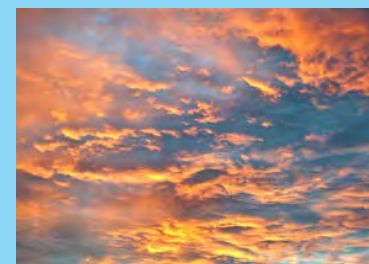
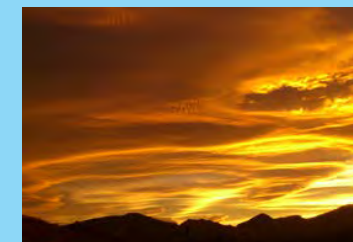


ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA - EVOLUCIÓN 2001-2012

# ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA

## EVOLUCIÓN 2001-2012



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

# ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA

## EVOLUCIÓN 2001-2012



Madrid, 2014

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA: EVOLUCIÓN 2001-2012** es una obra elaborada por la Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial.

**Dirección:**

Guillermina Yanguas Montero  
*Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural*  
*Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*

**Coordinación técnica:**

Maj-Britt Larka Abellán  
*Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial*  
*Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural*  
*Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*

**Autores:**

Alberto Orío Hernández, María Pallarés Querol  
*Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial*  
*Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural*  
*Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*

Santiago Jiménez Beltrán, Francisco Reina Velázquez, Rebeca Javato Martín, María Hervás Martín, M<sup>a</sup> José Cornide Cristóbal  
*INYPESA, Informes y Proyectos, S.A.*

**Colaboradores:**

Xavier Querol Carceller  
*Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA)*  
*Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*  
*Ministerio de Economía y Competitividad*

Fernando Martín Llorente  
*Departamento de Medio Ambiente*  
*Centro de Investigaciones Energéticas Medio Ambientales y Tecnológicas (CIEMAT)*  
*Ministerio de Economía y Competitividad*

Juan Ramón Moreta González, Rosa María García Marin, Leonor Martín Martín  
*Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)*  
*Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*

Rosalía Fernández Patier  
*Instituto de Salud Carlos III*

**Fotografías:**

AEMET; M.F. Alonso Martín; G. Cabezas Martínez; D. Plaza Enebral; X. Querol Carceller; M.P. Salmoral Funes.



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.



**MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE**

**Edita:**

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

**Distribución y venta:**  
Paseo de la Infanta Isabel, 1  
28014 Madrid  
Teléfono: 91 347 55 41  
Fax: 91 347 57 22

**Impresión y encuadernación:**

Talleres del Centro de Publicaciones del MAGRAMA  
NIPO: 280-14-084-5 (papel)  
NIPO: 280-14-085-0 (línea)  
ISBN: 978-84-491-1385-7  
Depósito Legal: M-12890-2014

Tienda virtual: [www.magrama.es](http://www.magrama.es)  
[centropublicaciones@magrama.es](mailto:centropublicaciones@magrama.es)

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:  
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

**Datos técnicos:** Formato: 21x29,7 cm. Caja de texto: 16x23 cm. Composición: una columna. Tipografía: Calibri a cuerpo 11. Encuadernación: fresado. Papel: interior en papel Igloo Silk de 90 g. Cubierta en cartulina gráfica de 250 g. Tintas: 4/4.

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA: EVOLUCIÓN 2001-2012****INDICE GENERAL**

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	5
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>2. MARCO LEGAL DE LA CALIDAD DEL AIRE</b> .....	15
2.1 Antecedentes legales .....	19
2.2 Normativa Europea .....	20
2.2 Normativa española .....	22
<b>3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE</b> .....	27
3.1 Introducción .....	31
3.2 Administraciones responsables y distribución de competencias .....	32
3.3 Redes de calidad del aire .....	34
3.4 Metodología de evaluación: contaminantes, valores legislados, zonificación y métodos de evaluación .....	34
3.5 Planes de mejora de calidad del aire .....	59
3.6 Obligaciones de información de calidad del aire .....	60
3.7 Métodos de evaluación utilizados por zonas .....	62
<b>4. ANÁLISIS DE CONTAMINANTES PRINCIPALES</b> .....	69
4.1 Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	73
4.2 Óxidos de nitrógeno (NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> ) .....	91
4.3 Partículas PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub> .....	109
4.4 Ozono (O <sub>3</sub> ) .....	142
4.5 Monóxido de carbono (CO) .....	159
4.6 Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) .....	169
4.7 Benzo(a)pireno (B(a)P) .....	179
4.8 Metales: plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y níquel (Ni) .....	188
4.9 Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) .....	226
4.10. Análisis de tendencias temporales (2001-2012) de los principales contaminantes en ambiente urbano e industrial en España .....	230
<b>5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN 2012: CONTAMINANTES PRINCIPALES CON VALORES LEGISLADOS</b> .....	241
<b>6. VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE FONDO REGIONAL</b> .....	259
6.1. Descripción .....	263
6.2. Estaciones de la Red EMEP/VAG/CAMP .....	264
6.3. Programa de mediciones .....	266
6.4. Datos por contaminantes (valores registrados en 2012) .....	267
6.5. Análisis de tendencias temporales (201-2012) de los principales contaminantes en el fondo regional de España .....	295
<b>7. GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....	305
<b>8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA</b> .....	313
8.1 Referencias .....	317
8.2 Bibliografía .....	317
8.3 Vínculos .....	318
<b>9. AGRADECIMIENTOS</b> .....	321







# PRESENTACIÓN



## **PRESENTACIÓN**

La calidad del aire ambiente en España se viene analizando desde hace más de 40 años. La derogada Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico, ya disponía la necesidad de establecer una **red nacional de estaciones para la vigilancia y prevención de la contaminación atmosférica**. Desde entonces, las redes de medida no han dejado de ampliarse, tanto en número de estaciones como en contaminantes analizados.

En la actualidad, las redes de calidad del aire ambiente de España, gestionadas por las comunidades autónomas y, en algunos casos, por las entidades locales, cuentan con **más de 600 estaciones** de medición fijas, distribuidas por toda la geografía española. El número de analizadores supera la cifra de 4.000. Además, la evaluación de la calidad del aire mediante estas estaciones fijas están apoyadas por **modelos de simulación** de calidad del aire cada vez más desarrollados.

Toda esta infraestructura, y la avanzada tecnología en que se apoya, permiten llevar a cabo una **evaluación de la calidad del aire** en nuestro país muy **exhaustiva y precisa** que, además de servir para cumplir con los requerimientos de la normativa nacional y europea, es la herramienta principal para **gestionar y mejorar la calidad del aire** que respiramos.

La información que se ha obtenido durante estos años sobre contaminación atmosférica, tanto de emisión de contaminantes a la atmósfera como de niveles de contaminación en el aire ambiente, permite afirmar que la situación de la calidad del aire **ha mejorado ostensiblemente en relación con años anteriores** y, sobre todo, respecto a las últimas décadas del siglo XX. Aún así, todavía se producen superaciones puntuales de los valores legales o recomendados en determinados lugares de la geografía española, que requieren **esfuerzos adicionales para proteger a la población y a los ecosistemas** de los efectos de la contaminación atmosférica.

La calidad del aire en España es similar, e incluso mejor en el caso de algunos contaminantes, a la que presentan el resto de países de la Unión Europea, con los que compartimos las mismas obligaciones legales de evaluación y gestión. Las principales cuestiones a considerar se centran en las superaciones de los valores legales de dióxido de nitrógeno, en las principales aglomeraciones urbanas, así como de los valores de partículas, en algunas zonas urbanas e industriales. También hay que destacar la elevada concentración de **ozono troposférico**, característica compartida con el resto de los países del sur de Europa, sometidos a alta radiación solar.

A la vista de esta situación, el año 2013 ha sido declarado por la Comisión Europea como el **Año del Aire en Europa**, con la intención de dar un empuje a las políticas enfocadas a reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos y, así, mejorar la calidad del aire.

España ha tomado el testigo de la Comisión Europea, y ha querido que 2013 fuera un año en el que se adoptasen **medidas dirigidas a prevenir los riesgos derivados de una atmósfera contaminada**. Entre las medidas adoptadas, hay que destacar la aprobación del Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera, 2013-2016: Plan AIRE, en abril de este año.

En el contexto de este Año del Aire en Europa, se ha elaborado el libro que aquí se presenta, con el que se han querido **acercar al público en general** los diferentes aspectos que hay que tener en cuenta para llevar a cabo **la evaluación de la calidad del aire en España**, tal como exige el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, que desarrolla la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

A su vez, se ha pretendido acometer un **análisis exhaustivo, contaminante a contaminante**, de la calidad general del aire en España, yendo de menor a mayor detalle, que sea útil tanto para la comunidad científica como también para los técnicos responsables de la gestión diaria de la calidad del aire y el control de las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Por último, el libro presenta un estudio de la **evolución de la calidad del aire desde 2001 hasta 2012**, que es el último año del que se tienen datos oficiales validados. A su vez, esta evolución se puede contrastar con el análisis de tendencia temporal que se ha realizado a partir de los datos obtenidos en las estaciones que miden la **contaminación atmosférica de fondo**, es decir, la existente en zonas alejadas de los focos de contaminación directa, donde se evidencia una clara y generalizada mejora de la calidad del aire.

En síntesis, en este libro se plasma el **de dónde venimos**, pero también el **dónde estamos** en cuanto a la calidad del aire ambiente en España, para poder **enfocar con perspectiva el futuro** que, sin duda, nos exigirá redoblar los esfuerzos necesarios para no defraudar al siempre ambicioso propósito de mejorar nuestro medio ambiente.

Madrid, 17 de diciembre de 2013

Guillermina Yanguas Montero  
Directora General de Calidad y Evaluación Ambiental  
y Medio Natural





# I. INTRODUCCIÓN



## 1. INTRODUCCIÓN

Una buena o mala calidad del aire tiene que ver con el grado de pureza del aire que respiramos. Y esta pureza del aire viene determinada por una mayor o menor concentración de sustancias o elementos indeseables presentes en la atmósfera; es decir, de los contaminantes atmosféricos.

La relación entre los contaminantes atmosféricos y la salud de las personas ha sido demostrada por numerosos estudios científicos. Por ello, es esencial seguir mejorando la información sobre la calidad del aire que respiramos y sobre las repercusiones que pueden tener nuestras actividades en la contaminación atmosférica.

Uno de los objetivos del Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016: Plan AIRE, es **fomentar la concienciación de la ciudadanía y mejorar la información disponible sobre calidad del aire**. Si bien es importante recordar a la población española que una determinada actitud ciudadana puede hacer que la contaminación disminuya, este trabajo de concienciación debe ir acompañado de una información sobre calidad del aire lo más completa posible, pero también fácil de entender para cualquier persona que quiera mejorar su conocimiento en este ámbito.

En este sentido, se ha publicado este documento con el objetivo de divulgar ampliamente la información necesaria para conocer cuál es la calidad del aire en España y cómo ha ido evolucionando en los últimos doce años. Además, se presentan los diferentes aspectos que hay que tener en cuenta para llevar a cabo la evaluación de la calidad del aire.

Los contenidos del presente documento se organizan en varios capítulos, que se complementan entre sí para ofrecer una visión completa de los diferentes aspectos que intervienen en la protección y gestión de la calidad del aire.

Aquellas cuestiones que se consideren más importantes, aparecerán destacadas en recuadros de color a lo largo de los textos.

En primer lugar, para poder centrar cuáles son las obligaciones fijadas por la normativa en materia de calidad del aire a las que se encuentra sometida España, en el **capítulo 2** se efectúa una revisión del **marco legal** de aplicación tanto en el ámbito comunitario como estatal, revisión en la que se presta una especial atención a las siguientes disposiciones en vigor:

- La Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa;
- La Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente;
- La Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera;
- Y el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

El marco legal establece las bases para la protección de la atmósfera, que pasa por la prevención, la vigilancia y la reducción de los efectos nocivos de las sustancias identificadas como contaminantes sobre la salud y los ecosistemas, si bien el presente documento está enfocado exclusivamente a la protección de la salud humana.

Los aspectos esenciales a tener en cuenta se tratan en el **capítulo 3**, donde se desarrollan los **criterios de evaluación**, y donde se tratan cuestiones como:

- La distribución de competencias entre las distintas Administraciones y Entidades implicadas;

- La identificación de las redes de control y vigilancia de la calidad del aire existentes, que son gestionadas por los diferentes organismos que participan en el proceso, según sus respectivas competencias;
- La descripción pormenorizada de la metodología de evaluación aplicada: cuáles son los contaminantes evaluados, cuáles los valores legislados al respecto (umbrales de evaluación, valores límite, valores objetivo y/o objetivos a largo plazo, según el caso), la zonificación establecida y los métodos de evaluación posibles (mediciones fijas, mediciones indicativas y modelización), así como los criterios de clasificación y de ubicación de las estaciones de medición, y las consecuencias del incumplimiento de los valores legislados (Información a la población, Planes de Acción, Planes de Mejora y Planes de Mejora a largo plazo).

Una vez conocidos los fundamentos teóricos de la evaluación, en el **capítulo 4** se procede a **analizar la situación de los contaminantes atmosféricos principales**, que serán aquellos para los que se han establecido en el marco legal obligaciones de evaluación y/o de información.

Dicho análisis se efectúa repasando una serie de cuestiones que son esencialmente comunes para todos los contaminantes considerados, pero cuyo alcance y tratamiento se adapta a sus respectivas peculiaridades. Las cuestiones abordadas para cada uno de ellos son éstas:

- Efectos del contaminante sobre la salud
- Origen de la contaminación (principales fuentes emisoras)
- Valores legislados (los objetivos de calidad del aire)
- Resultados de la Evaluación 2012 (enfocada sobre la salud humana)
- Evolución a lo largo de un periodo dado (variable según el contaminante).

Las fuentes de las que proviene la información recogida en este capítulo son las siguientes:

- Los datos utilizados para elaborar los gráficos, mapas y tablas incluidos en este capítulo son **siempre los últimos oficiales disponibles** a fecha de redacción del presente documento.
- Los datos relativos al origen de la contaminación proceden del **Sistema Español de Inventario (SEI) de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera**. El último **“Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera”** oficial se corresponde con el año **2011**.
- La información que se refleja en las tablas “valores legislados” procede en todos los casos del **Real Decreto 102/2011**, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire (BOE nº 25, de 29/01/2011).
- La información relativa a calidad del aire mostrada en tablas, gráficos y mapas corresponde en general al año **2012**, y procede de los registros de la **“Base de Datos de Calidad del Aire”** del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, que a su vez son suministrados por las Comunidades Autónomas, Entidades Locales y por la red EMEP/VAG/CAMP. De forma puntual también se recogen los resultados de la última campaña que registra el número de superaciones de los umbrales establecidos para el ozono durante los meses de verano, que se presentan a la Comisión Europea y a la Agencia Europea de Medio Ambiente en cumplimiento de la normativa comunitaria y que corresponden al periodo abril-septiembre de **2013**.

En el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera<sup>1</sup> se efectúa el análisis por actividades emisoras siguiendo la nomenclatura **SNAP-97**, que considera las siguientes once categorías o **grupos** (que se describen en el capítulo 7. “Glosario”):

- **01** Combustión en el sector de producción y transformación de la energía
- **02** Plantas de combustión no industrial
- **03** Combustión industrial
- **04** Procesos industriales
- **05** Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica
- **06** Uso de disolventes y otros productos
- **07** Transporte por carretera
- **08** Otros vehículos y maquinaria móvil
- **09** Tratamiento y eliminación de residuos
- **10** Agricultura
- **11** Otras fuentes y sumideros (naturaleza).

La “evolución” abarca un periodo de tiempo que depende del contaminante considerado, ya que comprende como máximo desde el momento en que comenzó su evaluación oficial, según valores legislados (como consecuencia de la entrada en vigor de la normativa aplicable en cada caso) hasta la fecha de los últimos datos disponibles (2012). Así, el año de inicio es:

- Para el SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, PM10 y Pb: 2001, a partir de la aplicación de la *Directiva 1999/30/CE del Consejo, de 22 de abril de 1999, relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente.*
- Para el CO y el C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>: 2003, por aplicación de la *Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de noviembre de 2000, sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente.*
- Para el O<sub>3</sub>: 2004, como consecuencia de la *Directiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de febrero de 2002, relativa al ozono en el aire ambiente.*
- Para el As, Cd, Hg, Ni y B(a)P: 2008, debido a la *Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el níquel y los hidrocarburos policíclicos en el aire ambiente.*
- Para las PM<sub>2,5</sub>: 2008, por la aplicación de la *Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia en Europa.*

Esos serán, como se ha indicado antes, los intervalos máximos de tiempo considerados en cada caso. No obstante, dentro del desarrollo de la evolución histórica de los diferentes contaminantes algunos gráficos puntuales pueden hacer alusión a un periodo de tiempo más corto, que muestra sólo los resultados de la evaluación en los años más recientes, por cuestiones de claridad.

Tras el análisis particularizado por contaminante, el **capítulo 5 resume** la situación conjunta de todos ellos en el año 2012, con el objetivo de ofrecer una síntesis de cuál ha sido el estado de la calidad del aire respecto a la salud humana en dicho año. En el resumen ofrecido se detallan **los incumplimientos** producidos, así como **los resultados de la Evaluación 2012**, por zonas.

<sup>1</sup> <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-volumen2.aspx>



El **capítulo 6** se ocupa de cómo se lleva a cabo la **vigilancia de la contaminación atmosférica de fondo**, que es la existente en zonas alejadas de los focos de contaminación directa.

Para ello, en primer lugar se describe la Red EMEP/VAG/CAMP (que es la encargada de efectuar el seguimiento, conforme a los compromisos contraídos por España), se identifican las estaciones que la integran y se explican los fundamentos del programa de mediciones llevado a cabo. A continuación se procede a exponer los resultados obtenidos en 2012, clasificados por contaminante, exposición que, de nuevo, repasa diferentes cuestiones comunes que son tratadas con el alcance adecuado al tipo de contaminante considerado en cada caso.

- Ubicación de las estaciones de medición
- Datos registrados en 2012, por estaciones
- Análisis de resultados.

Los capítulos anteriores se completan con un **glosario (capítulo 7)**, que recoge los principales términos y conceptos mencionados en los textos, y con la recopilación de **referencias, bibliografía y vínculos** de apoyo (**capítulo 8**) donde encontrar más información, para concluir con la mención (**capítulo 9**) de los principales Organismos y Entidades que han contribuido, de un modo u otro, en el resultado final del presente documento.

(A las adaptadas en aplicación de los Tratados CE) insertas (en su publicación en el Boletín)

DIRECTIVAS

DIRECTIVA 2008/50/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 21 de mayo de 2008

relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa

EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente en general, en particularmente incurren cambios en

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea y en particular el artículo 175;

Vista la propuesta de la Comisión;

48662

Viernes 18 noviembre 2007

BOE núm. 278

Visto el dictamen del Comité Económico y Social Europeo (1);

(1)

Visto el dictamen del Comité de las Regiones (2);

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 251 del Tratado (3);

Considerando lo siguiente:

(1) El sexto programa de acción comunitario en materia de medio ambiente aprobado mediante la Decisión nº 1600/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de julio de 2002 (4), establece la necesidad de reducir los niveles de contaminación que limitan al mínimo los efectos perjudiciales para la salud humana, prestando especial atención a las poblaciones más vulnerables y al riesgo suficiente en su conjunto, de mejorar el control y la evaluación de la calidad del aire ambiente, incluido el depósito de contaminantes, y de proporcionar información a las ciudadanas

(1) DO C 168 de 14.8.2006, p. 64.

(2) DO C 206 de 28.8.2006, p. 1.

(3) Decisión del Parlamento Europeo de 26 de septiembre de 2006 (DO C 104 E de 15.12.2006, p. 10), Prácticas Comunes del Consejo de 27 de junio de 2007 (DO C 131 F de 6.11.2007, p. 1) y Prácticas del Parlamento Europeo de 11 de diciembre de 2007. Decisión del Consejo de 13 de abril de 2002.

(4) DO L 242 de 16.9.2002, p. 1.

(1) DO  
(2) DO  
(3) DO  
(4) DO  
(5) DO  
(6) DO  
(7) DO  
(8) DO  
(9) DO  
(10) DO  
(11) DO  
(12) DO  
(13) DO  
(14) DO  
(15) DO  
(16) DO  
(17) DO  
(18) DO  
(19) DO  
(20) DO  
(21) DO  
(22) DO  
(23) DO  
(24) DO  
(25) DO  
(26) DO  
(27) DO  
(28) DO  
(29) DO  
(30) DO  
(31) DO  
(32) DO  
(33) DO  
(34) DO  
(35) DO  
(36) DO  
(37) DO  
(38) DO  
(39) DO  
(40) DO  
(41) DO  
(42) DO  
(43) DO  
(44) DO  
(45) DO  
(46) DO  
(47) DO  
(48) DO  
(49) DO  
(50) DO  
(51) DO  
(52) DO  
(53) DO  
(54) DO  
(55) DO  
(56) DO  
(57) DO  
(58) DO  
(59) DO  
(60) DO  
(61) DO  
(62) DO  
(63) DO  
(64) DO  
(65) DO  
(66) DO  
(67) DO  
(68) DO  
(69) DO  
(70) DO  
(71) DO  
(72) DO  
(73) DO  
(74) DO  
(75) DO  
(76) DO  
(77) DO  
(78) DO  
(79) DO  
(80) DO  
(81) DO  
(82) DO  
(83) DO  
(84) DO  
(85) DO  
(86) DO  
(87) DO  
(88) DO  
(89) DO  
(90) DO  
(91) DO  
(92) DO  
(93) DO  
(94) DO  
(95) DO  
(96) DO  
(97) DO  
(98) DO  
(99) DO  
(100) DO

JEFATURA DEL ESTADO

19744 LEY 34/2007 de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

JUAN CARLOS I

REY DE ESPAÑA

A todos los que la presente vieren y entendieren. Sabed: Que las Cortes Generales han aprobado y Yo vengo en sancionar la siguiente ley.

PREÁMBULO

I La atmósfera es un bien común indispensable para la vida respecto del cual todas las personas tienen el derecho de su uso y disfrute y la obligación de su conservación.

Por su condición de recurso vital y por los daños que de su contaminación pueden derivarse para la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza, la calidad del aire y la protección de la atmósfera ha sido, desde hace décadas, una prioridad de la política ambiental. Así, a medida que los procesos de industrialización y de urbanización de grandes áreas territoriales fueron provocando impactos negativos en la calidad del aire, se hizo preciso, tanto en el plano nacional como regional e internacional, la articulación de un amplio repertorio de instrumentos legales tendientes a hacer compatibles el desarrollo económico y social y la preservación de este recurso natural.

En este contexto se ubica el importante acervo jurídico y el conjunto de políticas y medidas que la Comunidad Europea ha venido desarrollando desde los años setenta en materia de calidad del aire, y los tratados regionales y multilaterales adoptados para alcanzar otros objetivos de la protección atmosférica tales como reducir la contaminación transfronteriza, proteger la capa de ozono o combatir el cambio climático. Por lo que a España se refiere, también cabe situar en este proceso la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del ambiente atmosférico que, junto a su extenso desarrollo reglamentario, ha servido hasta la fecha como norma básica para abordar la respuesta a los problemas de la contaminación del aire.

El resultado de aplicar todas las medidas señaladas ha generado sin duda alguna importantes mejoras en la calidad del aire, particularmente en lo que se refiere a ciertos contaminantes tales como el dióxido de azufre. Ha permitido fijar objetivos de calidad y de limitación de emisiones, reducir la contaminación de fuentes fijas y móviles, mejorar la calidad ambiental de los combustibles y abordar problemas como la lluvia ácida o el ozono troposférico entre otros. Paralelamente, en las últimas décadas,

la  
p  
p  
e  
tr  
ci  
si  
ti  
q  
ic  
ur  
g  
al  
ci  
d  
el  
ci

h  
A  
la  
d  
si  
h  
re  
ci  
h  
a  
n  
h  
si  
tr  
te  
p  
e  
y  
E  
ci  
d  
e



BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO

Núm. 28

Sábado 29 de enero de 2011

Sec. I. Pág. 9574

I. DISPOSICIONES GENERALES

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

1645 Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

La Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire, también conocida como Directiva Marco, modificó la normativa sobre esta materia existente anteriormente en el ámbito comunitario, adoptando un planteamiento general sobre la propia evaluación de la calidad del aire, fijando criterios para el uso y la exactitud en las técnicas de evaluación, así como la definición de unos objetivos de calidad que hablan de alcanzarse mediante una planificación adecuada.

Este planteamiento general, que precisaba del consiguiente desarrollo en relación con las distintas sustancias contaminantes para mantener una buena calidad del aire y mejorarla cuando resultase necesario, se concretó en las conocidas como Directivas Hijas: Directiva 1999/30/CE del Consejo, de 22 de abril de 1999, relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente, modificada por la Decisión de la Comisión 2001/744/CE, de 17 de octubre, Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de noviembre de 2000, sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente; Directiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de febrero de 2002 relativa al ozono en el aire ambiente; y Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de diciembre de 2004 relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.

La incorporación de estas Directivas a nuestro ordenamiento jurídico se hizo, a partir de la base legal que constituía la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección del Ambiente Atmosférico, desarrollada por el Decreto 833/1975, de 6 de febrero, mediante las siguientes normas: Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono; Real Decreto 1706/2003, de 26 de diciembre, relativo al ozono en el aire ambiente; y Real Decreto 812/2007, de 22 de junio, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

La Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa ha venido a modificar el anterior marco regulatorio comunitario, sustituyendo la Directiva Marco y las tres primeras Directivas Hijas, e introduciendo regulaciones para nuevos contaminantes, como las partículas de tamaño inferior a 2,5 micrómetros, y nuevos requisitos en cuanto a la evaluación y la gestión de la calidad del aire ambiente. Ello hace necesario incorporar al derecho interno estas novedades.

Asimismo, la antigua Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico ha sido sustituida por la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, que aporta la nueva base legal para los desarrollos relacionados con la evaluación y la gestión de la calidad del aire en España. Esta Ley, cuyo fin último es alcanzar unos niveles óptimos de calidad del aire para evitar, prevenir o reducir riesgos o efectos negativos sobre la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza, habilita al gobierno a definir y establecer los objetivos de calidad del aire y los requisitos mínimos de los sistemas de evaluación de la calidad del aire. Igualmente, sirve de marco regulador para la elaboración de los planes nacionales, autonómicos y locales para la mejora de la calidad del aire.

De la misma manera, el Decreto 833/1975, que desarrolló la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, ha sido sustituido en parte por los Reales Decretos de calidad del aire más

2. MARCO LEGAL DE LA CALIDAD DEL AIRE

BOE-A-2011-0645



## MARCO LEGAL DE LA CALIDAD DEL AIRE

### INDICE DEL CAPÍTULO

2.	MARCO LEGAL DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	19
2.1	Antecedentes legales .....	19
2.2	Normativa Europea .....	20
2.2.1	Directiva 2008/50/CE.....	20
2.2.2	Directiva 2004/107/CE.....	20
2.3	Normativa española .....	22
2.3.1	Ley 34/2007 .....	22
2.3.2	Real Decreto 102/2011.....	22





## 2. MARCO LEGAL DE LA CALIDAD DEL AIRE

En la web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente se puede acceder a la normativa sobre calidad del aire actualmente en vigor en España:

<http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/normativa/>

### 2.1 Antecedentes legales

La normativa actual sobre calidad y evaluación del aire tiene su origen en la *Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del Aire Ambiente*, o Directiva Marco, la primera norma en adoptar un planteamiento general y en fijar unos criterios, objetivos y técnicas de evaluación definidos. Dicho planteamiento inicial fue posteriormente desarrollado para diferentes grupos de contaminantes a través de una serie de normas, conocidas como Directivas Hijas, la mayor parte de las cuales ya han sido sustituidas por normas posteriores:

- *Directiva 1999/30/CE del Consejo, de 22 de abril de 1999, relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente* (1ª Directiva Hija).
- *Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de noviembre de 2000, sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente* (2ª Directiva Hija).
- *Directiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de febrero de 2002, relativa al ozono en el aire ambiente* (3ª Directiva Hija).
- *Directiva 2004/107/CE del parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente* (4ª Directiva Hija).

