjunto (<i>fecha de cumplimiento: año 2013</i>)	1 ng/m ³	Año natural

4.7.2 Análisis de los niveles del B(a)P (2013)

4.7.2.1. Resumen de la evaluación del B(a)P 2013

En 2013 se ha producido la primera superación del valor objetivo establecido por la legislación para el benzo(a)pireno (B(a)P) desde que comenzó oficialmente la evaluación de este contaminante, si bien en una única zona y por una única estación.

4.7.2.2. Concentración mensual de los niveles de B(a)P en 2013

Si se considera cuál ha sido la variación mensual de los niveles de B(a)P en las estaciones que han participado en la evaluación en 2013 (Figura 4.41), agrupadas por tipo de área, se observa un perfil fuertemente cóncavo, con máximos muy marcados asociados a los meses invernales (diciembre y enero), lo que se asocia a la quema de biomasa.

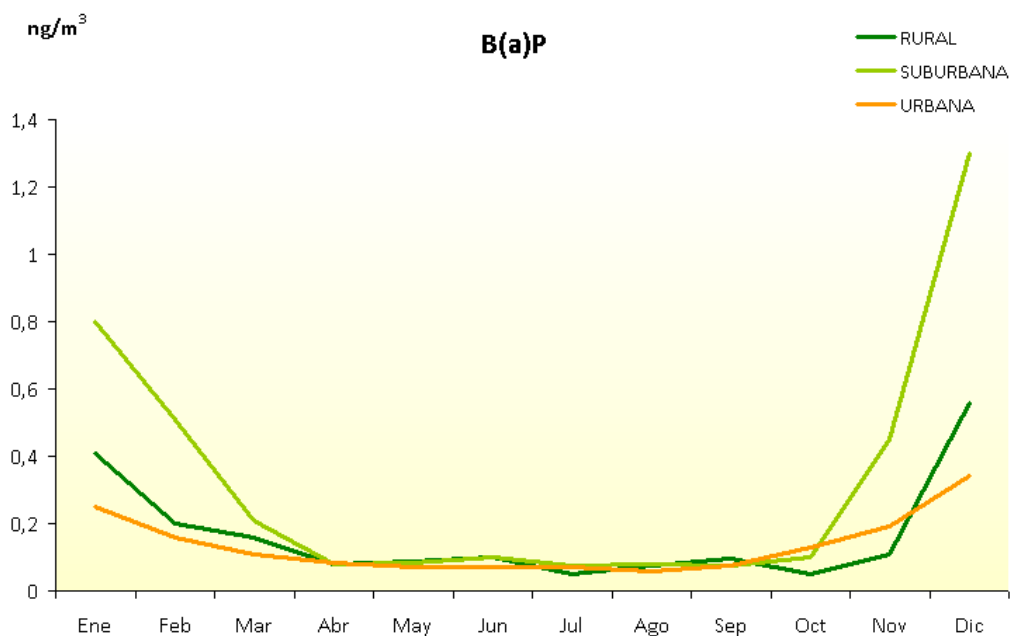


Figura 4.41. Evolución de las medias mensuales de B(a)P en 2013 por tipo de área.

4.7.2.3. Análisis del B(a)P por tipo de área y tipo de estación en 2013

La Figura 4.42 permite analizar el grado de cumplimiento de las estaciones utilizadas para evaluar B(a)P en 2013, a través de la representación de la distribución de las medias anuales de las estaciones que participan, agrupadas por tipo de área y por tipo de estación.

En ella se refleja la superación que ha tenido lugar por primera vez este año, en una única zona de todo el territorio nacional, y por una única estación (suburbana según el tipo de área, de fondo según el tipo de estación).

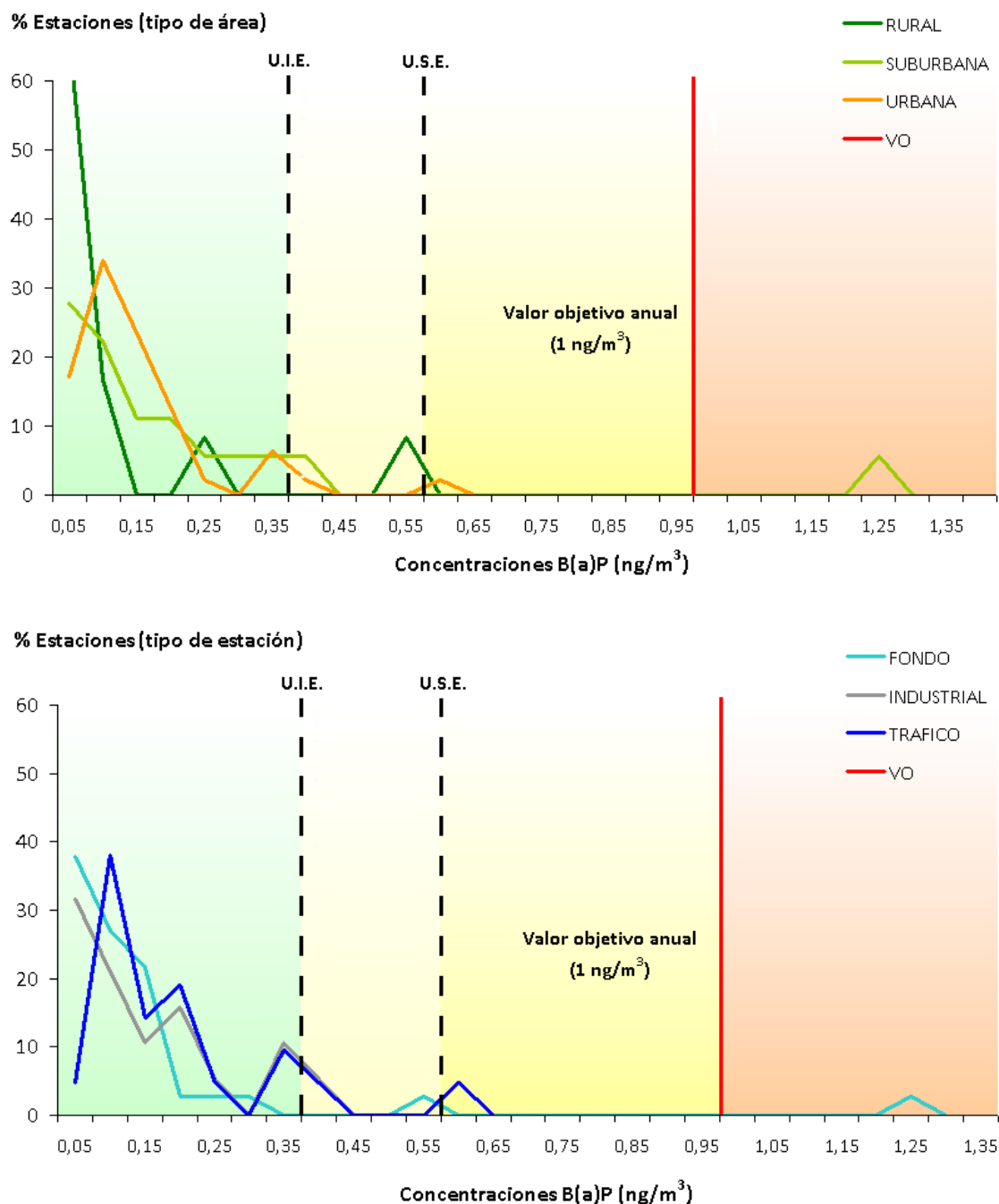


Figura 4.42. Distribución de los niveles de B(a)P en relación con los valores legislados (VOA) por tipo de área y tipo de estación (2013).

4.7.3 Evolución 2008-2013 del B(a)P

En este apartado se muestra la evolución del B(a)P a lo largo de los años 2008-2013. La Figura 4.43 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación de este contaminante a lo largo del periodo considerado, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto verde el valor medio de las medias anuales. A su vez, la Figura 4.44 representa igualmente la evolución de las medias anuales de las estaciones, pero desagregada por tipo de estación y de área.

Ambas figuras confirman una vez más los resultados observados hasta ahora, ya que muestran cómo las medias anuales se encuentran de forma general, para todo tipo de estación, por debajo del valor objetivo para este contaminante, salvo en este año 2013, en el que ha sido superado por una estación.

Por tipologías, en 2013 (respecto a 2012) se apunta una tendencia al alza en los niveles registrados en estaciones de tráfico, y a la baja en los correspondientes a estaciones industriales y rurales. No se aprecian cambios en la situación de las estaciones urbanas.

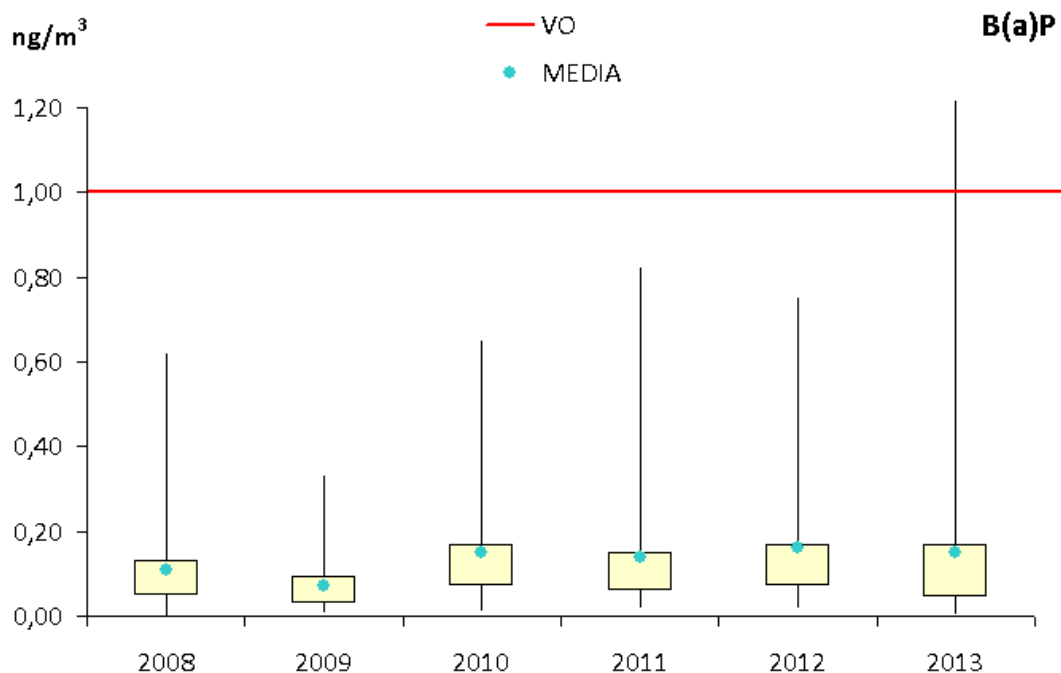


Figura 4.43. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de B(a)P 2008-2013.

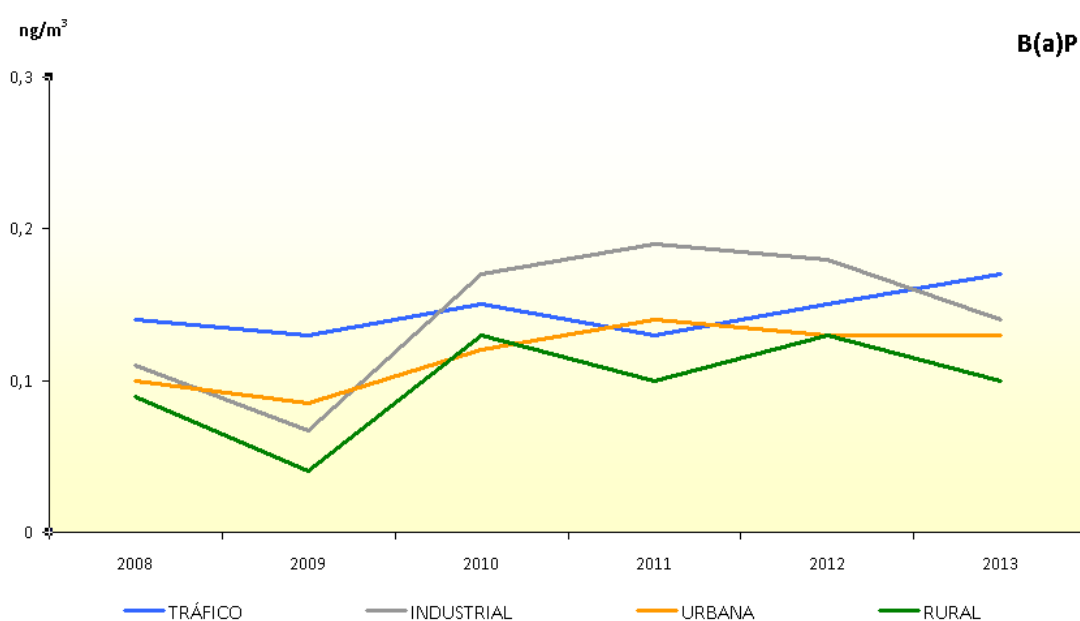


Figura 4.44. Evolución de las medias anuales de B(a)P (2008-2013) por tipo de estación y área.

4.8 Metales: Plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y níquel (Ni)

4.8.1 Valores legislados para los metales

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para el Pb, el As, el Cd y el Ni son los recogidos en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Valores legislados (Metales).

Contaminante	Valor legislado	Valor	Periodo
Plomo (Pb)	Valor límite anual (VLA) de Pb para la protección de la salud humana (<i>fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2005</i>)	0,5 µg/m ³	Año civil
Arsénico (As)	Valor objetivo para la protección de la salud humana y el medio ambiente en su conjunto (<i>fecha de cumplimiento: año 2013</i>)	6 ng/m ³	Año natural
Cadmio (Cd)	Valor objetivo para la protección de la salud humana y el medio ambiente en su conjunto (<i>fecha de cumplimiento: año 2013</i>)	5 ng/m ³	Año natural
Níquel (Ni)	Valor objetivo para la protección de la salud humana y el medio ambiente en su conjunto (<i>fecha de cumplimiento: año 2013</i>)	20 ng/m ³	Año natural

4.8.2 Análisis de los niveles del Pb, As, Cd y Ni (2013)

4.8.2.1. Resumen de la evaluación de Metales 2013

La situación de la calidad el aire en lo que se refiere al plomo (Pb), arsénico (As) , cadmio (Cd) mantiene los niveles bajos registrados en años precedentes desde que comenzó su evaluación oficial, ya que tampoco en 2013 se ha superado el valor límite o valor objetivo establecido, en ninguna de las zonas de evaluación.

En cuanto a la situación de la calidad el aire en lo que se refiere al níquel (Ni) ha mejorado en 2013, ya que deja de producirse la superación registrada el año anterior.