Estas disposiciones (así como sus posteriores actualizaciones) se fueron incorporando progresivamente al ordenamiento jurídico español, a partir de la base legal preexistente, la *Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico*, cuyo marco regulatorio fue posteriormente desarrollado y modificado por:

- *Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de protección del ambiente atmosférico.*
- *Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.*
- *Real Decreto 1796/2003, de 26 de diciembre, relativo al ozono en el aire ambiente.*
- *Real Decreto 812/2007, de 22 de junio, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.*

Dicha Ley y el resto de las normas citadas, hoy ya derogadas, se fueron adaptando desde su aprobación para recoger la evolución de los enfoques europeos, con el objetivo de mejorar la prevención de los efectos nocivos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud y el medio ambiente.

## 2.2 Normativa Europea

La normativa europea sobre calidad del aire actualmente en vigor viene representada por las siguientes Directivas:

- *Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.*
- *Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.*

### 2.2.1 [Directiva 2008/50/CE](#)

La **Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa**, fue publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea nº 152, de 11 de junio de 2008.

Se aprueba con el objeto de establecer medidas destinadas a:

- Definir y establecer objetivos de calidad del aire ambiente para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente en su conjunto;
- Evaluar la calidad del aire ambiente en los Estados miembros basándose en métodos y criterios comunes;
- Obtener información sobre la calidad del aire ambiente con el fin de ayudar a combatir la contaminación atmosférica y otros perjuicios y controlar la evolución a largo plazo y las mejoras resultantes de las medidas nacionales y comunitarias;
- Asegurar que esa información sobre calidad del aire ambiente se halla a disposición de los ciudadanos;
- Mantener la calidad del aire, cuando sea buena, y mejorarla en los demás casos;
- Fomentar el incremento de la cooperación entre los Estados miembros para reducir la contaminación atmosférica.

Esta Directiva sustituye a la Directiva Marco y a las tres primeras Directivas Hijas antes mencionadas, e introduce regulaciones para nuevos contaminantes, como las partículas de tamaño inferior a  $2,5 \mu\text{m}^3$ , así como nuevos requisitos en cuanto a la evaluación y los objetivos de calidad del aire, teniendo en cuenta las normas, directrices y los programas correspondientes a la Organización Mundial de la Salud. Entró en vigor el 11 de junio de 2008, si bien las derogaciones recogidas en ella no tuvieron efecto hasta el 11 de junio de 2010.

Ha sido transpuesta en España mediante el *Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire* (ver apartado 2.3.2).

### 2.2.2 [Directiva 2004/107/CE](#)

La **Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente**, fue publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea nº 23, de 26 de enero de 2005.

También conocida como 4ª Directiva Hija, es la única norma derivada de la Directiva Marco original que sigue en vigor. Podrá consolidarse con la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008, una vez se haya adquirido experiencia suficiente en cuanto a su aplicación.

La Directiva 2004/107/CE, de 15 de diciembre, fue aprobada con los siguientes objetivos concretos:

- Establecer un valor objetivo de concentración de arsénico, cadmio, níquel y benzo(a)pireno en el aire ambiente a fin de evitar, prevenir o reducir los efectos perjudiciales del arsénico, el cadmio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) en la salud humana y en el medio ambiente en su conjunto;
- Garantizar, con respecto al arsénico, el cadmio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos, el mantenimiento de la calidad del aire ambiente donde es buena y la mejora en otros casos;
- Establecer métodos y criterios comunes de evaluación de las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio, níquel e hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente, así como de los depósitos de arsénico, cadmio, mercurio, níquel e hidrocarburos aromáticos policíclicos;
- Garantizar la obtención y la puesta a disposición pública de información adecuada sobre las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio, níquel e hidrocarburos aromáticos policíclicos, así como sobre los depósitos de arsénico, cadmio, mercurio, níquel e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

La Directiva establece valores objetivo para el arsénico, el cadmio, el níquel y el benzo(a)pireno, en representación de los PAHs<sup>1</sup> (esto es, se exceptúa el mercurio), entendidos como la concentración en el aire ambiente fijada para evitar, prevenir o reducir los efectos perjudiciales de dichos contaminantes en la salud humana y el medio ambiente en su conjunto, que debe alcanzarse en lo posible durante un determinado período de tiempo. En concreto, tales valores objetivo deberán alcanzarse, en la medida de lo posible, con efectos a partir del 31 de diciembre de 2012. No obstante, desde el 30 de septiembre de 2008 los Estados Miembros tienen la obligación de informar a la Comisión acerca de las superaciones de dichos valores objetivo.

Allí donde se sobrepasen se identificarán las fuentes responsables y se demostrará la aplicación de todas las medidas necesarias que no generen costes desproporcionados para alcanzar los valores objetivo fijados. En el caso de las instalaciones industriales, que son las principales fuentes de estos contaminantes, ello significa la aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (o BAT por sus siglas en inglés).

Esta Directiva fue transpuesta en España mediante el *Real Decreto 812/2007, de 22 de junio, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos*, norma a su vez derogada por el *Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire* (Apartado 2.3.2).

---

<sup>1</sup> El benzo(a)pireno se utiliza como indicador del riesgo carcinogénico de los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

## 2.3 Normativa española

La legislación española sobre calidad del aire actualmente en vigor viene representada por las siguientes normas:

- *Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.*
- *Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.*

### 2.3.1 [Ley 34/2007](#)

La **Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera**, fue publicada en el BOE nº 275, de 16 de noviembre de 2007.

Esta Ley actualiza la base legal para los desarrollos relacionados con la evaluación y la gestión de la calidad del aire en España, y tiene como fin último el de alcanzar unos niveles óptimos de calidad del aire para evitar, prevenir o reducir riesgos o efectos negativos sobre la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. Mediante la misma se habilita al gobierno a definir y establecer los objetivos de calidad del aire y los requisitos mínimos de los sistemas de evaluación de la calidad del aire, y sirve de marco regulador para la elaboración de los planes nacionales, autonómicos y locales para la mejora de la calidad del aire.

En ella se establecen, pues, los principios esenciales en materia de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación atmosférica. Merece la pena destacar los siguientes:

- En el capítulo II se desarrollan los fundamentos de la **evaluación y gestión de la calidad del aire**, basado en tres pilares: los **contaminantes a evaluar** y sus **objetivos de calidad** (artículo 9), las **obligaciones** de la evaluación (artículo 10), y la **zonificación** del territorio (artículo 11), según los niveles de contaminantes para los que se hayan establecidos objetivos de calidad.
- El capítulo IV se ocupa de la **planificación**, centrada en la elaboración de **planes y programas** para la protección de la atmósfera y para minimizar los efectos negativos de la contaminación atmosférica (art. 16).
- Finalmente, el capítulo VI, dedicado al **control, inspección, vigilancia y seguimiento**, recoge el deber de las comunidades autónomas y en su caso, entidades locales, de disponer de **estaciones, redes y otros sistemas de evaluación** de la calidad del aire suficientes para el cumplimiento de sus obligaciones, conforme a lo indicado en la norma (art. 28).

Todos estos principios esenciales se explican y desarrollan en detalle más adelante, dentro del Capítulo 3.

### 2.3.2 [Real Decreto 102/2011](#)

Se va a prestar una especial atención a esta norma, ya que resulta esencial en la evaluación y gestión de la calidad del aire en España.

El **Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire**, fue publicado en el BOE nº 25, de 29 de enero de 2011, y transpone al ordenamiento jurídico español el contenido de la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008.

Se aprueba con la finalidad de *evitar, prevenir y reducir los efectos nocivos de las sustancias mencionadas sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza*, lo que a su vez conlleva la consecución de varios objetivos parciales:

También concreta diversos aspectos relacionados con las mediciones (art. 7), tales como: los criterios de ubicación de los puntos de muestreo o la determinación del número mínimo de éstos en medición fija (Anexo IV), los objetivos de calidad de los datos (Anexos V y VI) o los métodos de referencia para la evaluación (Anexo VII); y proporciona criterios adicionales para las partículas PM<sub>2,5</sub> (art. 8 y Anexo VIII) y para los metales As, Cd, Hg, Ni y HAPs (art. 9).

- Evaluación de la calidad del aire en relación al **ozono**: Obliga igualmente a la clasificación de cada zona o aglomeración en función de los valores objetivo del Anexo I (Art. 10), establece los criterios para clasificar y ubicar los puntos de medición y el número mínimo de éstos, así como los objetivos de calidad de los datos (art. 11 y Anexos V, IX y X).
- Evaluación de la calidad del aire en relación con el **amoníaco**: en un único artículo (art. 12), establece el número mínimo de puntos de muestreo y su ubicación, los objetivos de calidad de los datos y las técnicas de análisis, conforme a lo indicado en el Anexo XII.

El Real Decreto también se ocupa de la **gestión de la calidad del aire**, ya que:

- Fija diversas obligaciones en lo que respecta a los **plazos de cumplimiento** y a la necesidad de elaborar listados diferenciados por contaminante donde se indique los **umbrales y límites legislados superados**, por zonas y aglomeraciones (art. 13, Anexos I y II), así como al estipular una serie **medidas aplicables** según la superación o no superación de los límites, objetivos y /o umbrales establecidos, según el caso (Art. 14 a 20).
- Define un **Indicador Medio de Exposición** (en adelante, IME), como *“el nivel medio, determinado a partir de las mediciones efectuadas en ubicaciones de fondo urbano de todo el territorio nacional, que refleja la exposición de la población”*, que se emplea para calcular el **objetivo nacional de reducción de la exposición** (el porcentaje de reducción del indicador medio de exposición de la población nacional establecido para el año de referencia con el fin de reducir los efectos nocivos para la salud humana, que debe alcanzarse, en la medida de lo posible, en un período determinado) y la obligación en materia de **concentración de la exposición** (el nivel fijado sobre la base del indicador medio de exposición, con el fin de reducir los efectos nocivos para la salud humana que debe alcanzarse en un período determinado).

El IME se evalúa (art. 21, Anexo XIII) como concentración media móvil trienal, ponderada con la población en todos los puntos de muestreo establecidos a tal fin.

- Contempla las **aportaciones procedentes de fuentes naturales** (art. 22, Anexo XIV), en relación con las superaciones de los valores límite imputables a dichas causas, que por ello no se consideran como tales. La demostración y sustracción de los niveles atribuibles a fuentes naturales será conforme a las directrices publicadas por la Comisión Europea y, en su ausencia, a los procedimientos elaborados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en colaboración con las Comunidades Autónomas.
- Considera la posibilidad de solicitar **prórrogas de los plazos de cumplimiento**, y exenciones en la obligación de aplicar ciertos valores límite (art. 23, Anexo XV), y define y regula las condiciones aplicables a dicha solicitud.

Como consecuencia de todo lo anterior, El Real Decreto estipula que cuando en determinadas zonas o aglomeraciones los niveles de contaminantes en el aire ambiente superen cualquier valor límite o valor objetivo, así como el margen de tolerancia correspondiente a cada caso, las comunidades autónomas aprobarán **planes de calidad del aire** para esas zonas y aglomeraciones con el fin de conseguir respetar el valor límite o el valor objetivo correspondiente. De esta cuestión se ocupa el



También concreta diversos aspectos relacionados con las mediciones (art. 7), tales como: los criterios de ubicación de los puntos de muestreo o la determinación del número mínimo de éstos en medición fija (Anexo IV), los objetivos de calidad de los datos (Anexos V y VI) o los métodos de referencia para la evaluación (Anexo VII); y proporciona criterios adicionales para las partículas PM<sub>2,5</sub> (art. 8 y Anexo VIII) y para los metales As, Cd, Hg, Ni y HAPs (art. 9).

- Evaluación de la calidad del aire en relación al **ozono**: Obliga igualmente a la clasificación de cada zona o aglomeración en función de los valores objetivo del Anexo I (Art. 10), establece los criterios para clasificar y ubicar los puntos de medición y el número mínimo de éstos, así como los objetivos de calidad de los datos (art. 11 y Anexos V, IX y X).
- Evaluación de la calidad del aire en relación con el **amoniaco**: en un único artículo (art. 12), establece el número mínimo de puntos de muestreo y su ubicación, los objetivos de calidad de los datos y las técnicas de análisis, conforme a lo indicado en el Anexo XII.

El Real Decreto también se ocupa de la **gestión de la calidad del aire**, ya que:

- Fija diversas obligaciones en lo que respecta a los **plazos de cumplimiento** y a la necesidad de elaborar listados diferenciados por contaminante donde se indique los **umbrales y límites legislados superados**, por zonas y aglomeraciones (art. 13, Anexos I y II), así como al estipular una serie **medidas aplicables** según la superación o no superación de los límites, objetivos y /o umbrales establecidos, según el caso (Art. 14 a 20).
- Define un **Indicador Medio de Exposición** (en adelante, IME), como *“el nivel medio, determinado a partir de las mediciones efectuadas en ubicaciones de fondo urbano de todo el territorio nacional, que refleja la exposición de la población”*, que se emplea para calcular el **objetivo nacional de reducción de la exposición** (el porcentaje de reducción del indicador medio de exposición de la población nacional establecido para el año de referencia con el fin de reducir los efectos nocivos para la salud humana, que debe alcanzarse, en la medida de lo posible, en un período determinado) y la obligación en materia de **concentración de la exposición** (el nivel fijado sobre la base del indicador medio de exposición, con el fin de reducir los efectos nocivos para la salud humana que debe alcanzarse en un período determinado).

El IME se evalúa (art. 21, Anexo XIII) como concentración media móvil trienal, ponderada con la población en todos los puntos de muestreo establecidos a tal fin.

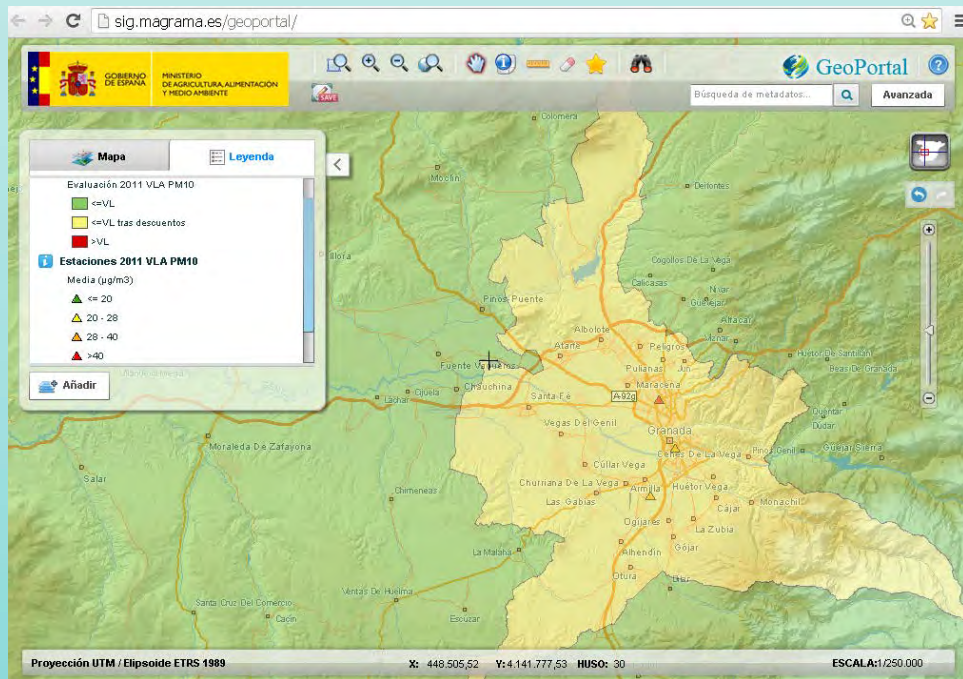
- Contempla las **aportaciones procedentes de fuentes naturales** (art. 22, Anexo XIV), en relación con las superaciones de los valores límite imputables a dichas causas, que por ello no se consideran como tales. La demostración y sustracción de los niveles atribuibles a fuentes naturales será conforme a las directrices publicadas por la Comisión Europea y, en su ausencia, a los procedimientos elaborados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en colaboración con las Comunidades Autónomas.
- Considera la posibilidad de solicitar **prórrogas de los plazos de cumplimiento**, y exenciones en la obligación de aplicar ciertos valores límite (art. 23, Anexo XV), y define y regula las condiciones aplicables a dicha solicitud.

Como consecuencia de todo lo anterior, El Real Decreto estipula que cuando en determinadas zonas o aglomeraciones los niveles de contaminantes en el aire ambiente superen cualquier valor límite o valor objetivo, así como el margen de tolerancia correspondiente a cada caso, las comunidades autónomas aprobarán **planes de calidad del aire** para esas zonas y aglomeraciones con el fin de conseguir respetar el valor límite o el valor objetivo correspondiente. De esta cuestión se ocupa el

Capítulo IV de la norma (art. 24 a 26), que también distingue los **Planes de acción a corto plazo** (art. 25), cuando en una zona o aglomeración exista el riesgo de que el nivel de contaminantes supere uno o más de los umbrales de alerta definidos por el Anexo I.

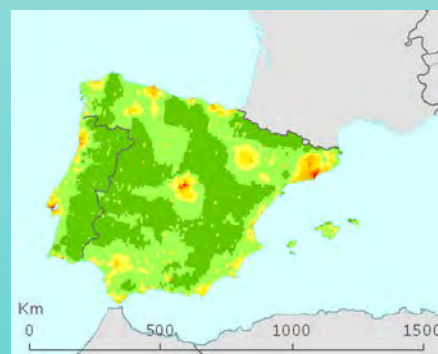
Finalmente, el Real Decreto regula el **intercambio de información** (entre las administraciones públicas y al público; art. 27 y 28), y establece el **régimen sancionador** (art. 29) para el incumplimiento de lo dispuesto en el mismo.





**PLAN NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE Y PROTECCIÓN DE LA ATMÓSFERA 2013-2016**  
*Plan AIRE*

Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural  
 Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial  
 ABRIL 2013



# 3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE



**CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE**

INDICE DEL CAPÍTULO

3.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	31
3.1	Introducción .....	31
3.2	Administraciones responsables y distribución de competencias .....	32
3.3	Redes de calidad del aire .....	34
3.4	Metodología de evaluación: contaminantes, valores legislados, zonificación y métodos de evaluación. ....	34
3.5	Planes de mejora de calidad del aire .....	59
3.6	Obligaciones de información de calidad del aire .....	60
3.7	Métodos de evaluación utilizados por zonas.....	62



### 3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

#### 3.1 Introducción

La calidad del aire viene determinada por la presencia en la atmósfera de **sustancias contaminantes**, que pueden ser gases o partículas y aerosoles.

La protección de la atmósfera y de la calidad del aire en España pasa por la prevención, vigilancia y reducción de los efectos nocivos de dichas sustancias contaminantes sobre la salud y el medio ambiente en su conjunto, **en todo el territorio nacional**. Para ello, la normativa vigente en materia de calidad del aire establece unos **objetivos de calidad del aire**, o niveles (concentraciones o depósitos) de contaminantes en la atmósfera que no deben sobrepasarse.

Para garantizar que se abarca la totalidad de la superficie nacional, las comunidades autónomas son las encargadas de dividir su territorio en **zonas de calidad del aire homogéneas** para la gestión y la evaluación (mediante mediciones, modelización u otras técnicas). Para ello se determinan unos **métodos y criterios comunes de evaluación**.

También hay que cumplir con el requisito imprescindible de **informar a la población y a las organizaciones interesadas**. El resultado de la evaluación anual se presenta en un cuestionario técnico para su envío a la Comisión Europea y en otros informes más claros y comprensibles dirigidos al público (Informe de la evaluación de la calidad del aire anual).

En función del resultado de la evaluación hay que tomar una serie de medidas para gestionar la calidad del aire, siempre con el fin de mejorarla, o mantenerla en los lugares donde sea óptima. En las zonas en las que se producen superaciones de los valores límite u objetivo, se han de elaborar **planes de mejora de la calidad del aire**. En ellos se adoptan una serie de medidas encaminadas a lograr unos niveles de contaminantes por debajo de los objetivos legislados.

En la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente se puede encontrar información detallada sobre la contaminación atmosférica y su control a través de la evaluación de la concentración de los contaminantes en el aire<sup>1</sup>, así como los informes y cuestionarios que sintetizan los aspectos más relevantes en relación con la evaluación de la contaminación atmosférica<sup>2</sup> (última evaluación oficial, histórico, evolución en los últimos años...).

Para poder comprender en qué consiste la evaluación de la calidad del aire y cómo se lleva a cabo, hay que comenzar por precisar qué se entiende por “evaluación”:

La **Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera** define la **evaluación** como el *resultado de aplicar cualquier método que permita medir, calcular, predecir o estimar las emisiones, los niveles o los efectos de la contaminación atmosférica*.

Su principal objetivo es el de establecer las bases en materia de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación atmosférica con el fin de evitar, y cuando ello no sea posible, aminorar, los

<sup>1</sup> <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/>

<sup>2</sup> <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/eval-of/default.aspx>



daños que de ésta puedan derivarse para las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. Ello a su vez implica:

- Obtener información comparable sobre la situación de la calidad del aire **en todo el territorio nacional**;
- Suministrar información sobre las medidas a tomar y su efecto;
- Y ofrecer información al público y a la Comisión Europea.

### 3.2 Administraciones responsables y distribución de competencias

En la realización de estas tareas participan tanto la Administración General del Estado como las Comunidades Autónomas y determinadas entidades locales.

El **Real Decreto 102/2001, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire**, es la norma que define las actuaciones a realizar por todas las administraciones públicas implicadas en la gestión de la calidad del aire.

Dicho Real Decreto establece las competencias de las diferentes administraciones públicas implicadas, del siguiente modo:

#### a) Administración General del Estado:

Al **Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente**, a través de la **Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural**, y más concretamente de la **Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial**, le corresponde la ejecución de las siguientes tareas:

- Adoptar las medidas de coordinación que, en aplicación del citado Real Decreto, resulten necesarias para facilitar a la Comisión Europea los datos e informaciones derivados de la normativa comunitaria y para llevar a cabo programas comunitarios de garantía de calidad de las mediciones organizados por la Comisión Europea;
- Proponer las medidas de cooperación con los demás Estados Miembros y con la Comisión Europea en materia de calidad del aire;
- Elaborar, con la participación de las administraciones competentes, los Planes Nacionales de Mejora de la Calidad del Aire;
- Recopilar la información técnica sobre la contaminación atmosférica de fondo, y facilitarla, por una parte, a los organismos internacionales pertinentes para el cumplimiento de las obligaciones derivadas de Convenios u otro tipo de compromisos internacionales sobre contaminación transfronteriza y, por otra, a las comunidades autónomas y, en su caso, las entidades locales, para su uso como complemento para la evaluación y gestión de la calidad de aire en sus respectivos territorios;
- Proponer las medidas necesarias para coordinar las actuaciones que deben llevarse a cabo para afrontar situaciones adversas relacionadas con la protección de la atmósfera o relativas a la calidad del aire cuya dimensión exceda el territorio de una comunidad autónoma;
- Elaborar un sistema de control y garantía de calidad que asegure la exhaustividad, coherencia, transparencia, comparabilidad y confianza en todo el proceso objeto de sus actuaciones;

- Y, finalmente, integrar en el Sistema Español de Información, Vigilancia y Prevención de la Contaminación Atmosférica, creado por la Ley 34/2007, toda la información a que den lugar las actuaciones anteriores.

La **Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)**, adscrita igualmente al mencionado **Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente**, y responsable de la gestión de la contaminación atmosférica de fondo a través de la Red EMEP/VAG/CAMP, tiene a su vez las siguientes obligaciones:

- Implantar un sistema de control y garantía de calidad que asegure la exhaustividad, coherencia, transparencia, comparabilidad y confianza de los resultados obtenidos en dicha red;
- Realizar las mediciones indicativas de partículas PM<sub>2,5</sub>, así como de metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos y de amoníaco en estaciones rurales de fondo.

Finalmente, el **Instituto de Salud Carlos III**, adscrito al actual **Ministerio de Economía y Competitividad**, actúa como Laboratorio Nacional de Referencia y como tal tiene que realizar las siguientes actuaciones:

- Participar en los ejercicios de intercomparación comunitarios;
- Coordinar a escala nacional la correcta utilización de los métodos de referencia y la demostración de la equivalencia de los métodos que no sean de referencia;
- Proponer métodos de referencia nacionales cuando no existan dichos métodos en el ámbito de la Unión Europea;
- Asistir a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural en el desempeño de sus actuaciones.

#### **b) Comunidades autónomas y entidades locales:**

A las **comunidades autónomas**, en el ámbito de sus respectivas competencias, así como a las **entidades locales**<sup>3</sup> (en lo que respecta a las competencias que tengan atribuidas en el ámbito de su legislación específica y en el marco de la legislación básica del Estado y de la legislación de las CCAA en materia de calidad del aire y protección de la atmósfera), les corresponden las siguientes tareas (según el artículo 3 del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero):

- Designar los órganos competentes, laboratorios, institutos u organismos técnico-científicos, encargados de la aplicación de las normas sobre calidad del aire ambiente y, en particular, de la garantía de la exactitud de las mediciones y de los análisis de los métodos de evaluación;
- Realizar en su ámbito territorial la delimitación y clasificación de las zonas y aglomeraciones en relación con la evaluación y la gestión de la calidad del aire ambiente; así como la toma de datos y evaluación de las concentraciones de los contaminantes regulados, y el suministro de información al público;
- Adoptar las medidas necesarias para garantizar que las concentraciones de los contaminantes regulados no superen los objetivos de calidad del aire y para la reducción

---

<sup>3</sup> Ver texto consolidado de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local (Jefatura del Estado; BOE nº 80, de 03/04/1985); [http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-1985-5392](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1985-5392)

de dichas concentraciones, así como las medidas de urgencia para que las concentraciones de los contaminantes regulados vuelvan a situarse por debajo de los umbrales de alerta y comunicar la información correspondiente al público en caso de superación de éstos (planes de mejora de calidad del aire y planes de acción a corto plazo);

- Aprobar los sistemas de medición, consistentes en métodos, equipos, redes y estaciones;
- Colaborar entre sí en el supuesto de que se sobrepasen los objetivos de calidad del aire fijados en un ámbito territorial superior al de una comunidad autónoma, bajo la coordinación del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente;
- Establecer, en su caso, objetivos de calidad del aire más estrictos que los fijados en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.

### 3.3 Redes de calidad del aire

Este reparto de competencias se traduce a su vez en la existencia de diversas **redes de control y vigilancia de la calidad del aire**, gestionadas por los diferentes organismos que participan en el proceso, que son:

- Redes de las **Comunidades Autónomas** (Andalucía, Aragón, Principado de Asturias, Baleares, Canarias, Cantabria, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Cataluña, Comunidad Valenciana, Extremadura, Galicia, Comunidad de Madrid, Región de Murcia, Comunidad Foral de Navarra, País Vasco y La Rioja), utilizadas en la evaluación de los contaminantes principales regulados por la legislación.
- Redes de **entidades locales** (Ayuntamiento de Madrid, Ayuntamiento de Zaragoza), igualmente para la evaluación de los contaminantes principales.
- La **Red EMEP/VAG/CAMP**, la única de carácter estatal, gestionada por la Agencia Española de Meteorología (AEMET), para la observación de la calidad del aire de fondo en zonas rurales remotas.

La Red EMEP/VAG/CAMP/, por sus especiales características, recibe un tratamiento propio en el capítulo 7.

### 3.4 Metodología de evaluación: contaminantes, valores legislados, zonificación y métodos de evaluación.

Independientemente de la Red considerada, la evaluación de la calidad del aire debe efectuarse con un **enfoque común** basado en **criterios de evaluación comunes**. Dicha evaluación debe tener en cuenta el tamaño de las poblaciones y los ecosistemas expuestos a la contaminación atmosférica, lo que lleva a clasificar el territorio nacional en **zonas o aglomeraciones** en función de la densidad de población.

- Las **zonas** son porciones de territorio delimitadas por la Administración competente en cada caso utilizada para evaluación y gestión de la calidad del aire.
- Las **aglomeraciones** se definen como conurbaciones de población superiores a 250.000 habitantes o bien, cuando la población sea igual o inferior a 250.000 habitantes, con una densidad de población por km<sup>2</sup> que determine la Administración competente y justifique que se evalúe y controle la calidad del aire ambiente.

Las comunidades autónomas y entidades locales definen sus correspondientes zonas y aglomeraciones<sup>4</sup> del siguiente modo:

- Para todos los contaminantes evaluados excepto para el ozono, conforme a los **umbrales de evaluación** (uno **superior** y otro **inferior**), niveles establecidos por el Real Decreto 102/2011 en su Anexo II para cada contaminante a partir de porcentajes de sus valores límite (según corresponda), de modo que son característicos y diferentes para cada uno de ellos. Dichos umbrales se fijan para garantizar la **equivalencia** de la evaluación de la calidad del aire independientemente del ámbito territorial considerado<sup>5</sup>.
- En el caso del ozono, la zonificación se efectúa en relación con el **valor objetivo a largo plazo** fijado igualmente por el Real Decreto 102/2011 (Anexo I).