4.8.2.2. Análisis de los Metales por tipo de estación en 2013

Las siguientes figuras (Figura 4.45, Figura 4.46, Figura 4.47 y Figura 4.48) permiten analizar el grado de cumplimiento de las estaciones utilizadas para evaluar Pb, As, Cd y Ni, respectivamente, en 2013, a través de la representación de la distribución de las medias anuales de las estaciones que participan, agrupadas por tipo de estación.

En ellas se refleja que en 2013, los valores registrados en la totalidad de las estaciones que han participado en la evaluación de cada contaminante se encuentran por debajo del valor límite o valor objetivo, incluso por debajo del umbral inferior de evaluación, independientemente de la naturaleza de la estación considerada.

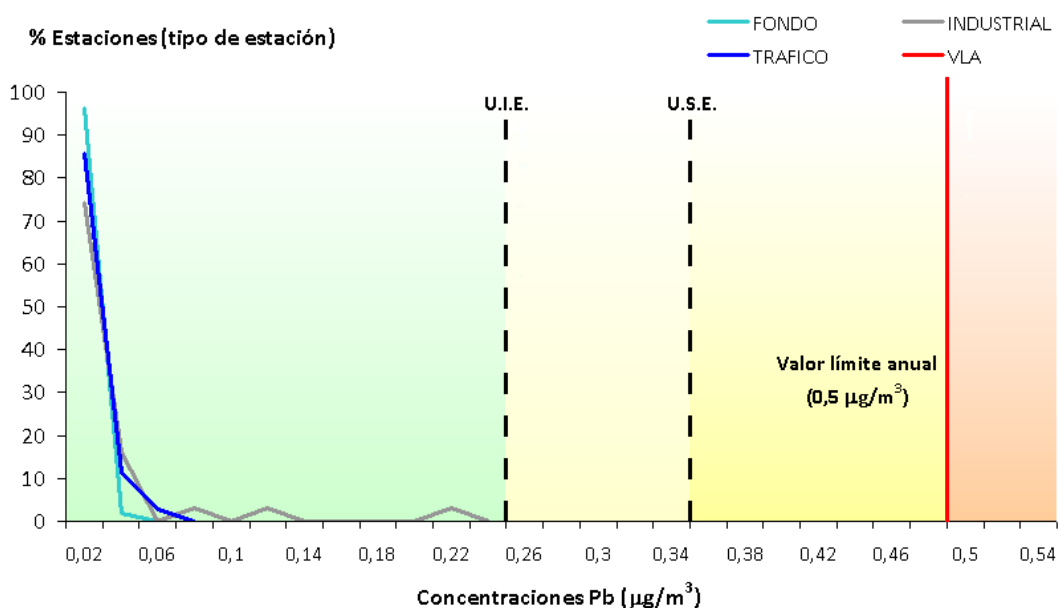


Figura 4.45. Distribución de los niveles de **Pb** en relación con los valores legislados (VLA) por tipo de estación (2013).

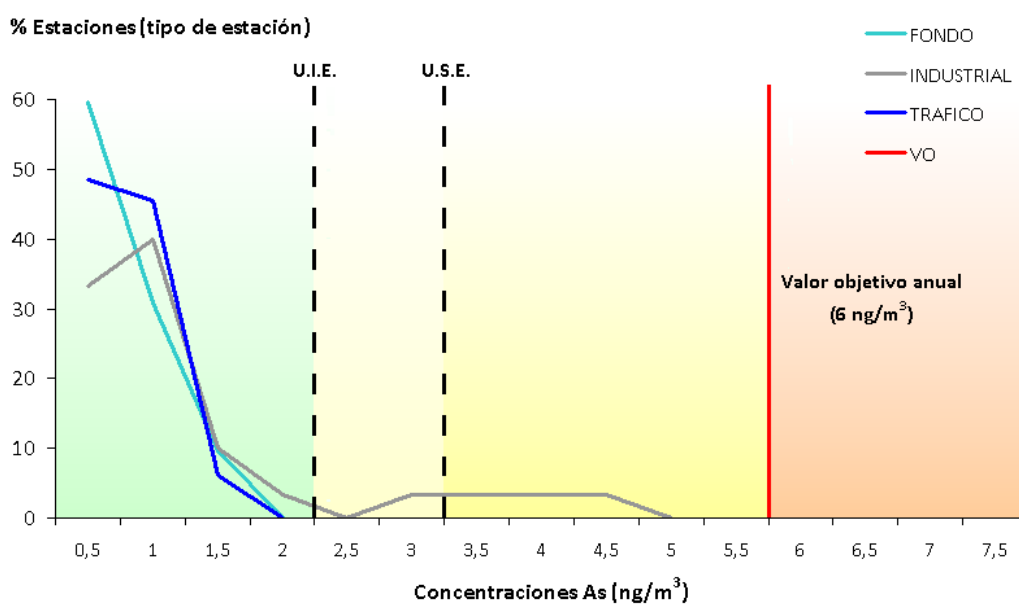


Figura 4.46. Distribución de los niveles de **As** en relación con los valores legislados (VOA) por tipo de estación (2013).

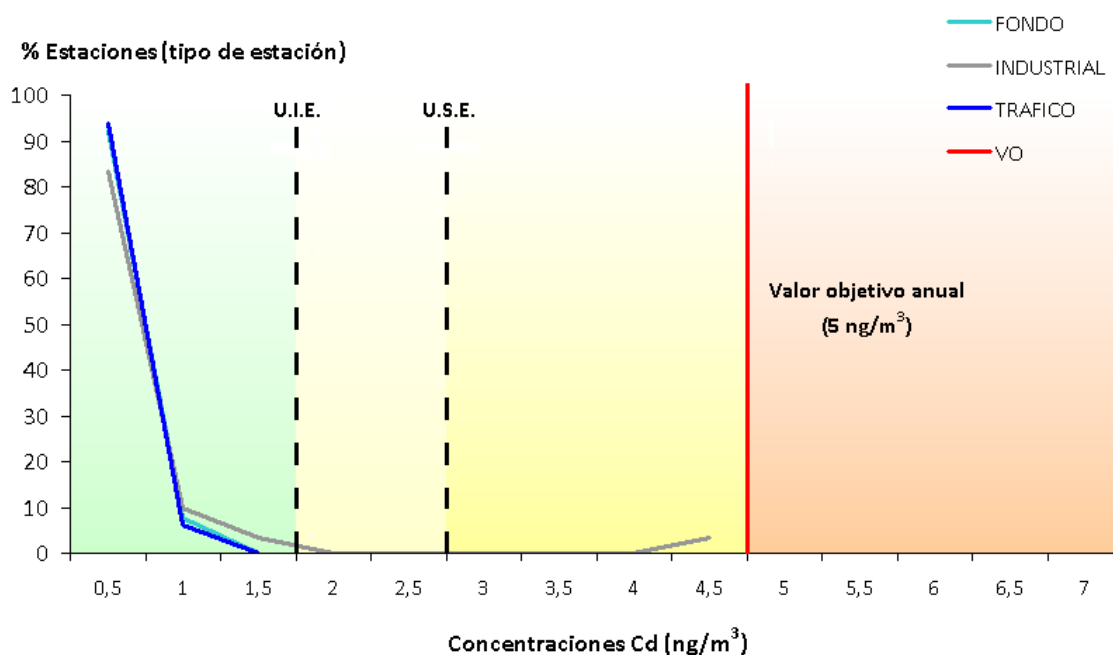


Figura 4.47. Distribución de los niveles de **Cd** en relación con los valores legislados (VOA) por tipo de estación (2013).

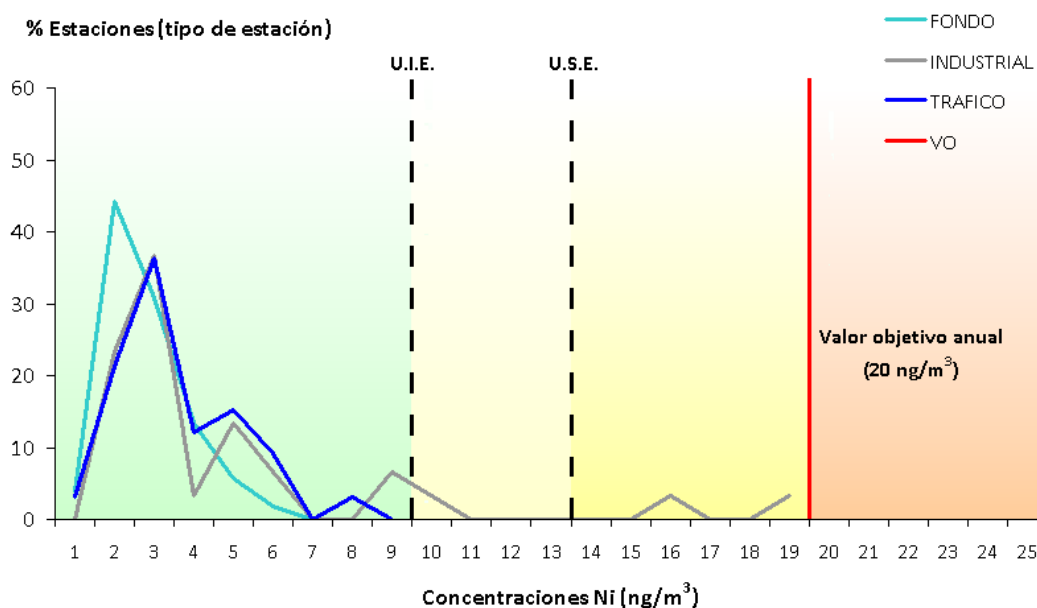


Figura 4.48. Distribución de los niveles de **Ni** en relación con los valores legislados (VOA) por tipo de área y tipo de estación (2013).

4.8.3 Evolución 2001-2013 del Pb

En este apartado se muestra la evolución del Pb, As, Cd y Ni a lo largo de los años 2001-2013. La siguientes figuras (Figura 4.49, Figura 4.51 ,Figura 4.53 y Figura 4.55) muestran la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación de este contaminante a lo largo del periodo considerado, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto verde el valor medio de las medias anuales. A su vez, la Figura 4.50, Figura 4.52, Figura 4.54 y Figura 4.56 representa la evolución de las medias anuales de las estaciones, pero agrupadas por tipo de estación y de área.

4.8.3.1 Plomo (Pb)

En ambas figuras queda patente el descenso producido por la desaparición del Pb en los carburantes. En 2013 se observa cómo se incrementan los máximos registrados respecto al año anterior, aunque aún encuentran muy alejados del valor límite. El mayor aumento de las medias se asocia a las estaciones de tipo industrial, y tan sólo disminuyen en el caso de las rurales.

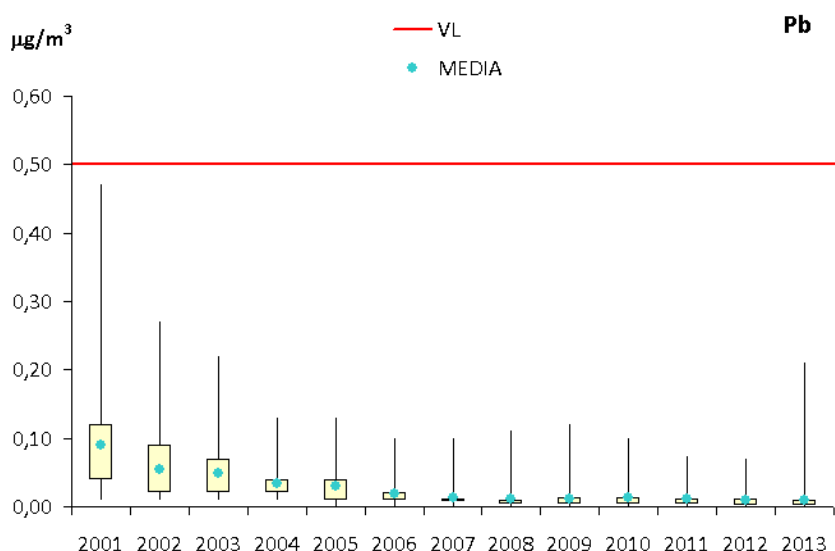


Figura 4.49. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Pb 2001-2013.

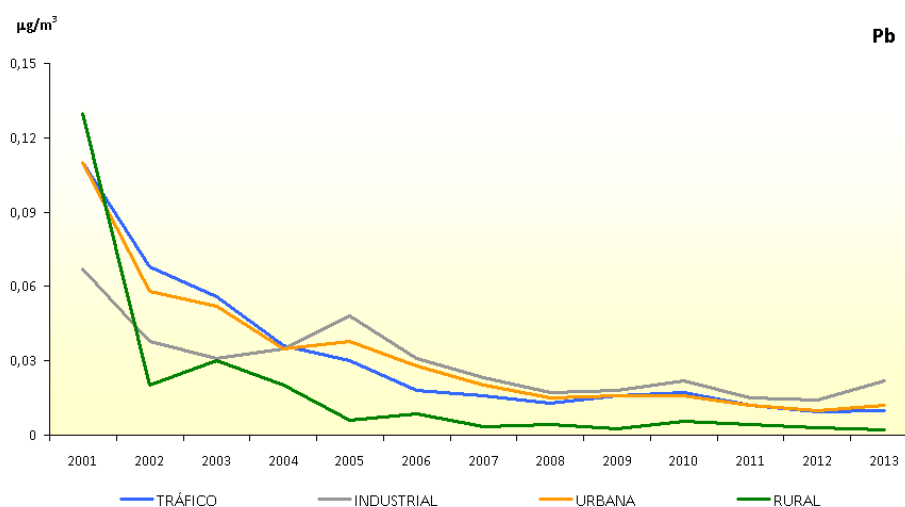


Figura 4.50. Evolución de las medias anuales de Pb (2001-2013) por tipo de estación y área.

4.8.3.2 Arsénico (As)

En ambas figuras se confirman cómo las medias anuales se encuentran también en 2013 por debajo del valor objetivo correspondiente. El descenso en el máximo correspondiente a 2013 es aún más acusado que en 2012.

En lo que respecta a las medias anuales por tipo de estación y de área, tan sólo se incrementaron ligeramente en 2013 respecto a 2012 las correspondientes a las estaciones industriales, pero lejos aún del valor objetivo anual.

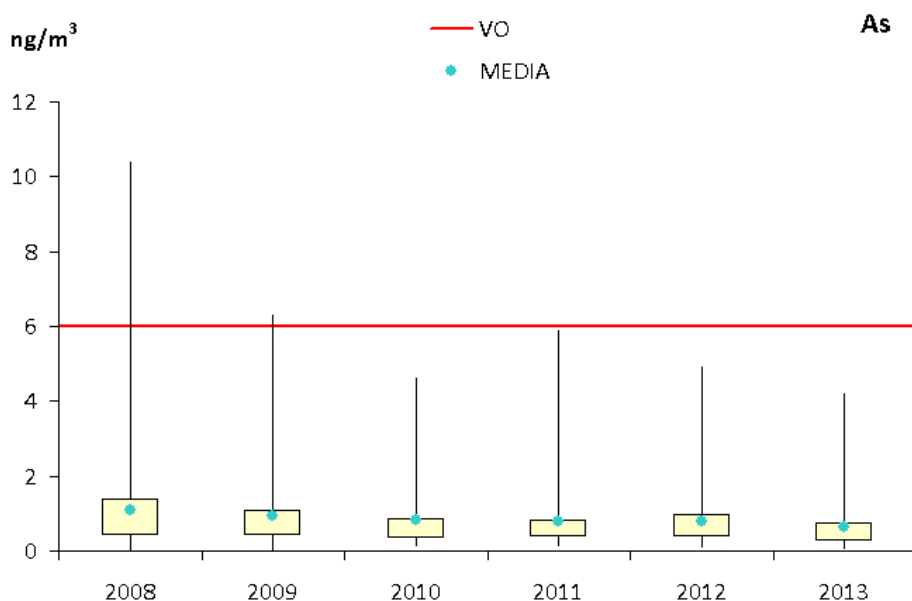


Figura 4.51. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de As 2008-2013.

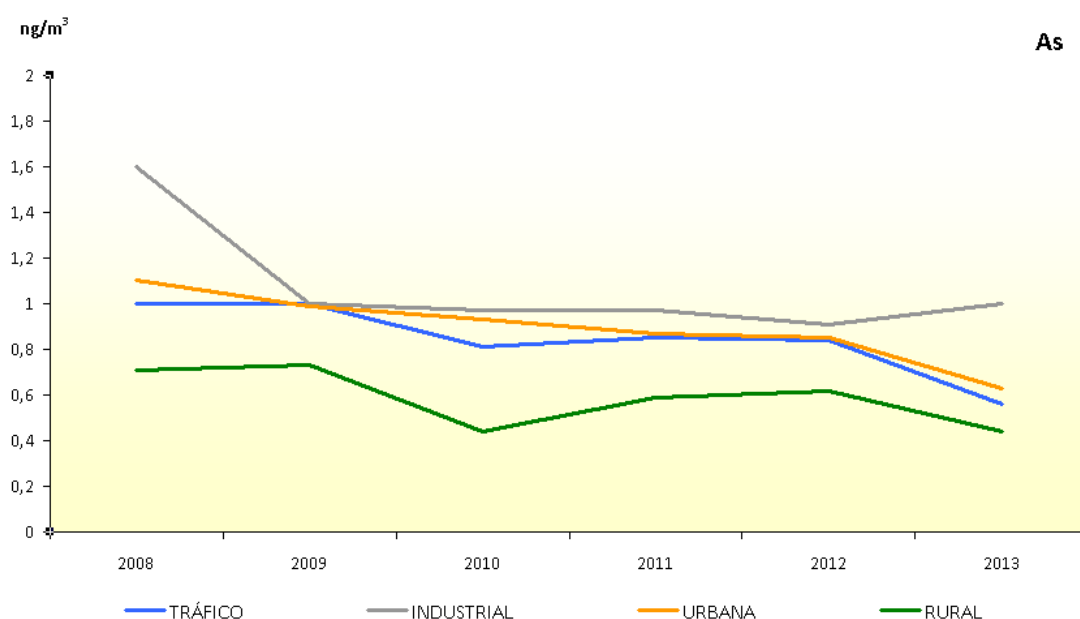


Figura 4.52. Evolución de las medias anuales de As (2008-2013) por tipo de estación y área.

4.8.3.3 Cadmio (Cd)

En ambas figuras se aprecia cómo las medias anuales se han encontrado siempre por debajo del valor objetivo establecido para este contaminante, salvo en 2010.

Los máximos han experimentado en 2013 un ligero incremento respecto a los del año anterior, pero las medias anuales se mantienen alejadas del valor objetivo anual. Una vez más, son las estaciones industriales las que registran los valores más altos y las únicas que muestran un incremento desde 2012 (aunque muy alejadas aún del valor objetivo).



Figura 4.53. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Cd 2008-2013.

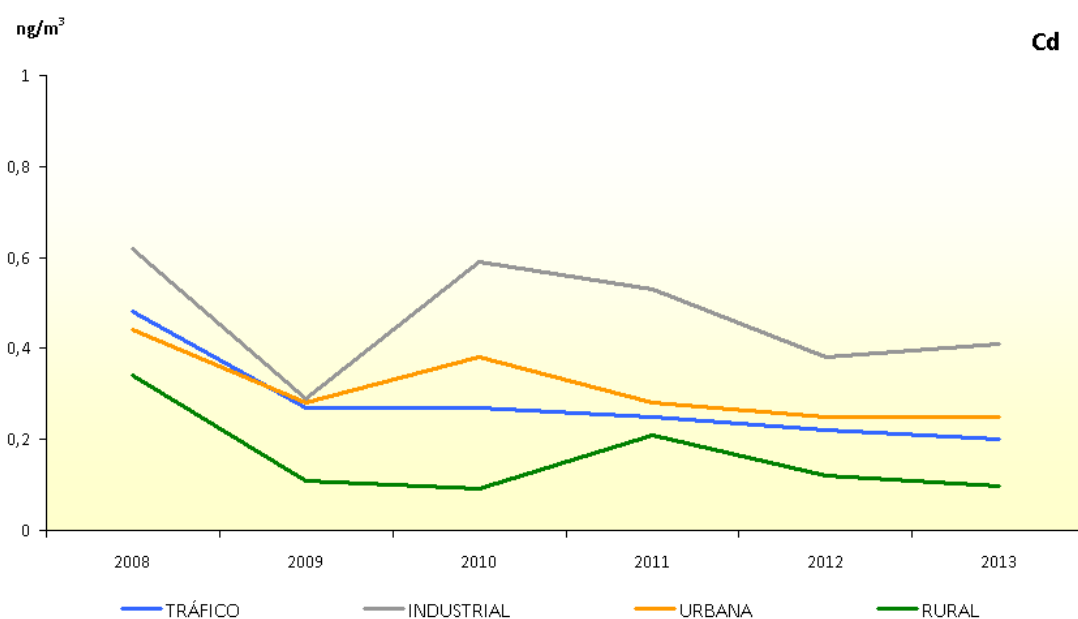


Figura 4.54. Evolución de las medias anuales de Cd (2008-2013) por tipo de estación y área.

4.8.3.4 Níquel (Ni)

En estas figuras se muestra como en 2013 se corrige la situación de superación registrada en 2012, superación que también se había producido en los años 2009 y 2010. Las medias se mantienen alejadas del valor objetivo anual, independientemente del tipo de estación / área considerada, incluso las más altas, que corresponden una vez más a las de tipo industrial (de nuevo, las únicas que sufren un ligero incremento respecto a 2012).

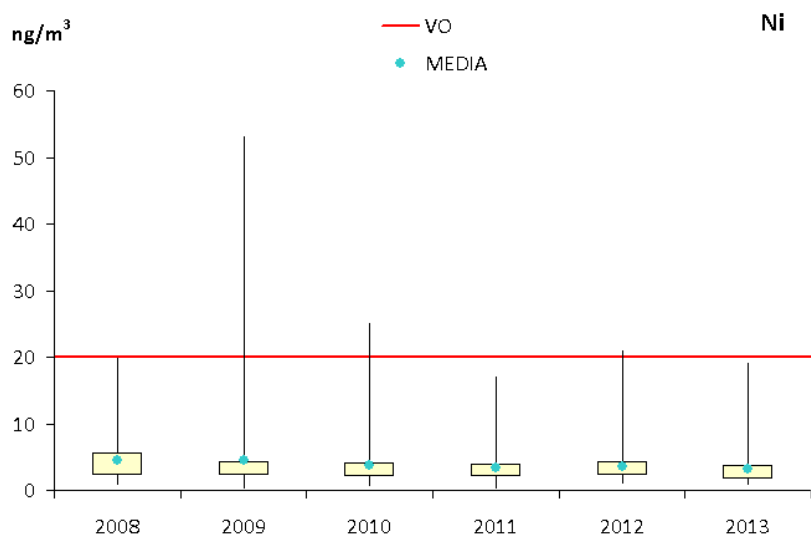


Figura 4.55. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Ni 2008-2013.

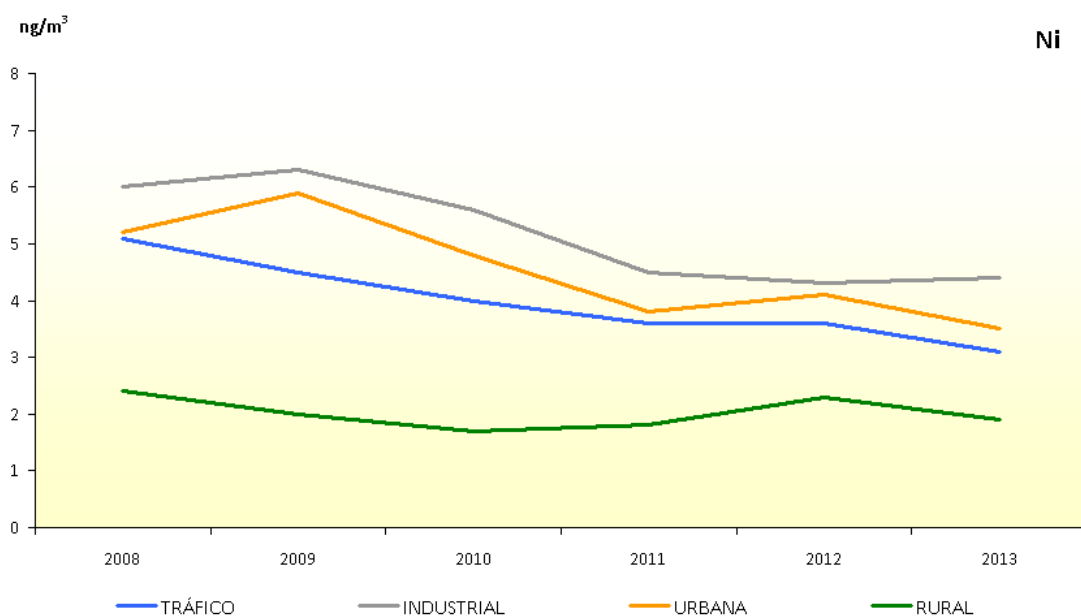


Figura 4.56. Evolución de las medias anuales de Ni (2008-2013) por tipo de estación y área.



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 2013).....	6-7
6.4.1	Contaminantes gaseosos (datos automáticos)	6-7
6.4.2	Aerosoles y gases + aerosoles	6-10
6.4.3	Especiación de partículas (PM10 y PM2,5)	6-12
6.4.4	Carbono en partículas	6-14
6.4.5	Análisis de la precipitación	6-15
6.4.6	Metales.....	6-18
6.4.7	Mercurio gaseoso	6-21
6.4.8	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	6-22
6.4.9	Amoníaco.....	6-24
6.4.10	Compuestos foto-oxidantes (orgánicos y carbonílicos)	6-25

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

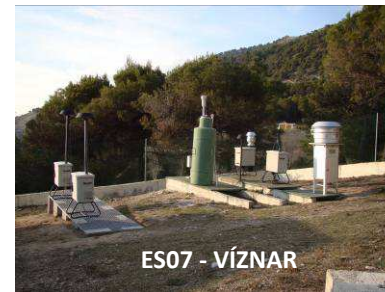
La red EMEP/VAG/CAMP española cuenta actualmente con 13 estaciones (Tabla 6.1 y Figura 6.1).

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 (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) y ozono (O₃). También se realizan mediciones de PM₁₀ 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**: PM₁₀, PM_{2,5}, SO₄²⁻ en PM₁₀ y NO₃⁻ en PM₁₀, todos los días
 - **Gases + aerosoles**: HNO₃+NO₃⁻ y NH₃+NH₄⁺, todos los días
 - **Especiación de partículas**: determinación de SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺, NH₄⁺ en PM₁₀ y PM_{2,5}: en la 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 PM_{2,5} en las estaciones de Campisábalos y San Pablo de los Montes.
 - **Agua de lluvia**: pH, SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, H⁺, 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 PM₁₀, un día a la semana en las estaciones de Niembro y Campisábalos. También se han realizado medidas indicativas (campaña de 56 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 campañas¹ para el cumplimiento del RD 102/2011 en varias estaciones.

¹ Las mediciones indicativas (de 56 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 PM₁₀ -datos diarios-; y en depósito total -datos mensuales-), mercurio gaseoso total (datos horarios; sólo en Niembro), e Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP; en PM₁₀ -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 (NH₃):** en Niembro, Campisábalos, 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.

En la Tabla 6.2 se puede ver detallado todo el programa de mediciones, la periodicidad de la medida y en qué estaciones se realiza cada una, así como las técnicas de análisis utilizadas.

Tabla 6.2. Datos de niveles de contaminantes gaseosos en el año 2013.