Además, la zonificación puede sufrir modificaciones con el tiempo, según evolucionen los niveles de los contaminantes legislados en el aire, por ejemplo como consecuencia de la aparición de cambios en las actividades que inciden en sus concentraciones o de la aplicación de medidas correctoras; de hecho, la legislación vigente contempla la revisión periódica de la clasificación de cada zona o aglomeración respecto a los umbrales de evaluación correspondientes. Los cambios en la zonificación de un contaminante tienen que justificarse previamente a través del correspondiente informe técnico.

En las zonas y aglomeraciones así definidas se evalúa la calidad del aire para los **contaminantes dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), partículas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>), plomo (Pb), benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), monóxido de carbono (CO), arsénico (As), cadmio (Cd), níquel (Ni), benzo(a)pireno (B(a)P) y ozono (O<sub>3</sub>)**.

Dicha evaluación se efectúa considerando diversos **objetivos de calidad del aire**. Se distingue entre:

- Objetivos para la protección de la salud (**valores límite**): definidos para SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, plomo, benceno y CO.
- Objetivos para la protección de la salud (**valor objetivo, objetivo a largo plazo**): definidos para partículas PM<sub>2,5</sub>, arsénico, cadmio, níquel, B(a)P y ozono.
- Objetivos para la protección de la vegetación (**niveles críticos**): definidos para SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.

Se entiende por **valor límite** aquel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza que debe alcanzarse en un período determinado y no superarse una vez alcanzado.

El **valor objetivo** es el nivel de un contaminante que deberá alcanzarse, en la medida de lo posible, en un momento determinado para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

<sup>4</sup> [http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Zonificaci%C3%B3n\\_2012\\_tcm7-299047.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Zonificaci%C3%B3n_2012_tcm7-299047.pdf)

<sup>5</sup> Se considera que la calidad del aire en dos puntos es equivalente cuando sus niveles de concentración sitúan a ambos puntos en el mismo intervalo de los definidos por los parámetros de calidad establecidos en la legislación. Esto es, por debajo o por encima de los valores límite y valores objetivo en la base de tiempo anual que corresponde a cada evaluación.

A su vez, el **objetivo a largo plazo** es el nivel de un contaminante que debe alcanzarse a largo plazo, salvo cuando ello no sea posible con el uso de medidas proporcionadas, con el objetivo de proteger eficazmente la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

Finalmente, el **nivel crítico** es aquel fijado con arreglo a conocimientos científicos por encima del cual pueden producirse efectos nocivos para algunos receptores como las plantas, árboles o ecosistemas naturales pero no para el ser humano.

En las Tablas 3.1 a 3.3 se resumen los valores que fija la legislación para dichos niveles, según contaminante.

Tabla 3.1. Objetivos para la protección de la salud (valores límite).

Contaminante	Período de promedio	Valor límite	Fecha de cumplimiento	Umbral de alerta
SO <sub>2</sub>	Horario	350 µg/m <sup>3</sup> (24 superaciones como máximo al año)	01/01/2005	500 µg/m <sup>3</sup> (en 3 horas)
	Diario	125 µg/m <sup>3</sup> (3 superaciones como máximo al año)	01/01/2005	--
NO <sub>2</sub>	Horario	200 µg/m <sup>3</sup> (18 superaciones como máximo al año)	01/01/2010	400 µg/m <sup>3</sup> (en 3 horas)
	Anual	40 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2010	--
PM10	Diario	50 µg/m <sup>3</sup> (35 superaciones como máximo al año)	01/01/2005	--
	Anual	40 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2005	--
Pb	Anual	0,5 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2005	--
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Anual	5 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2010	--
CO	Máximo diario de las medias móviles octohorarias	10 mg/m <sup>3</sup>	01/01/2005	--
PM2,5(*)	Anual	25 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2015	--

(\*) El margen de tolerancia del VL de PM2,5 en 2012 es de 2, es decir, VL+MdT=27µg/m<sup>3</sup>

Tabla 3.2. Objetivos para la protección de la salud (valores objetivo).

Contaminante	Período de promedio	Valor objetivo	Objetivo a largo plazo	Fecha de cumplimiento	Umbral de información	Umbral de alerta
PM2,5	Anual	25 µg/m <sup>3</sup>	--	01/01/2010	--	--
As	Anual	6 ng/m <sup>3</sup>	--	01/01/2013	--	--
Cd	Anual	5 ng/m <sup>3</sup>	--	01/01/2013	--	--
Ni	Anual	20 ng/m <sup>3</sup>	--	01/01/2013	--	--
B(a)P	Anual	1 ng/m <sup>3</sup>	--	01/01/2013	--	--

Tabla 3.2. Objetivos para la protección de la salud (valores objetivo).

Contaminante	Período de promedio	Valor objetivo	Objetivo a largo plazo	Fecha de cumplimiento	Umbral de información	Umbral de alerta
O <sub>3</sub>	Horario	--	--	01/01/2004	180 µg/m <sup>3</sup>	--
		--	--	01/01/2004	--	240 µg/m <sup>3</sup>
	Máximo diario de las medias móviles octohorarias	120 µg/m <sup>3</sup> (25 superaciones como máximo, en un promedio de 3 años)	--	01/01/2010 (periodo trienal 2010-2012)	--	--
		--	120 µg/m <sup>3</sup>	No definida	--	--

Tabla 3.3. Objetivos para la protección de la vegetación (niveles críticos).

Contaminante	Período de promedio	Nivel crítico	Valor objetivo	Objetivo a largo plazo	Fecha de cumplimiento
SO <sub>2</sub>	Anual e invierno (1-octubre a 31-marzo)	20 µg/m <sup>3</sup>	--	--	11/06/2008
NO <sub>x</sub>	Anual	30 µg/m <sup>3</sup> (expresado como NO <sub>2</sub> )	--	--	11/06/2008
O <sub>3</sub>	AOT40 <sup>6</sup> , a partir de valores horarios, de mayo a julio	--	18000 µg/m <sup>3</sup> h (promedio en un periodo de 5 años)	--	01/01/2010 (periodo quinquenal 2010-2014)
		--	--	6000 µg/m <sup>3</sup> h	No definida

Por otra parte, en ciertas ocasiones puede resultar útil considerar estadísticos que no se ajustan a los objetivos de calidad legislados. Este es el caso de la utilización de **percentiles**, por ejemplo cuando se dispone de series temporales con una baja captura de datos, que pueden ofrecer una aproximación a la calidad del aire más acertada que la consideración del número de superaciones, ya que los percentiles se muestran poco influidos por la pérdida de datos.

El **percentil X-ésimo** identifica un dato de una serie ordenada de menor a mayor que deja por debajo suyo el X% de los datos de la serie. Es decir, cuando no se dispone del 100% de los datos de una estación, **permite conocer cómo de cerca o de lejos está la misma de alcanzar el valor legislado de que se trate.**

El valor del percentil se calcula según el contaminante, teniendo en cuenta los valores legislados<sup>7</sup>. En la Tabla 3.4 se resumen los percentiles de los principales contaminantes:

<sup>6</sup> El valor AOT40, acrónimo de "Accumulated Ozone Exposure over a threshold of 40 Parts Per Billion", se expresa en [µg/m<sup>3</sup>] × h y es la suma de la diferencia entre las concentraciones horarias superiores a los 80 µg/m<sup>3</sup> (= 40 nmol/mol o 40 partes por mil millones en volumen) y 80 µg/m<sup>3</sup> a lo largo de un período dado utilizando únicamente los valores horarios medidos entre las 8:00 y las 20:00 horas, Hora Central Europea, cada día (o la correspondiente para las regiones ultraperiféricas).

Tabla 3.4. Relación entre el máximo número de superaciones, el percentil y el x-ésimo valor más alto

Contaminante	Periodo (VL/VO)	Máximo número de superaciones	x-ésimo valor más alto	Percentil
SO <sub>2</sub>	Día	3	4º valor más alto	99,2
	Hora	24	25º valor más alto	99,73
NO <sub>2</sub>	Hora	18	19º valor más alto	99,79
PM10	Día	35	36º valor más alto	90,4
O <sub>3</sub>	Día	25	26º valor más alto	93,2

Cualquier método que permita medir, calcular, predecir o estimar las emisiones, los niveles o los efectos de la contaminación atmosférica resulta válido para llevar a cabo la evaluación de la calidad del aire, si bien según el contaminante hay métodos más recomendables que otros, ya que aportan una mayor precisión.

Conforme al Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, la evaluación de la calidad del aire ambiente se realizará, dependiendo del nivel de los contaminantes con respecto a los umbrales/valores objetivo utilizando **mediciones fijas, técnicas de modelización**, campañas de mediciones representativas, **mediciones indicativas** o investigaciones, o una combinación de todos o algunos de estos métodos.

La legislación también determina los **objetivos de calidad de los datos** (Tabla 3.5) en la medición de las concentraciones de los distintos contaminantes, así como la **forma de presentación de los resultados** y los **métodos de referencia** (Tabla 3.6) a utilizar para la evaluación de dichas concentraciones.

Los diferentes métodos de evaluación son:

- **Mediciones fijas:** se trata de mediciones efectuadas en emplazamientos fijos, bien de forma continua, bien mediante un muestreo aleatorio, con el propósito de determinar los niveles de conformidad con los objetivos de calidad de los datos establecidos por la legislación (Incertidumbre, recogida mínima de datos y cobertura mínima temporal).



Figura 3.1. Ejemplo de una estación de medición fija.

<sup>4</sup> Por ejemplo: el VLH de NO<sub>2</sub> de 200 µg/m<sup>3</sup> no se podrá superar en más de 18 horas al año, por lo tanto el valor del percentil se calcula de la siguiente manera: Si un año tiene 8760 horas menos 18 horas son 8742,  $8742/8760 = 99,79$





3.2.1



3.2.2



3.2.3

Figura 3.2. Ejemplos de equipos de medición.

- 3.2.1. Sensores automáticos.
  - 3.2.2. Equipos de medición de partículas.
  - 3.2.3. Equipo de recogida de muestras de precipitación.
- **Mediciones indicativas:** Mediciones cuyos objetivos de calidad de los datos en cuanto a cobertura temporal mínima son menos estrictos que los exigidos para las mediciones fijas (esto es, se efectúan con una menor frecuencia), pero satisfacen todos los demás objetivos de calidad de los datos establecidos por la legislación.



Figura 3.3. Equipo de medición pasivo de amoníaco (medición indicativa).

- **Modelización:** Herramientas matemáticas que simulan el comportamiento de la atmósfera para determinar los niveles de un determinado contaminante en la misma. En general, los modelos parten de información meteorológica, topográfica, de fuentes de emisión y de mediciones del contaminante, y simulan el transporte por el viento, la dispersión debida a la turbulencia, las reacciones químicas del contaminante en la atmósfera, así como el depósito (por vía seca y húmeda) de los contaminantes (Figura 3.4).



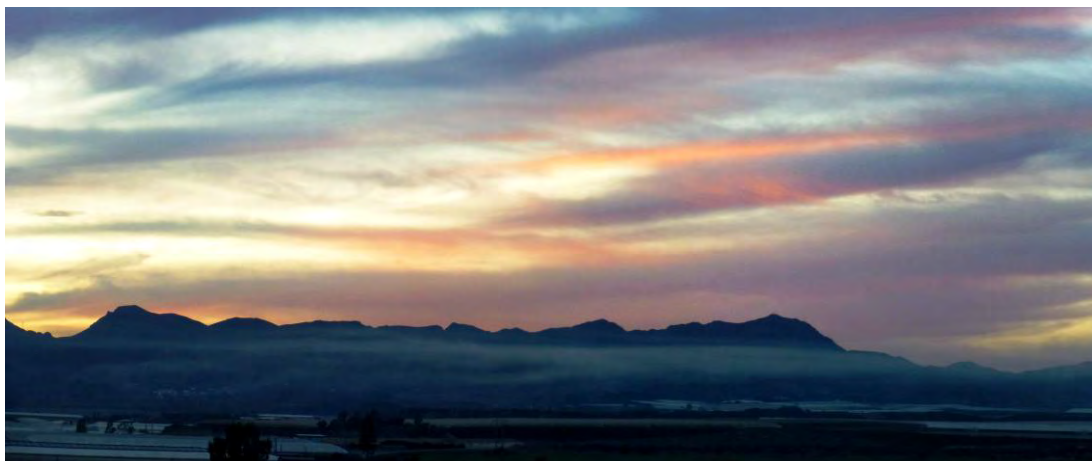


Figura 3.4. Inversión térmica producida al atardecer que dificulta la dispersión de contaminantes.

En la Figura 3.5 se recoge una muestra del resultado de la utilización de estas herramientas.

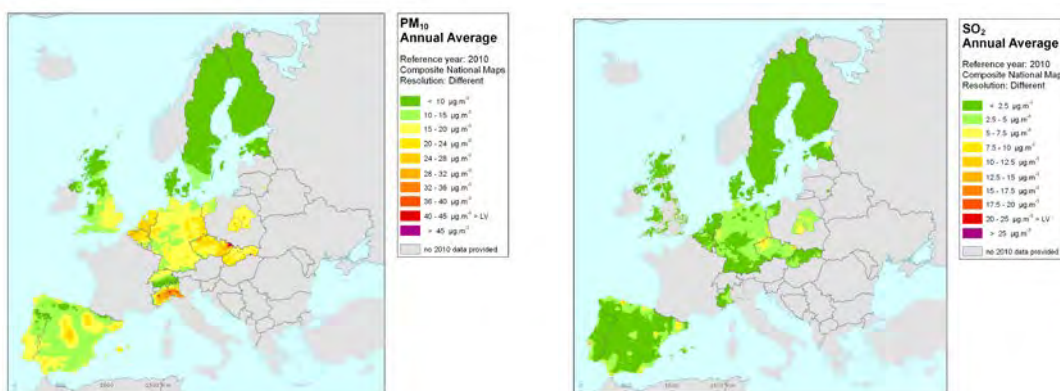


Figura 3.5. Modelización.- Ejemplos.

Por ejemplo, el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas realiza anualmente la modelización a nivel nacional de los diferentes contaminantes (SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub>, metales pesados, benceno), para ello emplea modelos (meteorológico WFR y fotoquímico CHIMERE) en combinación con mediciones en estaciones de calidad del aire. El modelo fotoquímico CHIMERE (Figura 3.6.) es ejecutado utilizando los datos procesados del Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes, topografía y usos de suelo para un dominio espacial cubriendo la Península Ibérica y Baleares anidado en un dominio europeo que proporciona los aportes de contaminantes extrapeninsulares. El modelo CHIMERE es ejecutado para el conjunto de contaminantes considerados obligatorios para la evaluación de la calidad del aire. Sus resultados son combinados con datos medidos en las redes españolas de estaciones de calidad del aire utilizando técnicas de *kriging* y regresión lineal con objeto de proporcionar mapas más fiables de concentraciones de contaminantes y probabilidad de superaciones valores límite, objeto, información y alerta con una resolución espacial es de 10x10 km<sup>2</sup>.

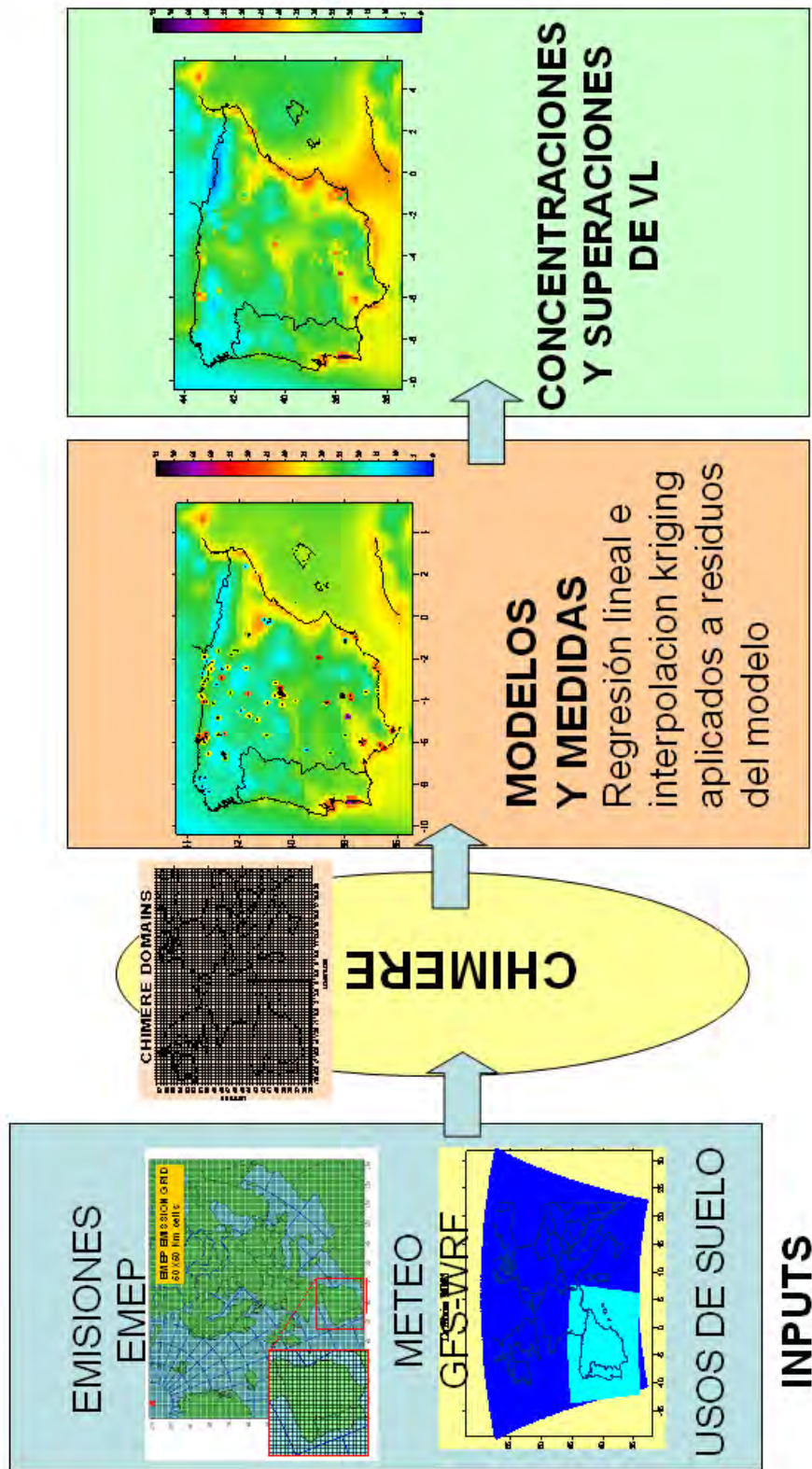


Figura 3.6. Esquema de la modelización del CIEMAT.

Tabla 3.5. Objetivos de calidad de los datos.

Contaminante	Medición fija		Medición indicativa		Modelización					
	Incertidumbre (k=2)	Captura mínima de datos	Cobertura temporal mínima	Incertidumbre	Captura mínima de datos	Periodicidad mínima	Medias horarias	Medias octohorarias	Medias diarias	Medias anuales
SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO	15%	90%	--	25%	90%	14% <sup>(1)</sup>	50%	50%	50%	30%
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	25%	90%	35% o 90% <sup>(2)</sup>	30%	90%	14% <sup>(3)</sup>	--	--	--	50%
PM10, PM2,5, Pb	25%	90%	--	50%	90%	14% <sup>(1)</sup>	--	--	Sin definir por el momento	50%
O <sub>3</sub> (y NO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> correspondientes)	15%	90% (verano) 75% (invierno)	--	30%	90%	> 10% (verano)	50%	50%	--	--
Contaminante	Medición fija		Medición indicativa		Modelización					
	Incertidumbre (k=2)	Captura mínima de datos	Cobertura temporal mínima	Incertidumbre	Captura mínima de datos	Periodicidad mínima	Incertidumbre			
B(a)P	50%	90%	33%	50%	90%	14%	60%			
As, Cd y Ni	40%	90%	50%	40%	90%	14%	60%			
HAPs ≠ B(a)P, Hg gaseoso total	50%	90%	--	50%	90%	14%	60%			
Depósitos totales	70%	90%	--	70%	90%	33%	60%			

<sup>(1)</sup>: Una medición por semana al azar, distribuidas uniformemente a lo largo del año, u ocho semanas distribuidas uniformemente a lo largo del año

<sup>(2)</sup>: 35% en emplazamientos de fondo urbano y de tráfico, repartidas durante el año de manera que sean representativas de las diversas condiciones climáticas y de tráfico

<sup>(3)</sup>: Una medición diaria por semana al azar, distribuidas uniformemente a lo largo del año, u ocho semanas distribuidas uniformemente a lo largo del año

Tabla 3.6. Métodos de referencia para la evaluación de las concentraciones de contaminantes en aire ambiente.

Contaminante	Método de referencia (para la medición) del RD 102/2011	Normas posteriores	Descripción
SO <sub>2</sub>	UNE-EN 14212:2006 «Calidad del aire ambiente.- Método normalizado de medida de la concentración de SO <sub>2</sub> por fluorescencia ultravioleta»	Anulada por UNE-EN 14212:2013 «Aire ambiente. Método normalizado de medida de la concentración de dióxido de azufre por fluorescencia de ultravioleta»	<b>Fluorescencia UV:</b> Este método se basa someter a la muestra a radiación ultravioleta, lo que excita las moléculas de SO <sub>2</sub> presentes y las lleva a un nivel superior de energía, las moléculas excitadas al volver a su estado fundamental emiten energía. La intensidad de la radiación fluorescente es proporcional a la concentración de SO <sub>2</sub> en la muestra.
NO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub>	UNE-EN 14211:2006 «Calidad del aire ambiente.- Método normalizado de medida de la concentración de NO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> por quimioluminiscencia»	Anulada por UNE-EN 14211:2013 «Aire ambiente. Método normalizado de medida de la concentración de dióxido de nitrógeno y monóxido de nitrógeno por quimioluminiscencia»	<b>Quimioluminiscencia:</b> Se hace reaccionar monóxido de nitrógeno (NO) con ozono O <sub>3</sub> en una cámara para formar dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> en estado excitado, las moléculas de NO <sub>2</sub> al volver a su estado fundamental emiten radiación que es proporcional a la concentración inicial de NO. Para la realización del análisis se emplean las siguientes técnicas: - <b>Spectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS):</b> técnica de análisis inorgánico capaz de detectar elementos traza (pocas ppb-ppt). En ella, la muestra es ionizada con un plasma de Ar; los iones formados pasan a un espectrómetro de masas, donde se separan y analizan; también se puede acoplar un cromatógrafo. - <b>Spectrometría de absorción atómica en cámara de grafito (GF-AAS):</b> La cuantificación del plomo presente se efectúa por espectrofotometría de absorción atómica, utilizando cámara de grafito, frente a una curva de patrones.
Pb	UNE-EN 14902:2006 «Calidad del aire ambiente.- Método normalizado para la medida de Pb, Cd, As y Ni en la fracción PM10 de la materia particulada en suspensión»	--	
PM10	UNE-EN 12341:1999 «Calidad del aire.- determinación de la fracción PM10 de la materia particulada en suspensión- método de referencia y procedimiento de ensayo de campo para demostrar la equivalencia de los métodos de medida al de referencia»	--	<b>Gravimetría:</b> El aire se hace atravesar por un filtro durante un tiempo dado a caudal fijo, lo que retiene las partículas presentes. Posteriormente, un cabezal de corte selecciona la fracción del material particulado que interesa (PM10). La concentración se obtiene como la diferencia entre el peso del filtro después de la toma de muestras y antes de la misma, dividiendo por el volumen total.



Tabla 3.6. Métodos de referencia para la evaluación de las concentraciones de contaminantes en aire ambiente.

Contaminante	Método de referencia (para la medición) del RD 102/2011	Normas posteriores	Descripción
PM2,5	UNE-EN 14907:2006 «Calidad del aire ambiente.- Método gravimétrico de medida para la determinación de la fracción másica PM2,5 de la materia particulada en suspensión»	--	<b>Gravimetría:</b> El aire se hace atravesar por un filtro durante un tiempo dado a caudal fijo, lo que retiene las partículas presentes. Posteriormente, un cabezal de corte selecciona la fracción del material particulado que interese (PM2,5). La concentración se obtiene como la diferencia entre el peso del filtro después de la toma de muestras y antes de la misma, dividiendo por el volumen total.  Las tres partes aludidas hacen referencia a: - Parte 1: Muestreo por aspiración seguido de desorción térmica y cromatografía de gases - Parte 2: Muestreo por aspiración seguido de desorción por disolvente y cromatografía de gases - Parte 3: Muestreo automático por aspiración con cromatografía de gases in situ.  La <b>cromatografía de gases</b> es una técnica de separación de muy amplia utilización, muy adecuada para analizar compuestos orgánicos volátiles. La muestra se inyecta en una corriente de gas inerte a alta temperatura, que atraviesa una columna cromatográfica donde se separan los componentes de la mezcla.
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	UNE-EN 14662:2006, partes 1, 2 y 3 «Calidad del aire ambiente.- Método normalizado de medida de las concentraciones de benceno»	--	<b>Absorción de IR:</b> El CO absorbe la radiación infrarroja de una longitud de onda determinada (entre 4,5 y 4,9 µm). Al pasar la corriente de aire muestreada por un detector de infrarrojos, se obtiene una señal proporcional a la concentración de CO presente en la muestra.  <b>Absorción UV:</b> El O <sub>3</sub> absorbe parte de la radiación ultravioleta. Al pasar la corriente de aire muestreada por un detector electrónico normalizado, se puede estimar la concentración de ozono en función de la atenuación de la misma.
CO	UNE-EN 14626:2006 «Calidad del aire ambiente.- Método normalizado de medida de la concentración de monóxido de carbono por espectrofotometría infrarroja no dispersiva»	Anulada por UNE-EN 14626:2013 «Calidad del aire ambiente. Método normalizado para la medición de la concentración de monóxido de carbono por espectroscopia infrarroja no dispersiva»	
O <sub>3</sub>	UNE-EN 14625:2005 «Calidad del aire ambiente.- Método normalizado de medida de la concentración de ozono por fotometría ultravioleta»	Anulada por UNE-EN 14625:2013 «Aire ambiente. Método normalizado de medida de la concentración de ozono por fEvoluciónotometría ultravioleta»	

Tabla 3.6. Métodos de referencia para la evaluación de las concentraciones de contaminantes en aire ambiente.

Contaminante	Método de referencia (para la medición) del RD 102/2011	Normas posteriores	Descripción
As, Cd y Ni	UNE-EN 14902:2006 «Calidad del aire ambiente.- Método normalizado para la medida de Pb, Cd, As y Ni en la fracción PM10 de la materia particulada en suspensión»	--	<p>Para la realización del análisis se emplean las siguientes técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS)</b>: técnica de análisis inorgánico capaz de detectar elementos traza (pocas ppb-ppt). En ella, la muestra es ionizada con un plasma de Ar; los iones formados pasan a un espectrómetro de masas, donde se separan y analizan; también se puede acoplar un cromatógrafo.</li> <li>- <b>Espectrometría de absorción atómica en cámara de grafito (GF-AAS)</b>: La cuantificación del plomo presente se efectúa por espectrofotometría de absorción atómica, utilizando cámara de grafito, frente a una curva de patrones.</li> </ul>

Tabla 3.6. Métodos de referencia para la evaluación de las concentraciones de contaminantes en aire ambiente.

Contaminante	Método de referencia (para la medición) del RD 102/2011	Normas posteriores	Descripción
<p>Hidrocarburos aromáticos policíclicos</p>	<p>UNE-EN 15549:2008 «Calidad del aire.- Método normalizado para la medición de la concentración de benzo(a)pireno en el aire ambiente»</p>	<p>--</p>	<p>El método de medición comprende el muestreo de B(a)P como parte de las partículas PM10, la extracción de muestra y su análisis por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)</b>, con <b>detector de fluorescencia (DFL)</b>: Las sustancias presentes en la muestra se separan gracias a su diferente reacción con los componentes de una columna cromatográfica, lo que se traduce en un tiempo de retención en la misma que es distinto para cada sustancia. Como detector se usa la fluorescencia, que detecta aquellas sustancias que emiten luz. Se utiliza el área de pico y/o altura de pico como medida de su concentración en la muestra.</li> <li>- O por <b>cromatografía de gases</b>, con <b>detector de espectrometría de masas (CG/EM)</b>: Similar a la anterior, solo que en este caso no se da reacción química entre la muestra y la columna (el gas presente en ésta es inerte, y sólo actúa como portador). La espectrometría de masas se basa en la detección de iones, al separar núcleos atómicos según su relación z/m (carga/masa); esto es, el B(a)P se identifica por un tiempo de retención y por unos valores m/z de iones específicos. El área de pico o la altura de pico es una medida de la concentración de la muestra.</li> </ul> <p>Los demás HAP se determinarán por la misma metodología ya descrita para los B(a)P.</p>

Tabla 3.6. Métodos de referencia para la evaluación de las concentraciones de contaminantes en aire ambiente.