DATOS MEDIDOS RED EMEP/VAG/CAMP		TÉCNICA ANALÍTICA	ESTACIONES QUE MIDEN
EQUIPOS AUTOMÁTICOS (DATOS HORARIOS)			
SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x O ₃ METEOROLOGÍA		Fluorescencia UV Quimiluminiscencia Absorción UV Meteorología	TODAS
PM10 – TEOM		Microbalanza oscilante	Campisábalos Zarra Peñausende O Saviñao
MERCURIO GASEOSO TOTAL			Niembro
EQUIPOS MANUALES (DATOS DIARIOS, SEMANALES O MENSUALES)			
AEROSOLES (DIARIO)	PM10 PM2,5 SO ₄ , NO ₃ en PM10,	Gravimetría Gravimetría Cromatografía iónica	TODAS TODAS (exc. Noia y Doñana) TODAS
GASES + AEROSOLES (DIARIO)	HNO ₃ +NO ₃ NH ₃ +NH ₄	Cromatografía iónica Espectrofotometría visible - Indofenol	TODAS
ESPECIACIÓN DE PARTÍCULAS (DIARIO)	Cl, Na, Mg, Ca, K, NH ₄ en PM10	Cromatografía iónica (SO ₄ , NO ₃ , Cl, en PM10 y PM2,5) Espectrofotometría visible – Indofenol (NH ₄ , en PM10 y PM2,5)	San Pablo de los Montes viznar Niembro Campisábalos Els Torms
	SO ₄ , NO ₃ , Cl, Na, Mg, Ca, K, NH ₄ en PM2,5	Espectroscopia de absorción atómica (Na, Ca, Mg, K, en PM10 y PM2,5)	
CARBONO EN PARTÍCULAS (DIARIO)	CE/CO en PM2,5	Térmico óptico	San Pablo de los Montes Campisábalos
AGUA DE LLUVIA (DIARIO)	pH, SO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , Na, Mg, Ca, Cl, K y conductividad	Cromatografía iónica (SO ₄ , NO ₃ , Cl) Espectrofotometría visible – Indofenol (NH ₄) Espectroscopia de absorción atómica (Na, Ca, Mg, K) pHímetro (pH) y Conductivimetría (Conductividad)	TODAS (exc. Cabo de Creus)
METALES (Pb, As, Cd, Ni, Cu, Cr, Zn, Hg)	PM10 (DIARIO) (*: campañas)	ICP Masas	Niembro (todo el año) Campisábalos (todo el año) San Pablo de los Montes (*) Mahón (*) Viznar (*) Els Torms (*)
	PRECIPITACIÓN (SEMANTAL)	ICP Masas	Niembro Campisábalos
	DEPÓSITO TOTAL (MENSUAL) (todas son campañas)	ICP Masas	San Pablo de los Montes Mahón Viznar Niembro Els Torms
HAP	PM10 (DIARIO) (*: campañas)	Cromatografía de gases	Niembro (todo el año) San Pablo de los Montes (*) Mahón (*) Viznar (*) Els Torms (*)
	DEPÓSITO TOTAL (MENSUAL) (todas son campañas)	Cromatografía de gases	San Pablo de los Montes Mahón Viznar Niembro Els Torms
COV y CC (DIARIO)	Etano, eteno... benceno... Formaldehído, acetona...	Cromatografía de gases HPLC con detector UV Vis	San Pablo de los Montes
AMONÍACO (SEMANTAL)	NH ₃	Muestreo pasivo – Radiello Espectrofotometría visible – Indofenol	San Pablo de los Montes Viznar Niembro Campisábalos Barcarrota Els Torms

6.4 Datos por contaminantes (valores registrados en 2013)

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 SO₂, NO₂, NOx y O₃.

Tabla 6.3. Datos de niveles de contaminantes gaseosos en el año 2013.

Nombre estación	Código de la estación	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x ² (µg/m ³)	O ₃			AOT 40 (µg/m ³ h) promedio de 5 años ³
		Media anual	Media anual	Media anual	Nº superaciones			
					> 120 (µg/m ³) promedio de 3 años	>180 (µg/m ³)	>240 (µg/m ³)	
San Pablo de los Montes	ES01/45153999	0,73	2,6	2,8	27	0	0	19425
Noia	ES05/15057999	1,4	2,4	2,6	32	2	0	8774
Mahón	ES06/07032999	0,36	3,9	4,2	20	0	0	17128
Víznar	ES07/18189999	0,68	4,4	5,2	38	0	0	25109
Niembro	ES08/33036999	1,2	3,8	4,3	7	0	0	5045
Campisábalos	ES09/19061999	0,54	2,3	2,4	28	0	0	19307
Cabo de Creus	ES10/17032999	0,31	4,9	5,2	26	0	0	17094
Barcarrota	ES11/06016999	0,47	2,8	3	12	0	0	11446
Zarra	ES12/46263999	0,56	1,9	2,1	32	0	0	25449
Peñausende	ES13/49149999	0,42	2,3	2,5	26	0	0	16426
Els Torms	ES14/25224999	0,87	3,8	4	22	0	0	24038
O Saviñao	ES16/27058999	0,35	2,4	2,9	4	0	0	4039
Doñana	ES17/21005999	0,78	2,9	3,3	35	0	0	18042

Se puede observar en la Tabla 6.3 que los valores registrados para SO₂, NO₂ y NOx 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.

² Los datos de NOx se dan expresados en NO₂.

³ AOT40. Suma de la diferencia entre las concentraciones horarias superiores a los 80 µg/m³ (=40 partes por mil millones) y 80 µg/m³ 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))

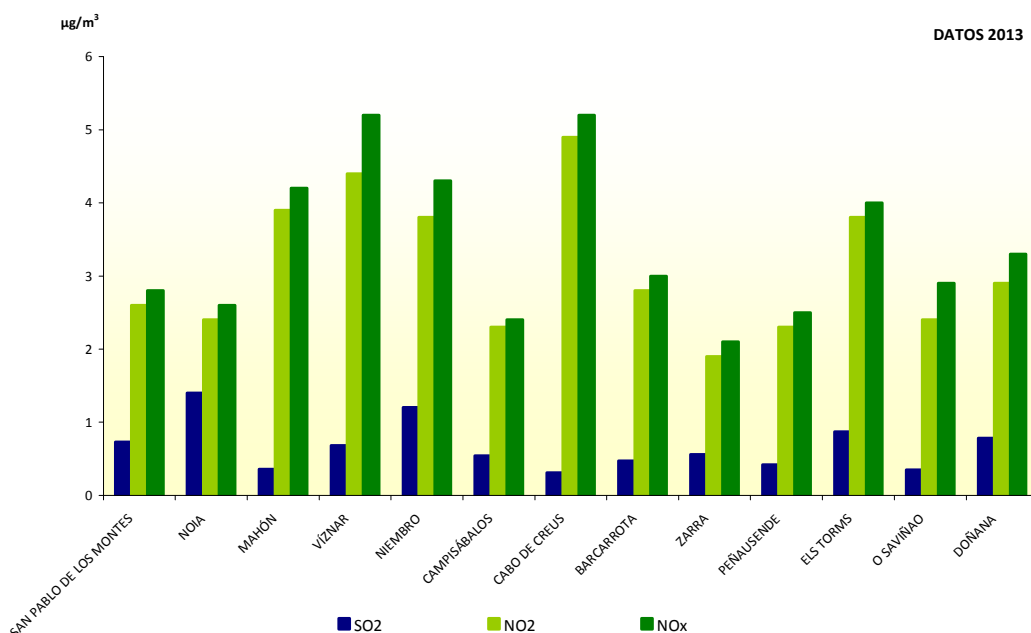


Figura 6.2. Datos de SO₂, NO₂ y NO_x en el año 2013.

En la Figura 6.2 se puede observar cómo para el SO₂, los mayores niveles se dan en la estación de Noia. En relación con el NO₂ y NO_x, es en la estación de Víznar donde se registran los valores más altos.

Con respecto al O₃, 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 6.3), se puede ver que para el año 2013, en más de la mitad de las estaciones se supera en más de 25 ocasiones el máximo diario de las medias móviles octohorarias de 120 µg/m³. Respecto a los valores objetivo horarios, en el año 2013 sólo se dieron superaciones del umbral de información en la estación de Noia y en ninguna estación se dan superaciones del umbral de alerta.

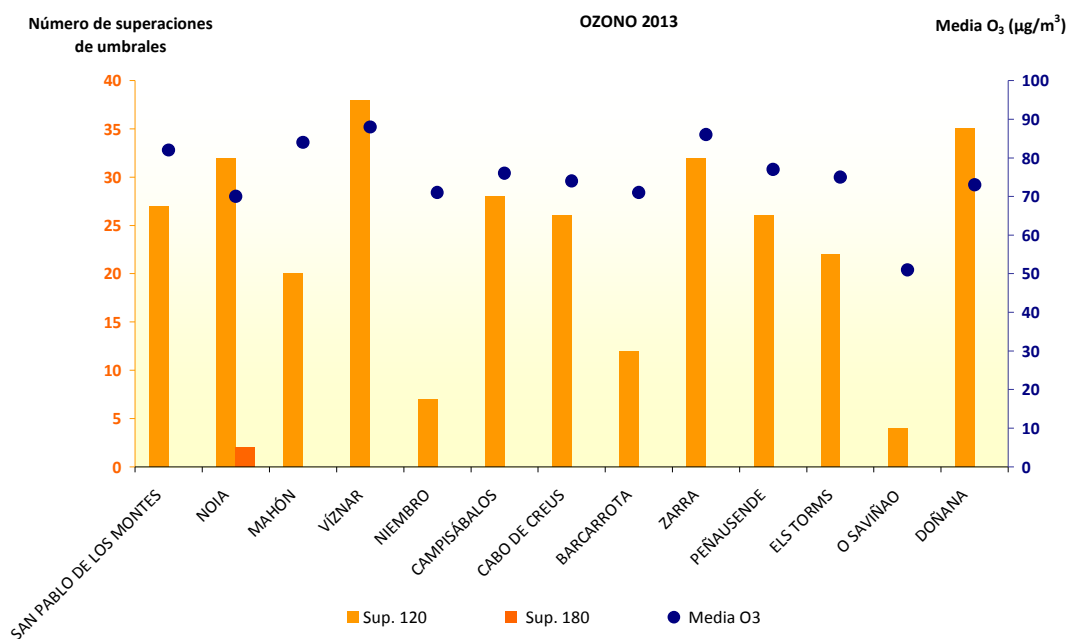


Figura 6.3. Media anual de O₃, número de superaciones del máximo diario móvil octohorario de 120 µg/m³ y del umbral de información de 180 µg/m³.

Si, en cambio, tenemos en cuenta la protección de la vegetación dado que el ozono es un contaminante que afecta en zonas rurales, en los siguientes gráficos se representa el AOT40 en el año 2013 y una evolución en los últimos años.

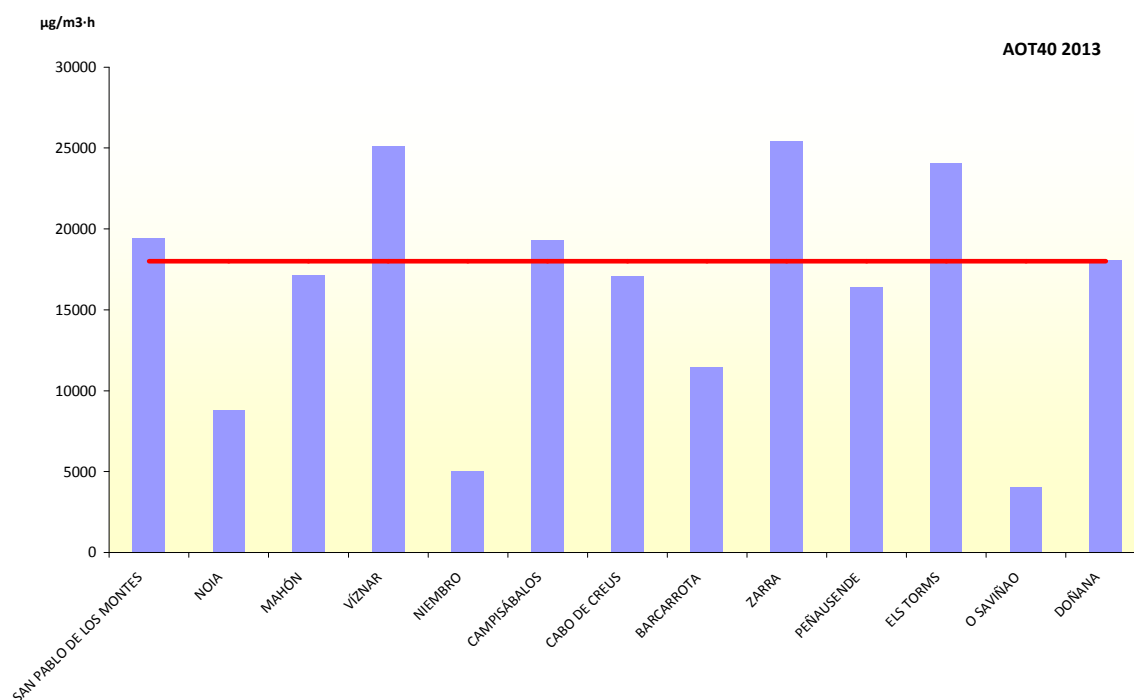


Figura 6.4. AOT40 (media de 5 años) en todas las estaciones de la red en el año 2013.

En la figura 6.4 se representa por estación el valor del AOT40 (media de 5 años) del año 2013 en todas las estaciones y se puede observar que en la mitad de las estaciones de la red se supera el valor objetivo para la protección de la vegetación, que son 18.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$.

En la figura 6.5 podemos ver cómo ha cambiado el valor de AOT40 anual en las estaciones, desde el año 2010 al 2013 y cómo en varias estaciones, el año 2013 ha registrado valores mucho mayores a los habituales en ese punto.

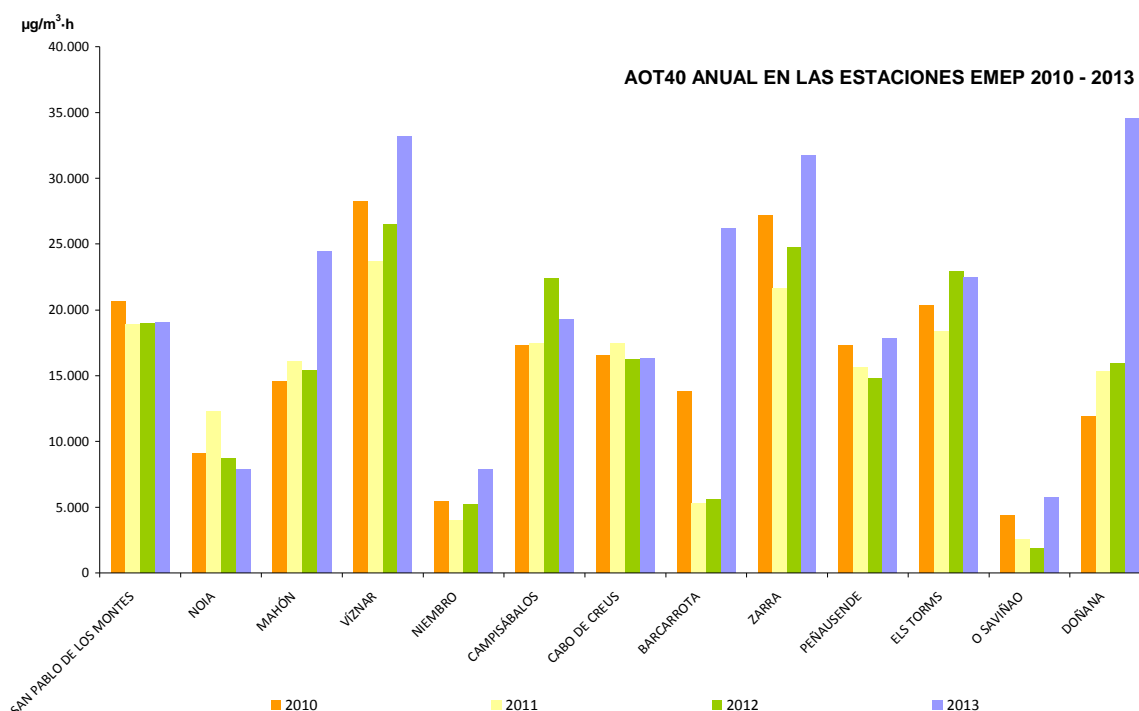


Figura 6.5. AOT40 anual en todas las estaciones de la red (2010 – 2013).