Contaminante	Método de referencia (para la medición) del RD 102/2011	Normas posteriores	Descripción
Hg	FprEN 15852 (en fase de borrador CEN) «Calidad del aire ambiente.- Método normalizado para la determinación de mercurio gaseoso total»	--	Método automatizado basado en la espectrometría de absorción atómica o en la espectrometría de fluorescencia atómica. - <b>Espectrometría de absorción atómica (AAS)</b> : Se hace pasar una luz ultravioleta por la muestra. Los átomos de Hg presentes absorben parte de los fotones de luz, de modo que se mide la concentración de Hg a través de la atenuación del haz de luz original. - <b>Espectrometría de fluorescencia atómica (AFS)</b> : En este caso, la excitación del Hg se produce por absorción de radiación electromagnética.
Depósitos de As, Cd, Hg y Ni	UNE EN-15841:2010 «Calidad del aire ambiente.- Método normalizado para la determinación de arsénico, cadmio, plomo y níquel en la deposición atmosférica»	--	Especifica métodos para el muestreo de la deposición sólo húmeda y global de As, Cd, Ni y Pb, para el tratamiento de la muestra obtenida y para su análisis. Éste se puede realizar por: - <b>Espectrometría de absorción atómica con cámara de grafito (AA-CG)</b> : La muestra se calienta previamente en un horno de grafito, que la atomiza. A continuación se expone a una lámpara de cátodo hueco; la cantidad de luz absorbida determina la concentración de cada sustancia (las longitudes de onda son distintas para cada una de ellas). - O por <b>plasma de acoplamiento inductivo con espectrometría de masas (ICP-EM)</b> : Se trata de otro tipo de espectrometría de masas, en el que las muestras se encuentran en disolución acuosa. La muestra es nebulizada con un gas inerte, y sometida a la acción de un campo magnético oscilante inducido por una corriente de alta frecuencia (plasma), que ioniza los átomos presentes. Estos átomos son después separados según su relación z/m (carga/masa).



Tabla 3.6. Métodos de referencia para la evaluación de las concentraciones de contaminantes en aire ambiente.

Contaminante	Método de referencia (para la medición) del RD 102/2011	Normas posteriores	Descripción
Depósitos de HAP	Actualmente UNE-EN 15980:2011 «Calidad del aire. Determinación de la deposición de benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno, benzo[j]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, benzo[a]pireno, dibenzo[a,h]antraceno e indeno[1,2,3-cd]pireno»	prEN 15950 (en fase de borrador CEN) «Calidad del aire.- Determinación de la deposición de benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(j)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno e indeno(1,2,3-cd)pireno»	Método basado en la captación de depósitos totales (exposición de indicadores de depósitos cilíndricos de dimensiones normalizadas) y en la determinación de HAP por cromatografía de gases.

Los **métodos de evaluación** que se deben emplear en función de los niveles del contaminante se resumen en la Figura 3.7.

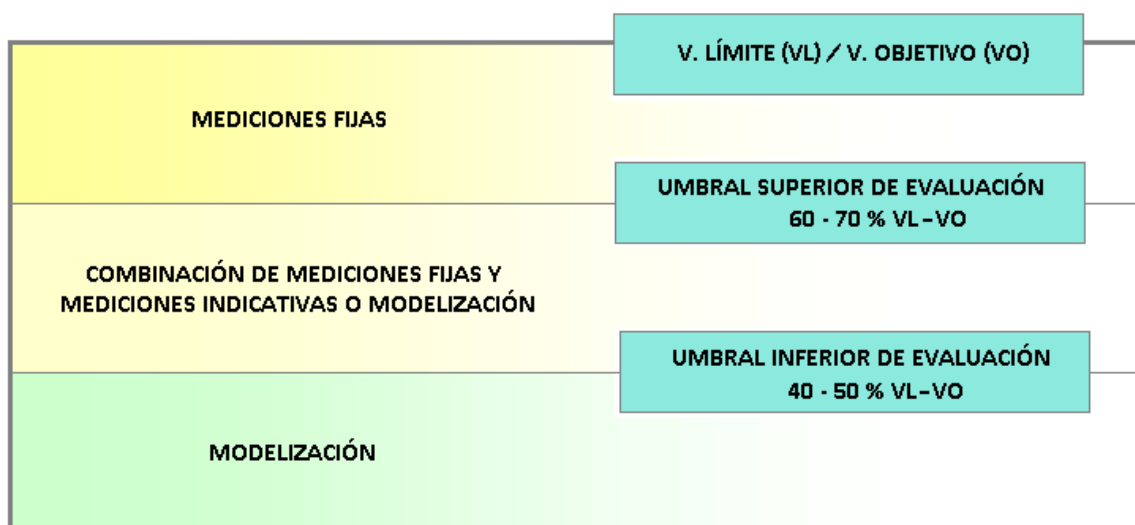


Figura 3.7. Métodos de evaluación a utilizar según los umbrales de evaluación superados.

La metodología de evaluación para todos los contaminantes mencionados excepto para el ozono es la siguiente:

- Será obligatorio efectuar **mediciones de la calidad del aire en lugares fijos** en las zonas y aglomeraciones **donde los niveles superen los umbrales superiores de evaluación**. Dichas mediciones fijas podrán complementarse con modelización o mediciones indicativas para obtener información adecuada sobre la distribución espacial de la calidad del aire ambiente.
- Si los niveles detectados **están comprendidos entre los umbrales inferior y superior de evaluación** podrá utilizarse una **combinación de mediciones fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas**.
- En todas las zonas y aglomeraciones donde el nivel de contaminantes se halle **por debajo del umbral inferior de evaluación** establecido para esos contaminantes, **será suficiente con utilizar técnicas de modelización** para la evaluación de la calidad del aire ambiente.

La Tabla 3.7 resume los umbrales superior e inferior de evaluación en cada uno de los casos contemplados en la legislación.

Tabla 3.7. Umbrales superiores e inferiores de evaluación.

Contaminante		Umbral superior de evaluación	Umbral inferior de evaluación
SO <sub>2</sub>	Protección de la salud	60% del VLD (75 µg/m <sup>3</sup> , no más de 3 ocasiones/año)	40% del VLD (50 µg/m <sup>3</sup> , no más de 3 ocasiones/año)
	Protección de la vegetación	60% del nivel crítico de invierno (12 µg/m <sup>3</sup> del nivel crítico de invierno)	40% del nivel crítico de invierno (8 µg/m <sup>3</sup> del nivel crítico de invierno)
NO <sub>2</sub>	Valor límite horario para la protección de la salud humana	70% del VLH (140 µg/m <sup>3</sup> , no más de 18 ocasiones/año)	50% del VLH (100 µg/m <sup>3</sup> , no más de 18 ocasiones/año)
	Valor límite anual para la protección de la salud humana	80% del VLA (32 µg/m <sup>3</sup> )	65% del VLA (26 µg/m <sup>3</sup> )
NO <sub>x</sub>	Nivel crítico anual para la protección de la vegetación y los ecosistemas	80% del nivel crítico (24 µg/m <sup>3</sup> , como NO <sub>2</sub> )	65% del nivel crítico (19,5 µg/m <sup>3</sup> , como NO <sub>2</sub> )
PM10	Media diaria	70% del VLD (35 µg/m <sup>3</sup> , no más de 35 ocasiones/año)	50% del VLD (25 µg/m <sup>3</sup> , no más de 35 ocasiones/año)
	Media anual	70% del VLA (28 µg/m <sup>3</sup> )	50% del VLA (20 µg/m <sup>3</sup> )
PM2,5 <sup>8</sup>	Media anual	70% del VLA (17 µg/m <sup>3</sup> )	50% del VLA (12 µg/m <sup>3</sup> )
Pb	Media anual	70% del VLA (0,35 µg/m <sup>3</sup> )	50% del VLA (0,25 µg/m <sup>3</sup> )
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Media anual	70% del VLA (3,5 µg/m <sup>3</sup> )	40% del VLA (2 µg/m <sup>3</sup> )
CO	Promedio de períodos de 8 horas	70% del VL (7 mg/m <sup>3</sup> )	50% del VL (5 mg/m <sup>3</sup> )
As	Media anual	60% del VO (3,6 ng/m <sup>3</sup> )	40% del VO (2,4 ng/m <sup>3</sup> )
Cd	Media anual	60% del VO (3 ng/m <sup>3</sup> )	40% del VO (2 ng/m <sup>3</sup> )
Ni	Media anual	70% del VO (14 ng/m <sup>3</sup> )	50% del VO (10 ng/m <sup>3</sup> )
B(a)P	Media anual	60% del VO (0,6 ng/m <sup>3</sup> )	40% del VO (0,4 ng/m <sup>3</sup> )

La superación de los umbrales superior e inferior de evaluación se determina sobre la base de las concentraciones registradas durante los cinco años anteriores, si se dispone de datos suficientes. Se considerará que se ha superado un umbral de evaluación cuando, en el transcurso de esos

<sup>8</sup> Los umbrales superior e inferior de evaluación para las PM2,5 no se aplican a las mediciones para evaluar el cumplimiento del objetivo de reducción de la exposición a las PM2,5 para la protección de la salud humana.

cinco años anteriores, se haya superado el valor numérico del umbral durante al menos tres años distintos.

Cuando los datos disponibles se refieren a un período inferior a cinco años, las autoridades competentes podrán combinar las campañas de medición de corta duración realizadas durante el período del año, y en los lugares susceptibles de registrar los niveles más altos de contaminación, con los resultados obtenidos de los inventarios de emisiones y con la modelización, para determinar los casos de superación de los umbrales superior e inferior de evaluación.

En el caso del ozono:

- En aquellas zonas y aglomeraciones en las cuales, durante alguno de los cinco años anteriores de mediciones, las concentraciones de ozono **hubiesen superado un objetivo a largo plazo**, serán obligatorias las **mediciones fijas continuas**. Estas mediciones fijas podrán constituir la única fuente de información o podrán complementarse con información procedente de modelización y/o mediciones indicativas. Cuando se disponga de datos correspondientes a un período inferior a cinco años para determinar las superaciones, las Administraciones competentes **podrán combinar campañas de medición** de corta duración en los períodos y lugares en que la probabilidad de observar niveles elevados de contaminación sea alta, de acuerdo con los resultados obtenidos de los inventarios de emisiones y la modelización.
- En el resto de zonas y aglomeraciones distintas de las arriba enumeradas **se podrán complementar las mediciones fijas** continuas con información procedente de **modelización** y/o **mediciones indicativas**.

En cualquier caso, hay que indicar que, como norma general, **la situación de la peor estación o los niveles más altos de un modelo son los que determinan la clasificación de la zona correspondiente** respecto a los valores legislados (es decir, **basta que una sola estación supere el valor legal**, para que se considere que **toda la zona a la que pertenece también lo incumple**, aunque existan otras estaciones en ella que sí se ajusten a los requisitos legalmente establecidos)<sup>9</sup>.

De todos los métodos de evaluación mencionados, y en líneas generales, el más empleado es el de la medición fija, como se desprende de la Figura 3.8, que refleja cuántas zonas han utilizado los diferentes métodos de evaluación en el año 2012, por contaminante.

<sup>9</sup> “Guideline to Questionnaire laying down a questionnaire to be used for annual reporting on ambient air quality assessment under Council Directives 96/62/EC, 1999/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC, 2004/107/EC and 2008/50/EC”; Junio 2009; Comisión Europea.

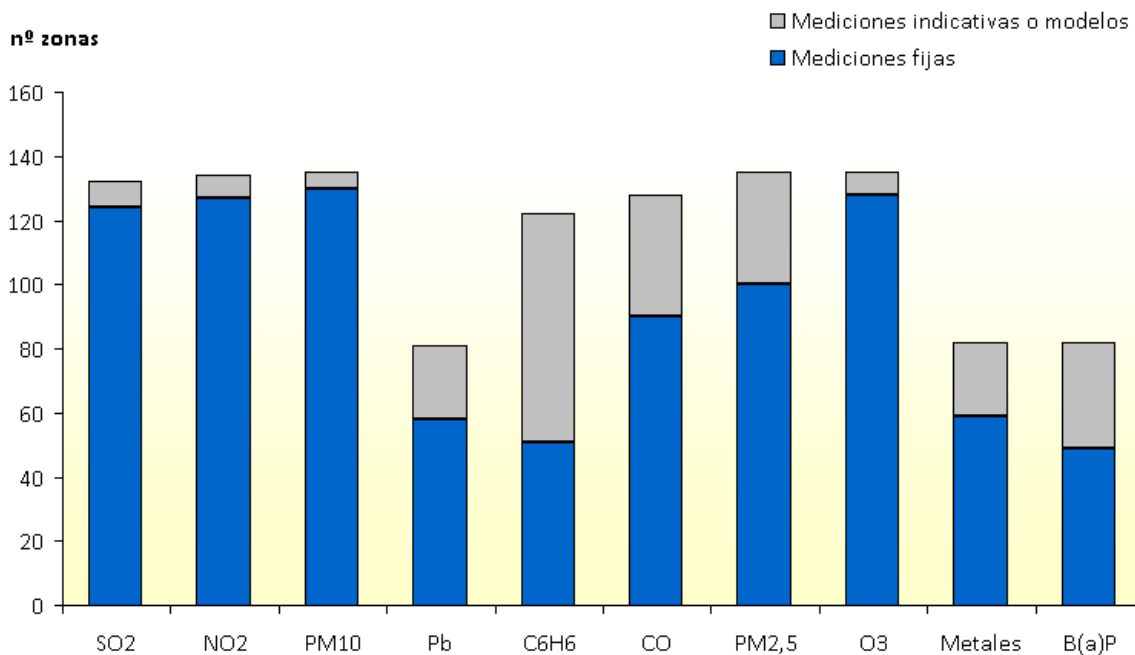


Figura 3.8. Métodos de evaluación por zonas (2012).

Al final de este capítulo, en el apartado 3.7, se recoge una tabla (Tabla 3.7) que resume los métodos de evaluación utilizados en cada una de las zonas, por contaminante, así como el número de puntos de medición.

En las Figuras 3.9 y 3.10 se recogen tanto el número de estaciones de medición fija utilizado en la evaluación del 2012 como la evolución de dicho número en los últimos años.

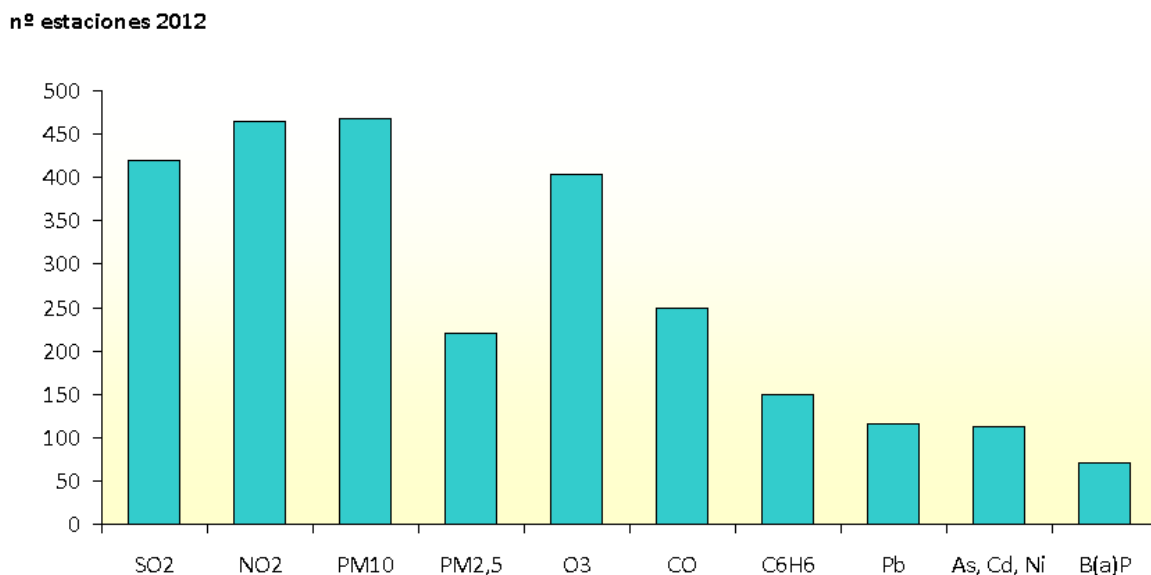


Figura 3.9. Número de estaciones utilizadas en la evaluación (2012).

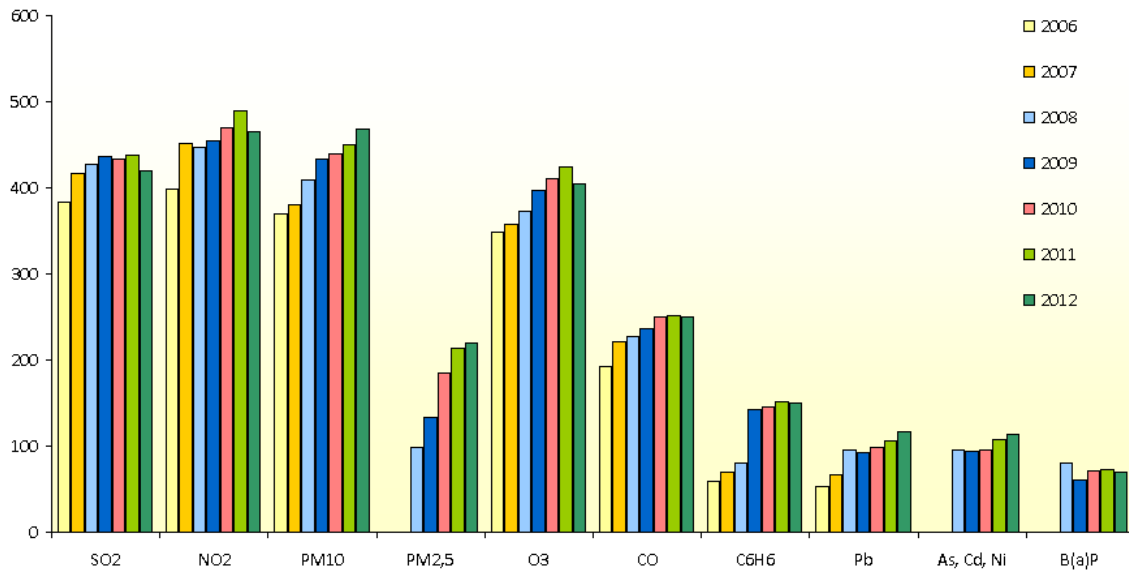


Figura 3.10. Evolución del número de estaciones utilizadas en la evaluación (2006-2012).

En términos generales, para los contaminantes que se miden de forma continua suele haber más puntos de muestreo de los necesarios, atendiendo a los criterios establecidos en la legislación, mientras que para metales y B(a)P existen ciertas zonas en las que se evalúa únicamente por modelización, no existiendo puntos de medición fija.

Las estaciones de medición fija no se ubican de manera aleatoria; la normativa determina unas condiciones muy concretas de micro y de macroimplantación, con el objetivo de que puedan proporcionar datos representativos y comparables tanto para la protección de la salud como de la vegetación y los ecosistemas.

- Para la **protección de la salud humana** (tanto en la península como en zonas insulares) los puntos de muestreo deberán estar situados de manera que proporcionen datos sobre:
  - Las áreas situadas dentro de las zonas y aglomeraciones que registren las concentraciones más altas a las que la población puede llegar a verse expuesta, directa o indirectamente, durante un período significativo en comparación con el período de promedio utilizado para el cálculo del valor o valores límite o, para el arsénico, el cadmio, el níquel y el B(a)P, valores objetivos;
  - Las concentraciones registradas en otras áreas dentro de las zonas y aglomeraciones que son representativas de la exposición de la población;
  - Los niveles de depósito que representen la exposición indirecta de la población a través de la cadena alimentaria, para el arsénico, el cadmio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Por regla general, los puntos de muestreo estarán de tal manera que se evite la medición de microambientes muy pequeños en sus proximidades.

- Para la **protección de la vegetación y los ecosistemas naturales** (incluidas las de las zonas insulares), los puntos de medición, a través del cumplimiento de los niveles críticos, estarán situados a una distancia superior a 20 km de las aglomeraciones o a más de 5 km de otras zonas edificadas, instalaciones industriales o carreteras. A título indicativo, un

punto de medición estará situado de manera que sea representativo de la calidad del aire en sus alrededores dentro de un área de al menos 1000 km<sup>2</sup> (no obstante, las Administraciones competentes podrán establecer que un punto de medición esté situado a una distancia menor o que sea representativo de la calidad del aire en una zona de menor superficie, teniendo en cuenta las condiciones geográficas o la posibilidad de proteger zonas particularmente vulnerables).

Así pues, las estaciones de medición fija pueden ser de diferente tipología, según el área en el que se localizan y según la principal fuente emisora implicada.

Las estaciones de vigilancia de la contaminación del aire pueden clasificarse:

- Según el **tipo de área** en la que se localizan, como:
  - **urbanas**
  - **suburbanas**
  - y **rurales**.
- Según la tipología de la **principal fuente de emisión** que la influye (que determina unos contaminantes predominantes), como:
  - **de tráfico**
  - **industriales**
  - **o de fondo**.

Dichas tipologías se pueden definir del siguiente modo:

- Según el **tipo de área** en la que se localizan:
  - **Urbanas**: las ubicadas en zonas edificadas de forma continua;
  - **Suburbanas**: las que se encuentran en zonas con presencia continuada de edificios, separadas por zonas no urbanizadas (pequeños lagos, bosques, tierras agrícolas...);
  - Y **rurales**: entendidas como las situadas en aquellas zonas que no satisfacen los criterios de las dos categorías anteriores.





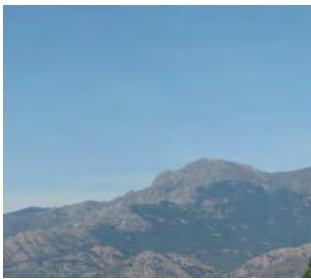
- Según la tipología de la **principal fuente de emisión** influyente:



- De **tráfico**: Estaciones situadas de tal manera que su nivel de contaminación está determinado principalmente por las emisiones procedentes de los vehículos de una calle o carretera próximas;



- **Industriales**: Estaciones situadas de tal manera que su nivel de contaminación se debe fundamentalmente a la contribución de fuentes industriales;



- **O de fondo**: Estaciones en las que no se manifiesta ninguna fuente de emisión como predominante.

Las dos figuras recogidas a continuación muestran una comparativa que permite apreciar las diferencias existentes en los entornos de ubicación de una estación urbana, suburbana y de fondo (Figura 3.11), así como de tráfico o industrial, de nuevo frente a una de fondo (Figura 3.12).



Figura 3.1.1. Comparación entre la ubicación de una estación urbana, otra suburbana y una de tráfico.





**TRÁFICO (Barcelona-Gracia-San Gervasi)**  
**INDUSTRIAL (Puertollano-Campo de Fútbol)**  
**FONDO (Doñana)**

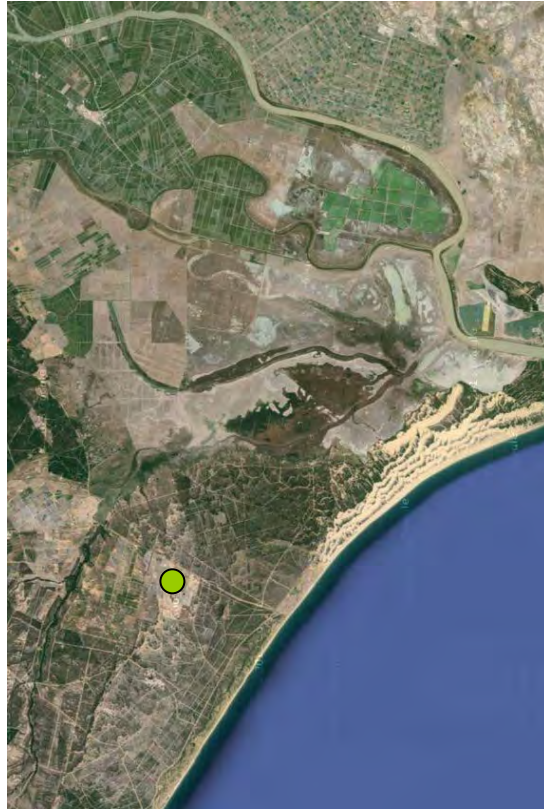


Figura 3.12. Comparación entre la ubicación de una estación de tráfico, otra industrial y una de fondo.

Por comunidades autónomas, la tipología de las estaciones utilizadas en la evaluación de la calidad del aire en el año 2012 ha sido la mostrada en la Figura 3.13.

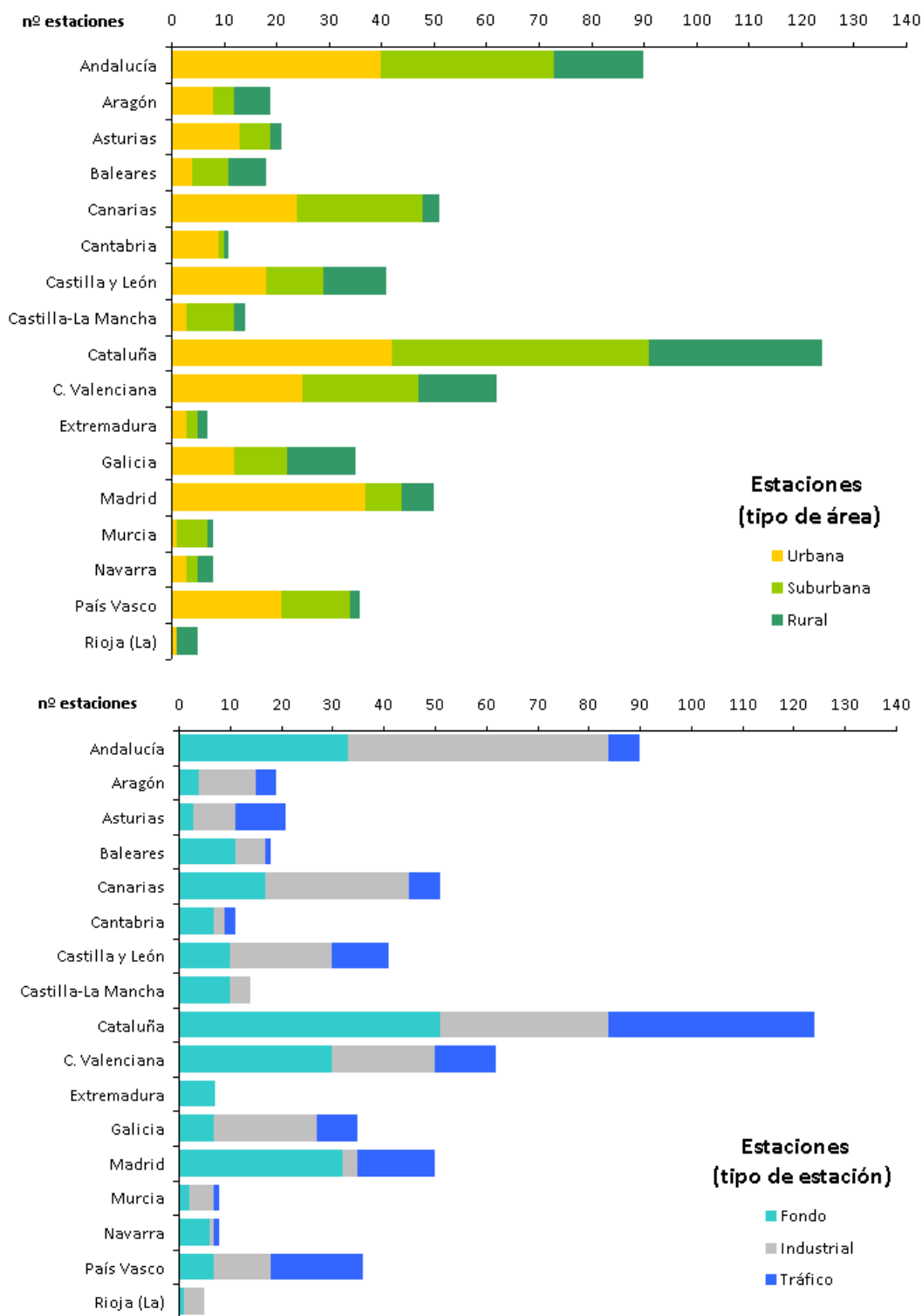


Figura 3.13. Estaciones utilizadas en la evaluación 2012 por CCAA y por tipo de área y tipo de estación.

### 3.5 Planes de mejora de calidad del aire

Hasta aquí se ha efectuado un repaso de en qué consiste la evaluación de la calidad del aire en España. Pero ¿Cuáles son las consecuencias del incumplimiento de los valores y umbrales establecidos por la legislación?

Hay distintas respuestas posibles dependiendo de cuál ha sido el valor superado, que se resumen en la figura adjunta y que consisten en:

- La **información** inmediata a la población
- La elaboración de **Planes de Acción** a corto plazo
- La elaboración de **Planes de Mejora** de la calidad del aire
- La elaboración de **Planes de Mejora** de la calidad del aire **a largo plazo**.



Figura 3.14. Respuesta a las superaciones de los valores legislados: Planes de Mejora de la calidad del aire.

- Cuando se supera el umbral de información, se procede a proporcionar de modo inmediato la **información** más apropiada, ya que una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana de los grupos especialmente vulnerables. La información se puede difundir por muy diversos medios, tales como como radio, televisión, prensa, pantallas de información, servicios de redes informáticas, páginas Web, teletexto, teléfono o fax.
- Si en una zona o aglomeración lo que se supera es uno (o más) de los umbrales de alerta definidos por la legislación, las comunidades autónomas y, en su caso, las entidades locales, deben abordar **planes de acción**, que indicarán las medidas que deben adoptarse **a corto plazo** (reducción o suspensión de determinadas actividades o restricciones a la circulación de vehículos a motor, por ejemplo, además de otras actuaciones específicas

relacionadas con aeronaves en ciclo de aterrizaje y despegue, obras de construcción, buques amarrados, funcionamiento de instalaciones industriales, o con la calefacción doméstica) para reducir el riesgo de superación o la duración de ésta, que pueda perjudicar no ya a los sectores más vulnerables, sino a la población en general.

En este contexto, el caso del ozono resulta particular, ya que para dicho contaminante solo se elaborarán esos planes de acción a corto plazo cuando consideren que hay una posibilidad significativa de reducción del riesgo o de la duración o gravedad de la situación, habida cuenta de las condiciones geográficas, meteorológicas y económicas.

- Cuando en determinadas zonas o aglomeraciones los niveles de contaminantes en el aire ambiente superan cualquier valor límite o valor objetivo (así como el margen de tolerancia correspondiente, en su caso), las comunidades autónomas tienen que aprobar **planes de calidad del aire** para esas zonas y aglomeraciones con el fin de conseguir respetar el valor límite o el valor objetivo correspondiente.
  - La superación del valor límite de un contaminante para el que ya ha vencido el plazo de cumplimiento lleva a la adopción de **planes de mejora de la calidad del aire**, que plantean las medidas concretas y necesarias para que el período de superación sea lo más breve posible, y que pueden recoger además medidas específicas destinadas a proteger a los sectores más vulnerables de la población.
  - Si en vez de tratarse de un valor límite se trata de un valor objetivo, se elabora un **Plan de mejora de la calidad del aire a largo plazo**, con medidas adecuadas que no conlleven costes desproporcionados.

Cuando deban elaborarse o ejecutarse planes de calidad del aire respecto de diversos contaminantes, se procede a elaborar y ejecutar **planes integrados**, que abarquen todos los contaminantes en cuestión.

Los **planes de mejora** pueden ser **locales** o **regionales**<sup>10</sup>, según su ámbito de aplicación. En ambos casos deben ser transmitidos al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para su comunicación a la Comisión Europea, antes de que transcurran dos años desde el final del año en que se registró la primera superación.

Independientemente de ello, y de acuerdo a sus competencias, la Administración General del Estado también elabora **Planes nacionales de mejora de la calidad del aire**<sup>11</sup> para aquellos contaminantes en los que se observan comportamientos similares en cuanto a fuentes, dispersión y niveles en varias zonas o aglomeraciones, que deben ser tenidos en cuenta por las comunidades autónomas para la elaboración de sus planes.

### 3.6 Obligaciones de información de calidad del aire

Haya incumplimientos o no, los resultados de la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente obligatoriamente **deben ser comunicados** tanto a la Unión Europea como al público en general.

<sup>10</sup> <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/gestion/planes.aspx>

<sup>11</sup> [http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/Plan\\_Aire.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/Plan_Aire.aspx)



España comunica anualmente a la Comisión Europea la información sobre su calidad del aire, en cumplimiento de la Directiva 2008/50/CE, relativa a la calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia en Europa, así como de la Directiva 2004/107/CE, relativa al arsénico, cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente. Para el cumplimiento de este deber de información, el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, detalla cuál es la información sobre calidad del aire a intercambiar previamente entre las administraciones públicas, información que debe ser clara, comprensible y accesible, y que se facilita periódicamente al público en general y a las organizaciones interesadas a través de medios de difusión apropiados, como como radio, televisión, prensa, pantallas de información, servicios de redes informáticas, páginas Web<sup>12 13</sup>, teletexto, teléfono o fax.

En concreto, las Admnsitraciones Públicas, según sus competencias, facilitan lo siguiente:

- Las **concentraciones en el aire ambiente** de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno, monóxido de carbono, ozono, arsénico, cadmio, mercurio, níquel, benzo(a)pireno y los restantes hidrocarburos aromáticos policíclicos contemplados por la normativa; así como los **niveles de depósito** de arsénico, cadmio, mercurio, níquel, benzo(a)pireno y los restantes hidrocarburos aromáticos policíclicos contemplados por la normativa. También la **concentración de amoniaco** obtenida en los puntos de medición rurales de fondo y de tráfico, y la **contaminación de fondo rural**;
- **Estudios** sobre calidad del aire y salud (realizados en el ámbito de sus respectivas competencias);
- La indicación de todos los casos en que las concentraciones **superen** los objetivos de calidad del aire establecidos, incluidos los valores límite, los valores objetivo, los umbrales de alerta, los umbrales de información y los objetivos a largo plazo, sus causas y la zona afectada; una breve evaluación en relación con los objetivos de calidad del aire, información adecuada en relación con las repercusiones sobre la salud y, cuando proceda, la vegetación, así como la descripción de la metodología seguida en la toma de muestras y análisis;
- Si para la evaluación de la calidad del aire relativa a determinados contaminantes se tienen en cuenta las aportaciones procedentes de **fuentes naturales**, se informa de la metodología seguida y de las zonas y aglomeraciones en las que las superaciones de los valores límite de un contaminante son atribuibles a fuentes naturales;
- Las decisiones de **prórroga** de los plazos de cumplimiento y las toda **exención** de la obligación de aplicar ciertos valores límite, tanto solicitadas como concedidas;
- Los **planes de mejora de la calidad del aire** aprobados para lograr que los contaminantes estén por debajo de los valores límite o los valores objetivo (según el caso); los **planes de acción a corto plazo**, elaborados ante el riesgo de que el nivel de contaminantes supere uno o más de los umbrales de alerta; y también las medidas adoptadas para alcanzar y no superar los valores objetivo y los objetivos a largo plazo;

<sup>12</sup> <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/airbase-the-european-air-quality-database-7>

<sup>13</sup> <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/>

- **Informes anuales** sobre todos los contaminantes cubiertos por la normativa vigente. En el caso del amoníaco, esta obligación se entiende solo para los puntos de medición rurales de fondo y de tráfico. En estos informes se presenta un compendio de los niveles de superación de los valores límite, los valores objetivo, los objetivos a largo plazo, los umbrales de información y los umbrales de alerta, para los períodos de cálculo de las medias que correspondan. Esta información debe combinarse con una evaluación sintética de los efectos de esas superaciones. Los informes podrán incluir, cuando proceda, información y evaluaciones suplementarias sobre protección forestal así como información sobre los demás contaminantes para los que la normativa establece medidas de control (por ejemplo, para las sustancias precursoras del ozono no reguladas).

### 3.7 Métodos de evaluación utilizados por zonas

Para terminar este capítulo, se recoge una tabla (Tabla 3.8) que resume los métodos utilizados en cada una de las zonas utilizadas para la evaluación, por contaminante, con la siguiente clave:

<input type="checkbox"/>	La zona no evalúa el contaminante
<input type="checkbox"/>	La zona evalúa el contaminante mediante modelización
<input checked="" type="checkbox"/>	La zona evalúa el contaminante mediante mediciones fijas

Donde:

- X : nº de estaciones utilizadas.

A este respecto, hay que tener en cuenta que la Directiva 2008/50/CE admite la posibilidad de reducir el número de estaciones de vigilancia en aquellas zonas y aglomeraciones donde la información de los puntos de muestreo de mediciones fijas se complementa con información procedente de modelizaciones y/o mediciones indicativas. En estas circunstancias, el número total de puntos de muestreo se puede reducir hasta en un 50% (art. 7 de la Directiva).



Tabla 3.8. Contaminantes evaluados por zonas y métodos de evaluación (2012).

CCAA	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM (PM <sub>10</sub> +PM <sub>2,5</sub> )	PM <sub>10</sub>	PM <sub>25</sub>	CO	Pb	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>3</sub>	As	Cd	Ni	B(a)P
Andalucía	Zona Industrial de Bahía de Algeciras	ES0104	10	13	7	5	2	5	2	10	6	2	2	2	1
	Zona Industrial de Bailén	ES0108	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Córdoba	ES0111	2	1	4	3	1	1	2	2	1	2	2	2	1
	Zona Industrial de Carboneras	ES0116	4	5	2	1	1	1	1	3	4	1	1	1	1
	Granada y Área Metropolitana	ES0118	3	3	5	3	2	3	2	3	2	2	2	2	1
	Málaga y Costa del Sol	ES0119	2	2	5	3	2	3	1	4	2	1	1	1	1
	Nueva Zona Industrial de Huelva	ES0121	9	11	10	8	2	4	2	12	6	2	2	2	1
	Nueva Zona de Núcleos de 50.000 a 250.000 Habitantes	ES0122	5	6	6	4	2	5	2	5	6	2	2	2	1
	Nueva Zonas Rurales	ES0123	11	10	16	11	5	6	3	15	13	4	4	4	1
	Nueva Zona de la Bahía de Cádiz	ES0124	4	5	5	4	1	3	1	4	4	1	1	1	1
	Nueva Zona Sevilla y Área Metropolitana	ES0125	8	10	8	6	2	8	2	9	8	3	3	3	1
Aragón	Nueva Zona Industrial de Puente Nuevo	ES0127	2	2	3	2	1	1	2	3	1	2	2	2	1
	Pirineos	ES0201	3	3	7	5	2				3				
	Valle del Ebro	ES0202	5	5	3	2	1				5				
	Bajo Aragón	ES0203	4	4	4	3	1				2				
	Cordillera Ibérica	ES0204	1	1	2	1	1				1				
	Zaragoza	ES0205	2	3	4	3	1	3			3				
	Aragón (sin Aglomeraciones)	ES0206						6							
	Asturias Occidental	ES0301	1	1	1	1	1	1			1				
	Asturias Central	ES0302	14	14	15	13	2	12		4	14				
	Asturias Oriental	ES0303	1	1	2	1	1				1				
Asturias (Principado de)	Gijón	ES0304	5	5	7	5	2	4		1	5				
	Asturias	ES0305							2			1	1	1	1

Tabla 3.8. Contaminantes evaluados por zonas y métodos de evaluación (2012).

CCAA	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM (PM <sub>10</sub> +PM <sub>2,5</sub> )	PM <sub>10</sub>	PM <sub>25</sub>	CO	Pb	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>3</sub>	As	Cd	Ni	B(a)P
Balears (Illes)	Palma	ES0401	3	3	5	3	2	2	3	1	4	3	3	2	
	Sierra de Tramuntana	ES0402													
	Menorca-Maó-es Castell	ES0409	3	3	4	3	1		1		3	1	1	1	
	Resto Menorca	ES0410	1	1	1	1					1				
	Eivissa	ES0411	3	3	2	2			2		3	1	2	2	
	Resto Eivissa-Formentera	ES0412		1	1	1					1				
	Resto Mallorca	ES0413	6	6	5	4	1		3		4	3	3	2	1
	Las Palmas de Gran Canaria	ES0501	4	4	7	4	3	3			4				
	Fuerteventura y Lanzarote	ES0504	7	7	15	8	7	7		1	7				
	La Palma, la Gomera y el Hierro	ES0508	3	3	8	5	3	3			3				
	Norte de Gran Canaria	ES0509	1	1	2	1	1	1			1				
	Sur de Gran Canaria	ES0510	9	9	18	9	9	4			6				
	Sta. Cruz de Tenerife- S. Cristóbal de la Laguna	ES0511	10	10	17	10	7	6		8	9				
	Canarias	Norte de Tenerife	ES0512	1	1	2	1	1				1			
Sur de Tenerife		ES0513	13	13	22	10	12	6			9				
Bahía de Santander		ES0601	4	4	5	4	1	4	1	1	3	1	1	1	
Comarca de Torrelavega		ES0602	4	4	5	4	1	2	1		2	1	1	1	1
Cantabria Zona Litoral		ES0603	1	1	2	1	1		1		1	1	1	1	
Cantabria Zona Interior		ES0604	2	2	3	2	1		1		2	1	1	1	
Comarca de Puertollano		ES0705	4	4	3	2	1			3	4	1	1	1	1
Zona Industrial del Norte		ES0706		5	5	4	1								
Castilla-La Mancha		ES0709						6	2						
Resto de Castilla-La Mancha 1		ES0710	10									1	1	1	1
Resto de Castilla-La Mancha 2		ES0711									8				
Resto de Castilla-la Mancha 3		ES0712		4											
Resto de Castilla-La Mancha 4		ES0713			4	3	1								
Corredor del Henares		ES0714									2				

Tabla 3.8. Contaminantes evaluados por zonas y métodos de evaluación (2012).

CCAA	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM (PM10+PM2,5)	PM10	PM25	CO	Pb	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>3</sub>	As	Cd	Ni	B(a)P
Castilla-La Mancha (sigue)	Cuenca	ES0715		1											
	Montes de Guadalajara	ES0716			2	1	1								
	Montes de Toledo	ES0717			2	1	1								
	Aglomeración Burgos	ES0801	1	2	3	2	1				1				
	Aglomeración León	ES0802	2	2	2	2	1				2				
	Aglomeración Salamanca	ES0803	2	2	2	2	1				2				
	Aglomeración Valladolid	ES0804	2	5	8	4	4	2		1	4				
	Territorio de Cyl	ES0815							8				7	7	7
	Municipios Industriales de Cyl	ES0816	3	3	2	2	1								
	Cerrato	ES0817	2	2	2	2	1								
Castilla y León	Municipios Medianos de Cyl	ES0818	3	3	3	3	1			2					
	Montañas del Noroeste de Cyl	ES0819	5	5	5	4	1								
	Bierzo	ES0820	4	4	4	3	1				6				
	Meseta Central de Cyl	ES0821	4	4	3	2	1								
	Cuenca del Ebro de Cyl	ES0822									2				
	Duero Norte de Cyl	ES0823									5				
	Duero sur de Cyl	ES0824									4				
	Montaña Norte de Cyl	ES0825									5				
	Montaña Sur de Cyl	ES0826									1				
	Valle del Tiétar y Alberche	ES0827									1				
Cataluña	Soria y Demanda	ES0828									2				
	Àrea de Barcelona	ES0901	11	17	36	24	12	8	14	9	11	12	12	12	9
	Vallès-Baix Llobregat	ES0902	7	11	27	22	5	5	3	3	6	3	3	3	1
	Penedès - Garraf	ES0903	4	4	7	6	1	1	1	2	2	1	1	1	1
	Camp de Tarragona	ES0904	8	9	9	6	3	3	3	5	5	3	3	3	1
	Catalunya Central	ES0905	2	2	7	6	1	2	3	1	2	3	3	3	1
	Plana de Vic	ES0906	1	1	5	3	2		1	1	2	1	1	1	1

Tabla 3.8. Contaminantes evaluados por zonas y métodos de evaluación (2012).

CCAA	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM (PM10+PM2,5)	PM10	PM25	CO	Pb	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>3</sub>	As	Cd	Ni	B(a)P		
Cataluña (sigue)	Maresme	ES0907	1	1	5	4	1		1	1	1	1	1	1	1		
	Comarques de Girona	ES0908	3	3	6	5	1	2	1	2	5	1	1	1	1	1	
		ES0909	1	1	4	2	2		1	1	2	1	1	1	1	1	
	Alt Llobregat	ES0910	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		ES0911		1	2	1	1		1	1	2	1	1	1	1	1	
		ES0912															
		ES0913	1	1				1	1		2						
	Terres de Ponent	ES0914	2	2	4	2	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	
		Terres de L'Ebre	ES0915	2	1	6	5	1	1	1	1	4	1	1	1	1	
			ES1001	2	2	2	1	1	1	1	1		2	1	1	1	1
		Cervol-Els ports. Área Costera	ES1002	5	5	3	2	1		1	1		5	1	1	1	1
			ES1003	7	7	19	10	9	5	5	5		5	5	5	5	5
	Comunidad Valenciana	Mijares-Peñagolosa . Área Costera	ES1004	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	
		Mijares-Peñagolosa. Área Interior	ES1005	6	6	9	5	4	6	2		6	2	2	2	1	
		Palancia-Javalambre. Área Costera	ES1006	1	1	2	1	1	1			1					
Palancia-Javalambre. Área Interior		ES1007	2	2	2	1	1	2	1	1		2	1	1	1	1	
		ES1008	2	2	2	1	1	1	1			2					
Jucar-Cabriel. Área Costera		ES1009	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Bética-Serpis. Área Costera	ES1010	3	3	6	3	3	1	1			4						
	ES1011	2	2	3	1	2	2	2			2						
Segura-Vinalopó. Área interior	ES1012	2	2	3	1	2	2	2	1		2	1	1	1	1		
	ES1013	5	4	10	5	5	4	4	4		5	4	4	4	4		
	Segura-vinalopo. Área interior	ES1014	2	2	4	2	2	1	1	1		2	1	1	1	1	
		ES1015	2	2	4	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	
	L'Horta	ES1016	8	8	12	7	5	7	3	1	8	3	3	3	3		
Elix	Alacant	ES1017	3	3	4	2	2	3	1	1	3	1	1	1	1		
	ES1018	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		

Tabla 3.8. Contaminantes evaluados por zonas y métodos de evaluación (2012).

CCAA	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM (PM10+PM2,5)	PM10	PM25	CO	Pb	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>3</sub>	As	Cd	Ni	B(a)P	
Extremadura	Cáceres	ES1101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Badajoz	ES1102	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Núcleos de Población de más de 20.000 Habitantes	ES1103	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		ES1104	3	3	4	3	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2
	Extremadura Rural	A Coruña	ES1201	2	1	4	3	1	2			2				
		Ferrol	ES1202	2	2	2	2	1	1			2				
		Santiago	ES1203	2	2	3	2	1	2			2				
		Lugo	ES1204	1	1	1	1	1	1			1				
		Ourense	ES1205	1	1	1	1	1	1			1				
		Pontevedra	ES1206	1	1	1	1	1	1			1				
		Vigo	ES1207	3	3	3	2	1	1			2				
		A (Ferrolterra-Ortega)	ES1208	1	1	1	1	1								
		C (Terra Chá)	ES1210	2	2	3	2	1				2				
		D (Valdeorras)	ES1211													
Galicia	E (a Límia-Miño)	ES1212	1	1	2	1	1	1								
	F (sur das rías Baixas)	ES1213														
	G (Franja Fisteira-Santiago)	ES1214	3	3	4	4						1				
		ES1215	2		2	2										
	B2 (Franja Órdes-Eume II)	ES1216	8	8	10	7	3	2				5				
		ES1217	3	2	2	1	1	1				2				
		ES1218														
	Madrid (Comunidad de)	Galicia														
		Madrid	ES1301	10	24	21	12	9	10	2	6	14	2	2	2	1
		Corredor del Henares	ES1308	3	7	9	7	2	5		4	7				
		Urbana Sur	ES1309	2	7	9	7	2	2		2	7				
		Urbana Noroeste	ES1310	1	3	4	3	1	2		1	3				
		Sierra Norte	ES1311	1	2	3	2	1	1		1	2				
		Cuenca del Alberche	ES1312	1	2	3	2	1	1			2				
Cuenca del Tajuña		ES1313	1	2	3	2	1	1			2					
Comunidad de Madrid		ES1314							3			3	3	3	3	

Tabla 3.8. Contaminantes evaluados por zonas y métodos de evaluación (2012).

CCAA	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM (PM <sub>10</sub> +PM <sub>2,5</sub> )	PM <sub>10</sub>	PM <sub>25</sub>	CO	Pb	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>3</sub>	As	Cd	Ni	B(a)P
Murcia (Región de)	Comunidad de Murcia Norte	ES1401		1	1	1					1				
	Comunidad de Murcia Centro	ES1402	1	1	1	1					1				
	Valle de Escomberas	ES1404	2	2	2	2				1	1				
	Cartagena	ES1406	1	1	2	1	1	1			1				
	Ciudad de Murcia	ES1407	2	2	2	2	1	1		1	2				
	Litoral-Mar Menor	ES1408	1	1	1	1			1		1				
	Región de Murcia	ES1409							1			1	1	1	
	Montaña de la Comunidad de Navarra	ES1501													
Navarra (Comunidad Foral de)	Zona Media de la Comunidad de Navarra	ES1502	1	1	1	1					1				
	Ribera de la Comunidad de Navarra	ES1503	4	4	5	4	1	3			4				
	Comarca de Pamplona	ES1504	3	3	4	3	1	1			3				
	Comunidad de Navarra	ES1505								1					
	Encartaciones - Alto Nervión	ES1601	4	3	4	4					2				
	Bajo Nervión	ES1602	9	7	8	6	2	5			4				
País Vasco	Kostaldea	ES1603	2	2	3	2	1	2			2				
	Donostialdea	ES1604	2	2	5	4	1	2			2				
	Alto Ibaizabal - Alto Deba	ES1605	3	3	4	3	1	2			2				
	Goiherri	ES1606	3	2	4	3	1	2			1				
	Llanada Alavesa	ES1607	3	3	4	3	1	1			1				
	País Vasco Ribera	ES1608	2	3	2	2		2			2				
	País Vasco	ES1609							3			3	3	3	3
	Logroño	ES1704	1	1	2	1	1	1		1	1				
Rioja (La)	La Rioja	ES1705	4	4	8	4	4	4			4				



## **4. ANÁLISIS DE CONTAMINANTES PRINCIPALES**





**ANÁLISIS DE CONTAMINANTES PRINCIPALES**

## INDICE DEL CAPÍTULO

4.	ANÁLISIS DE CONTAMINANTES PRINCIPALES .....	73
4.1	Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	73
4.1.1	Efectos del SO <sub>2</sub> .....	73
4.1.2	Origen de la contaminación .....	73
4.1.3	Valores legislados para el SO <sub>2</sub> .....	76
4.1.4	Resultados de la evaluación del SO <sub>2</sub> (2012) .....	76
4.1.5	Evolución 2001-2012 del SO <sub>2</sub> .....	83
4.2	Óxidos de nitrógeno (NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> ) .....	91
4.2.1	Efectos de los óxidos de nitrógeno .....	91
4.2.2	Origen de la contaminación .....	91
4.2.3	Valores legislados para NO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> .....	94
4.2.4	Resultados de la evaluación del NO <sub>2</sub> (2012) .....	94
4.2.5	Evolución 2001-2012 del NO <sub>2</sub> .....	101
4.3	Partículas PM10 y PM2,5 .....	109
4.3.1	Efectos de las partículas .....	109
4.3.2	Origen de la contaminación .....	109
4.3.3	Valores legislados para las partículas en suspensión.....	114
4.3.4	Resultados de la evaluación de las partículas PM10 (2012) .....	115
4.3.5	Resultados de la evaluación de las partículas PM2,5 (2012) .....	126
4.3.6	Evolución 2001-2012 de las partículas PM10.....	132
4.3.7	Evolución 2008-2012 de las partículas PM2,5.....	139
4.4	Ozono (O <sub>3</sub> ).....	142
4.4.1	Efectos del O <sub>3</sub> .....	142
4.4.2	Origen de la contaminación .....	142
4.4.3	Valores legislados para el O <sub>3</sub> .....	143
4.4.4	Resultados de la evaluación del O <sub>3</sub> (2012) .....	144
4.4.5	Evolución 2004-2012 del O <sub>3</sub> .....	153
4.5	Monóxido de carbono (CO).....	159
4.5.1	Efectos del CO .....	159
4.5.2	Origen de la contaminación .....	159
4.5.3	Valores legislados para el CO .....	161
4.5.4	Resultados de la evaluación del CO (2012) .....	161
4.5.5	Evolución 2003-2012 del CO .....	166
4.6	Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	169
4.6.1	Efectos del C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .....	169
4.6.2	Origen de la contaminación .....	169
4.6.3	Valores legislados para el C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .....	171
4.6.4	Resultados de la evaluación del C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (2012).....	171
4.6.5	Evolución 2003-2012 del C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .....	175
4.7	Benzo(a)pireno (B(a)P).....	179
4.7.1	Efectos del B(a)P.....	179
4.7.2	Origen de la contaminación .....	179
4.7.3	Valores legislados para el B(a)P.....	181

4.7.4	Resultados de la evaluación del B(a)P (2012) .....	181
4.7.5	Evolución 2008-2012 del B(a)P.....	185
4.8	Metales: plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y níquel (Ni) .....	188
4.8.1	Efectos de los metales.....	188
4.8.2	Origen de la contaminación .....	189
4.8.3	Valores legislados para los metales.....	194
4.8.4	Resultados de la evaluación del Pb (2012).....	194
4.8.5	Resultados de la evaluación del As (2012) .....	199
4.8.6	Resultados de la evaluación del Cd (2012).....	204
4.8.7	Resultados de la evaluación del Ni (2012) .....	209
4.8.8	Evolución 2001-2012 del Pb .....	214
4.8.9	Evolución 2008-2012 del As .....	217
4.8.10	Evolución 2008-2012 del Cd .....	220
4.8.11	Evolución 2008-2012 del Ni.....	223
4.9	Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) .....	226
4.9.1	Efectos del NH <sub>3</sub> .....	226
4.9.2	Origen de la contaminación .....	226
4.9.3	Requerimientos de medición .....	228
4.9.4	Resultados 2012 .....	228
4.10	Análisis de tendencias temporales (2001-2012) de los principales contaminantes en ambiente urbano e industrial en España .....	230
4.10.1	SO <sub>2</sub> .....	231
4.10.2	NO <sub>2</sub> .....	232
4.10.3	O <sub>3</sub> .....	233
4.10.4	CO .....	234
4.10.5	PM10 .....	235
4.10.6	PM2,5 .....	236
4.10.7	Conclusiones.....	239

## 4. ANÁLISIS DE CONTAMINANTES PRINCIPALES

Los principales contaminantes a considerar son los siguientes:

- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Partículas PM10 y PM2,5
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Monóxido de carbono (CO)
- Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) y benzo(a)pireno (B(a)P)
- Metales: Plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y níquel (Ni)
- Amoníaco (NH<sub>3</sub>)

### 4.1 Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

#### 4.1.1 Efectos del SO<sub>2</sub>

El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) está regulado en la normativa a causa de su potencial efecto sobre la salud y los ecosistemas.

Este contaminante puede producir, incluso a grandes distancias del foco emisor, efectos adversos sobre la salud (tales como irritación e inflamación del sistema respiratorio, afecciones e insuficiencias pulmonares, alteración del metabolismo de las proteínas, dolor de cabeza o ansiedad), sobre la biodiversidad, los suelos y los ecosistemas acuáticos y forestales (puede ocasionar daños a la vegetación, degradación de la clorofila, reducción de la fotosíntesis y la consiguiente pérdida de especies) e incluso sobre las edificaciones, a través de procesos de acidificación, pues una vez emitido, reacciona con el vapor de agua y con otros elementos presentes en la atmósfera, de modo que su oxidación en el aire da lugar a la formación de ácido sulfúrico.