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.

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 6.4 se muestran los valores medios anuales del año 2013 para datos de aerosoles y gases + aerosoles en PM10.

Tabla 6.4. Datos de aerosoles y gases + aerosoles en 2013 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Nombre estación	Código de la estación	Aerosoles				Gases + Aerosoles	
		PM10	PM2,5	SO ₄ - S	NO ₃ - N	HNO ₃ + NO ₃ - N	NH ₃ + NH ₄ - N
San Pablo de los Montes	ES01/45153999	10	5,3	0,34	0,13	0,36	1,8
Noia	ES05/15057999	6,8	-	0,39	0,14	0,34	1,1
Mahón	ES06/07032999	17	5,8	0,81	0,35	0,57	1,3
Víznar	ES07/18189999	14	9,4	0,48	0,18	0,38	1,3
Niembro	ES08/33036999	15	6,6	0,68	0,25	0,55	1,6
Campisábalos	ES09/19061999	6,2	4,8	0,28	0,068	0,28	0,85
Cabo de Creus	ES10/17032999	17	7,4	0,59	0,39	0,6	1,3
Barcarrota	ES11/06016999	13	7	0,43	0,19	0,29	0,67
Zarra	ES12/46263999	9,4	4,8	0,44	0,26	0,33	1,1
Peñausende	ES13/49149999	8,1	4,5	0,32	0,16	0,3	0,79
Els Torms	ES14/25224999	11	6,2	0,48	0,21	0,46	2,6
O Saviñao	ES16/27058999	9,6	6,8	0,43	0,16	0,36	1,4
Doñana	ES17/21005999	15	-	0,74	0,32	0,54	1,5

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.

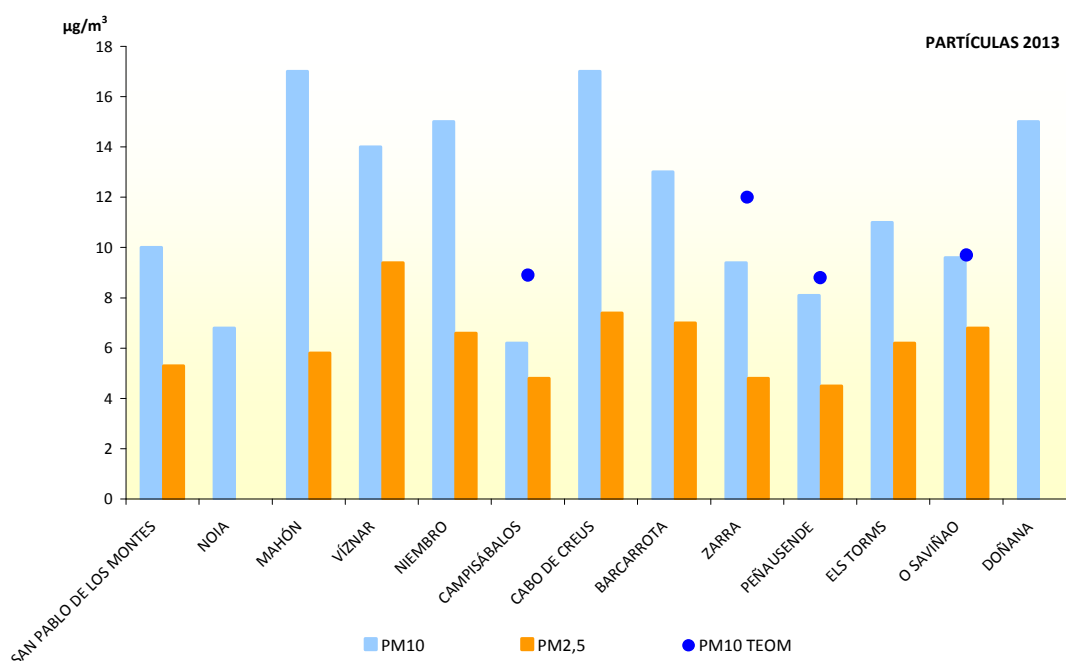


Figura 6.6. Datos medios anuales de partículas en 2013.

En la Figura 6.7 se presentan los datos sobre niveles de SO₄²⁻ y NO₃⁻ y de la suma de HNO₃+NO₃⁻ y de NH₄⁺+NH₃ en el año 2013. Estos parámetros se miden en la fracción de PM10, en todas las estaciones.

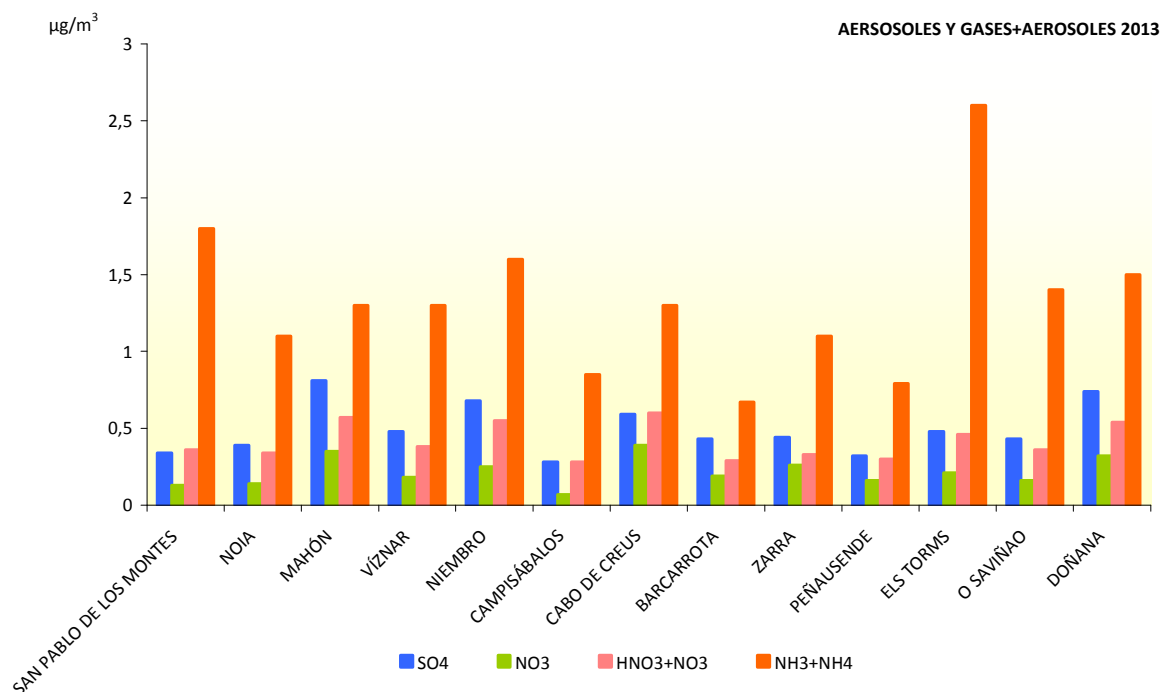


Figura 6.7. Datos medios anuales de aerosoles y gases + aerosoles en 2013.

En el apartado 6.4.3, de Especiación de PM10, se pueden observar de nuevo los datos de SO_4^{2-} y 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 SO_4^{2-} y NO_3^- en PM10. Además, hay cinco estaciones en las que se miden otros compuestos, aniones y cationes.

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 2012.

Tabla 6.5. Datos de especiación de PM10 en 2013.

Periodo anual	Especiación de PM10 (en µg/m³)							
	SO ₄ -S	NO ₃ -N	Cl	Na	Mg	Ca	K	NH ₄ -N
San Pablo de los Montes	0,34	0,13	0,18	0,29	0,036	0,21	0,089	0,43
Víznar	0,48	0,18	0,12	0,33	0,064	0,45	0,18	0,69
Niembro	0,68	0,25	1,4	1,7	0,2	0,23	0,096	0,53
Campisábalos	0,28	0,068	0,11	0,17	0,023	0,24	0,042	0,35
Els Torms	0,48	0,21	0,14	0,42	0,053	0,37	0,11	0,65

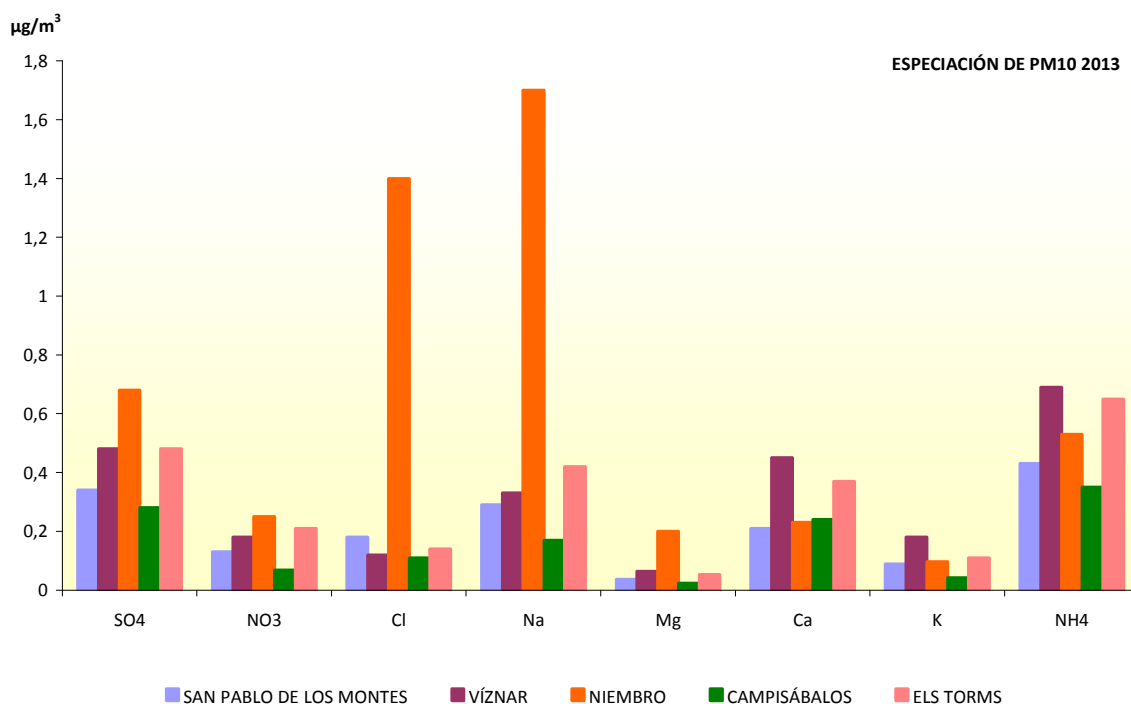


Figura 6.8. : Datos medios anuales de especiación de PM10 en 2013.

En la Figura 6.8, 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 SO_4^{2-} y NH_4^+ en Niembro y Els Torms, que podrían deberse a contaminación regional. Por otra parte, los mayores niveles de 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 (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^+ , K^+ , NH_4^+ en las partículas PM2,5), se realiza el análisis en cinco de las estaciones de la red (Figura 6.9 y Tabla 6.6). 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 2012.

En Campisábalos y San Pablo, además, se realiza el análisis del contenido en carbono orgánico y carbono elemental en PM2,5 (resultados en el apartado 6.4.4).

Tabla 6.6. Datos de especiación de PM2,5 en 2013.

Periodo anual	Especiación de PM2,5 (en µg/m³)							
	SO ₄ -S	NO ₃ -N	Cl	Na	Mg	Ca	K	NH ₄ -N
San Pablo de los Montes	0,22	0,064	0,048	0,058	0,011	0,035	0,05	0,27
Víznar	0,43	0,13	0,083	0,23	0,042	0,23	0,18	0,36
Niembro	0,34	0,073	0,14	0,21	0,022	0,05	0,033	0,24
Campisábalos	0,21	0,043	0,05	0,06	0,011	0,096	0,031	0,21
Els Torms	0,35	0,13	0,052	0,11	0,014	0,1	0,054	0,52

En la Figura 6.9 se muestran los valores de los distintos parámetros en la fracción de PM_{2,5}. 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_{2,5} 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_{2,5}).

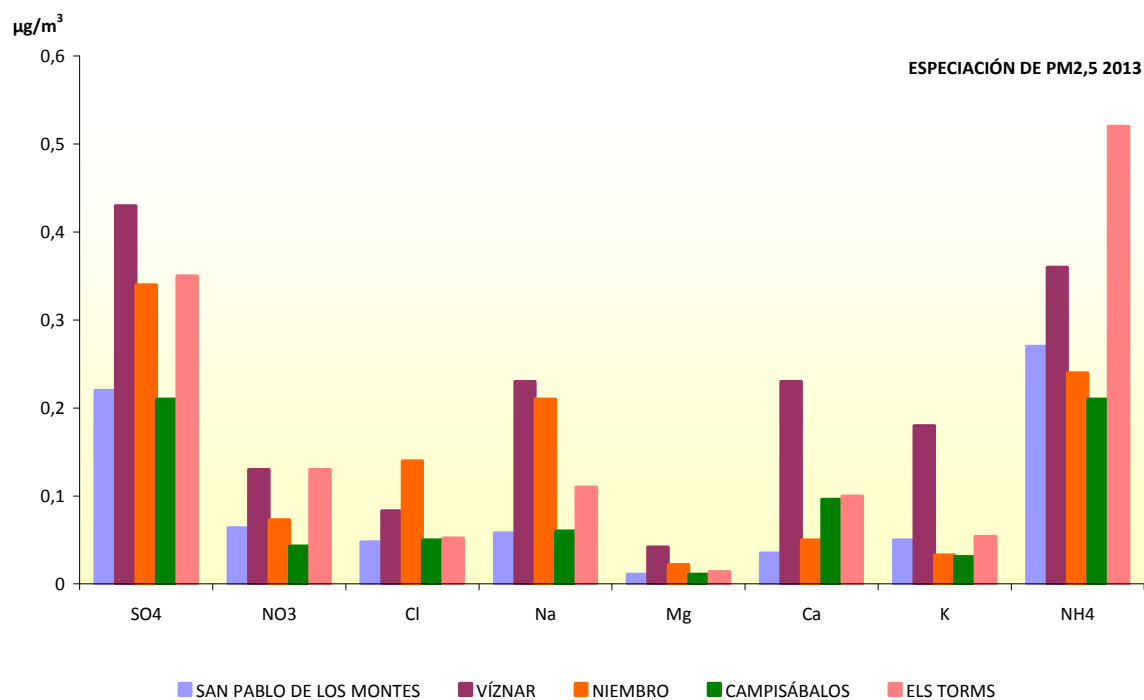


Figura 6.9. Datos medios anuales de especiación de PM_{2,5} en 2013.