Además, también actúa como precursor de la formación de sulfato amónico, lo que incrementa los niveles de PM10 y PM2,5, con graves consecuencias igualmente sobre la salud.

#### 4.1.2 Origen de la contaminación



El origen del SO<sub>2</sub> es, es principalmente antropogénico. Como muestran las Figuras 4.1 y 4.2, el SO<sub>2</sub> es un gas que se origina sobre todo durante la combustión de carburantes fósiles que contienen azufre (petróleo, combustibles sólidos), llevada a cabo sobre todo en los procesos industriales de alta temperatura y de generación eléctrica.



La Figura 4.2 muestra además en 2008 un descenso acusado de las emisiones de SO<sub>2</sub> producidas por la combustión en industrias de producción de energía debido a diversos factores, como el Plan 2007 de Reducción de Emisiones de Grandes Instalaciones de Combustión (GICs), que obligó a la introducción de tecnologías de desulfuración.

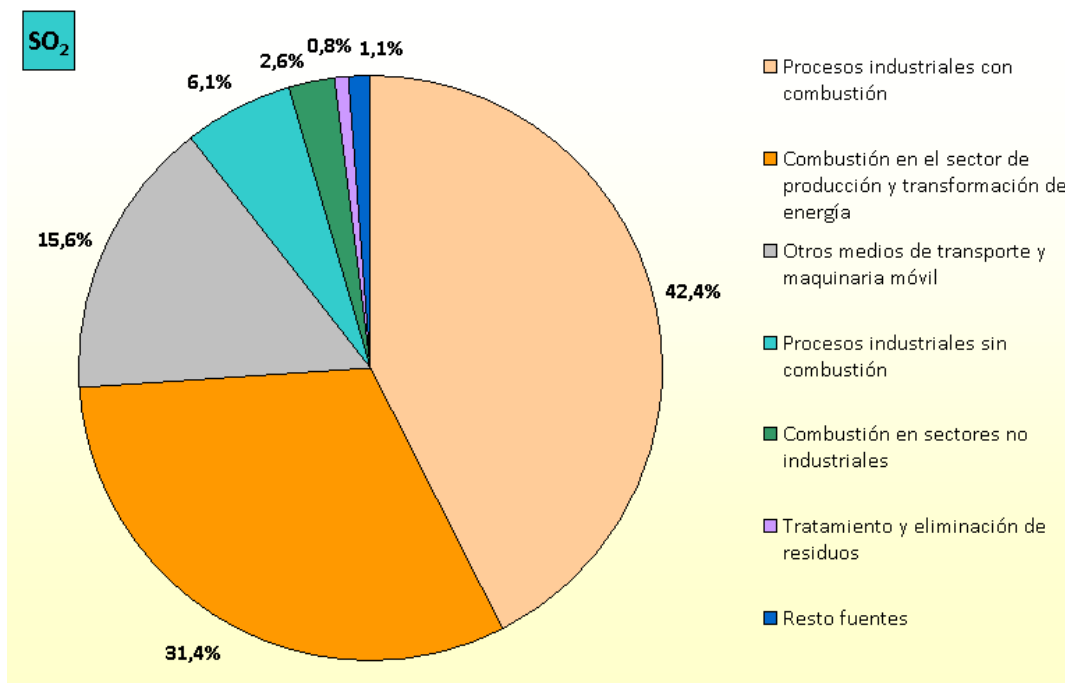


Figura 4.1. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de SO<sub>2</sub> (2011).

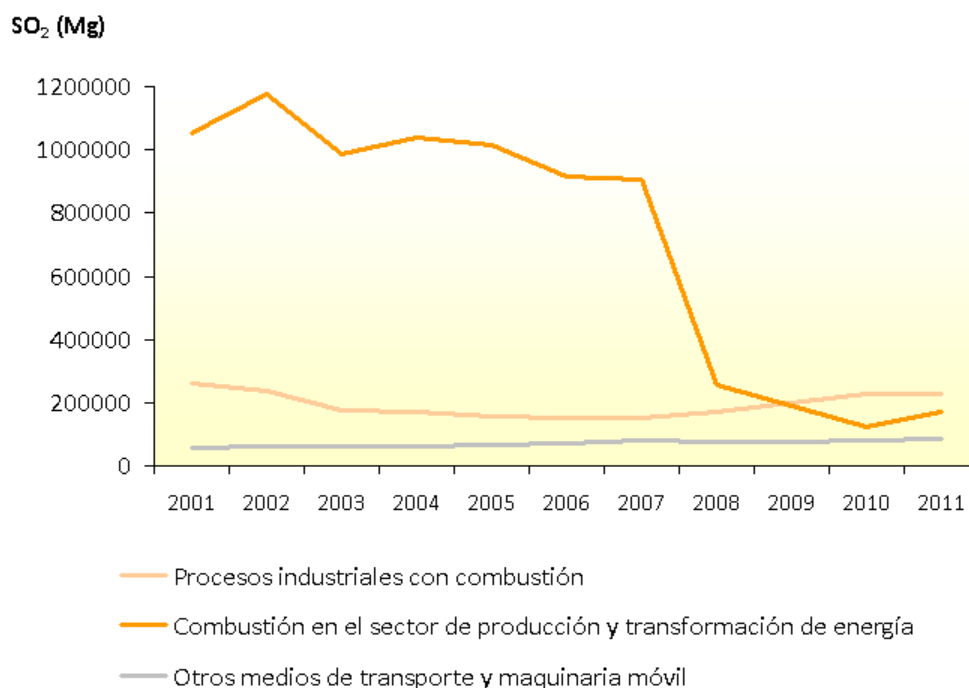
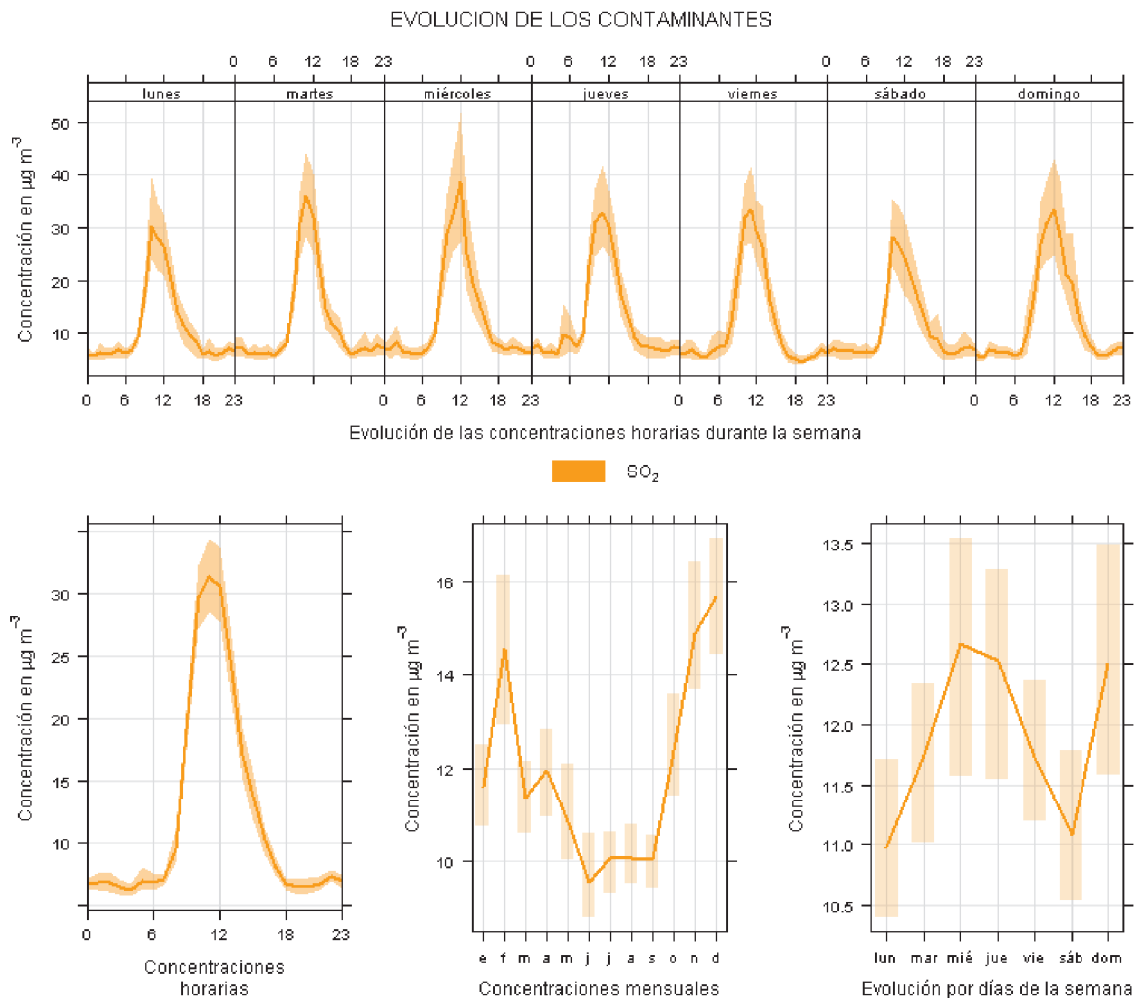


Figura 4.2. Tendencias temporales en las emisiones principales de SO<sub>2</sub>.

El principal emisor de SO<sub>2</sub> es el sector industrial, con lo cual la distribución temporal de los niveles de SO<sub>2</sub> suele venir determinada por los periodos en los que la industria emisora que afecta a la estación está en funcionamiento. A modo de ejemplo se muestran los patrones temporales de distribución del SO<sub>2</sub> en una estación industrial típica (Figura 4.3):

- La evolución de las concentraciones a lo largo de un día se caracteriza por un máximo muy marcado a mediodía, que se repite de lunes a domingo, coincidiendo con una actividad industrial ininterrumpida, en este caso centrales térmicas y refinería. La entrada de la brisa (con un máximo a medio día) arrastra la contaminación de SO<sub>2</sub> desde la zona costera a la estación de medida.
- En el ejemplo las concentraciones mensuales caen en verano, y alcanzan sus máximos en noviembre y diciembre. Esta distribución de niveles a lo largo del año depende de la naturaleza de la industria que afecta a la estación (periodos de máxima actividad de puertos marítimos, funcionamiento de centrales de combustión, etc.).



*Carslaw, D.C. and K. Ropkins, (2012). openair — an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61; Carslaw, D.C. (2013). The openair manual — open-source tools for analysing air pollution data. Manual for version 0.8-0, King's College London.*

Figura 4.3. Evolución horaria, diaria, semanal y mensual de SO<sub>2</sub> en una estación industrial.

### 4.1.3 Valores legislados para el SO<sub>2</sub>

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para el contaminante SO<sub>2</sub> son los recogidos en la Tabla 4.1:

Tabla 4.1. Valores legislados (SO<sub>2</sub>).

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

### 4.1.4 Resultados de la evaluación del SO<sub>2</sub> (2012)

#### 4.1.4.1. Evaluación del SO<sub>2</sub> por zonas

Las Figuras 4.4 y 4.5 muestran de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para este contaminante en el año 2012, conforme a los límites legales establecidos (valor límite horario y valor límite diario).



Figura 4.4. Situación de España para el SO<sub>2</sub> respecto al valor límite horario (2012): Zonas.





Figura 4.5. Situación de España para el SO<sub>2</sub> respecto al valor límite diario (2012): Zonas.

En ninguna de las zonas evaluadas se superaron en 2012 los valores legislados (ni el valor límite horario ni el diario).

#### 4.1.4.2. Estaciones utilizadas para la evaluación del SO<sub>2</sub>

Por otra parte, la situación de la calidad del aire también se puede representar a través de mapas que muestren los niveles de SO<sub>2</sub> en las diferentes estaciones utilizadas en la evaluación. Este enfoque resulta interesante para conocer la distribución espacial de los niveles e identificar cuáles son los lugares más problemáticos, ya que basta que una estación incumpla, para que todo el área a la que pertenece también incumpla.

Las Figuras 4.6 y 4.7 muestran los estadísticos de SO<sub>2</sub> de las estaciones en el 2012 clasificados de acuerdo a los valores legislados de SO<sub>2</sub>, es decir, estadísticos por encima del valor límite (rojo), entre el valor límite y el umbral de evaluación superior (naranja), entre los umbrales de evaluación (amarillo) y por debajo del umbral de evaluación inferior (verde).



Figura 4.6. Situación de España para el SO<sub>2</sub> respecto al valor límite horario (2012): Estaciones.



Figura 4.7. Situación de España para el SO<sub>2</sub> respecto al valor límite diario (2012): Estaciones.

#### 4.1.4.3. Concentración mensual de los niveles de SO<sub>2</sub> en 2012

Los estadísticos de evaluación de calidad del aire de SO<sub>2</sub> que aparecen en la legislación están referenciados al año civil, sin embargo, también es interesante conocer cómo se distribuyen los niveles de este contaminante a lo largo del año.

Para estudiar la distribución de las medias mensuales de SO<sub>2</sub> en el 2012, en la Figura 4.8 se muestra un mapa de España con los valores mensuales de todas las estaciones que han participado en la evaluación, y en Figura 4.9 un gráfico de la distribución de los niveles en el año para las estaciones, agrupadas por tipo de área.

En ninguna de las dos figuras se observa un patrón específico de distribución del nivel de SO<sub>2</sub> a lo largo del año, lo único reseñable es que se observan niveles de SO<sub>2</sub> más altos en los meses de invierno, lo que podría venir asociado o bien al uso de calefacciones que queman combustible con azufre, o bien a las condiciones menos favorables para la dispersión de la contaminación que predominan en invierno y otoño.



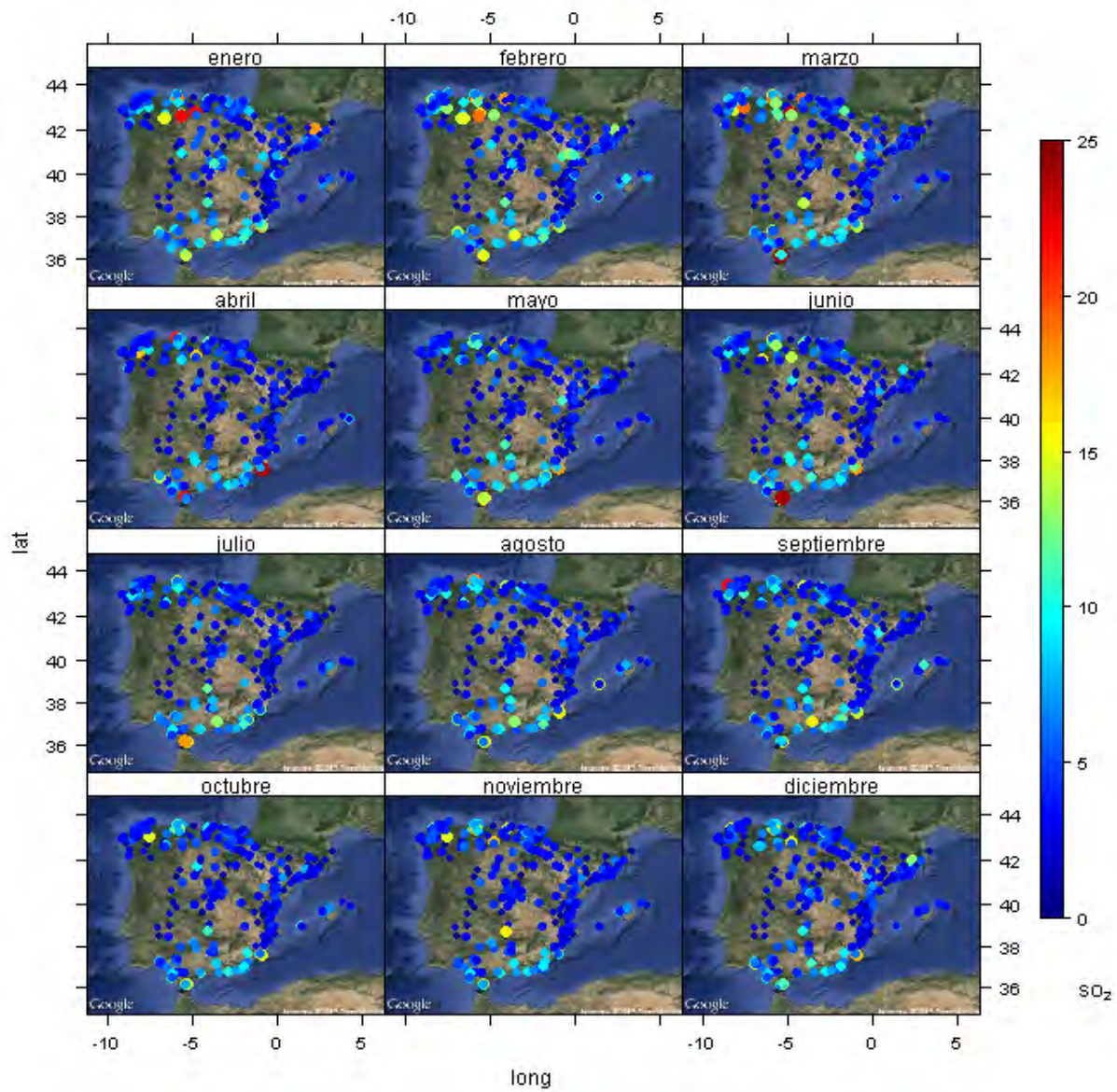


Figura 4.8. Evolución de las medias mensuales de SO<sub>2</sub> en 2012.

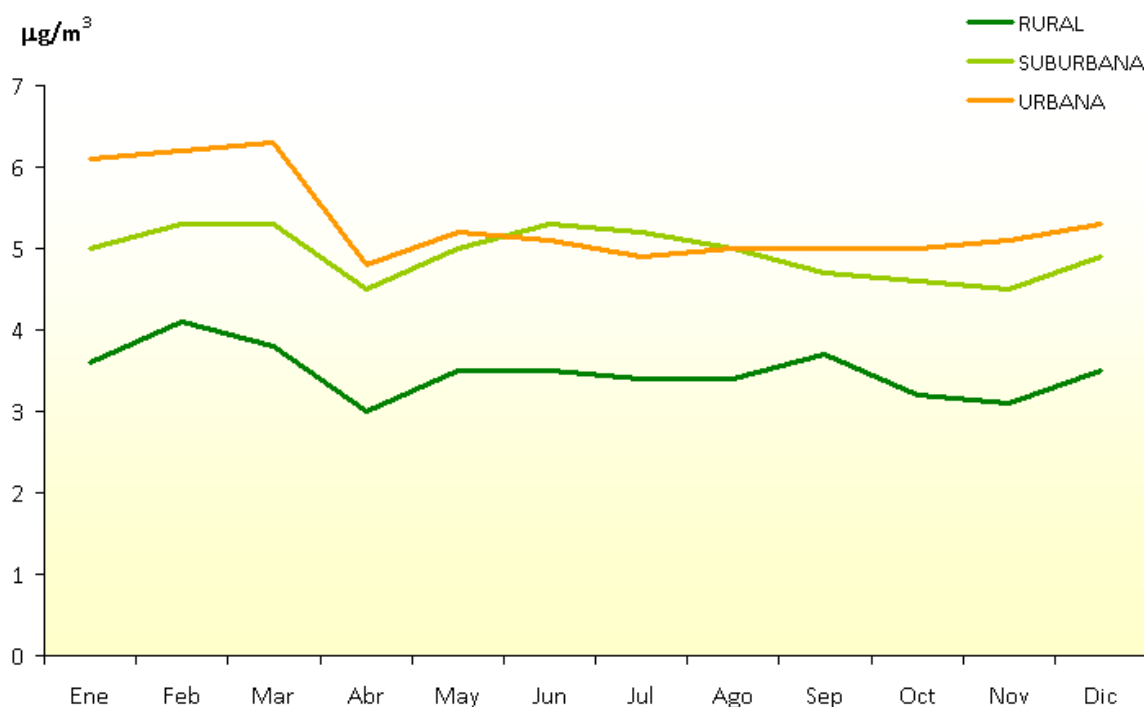


Figura 4.9. Evolución de las medias mensuales de SO<sub>2</sub> en 2012 por tipo de área.

#### 4.1.4.4. Análisis del SO<sub>2</sub> por tipo de área y tipo de estación en 2012

El grado de cumplimiento o incumplimiento de las estaciones utilizadas en la evaluación del SO<sub>2</sub> en el año 2012 puede analizarse a través de la representación para dicho año de la distribución del estadístico “valor 25 máximo” de las estaciones utilizadas (respecto al valor límite horario de 350 µg/m<sup>3</sup> que no se puede superar más de 24 horas al año), agrupadas las estaciones por tipo de área (urbana, suburbana o rural) y por tipo de estación (tráfico, industrial, fondo).

Como se observa en la Figura 4.10, en el año 2012 no se han producido ninguna superación del valor límite horario (no hay ninguna estación que supere la línea roja que representa el VLH). Por otro lado se aprecia que las estaciones con niveles más altos (más hacia la derecha en el eje x) se dan en las estaciones industriales.

El análisis se puede efectuar también en relación con el valor límite diario de 125 µg/m<sup>3</sup> que no se debe superar más de 3 días al año. En este caso, lo representado en la Figura 4.11 es la distribución del estadístico “valor 4-máximo” de las estaciones utilizadas en 2012 en la evaluación, de nuevo agrupadas por tipo de área y por tipo de estación.

Las figuras indican que la mayor parte de las estaciones se sitúan por debajo del umbral de evaluación inferior, es decir, en dichos puntos se puede evaluar únicamente mediante modelización o mediciones indicativas, no siendo necesaria la evaluación a través de puntos de muestreo fijos.

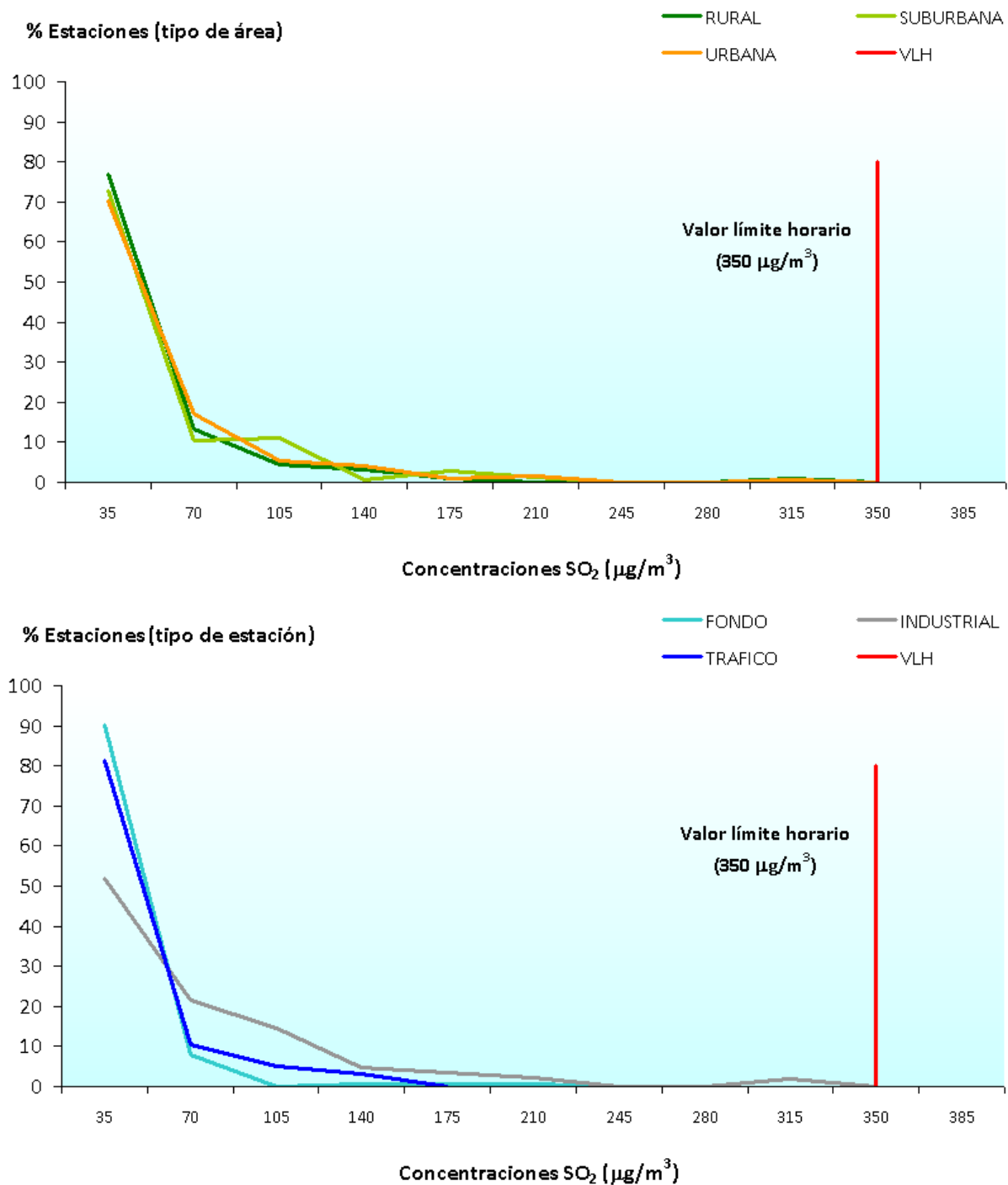


Figura 4.10. Distribución de los niveles de SO<sub>2</sub> en relación a los valores legislados (VLH) por tipo de área y tipo de estación (2012).

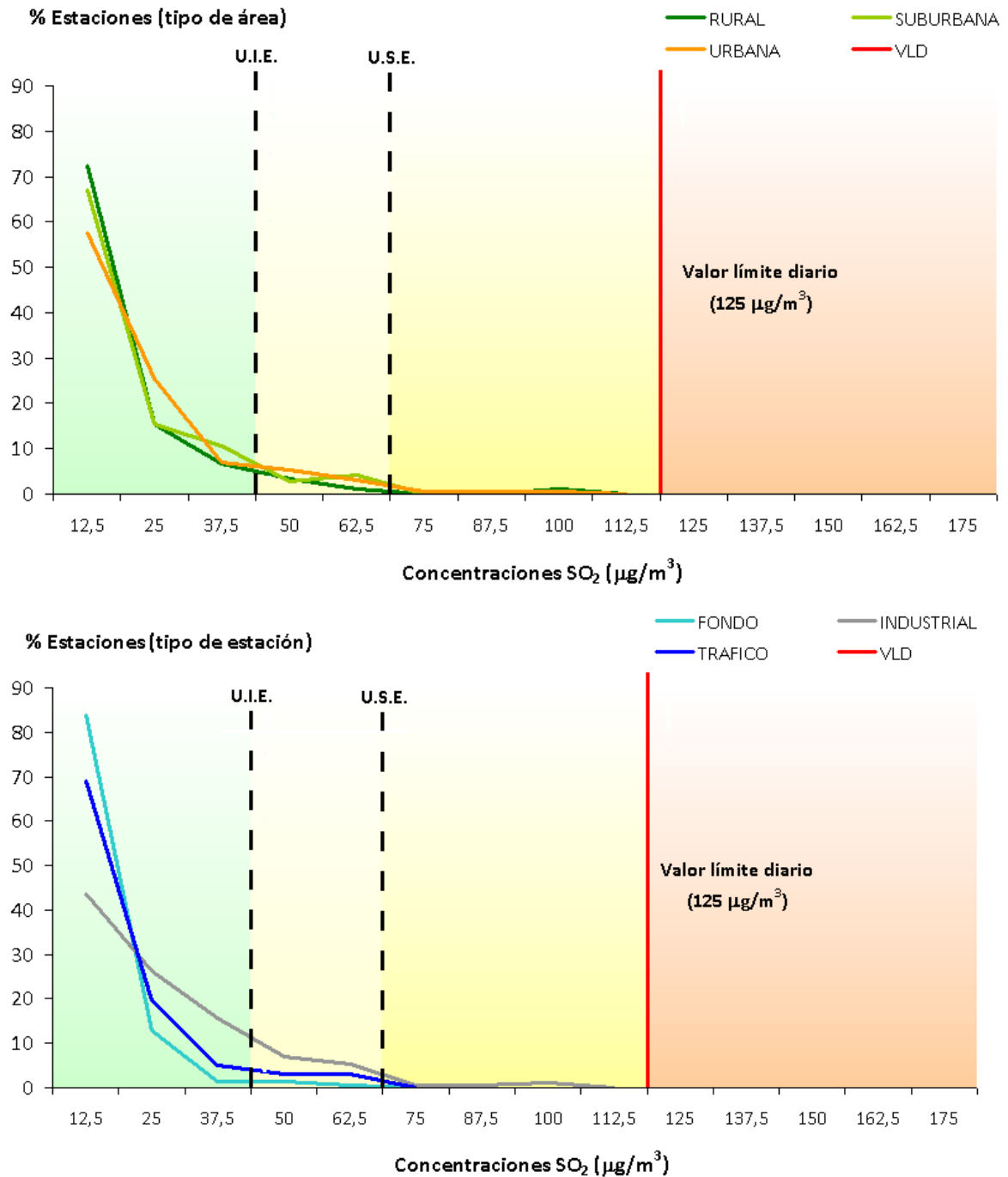


Figura 4.11. Distribución de los niveles de SO<sub>2</sub> en relación a los valores legislados (VLD) por tipo de área y tipo de estación (2012).

#### 4.1.5 Evolución 2001-2012 del SO<sub>2</sub>

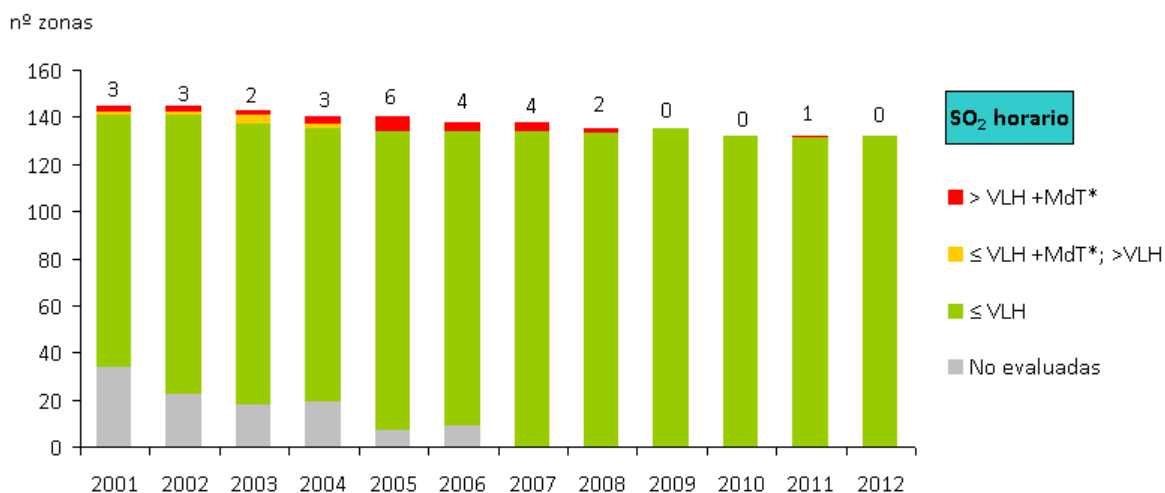
En este apartado se muestra la evolución del SO<sub>2</sub> a lo largo de los años 2001-2012 mediante diferentes enfoques: en lo que respecta a la evolución de las zonas, la evolución de las estaciones (mostrándose la evolución de los estadísticos de legislación) y la evolución de las medias anuales (para el total de estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área).



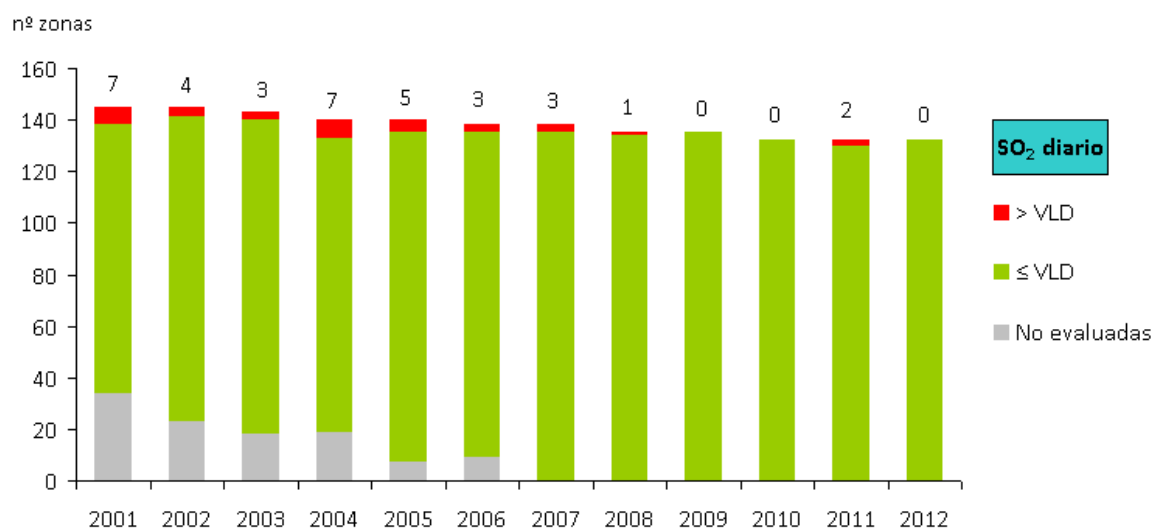
El objetivo es tener una visión global de los niveles del contaminante a escala nacional, de las tendencias a lo largo de la serie temporal y de las zonas, áreas o estaciones que presentan niveles más altos a lo largo de los años.

#### 4.1.5.1. Evolución 2001-2012 de los valores legislados en las zonas de SO<sub>2</sub>

La Figura 4.12 presenta la evolución de las zonas de evaluación de SO<sub>2</sub> y su situación respecto a los valores legislados a lo largo del periodo 2001-2012.



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



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

Figura 4.12. Evolución de las zonas respecto al VLH y al VLD de SO<sub>2</sub> (2001-2012).

Se observa un descenso significativo de las superaciones de SO<sub>2</sub> a lo largo de los años. En los últimos 4 años no se han producido superaciones de los valores legislados a excepción del año 2011.

#### **4.1.5.2. Evolución 2007-2012 de los valores legislados de SO<sub>2</sub> en estaciones**

Para una mayor claridad se muestra la evolución de los estadísticos de los valores legislados horarios y diarios de SO<sub>2</sub> de los últimos seis años (2007-2012), teniendo en cuenta que a partir del 2005 deja de existir el margen de tolerancia de los dos valores límite establecidos.

La representación en un mapa de la evolución de los valores legislados (Figuras 4.13 y 4.14) muestra que los mayores episodios horarios o diarios vienen asociados a zonas industriales, observándose picos en los últimos años en los siguientes lugares: Zona industrial de León (Congosto, la Robla, Anllares), en el entorno de la central de As Pontes en A Coruña, zona industrial de Puertollano en Ciudad Real, zona de centrales térmicas en el cauce del Ebro en Aragón, Bahía de Algeciras en Cádiz, entorno de la refinería en Santa Cruz de Tenerife, centrales térmicas del cinturón de Barcelona y zona de Escombreras en Murcia.

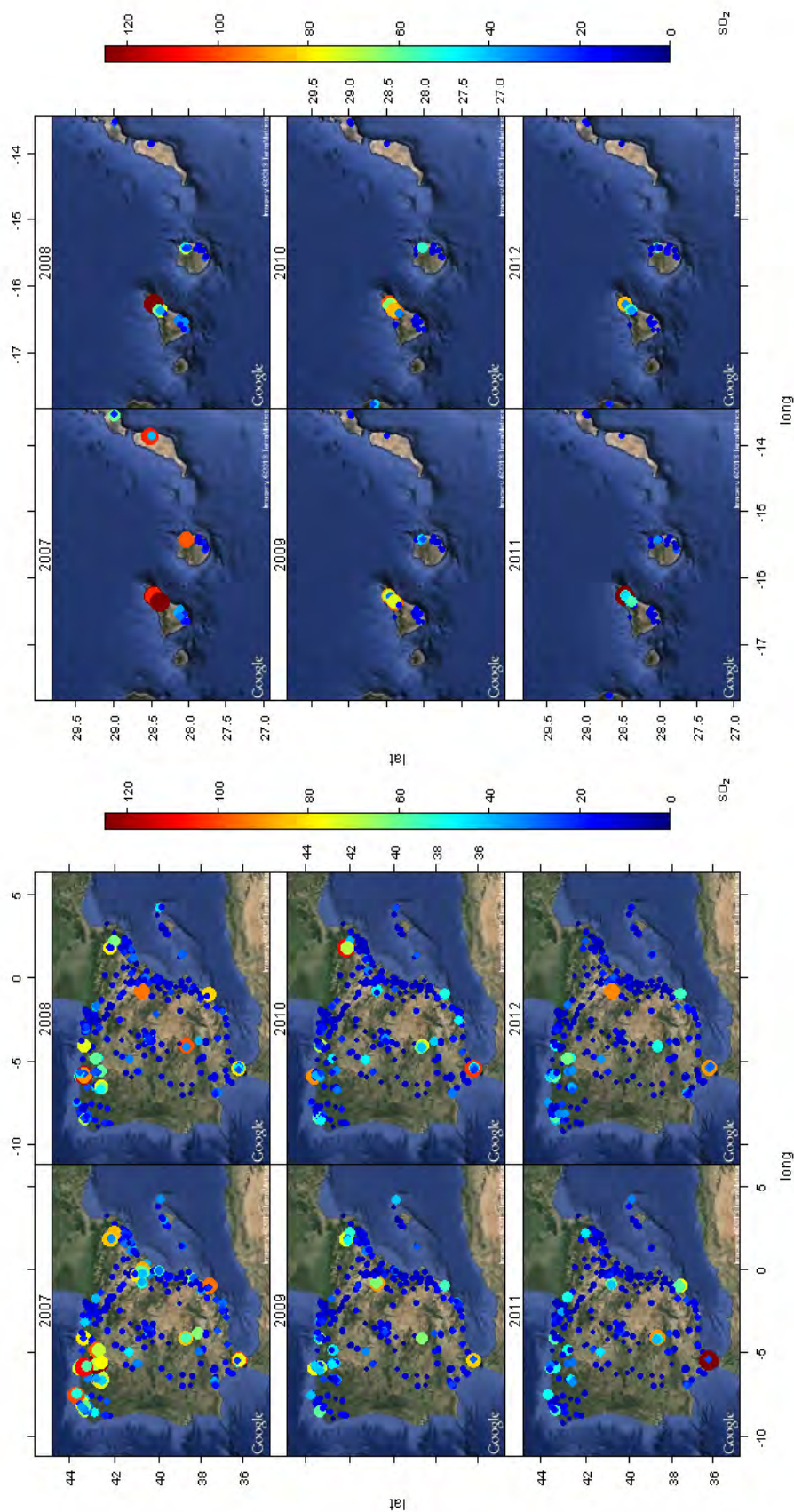


Figura 4.13. Evolución de los valores registrados de SO<sub>2</sub> respecto al VLD (cuarto máximo diario, ya que el VLD no debe superarse en más de 3 ocasiones por año civil) a lo largo del periodo 2007-2012.

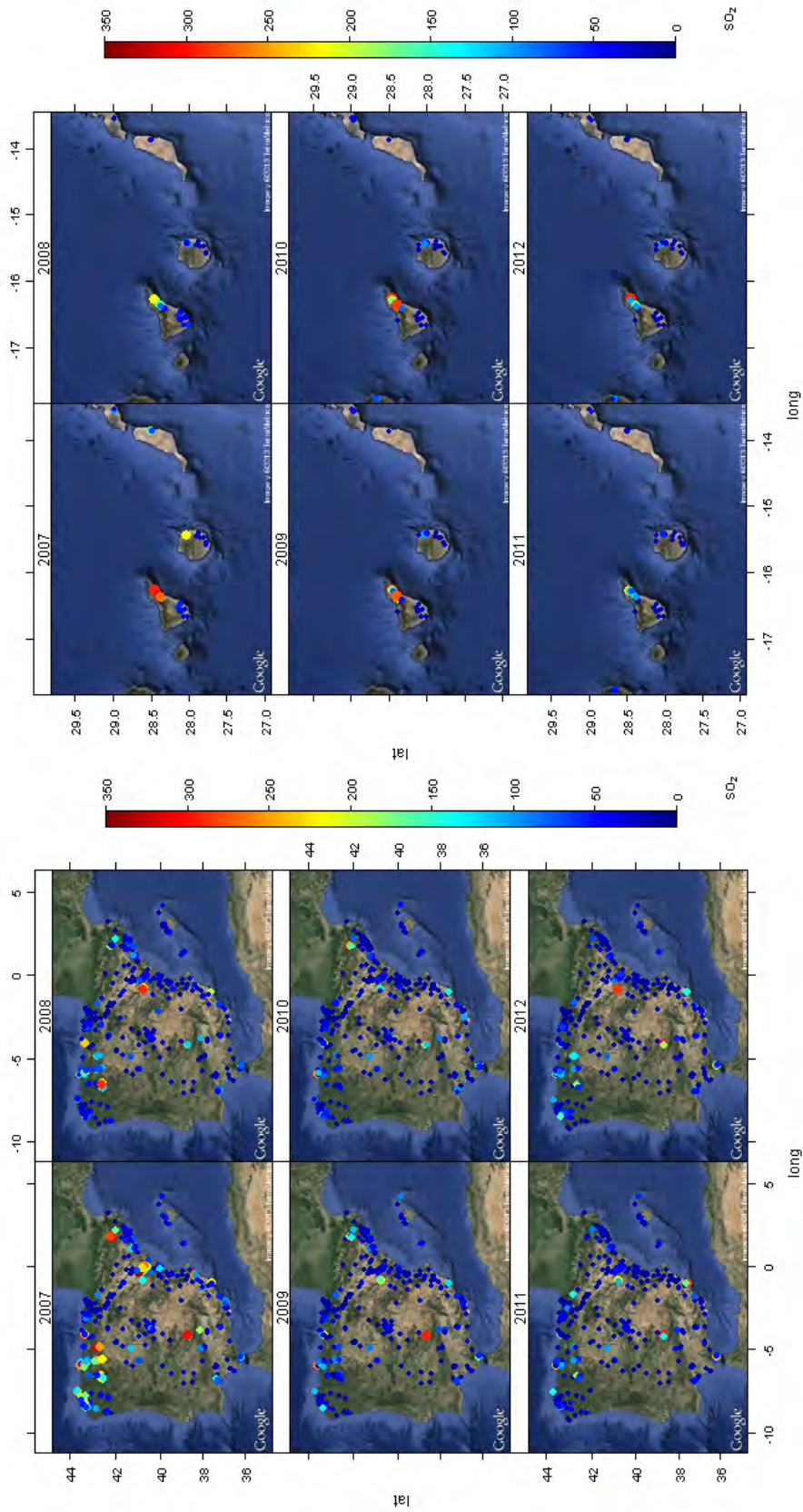


Figura 4.14. Evolución de los valores registrados de  $\text{SO}_2$  respecto al VLH (25 valor máximo horario, dado que el VLH no debe superarse en más de 24 ocasiones por año civil) a lo largo del periodo 2007-2012.

### 4.1.5.3. Evolución 2001-2012 de los niveles de SO<sub>2</sub>

La Figura 4.15 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del SO<sub>2</sub> a lo largo del periodo 2001-2012, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales.

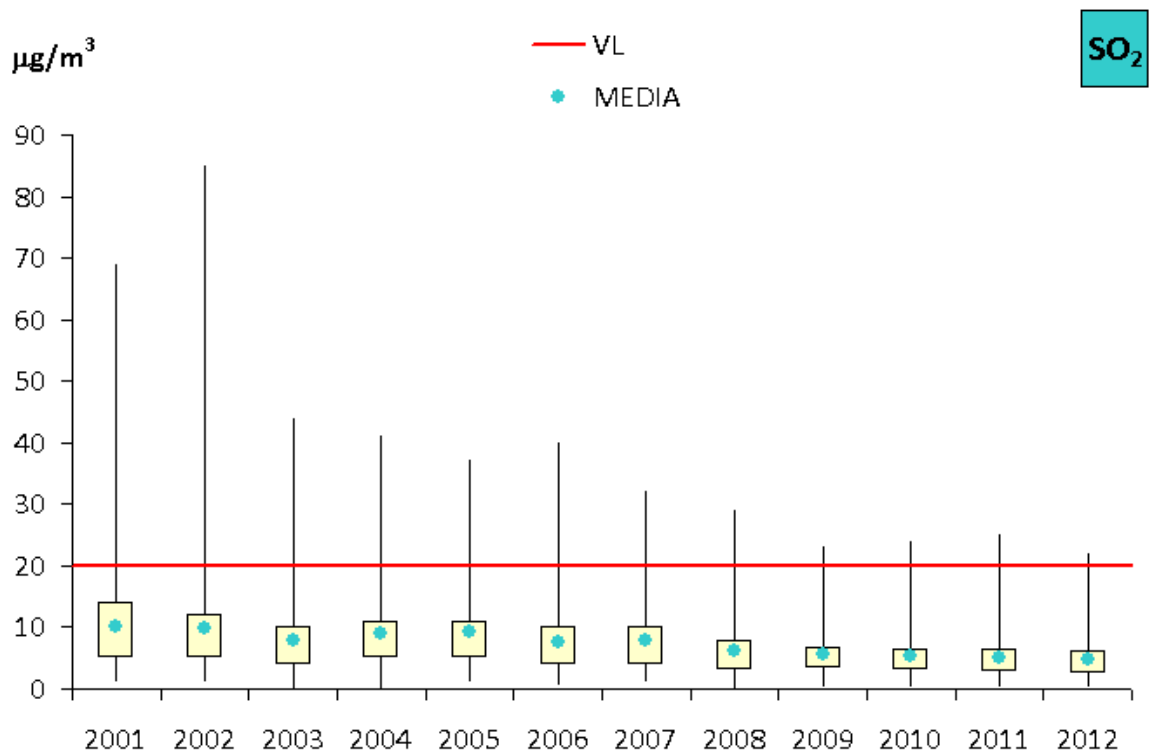


Figura 4.15. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de SO<sub>2</sub> 2001-2012.

La Figura 4.16 representa la evolución de las medias anuales de las estaciones, agrupadas por tipo de estación y de área.



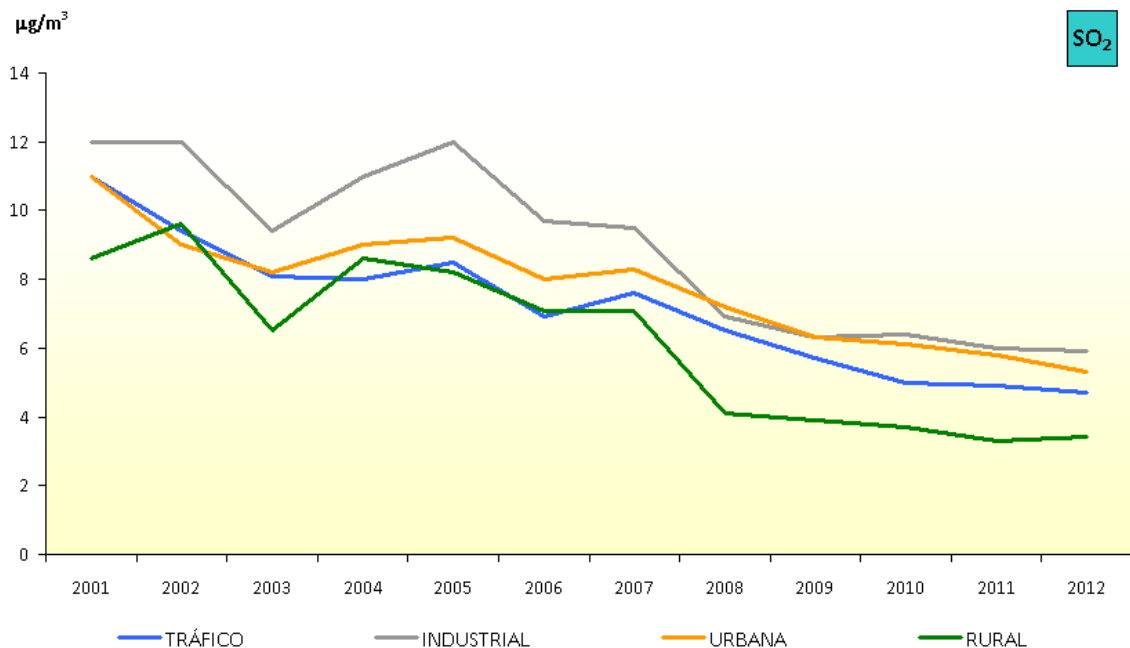


Figura 4.16. Evolución de las medias anuales de SO<sub>2</sub> (2001-2012) por tipo de estación y área.

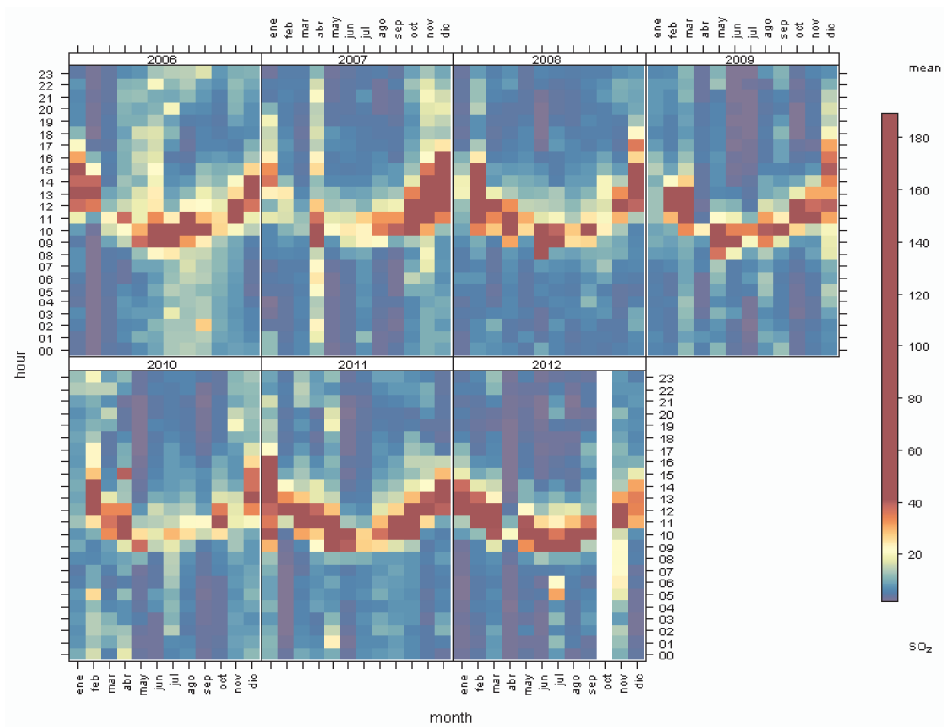
En las dos figuras anteriores se observa una tendencia hacia la disminución de los niveles medios a lo largo del tiempo, siendo especialmente significativa la reducción que se produjo en 2008, año de entrada en vigor del Plan Nacional de Reducción de Emisiones de GICs. Por otro lado, los niveles más altos se registran en estaciones industriales generalmente afectadas por centrales térmicas, refinerías, puertos, etc. La reducción media de los niveles de SO<sub>2</sub> en el periodo 2001-2010 es de alrededor del 50%.

A modo de ejemplo, la Figura 4.17 muestra la distribución de los niveles horarios y mensuales de SO<sub>2</sub> en dos estaciones industriales con diferentes focos de emisión:

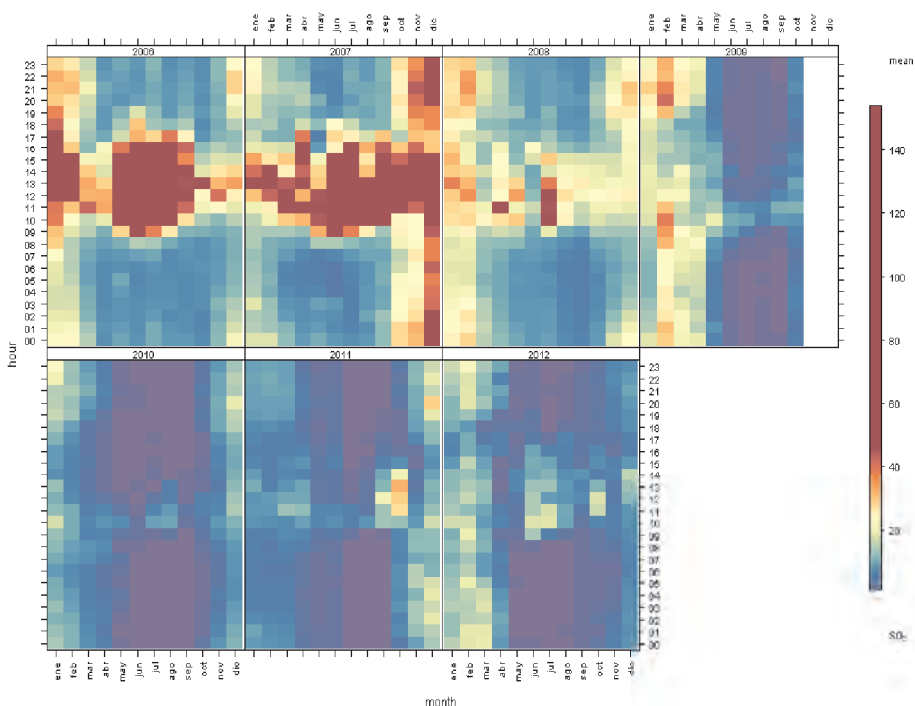
- Estación 1: Las emisiones proceden de un puerto marítimo, las horas centrales del día presentan los valores horarios más altos (debido al transporte de las emisiones por la brisa), y se registran picos a lo largo de todo el año.
- Estación 2: Las emisiones proceden de una gran instalación de combustión, afectada por el plan nacional de reducción GIC 2007. Se observa una bajada acusada de niveles a partir del año 2008. Durante los años 2007-2008 se aprecian máximos de actividad en las horas centrales del día, especialmente en los meses estivales.

En dicha figura se representa, en el eje de abscisas, la evolución mensual a lo largo de varios años, mientras que en el eje de ordenadas se observan las medias para las diferentes horas del día (de 00 a 23 horas).

Estación 1 afectada por puerto marítimo



Estación 2 afectada por una gran instalación de combustión



Carlaw, D.C. and K. Ropkins, (2012). openair — an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61.; Carlaw, D.C. (2013). The openair manual — open-source tools for analysing air pollution data. Manual for version 0.8-0, King’s College London.

Figura 4.17. Evolución de las concentraciones de SO<sub>2</sub> en dos estaciones industriales (2006-2012).



## 4.2 Óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)

### 4.2.1 Efectos de los óxidos de nitrógeno

Los denominados óxidos de nitrógeno engloban tanto al monóxido (NO) como al dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). De las dos, es ésta última la principal forma química con efectos adversos sobre la salud; además, el NO se oxida con facilidad, dando lugar a NO<sub>2</sub> rápidamente una vez presente en la atmósfera.

Dichos efectos adversos son de muy diversa naturaleza, y se pueden producir sobre la salud humana (inflamación de las vías aéreas, afecciones de órganos, como hígado o bazo, o de sistemas, como el sistema circulatorio o el inmunitario, que propician a su vez infecciones pulmonares e insuficiencias respiratorias) y sobre el medio ambiente (acidificación y eutrofización de ecosistemas, afecciones metabólicas, limitación del crecimiento vegetal). Los procesos de acidificación pueden también afectar a las edificaciones.

Por otra parte, los NO<sub>x</sub> contribuyen igualmente de forma secundaria a la formación de partículas inorgánicas (por ser precursores del ácido nítrico, HNO<sub>3</sub>, y por tanto del nitrato, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en partículas), y también actúan como precursores de la formación de ozono (O<sub>3</sub>) y de otros contaminantes fotoquímicos (por ejemplo, al reaccionar con compuestos orgánicos volátiles, COVs), lo que potencialmente agrava las consecuencias mencionadas sobre la salud y el medio ambiente y conlleva efectos sobre el clima.

### 4.2.2 Origen de la contaminación



El NO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub> (NO+NO<sub>2</sub>) tienen también un origen principalmente antrópico.

Como contaminantes, son gases que se emiten en los procesos de combustión que se llevan a cabo en relación con el tráfico (sobre todo vehículos automóviles, y en especial de motores diésel) y con el transporte en general, así como en instalaciones industriales de alta temperatura y de generación eléctrica (Figuras 4.18 y 4.19).