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 la fracción de partículas de PM_{2,5} en las estaciones de Campisábalos y San Pablo de los Montes.

Tabla 6.7. Datos de carbono elemental y orgánico en PM₁₀ y PM_{2,5} en 2013 (en µg/m³).

Periodo Anual	PM _{2,5}	
	Carbono elemental	Carbono Orgánico
San Pablo de los Montes	0,092	1,8
Campisábalos	0,057	1,8

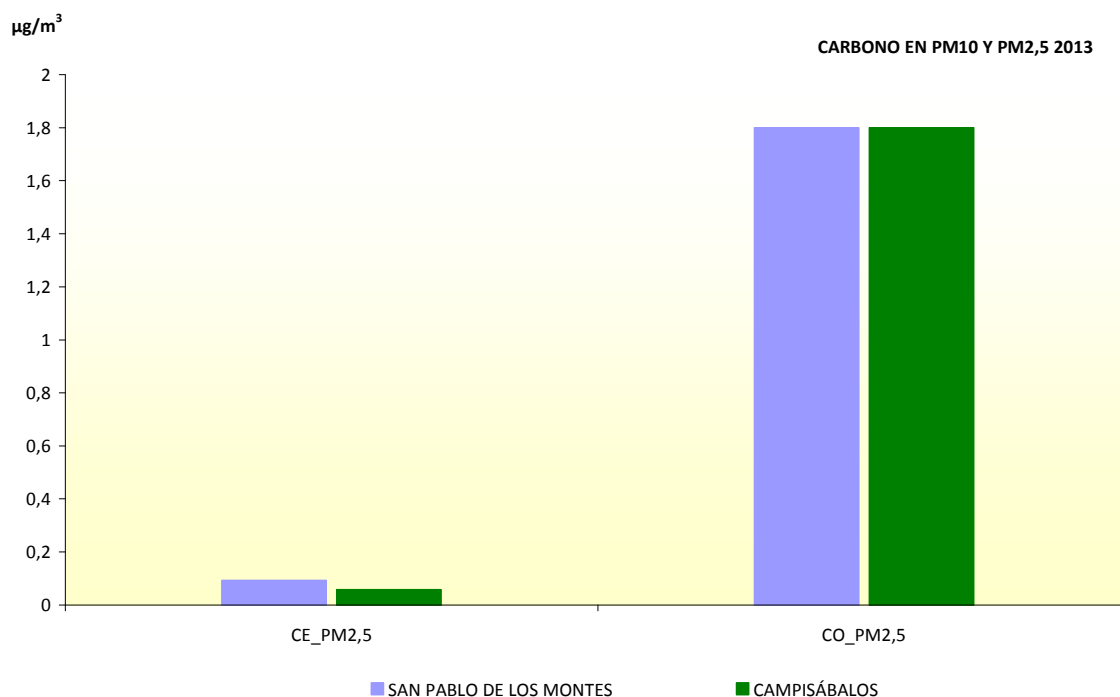


Figura 6.10. : Datos medios anuales de carbono en PM10 y PM2,5 en 2013

6.4.5 Análisis de la precipitación

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).

La Tabla 6.8 muestra los valores medios anuales de pH y conductividad diario en las estaciones de la red en el año 2013.

Tabla 6.8. Datos medios anuales de pH y conductividad diaria en 2013.

Nombre estación	Código de la estación	pH	Cond (µS/cm)
San Pablo de los Montes	ES01/45153999	5,8	8,3
Noia	ES05/15057999	5,5	24
Mahón	ES06/07032999	6,3	165
Víznar	ES07/18189999	6,6	28
Niembro	ES08/33036999	5,3	76
Campisábalos	ES09/19061999	6,2	28
Barcarrota	ES11/06016999	5,8	16
Zarra	ES12/46263999	6,6	35
Peñausende	ES13/49149999	6	14
Els Torms	ES14/25224999	6,4	17
O Saviñao	ES16/27058999	5,8	16
Doñana	ES17/21005999	5,7	25

En la Figura 6.11 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.

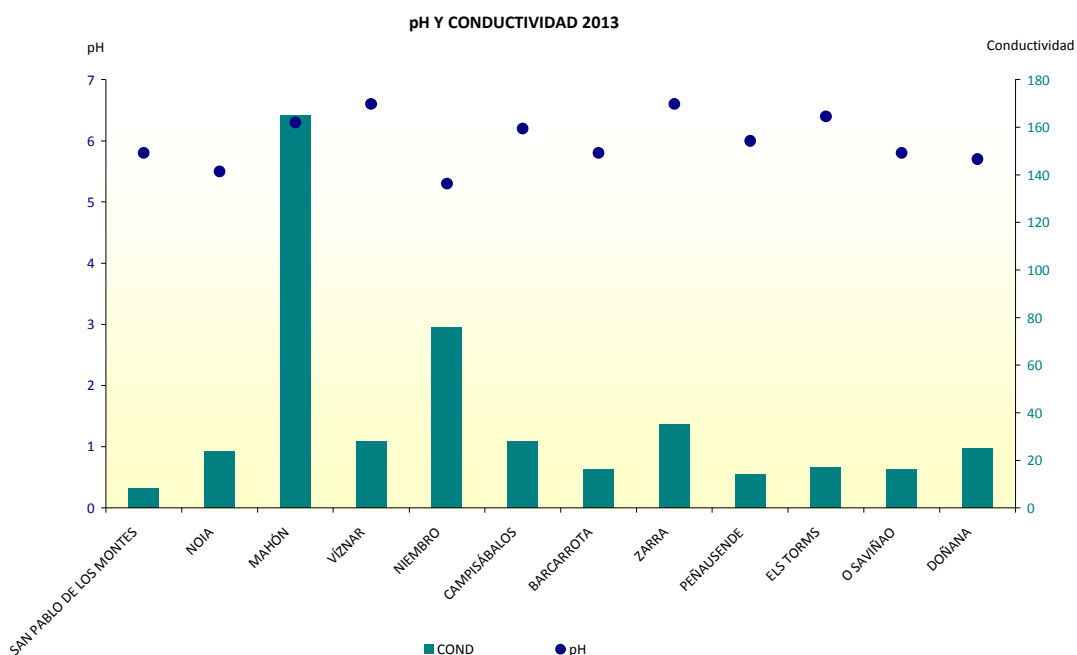


Figura 6.11. Media anual de pH y de conductividad en el año 2013.

En la Tabla 6.9 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 (m²) obteniendo el depósito diario de cada parámetro (mg/m²·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 6.9. Media anual del depósito diario en 2013 (mg/m²·día).

Nombre estación	Código de la estación	SO ₄	NO ₃	NH ₄	Na	Mg	Ca	Cl	K
San Pablo de los Montes	ES01/45153999	0,21	0,19	0,27	0,43	0,07	0,28	0,75	0,14
Noia	ES05/15057999	1,88	0,53	0,36	13,15	1,49	1,24	19,56	0,71
Mahón	ES06/07032999	1,43	0,39	0,19	14,07	1,76	2,16	21,98	0,47
Víznar	ES07/18189999	0,61	0,43	0,95	1,01	0,40	2,66	1,64	0,30
Niembro	ES08/33036999	2,25	3,21	1,36	14,29	1,75	1,40	22,30	0,56
Campisábalos	ES09/19061999	0,24	0,48	0,76	0,27	0,10	0,81	0,42	0,11
Barcarrota	ES11/06016999	0,31	0,16	0,16	1,27	0,19	0,45	2,10	0,25
Zarra	ES12/46263999	0,40	0,43	0,48	0,41	0,16	1,74	0,68	0,09
Peñausende	ES13/49149999	0,25	0,27	0,48	0,46	0,10	0,33	0,83	0,16
Els Torms	ES14/25224999	0,48	0,42	0,66	0,36	0,15	1,60	0,57	0,10
O Saviñao	ES16/27058999	0,78	0,36	0,64	4,07	0,51	0,70	6,42	0,41
Doñana	ES17/21005999	0,41	0,12	0,11	2,37	0,27	0,41	3,59	0,07

La Figura 6.12 muestra, por estación, los valores del resto de parámetros analizados en el agua de precipitación diario en el año 2013 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.

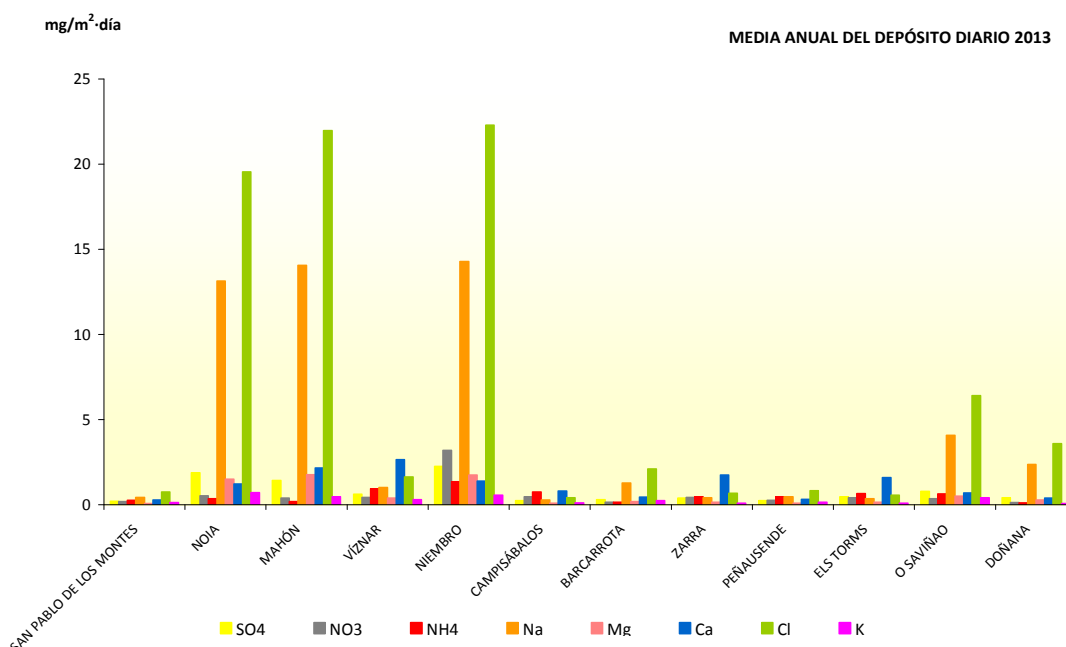


Figura 6.12. : Datos de compuestos en precipitación en el año 2013.

6.4.6 Metales

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

Los **metales en PM10** se miden en las estaciones de Niembro y Campisábalos regularmente, con una muestra a la semana a partir de los filtros de PM10 durante todo el año, desde 2001.

Además, se realizan medidas indicativas en campañas para el cumplimiento del RD 102/2011 en San Pablo de los Montes, Mahón, Víznar y Els Torms. 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.

Tabla 6.10. Datos de análisis de metales en PM10 en 2013 (ng/m³).

Estaciones	FECHA	Pb	Cd	As	Ni	Cu	Cr	Zn
San Pablo de los Montes	08/04 – 02/06	0,75	0,026	0,097	0,32	-	1,1	18
Mahón	17/06 – 11/08	1,7	0,043	0,17	2,2	-	0,78	12
Víznar	30/09 – 24/11	1,2	0,044	0,11	1,6	-	0,62	6
Niembro	TODO EL AÑO	2,8	0,074	0,16	1,1	-	0,71	15
Campisábalos	TODO EL AÑO	0,92	0,046	0,083	0,4	2,5	0,47	5,7
Els Torms	21/01 – 17/03	2,3	0,13	0,11	0,55	-	0,54	9,1

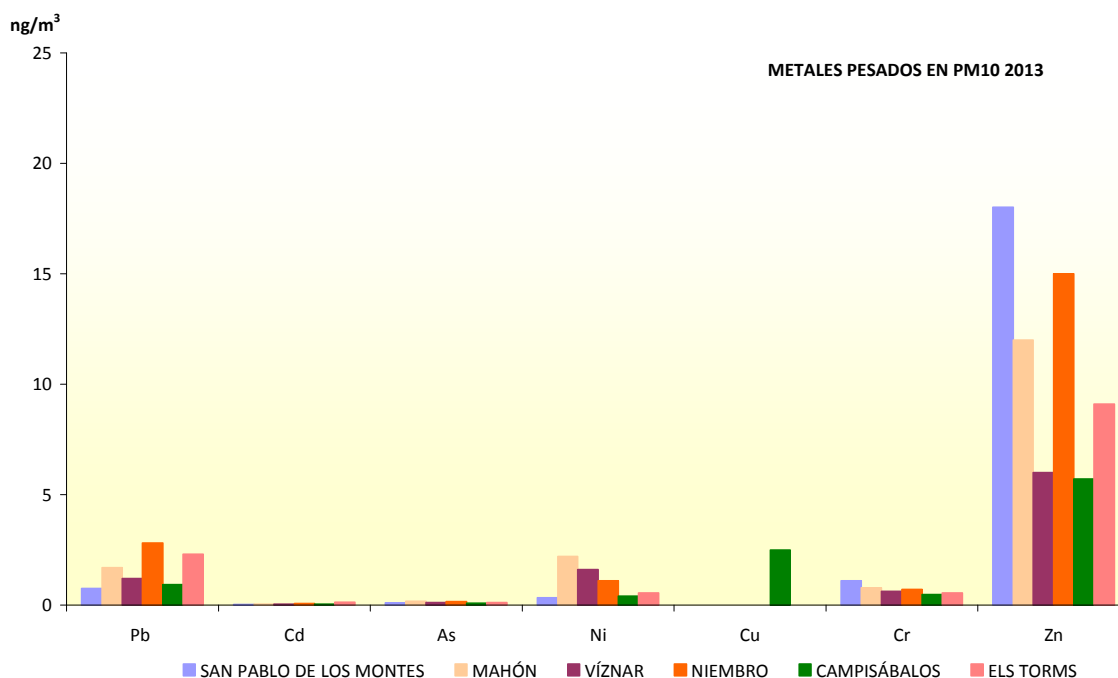


Figura 6.13. Metales en PM10 en la red EMEP/VAG/CAMP en el año 2013.

Las mediciones de **metales en precipitación** se llevan a cabo en las estaciones de Niembro y de Campisábalos donde 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).

A continuación se muestran los valores medios anuales del depósito húmedo semanal en la Tabla 6.11 y en la Figura 6.14. 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 $\mu\text{g/l}$ (el mercurio en ng/l), se multiplican por el volumen de precipitación recogida y se divide por el área del captador (m^2) obteniendo el depósito diario de cada parámetro ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{semana}$ o $\text{ng}/\text{m}^2\cdot\text{semana}$ 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 6.11. Media anual del depósito húmedo semanal de metales en 2013 (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	73,29	2,41	2,58	17,4	535,56	27,28	2530,95	155,36
Campisábalos	11,82	0,55	0,78	23,82	200,41	13,88	668,23	

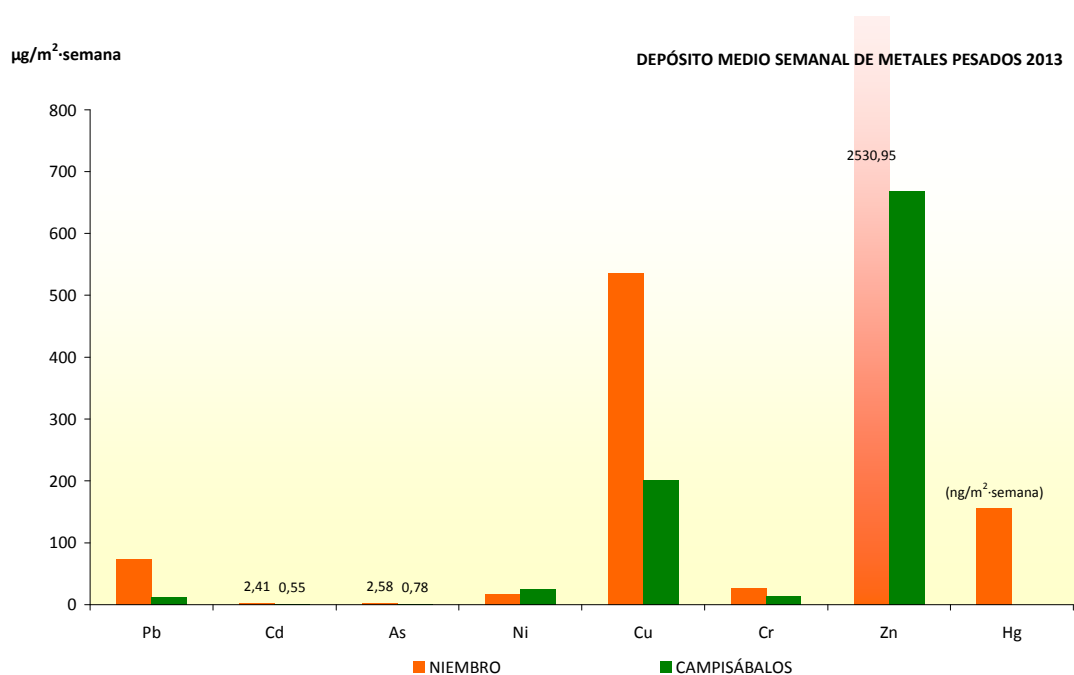


Figura 6.14. Depósito húmedo semanal de metales durante el año 2013.

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

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.

En la Tabla 6.12 y Figuras 6.15 y 6.16 se observa que los niveles de depósito total de metales son bastante diferentes entre unos metales y otros. Por este motivo, el gráfico del mercurio y el Zn están separados.

Tabla 6.12. Datos de depósito total de metales en 2013 ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{día}$).

Estaciones	FECHA	Pb	Cd	As	Ni	Cu	Cr	Zn	Hg ($\text{ng}/\text{m}^2\cdot\text{día}$)
San Pablo de los Montes	Mayo – Agosto	0,73	0,046	0,1	4,5	14	3,3	105	11
Mahón	Julio – Octubre	2,5	0,06	0,28	1,7	5,1	1,9	23	11
Víznar	Sept. – Dic.	0,7	0,023	0,11	3,6	16	1,1	63	21
Niembro	Marzo – Junio	1,7	0,37	0,28	2,4	16	1,5	155	70
Els Torms	Enero – Abril	0,85	0,029	0,11	1,4	8,7	0,74	52	24

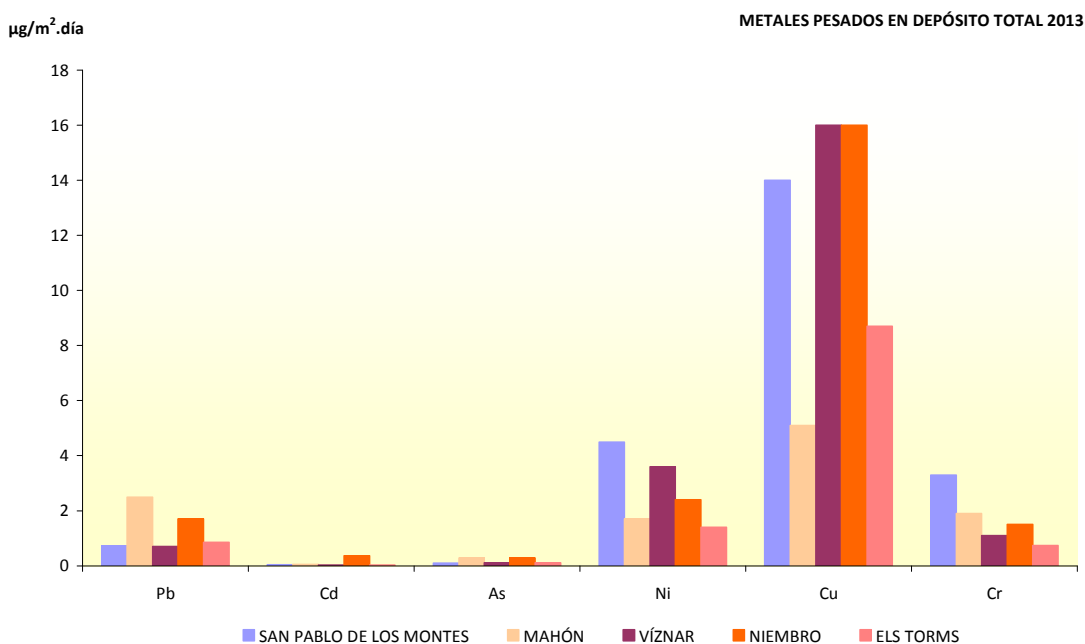


Figura 6.15. Datos de metales en depósito total en 2013.

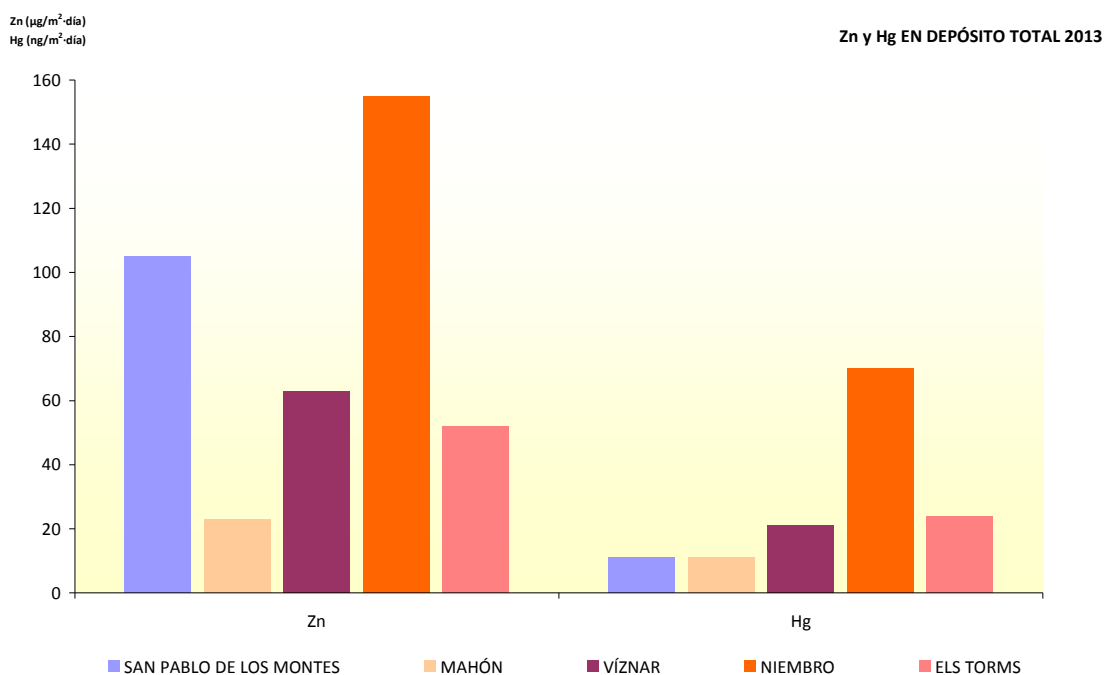
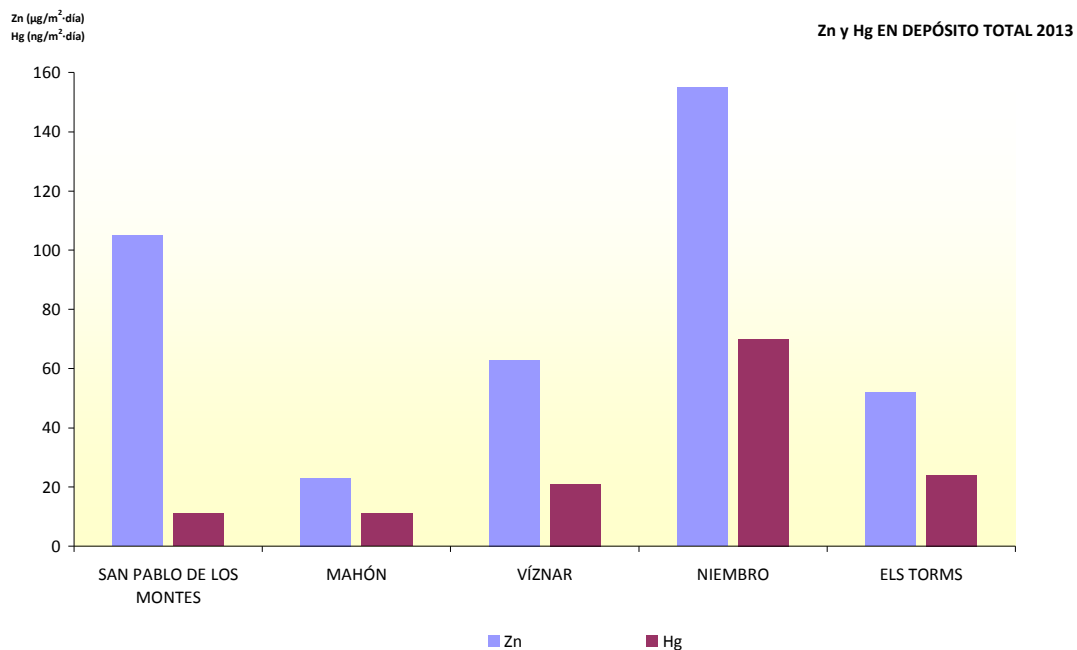


Figura 6.16. Datos de zinc en depósito total en 2013.

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 6.13. Datos de mercurio gaseoso total en 2013.

Estaciones	Mercurio Gaseoso Total Medias Anuales 2013 (ng/m ³)
Niembro	0,46

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.

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).

Tabla 6.14. Datos de hidrocarburos aromáticos policíclicos en PM10 en 2013 (ng/m³).

Parámetro	San Pablo de los Montes	Mahón	Víznar	Niembro	Els Torms
FECHA	08/04 – 02/06	17/06 – 11/08	30/09 – 24/11	TODO EL AÑO	21/01 – 17/03
Naftaleno	0,75	0,085	0,087	0,087	0,14
Acenaftileno	0,089	0,065	0,065	0,065	0,07
Acenafteno	0,16	0,09	0,085	0,095	0,089
Fluoreno	0,11	0,021	0,02	0,022	0,022
Fenantreno	0,44	0,026	0,047	0,14	0,059
Antraceno	0,05	0,024	0,0056	0,0097	0,0093
Fluoranteno	0,27	0,071	0,15	0,19	0,064
Pireno	0,43	0,044	0,12	0,13	0,054
Benzo_a_Antraceno	0,019	0,015	0,031	0,036	0,02
Criseno	0,082	0,077	0,2	0,22	0,092
Benzo_k_Fluoranteno	0,086	0,2	0,19	0,15	0,077
Benzo-b+j-Fluoranteno	0,28	0,29	0,42	0,51	0,34
Benzo_a_Pireno	0,039	0,042	0,023	0,046	0,029
Indeno_123_cd_Pireno	0,089	0,084	0,15	0,18	0,17
Dibenzo_ah_Antraceno	0,019	0,015	0,016	0,023	0,019
Benzo_ghi_Perileno	0,071	0,069	0,13	0,11	0,12

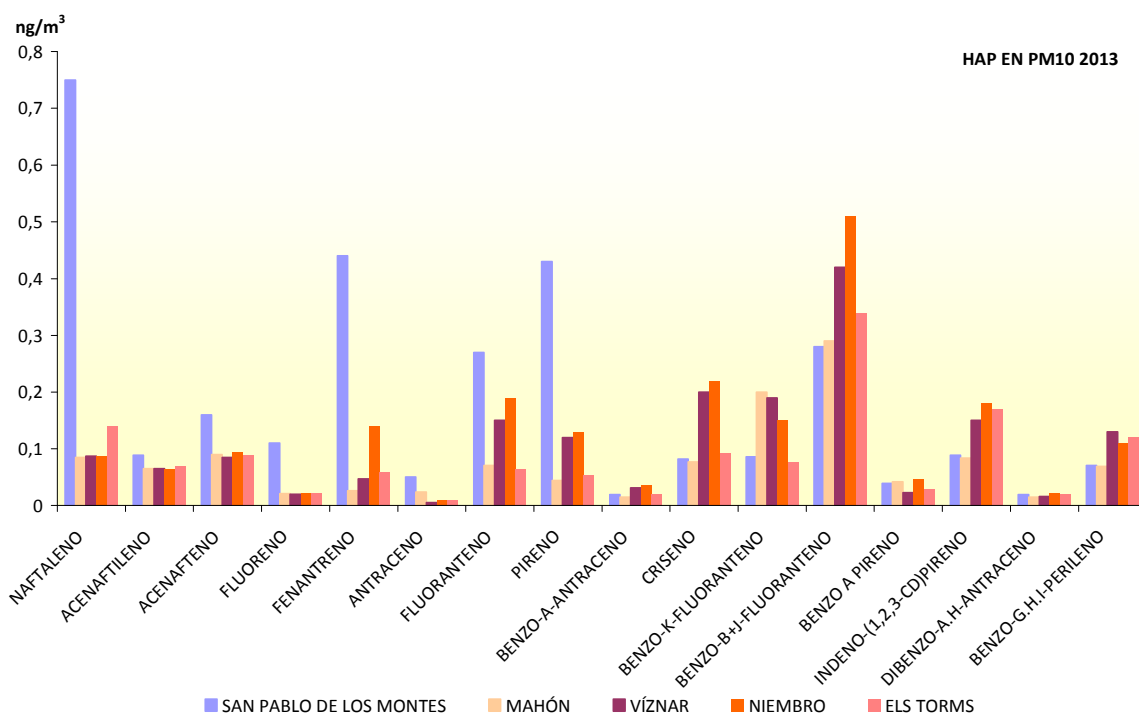


Figura 6.17. : Datos de HAP en PM10 en el año 2013.

Tabla 6.15. Datos de depósito total de hidrocarburos aromáticos policíclicos en 2013 (ng/m²·día)⁴.

Parámetro	Mahón	Víznar	Niembro	Els Torms
FECHA	Julio – Octubre	Septiembre - Diciembre	Marzo – Junio	Enero - Abril
Naftaleno	0,085	0,085	0,085	0,085
Acenaftileno	1,1	0,45	0,065	0,065
Acenafteno	0,35	0,24	0,085	0,085
Fluoreno	0,95	4,1	0,02	0,02
Fenantreno	8,2	19	38	8
Antraceno	0,51	1	0,005	0,005
Fluoranteno	56	24	0,03	0,03
Pireno	24	12	0,035	0,035
Benzo_a_Antraceno	1,2	1,7	0,015	0,015
Criseno	4,1	3,5	0,015	0,015
Benzo_b+j_Fluoranteno	2,2	0,73	0,03	0,03
Benzo_k_Fluoranteno	9,1	9,2	0,02	0,02
Benzo_a_Pireno	1,4	2,3	6,8	4,2
Indeno_123_cd_Pireno	0,02	1,5	0,02	0,02
Dibenzo_ah_Antraceno	0,015	0,015	0,015	0,015
Benzo_ghi_Perileno	0,015	0,63	0,015	0,015

⁴ No se tienen datos de la campaña de HAP en depósito total en la estación de San Pablo de los Montes

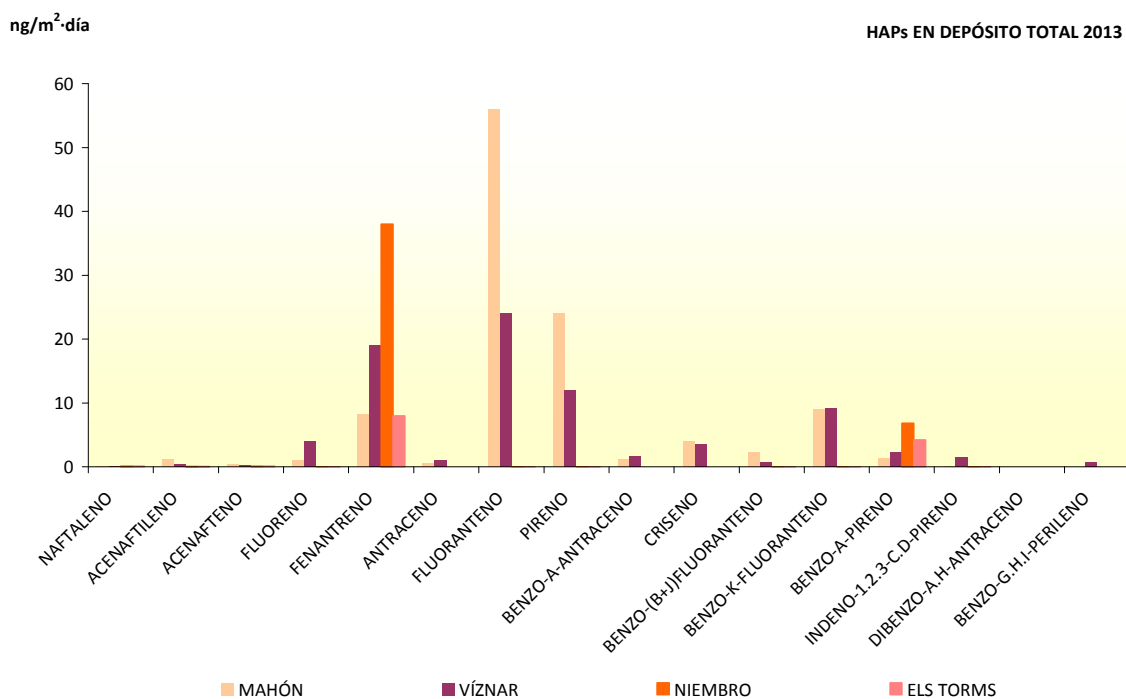


Figura 6.18. Datos de HAP en depósito total en el año 2013.

6.4.9 Amoníaco

Se miden los niveles de NH₃ (gas) mediante tubos pasivos en muestras semanales en seis puntos de la red para dar una cobertura espacial completa en toda la península. Hasta 2012 sólo se medía en Niembro y Campisábalos, año en que comenzaron las mediciones de NH₃ en San Pablo de los Montes, en Víznar, en Barcarrota y en Els Torms.

La Tabla 6.16 y la Figura 6.19 muestran los valores medios anuales de los niveles de amoníaco en el año 2013 en los puntos de medida.

Se puede observar que en la estación de Els Torms se dan los valores más altos debido probablemente a las emisiones de NH₃ de las abundantes granjas porcinas existentes en la zona. Esto también se refleja en los valores de la suma de NH₄+NH₃ (apartado 6.4.2) y en el valor de NH₄ (apartado 6.4.3).

Tabla 6.16. Datos de amoníaco en 2013 (µg/m³).

Periodo	San Pablo de los Montes	Víznar	Niembro	Campisábalos	Barcarrota	Els Torms
Anual	1,1	1,7	0,64	0,57	0,65	2,7

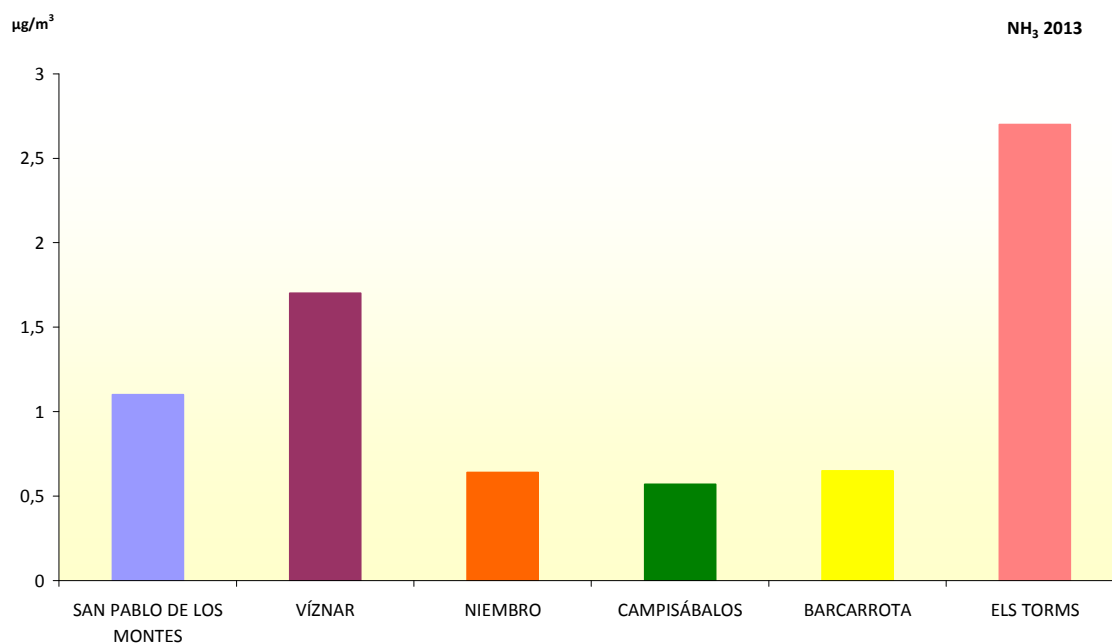


Figura 6.19. : Datos de amoniaco en el año 2013

6.4.10 Compuestos foto-oxidantes (orgánicos y carbonílicos)

Los compuestos foto-oxidantes sólo se miden en una estación en toda la red, 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 y compuestos carbonílicos (Tablas 6.17 y 6.18 y Figuras 6.20 y 6.21).

Tabla 6.17. Datos de compuestos orgánicos volátiles en 2013 (nmol/mol).

Parámetro	San Pablo de los Montes
Etano	0,87
Eteno	0,092
Acetileno	0,045
Propano	0,78
Propeno	0,15
i-Butano	0,33
n-Butano	0,3
1-Buteno	0,032
Cis-2 Buteno	0,22
Trans-2 Buteno	0,031
Butadieno	0,068
i-Pentano	0,15
n-Pentano	0,077
1-Penteno	0,063
Trans-2 Penteno	0,044
n-Hexano	0,4
n-Heptano	0,14
n-Octano	0,085
Benceno	0,16
Tolueno	0,86
Isopreno	0,6

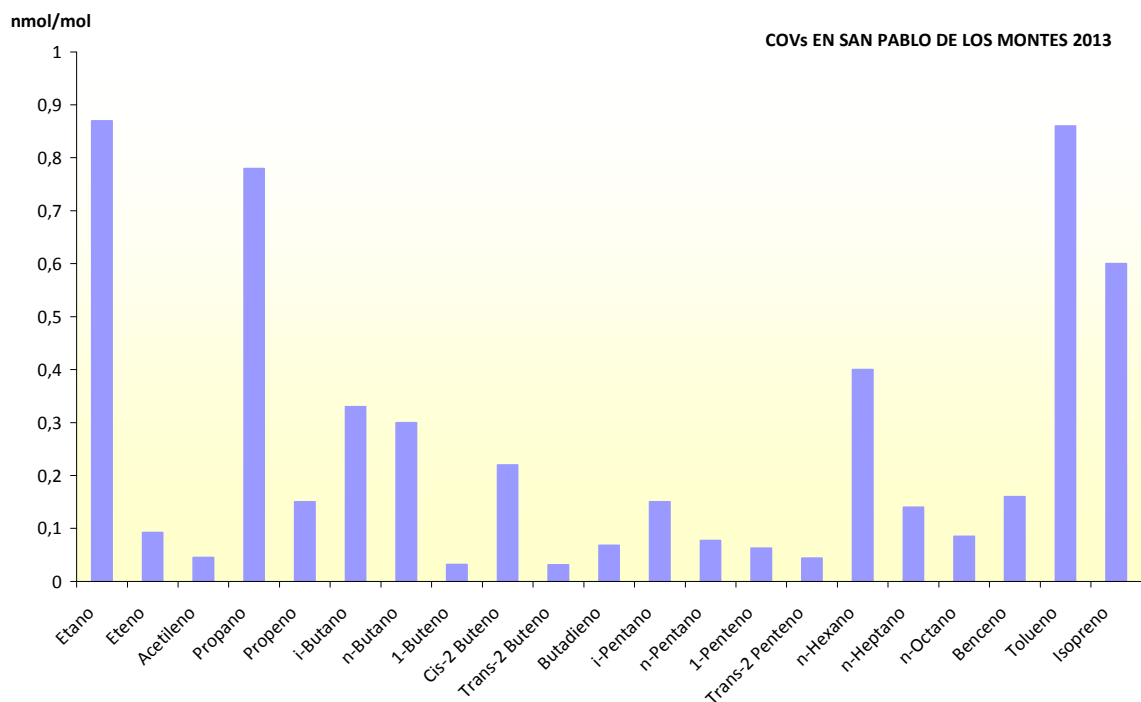


Figura 6.20. Datos de COV en el año 2013.

Tabla 6.18. Datos de compuestos carbonílicos en 2013 (ng/l).

Parámetro	San Pablo de los Montes
Formaldehído	1,5
2-Butanona	1,1
Acetaldehído	1,2
Acetona+Acroleína	8,7
Benzaldehído	0,45
Crotonaldehído	0,15
Hexanal	0,52
Pentanal	1
Propanal	0,38
Tolualdehído	1
Metacroleína + Butanal	0,86

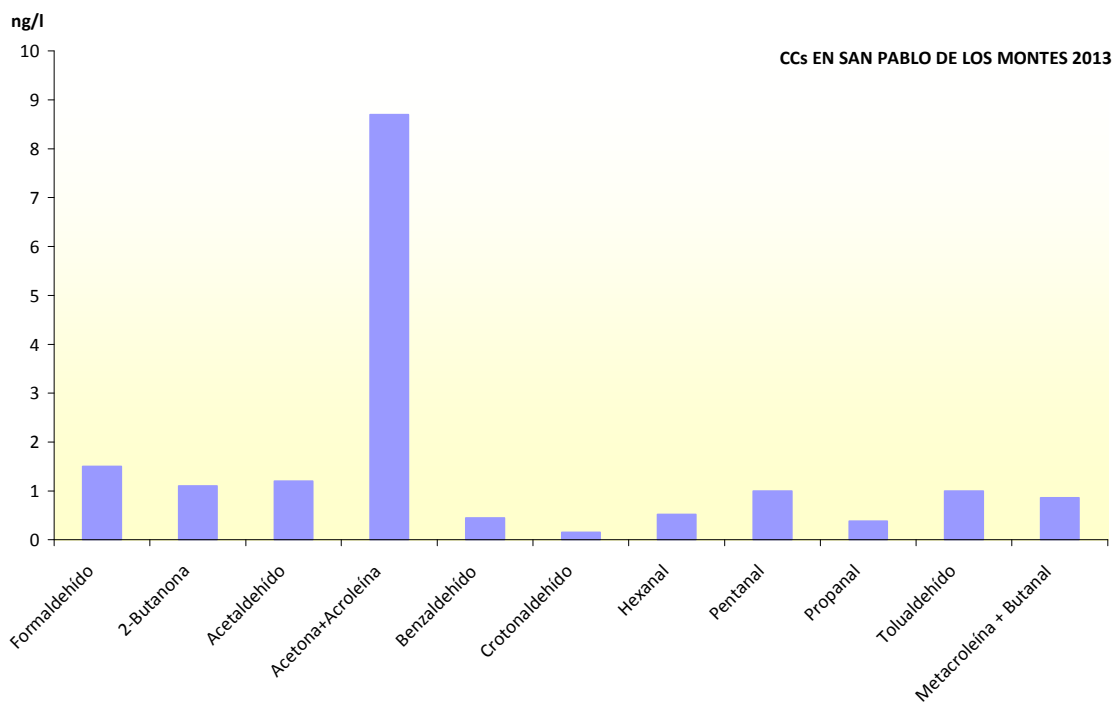


Figura 6.21. Datos de CCs en el año 2013.