Su formación se debe a la oxidación que sufre el nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>, principal componente del aire) a altas temperaturas.

Los focos emisores emiten generalmente NO y NO<sub>2</sub>, a los que denominamos primarios, con el tiempo el NO se oxida y genera NO<sub>2</sub> secundario. Así pues cerca de las fuente el ratio NO/NO<sub>2</sub> es mucho más alto que en las zonas de fondo regional.

En ambiente urbano, generalmente más del 75% del NO<sub>2</sub> en aire ambiente es aportado por el tráfico rodado. Esta contribución es mayor que la que aporta al Inventario Nacional de Emisiones debido a que los ciudadanos viven muy próximos al tráfico rodado, y aunque en tonelaje las emisiones son inferiores a las de otras fuentes, su contribución a la exposición humana en ciudades es muy superior.

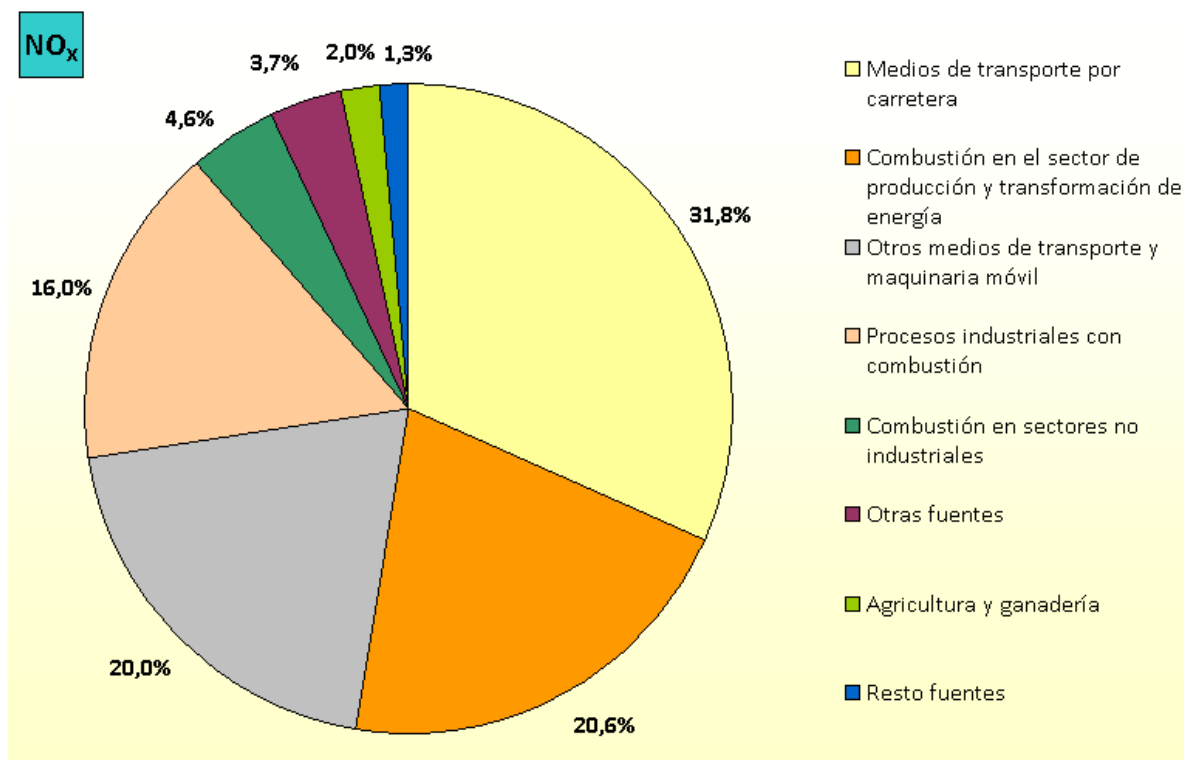


Figura 4.18. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de NO<sub>x</sub> (2011).

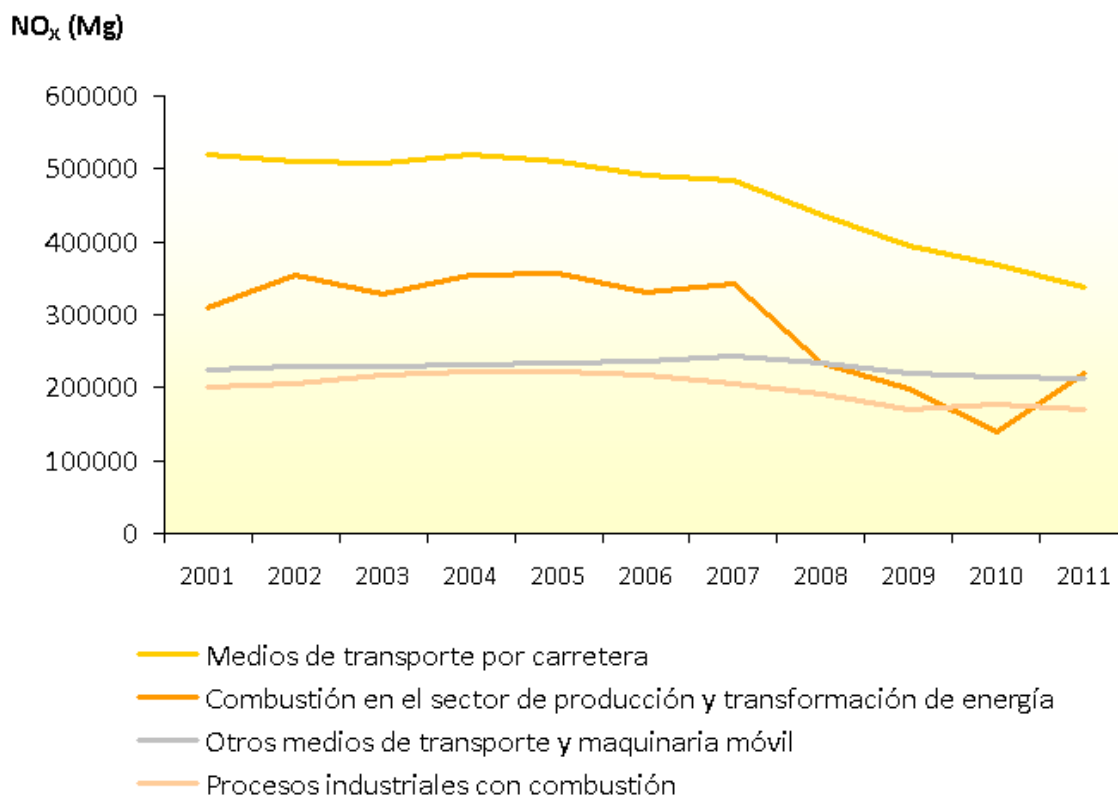
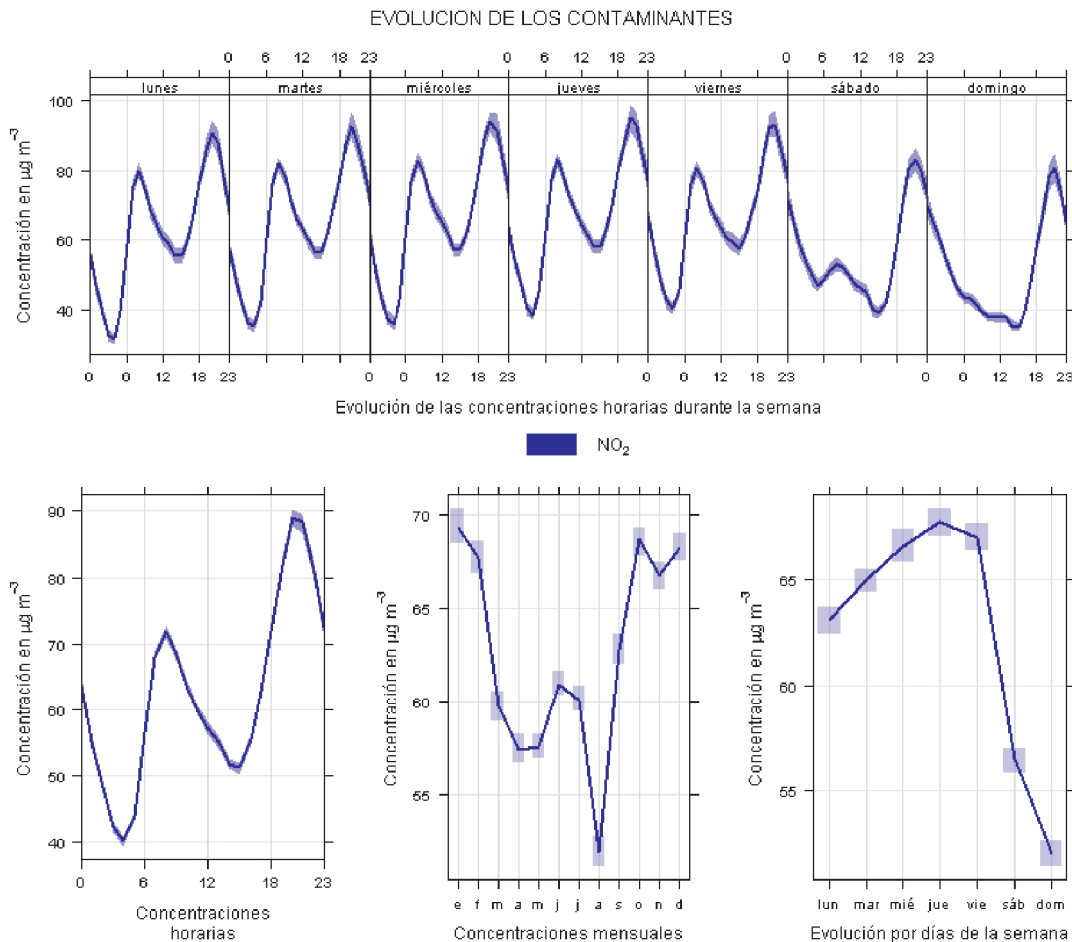


Figura 4.19. Tendencias temporales de las emisiones principales de NO<sub>x</sub>.

Como se aprecia en la Figura 4.19, a lo largo del periodo considerado se ha producido global y paulatinamente una disminución de las emisiones de estos contaminantes, que resulta más marcada si se atiende a focos individuales como el tráfico (que continúa siendo el principal contribuyente) o a la combustión en las industrias energéticas, que han experimentado una caída importante a partir del año 2008.

De todo ello se puede deducir que los niveles más altos de  $\text{NO}_x$  se van a alcanzar previsiblemente en las grandes aglomeraciones urbanas y en sus zonas metropolitanas, así como en el entorno de las vías de comunicación con tráfico más denso.

La Figura 4.20 muestra los patrones temporales de distribución del  $\text{NO}_2$  en una estación de tráfico urbano. Como se observa, la evolución de las concentraciones a lo largo de un día muestra dos perfiles: de lunes a viernes, el gráfico marca dos máximos, a primera hora de la mañana y a partir de las 6 de la tarde, coincidiendo con los desplazamientos entre el domicilio y el lugar de trabajo; mientras que los sábados y los domingos sobre todo destacan los desplazamientos por la tarde-noche, que además llevan a registrar concentraciones inferiores al resto de los días de la semana. La influencia de los desplazamientos laborales se aprecia también en las concentraciones mensuales, que caen significativamente en agosto.



Carlaw, D.C. and K. Ropkins, (2012). *openair — an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61*; Carlaw, D.C. (2013). *The openair manual — open-source tools for analysing air pollution data. Manual for version 0.8-0, King's College London.*

Figura 4.20. Evolución horaria, diaria, semanal y mensual de  $\text{NO}_2$  en una estación de tráfico.

#### 4.2.3 Valores legislados para NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>

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 (NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>).

Valor legislado	Valor límite	Periodo
Valor límite horario (VLH) de <b>NO<sub>2</sub></b> para la <b>protección de la salud humana</b> (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2010)	200 µg/m <sup>3</sup>	Valor medio en 1 h No debe superarse en más de 18 ocasiones por año civil
Valor límite anual (VLA) de <b>NO<sub>2</sub></b> para la <b>protección de la salud humana</b> (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2010)	40 µg/m <sup>3</sup>	Año civil
Valor límite (nuevo <b>nivel crítico</b> según la Directiva 2008/50/CE y el RD 102/2011) de <b>NO<sub>x</sub></b> para la <b>protección de la vegetación</b>	30 µg/m <sup>3</sup>	Año civil

#### 4.2.4 Resultados de la evaluación del NO<sub>2</sub> (2012)

##### 4.2.4.1. Evaluación del NO<sub>2</sub> por zonas

Las Figuras 4.21 y 4.22 muestran de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para este contaminante en el año 2012, conforme a los límites legales establecidos (valor límite horario y valor límite anual).



Figura 4.21. Situación de España para el NO<sub>2</sub> respecto al valor límite horario (2012): Zonas.

Las dos zonas que superaron en 2012 el valor límite horario (VLH) de NO<sub>2</sub> para la protección de la salud humana fueron las recogidas en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Evaluación respecto al VLH de NO<sub>2</sub> (2012).

Zonas > VLH de NO <sub>2</sub>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Madrid (ES1301) (Ciudad de Madrid)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Urbana Sur (ES1309)</li> </ul>



Figura 4.22. Situación de España para el NO<sub>2</sub> respecto al valor límite anual (2012): Zonas.

En cuanto al valor límite anual (VLA), en el año 2012 se registraron valores por encima del valor límite en siete zonas (Tabla 4.4). No obstante, para tres de ellas la Comisión Europea ha concedido una prórroga de cumplimiento, (mediante la *Decisión de la Comisión de 14.12.2013, relativa a la notificación por el Reino de España de la prórroga del plazo fijado para alcanzar los valores límite de NO<sub>2</sub> en tres zonas donde debe evaluarse la calidad del aire*), de modo que sólo son cuatro las zonas que realmente superan el VLA.

En las otras tres, se superó dicho valor límite éste pero no su suma con el margen de tolerancia, establecido para el año 2012 conforme al Anexo XI de la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo, en 20µg/m<sup>3</sup> (VLA+MdT = 40+20 = 60 µg/m<sup>3</sup>) para las Zonas ES1308 “Corredor del Henares”, ES1309 “Urbana Sur” y ES0118 “Granada y Área Metropolitana”. Salvo en estas excepciones, en 2010 se dejó de aplicar con carácter general el margen de tolerancia.

Tabla 4.4. Evaluación respecto al VLA de NO<sub>2</sub> (2012).

Zonas > Valor límite anual (VLA)	Zonas > VLA, ≤ VLA+MdT (zonas con prórroga):
<ul style="list-style-type: none"> <li>Área de Barcelona (ES0901)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Urbana Sur (ES1309) (Madrid)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Madrid (ES1301)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corredor del Henares (ES1308)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vallès-Baix Llobregat (ES0902)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Granada y Área Metropolitana (ES0118)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciudad de Murcia (ES1407)</li> </ul>	



#### 4.2.4.2. Estaciones utilizadas para la evaluación del NO<sub>2</sub>

Si se considera el grado de cumplimiento de la legislación vigente para el NO<sub>2</sub> de las estaciones utilizadas para la evaluación de este contaminante en el año 2012, el resultado es el que recogen las Figuras 4.23 y 4.24, en las que las estaciones se muestran en color rojo (cuando las estaciones superan el valor límite), naranja (entre el valor límite y el umbral de evaluación superior), amarillo (entre los umbrales de evaluación) o verde (por debajo del umbral de evaluación inferior).

El valor límite horario se supera únicamente en Madrid ya que en Palma hay una estación que supera el percentil 99.8 pero el número de superaciones de 200 es igual o inferior a 18.



Figura 4.23. Situación de España para el NO<sub>2</sub> respecto al valor límite horario (2012): Estaciones.



Figura 4.24. Situación de España para el NO<sub>2</sub> respecto al valor límite anual (2012): Estaciones.

#### 4.2.4.3. Concentración mensual de los niveles de NO<sub>2</sub> en 2012

Los estadísticos de la evaluación de calidad del aire para NO<sub>2</sub> en la legislación están referenciados al año civil. Para conocer la distribución de los niveles de este contaminante a lo largo del año, se ha elaborado un mapa con los valores medios mensuales registrados en todas las estaciones que han participado en su evaluación en el año 2012 (Figura 4.25), así como un gráfico con la distribución de los niveles en el año para las estaciones, agrupadas por tipo de área (Figura 4.26).

En ambas figuras se observa que el patrón de distribución del NO<sub>2</sub> a lo largo del año presenta valores más altos en invierno que en verano, siendo esta tendencia especialmente acusada en las zonas urbanas. Este patrón se puede deber a que en los meses de primavera hay más precipitaciones que limpian los gases de la atmósfera o que en los meses centrales del año al ser más calurosos hay más ventilación de la atmósfera. Otro posible motivo serían las situaciones anticiclónicas que se dan durante el invierno en la península impidiendo la dispersión de los contaminantes.



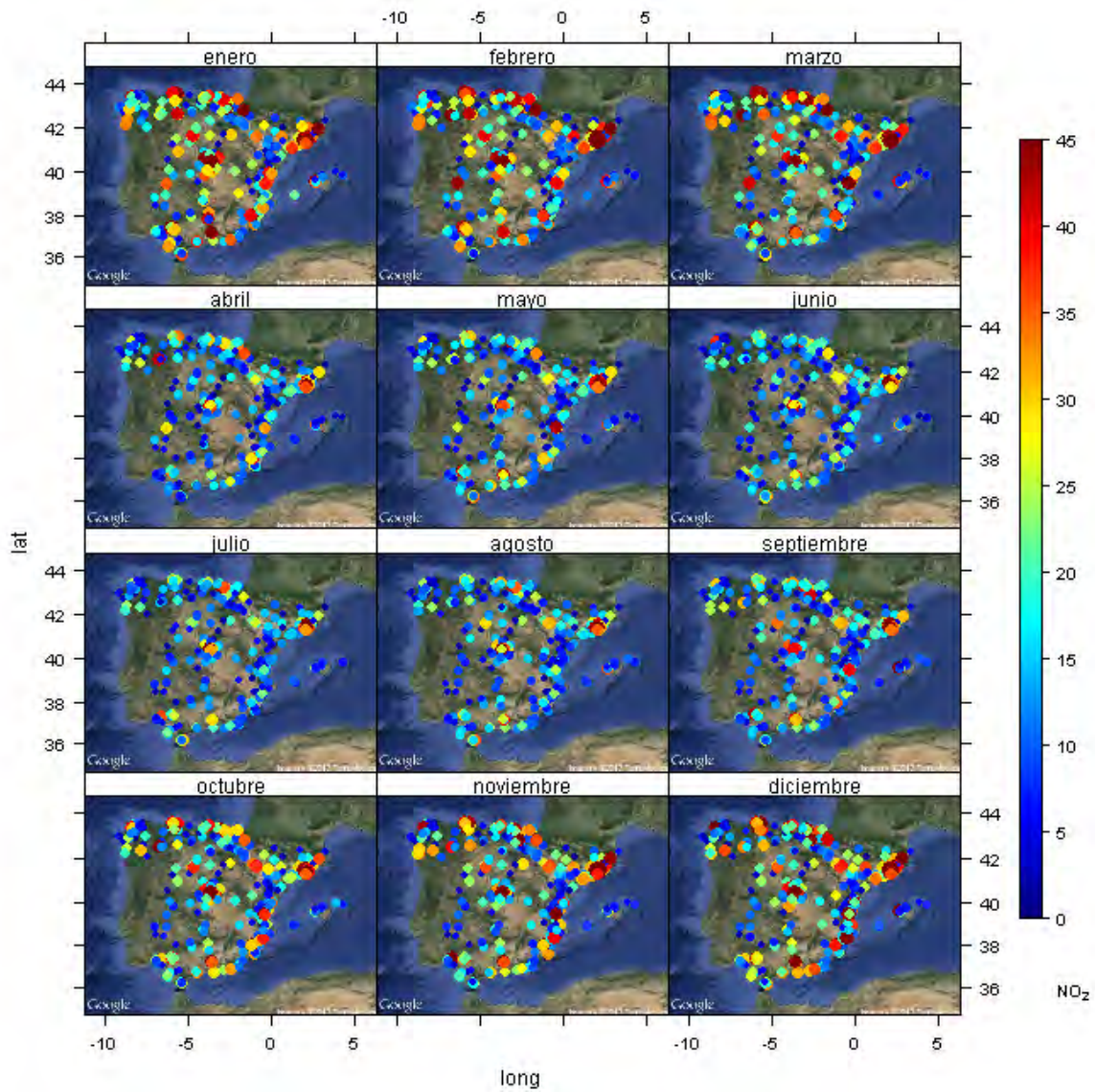


Figura 4.25. Evolución de las medias mensuales de NO<sub>2</sub> en 2012.

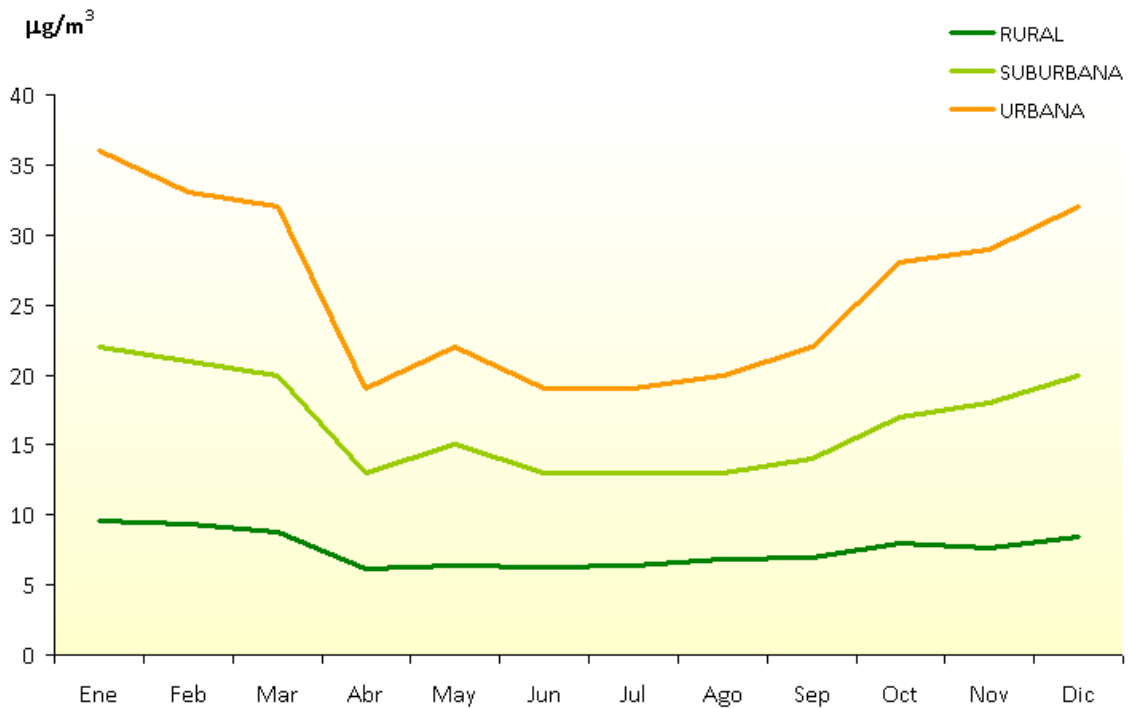


Figura 4.26. Evolución de las medias mensuales de NO<sub>2</sub> en 2012 por tipo área.

#### 4.2.4.4. Análisis del NO<sub>2</sub> por tipo de área y tipo de estación en 2012

Las Figuras 4.27 y 4.28 permiten analizar el grado de cumplimiento de las estaciones utilizadas para evaluar NO<sub>2</sub> en 2012, a través de la representación de la distribución de las medias anuales de las estaciones que evalúan NO<sub>2</sub> respecto al valor límite anual (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en dicho año, agrupadas por tipo de área y por tipo de estación. Según los resultados, un porcentaje relativamente alto de estaciones sigue superando el valor límite anual, principalmente en estaciones urbanas o suburbanas afectadas por el tráfico.

Para considerar el grado de cumplimiento del valor límite horario de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se representa la distribución del valor 19 máximo de las estaciones que han participado en la evaluación de NO<sub>2</sub> en 2012 (dado que el VLH no debe superarse en más de 18 ocasiones por año civil), de nuevo agrupadas por tipo de área y por tipo de estación. Las gráficas del valor límite horario muestran que hay un menor porcentaje de estaciones que superan el VLH respecto al VLA y que las únicas que superan son estaciones urbanas situadas en zonas de tráfico intenso en las principales ciudades de España.

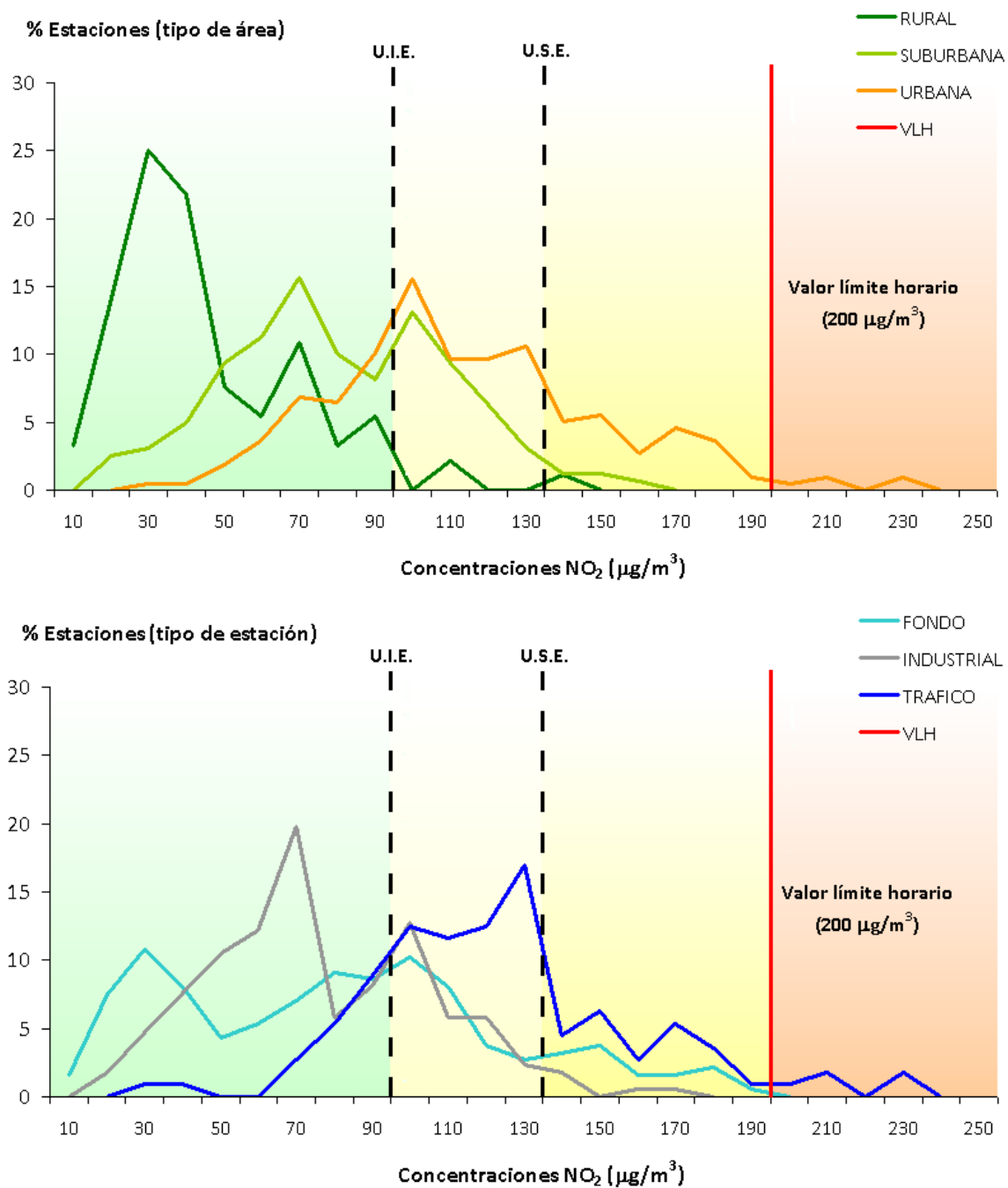


Figura 4.27. Distribución de los niveles de NO<sub>2</sub> en relación a los valores legislados (VLH) por tipo de área y tipo de estación (2012).

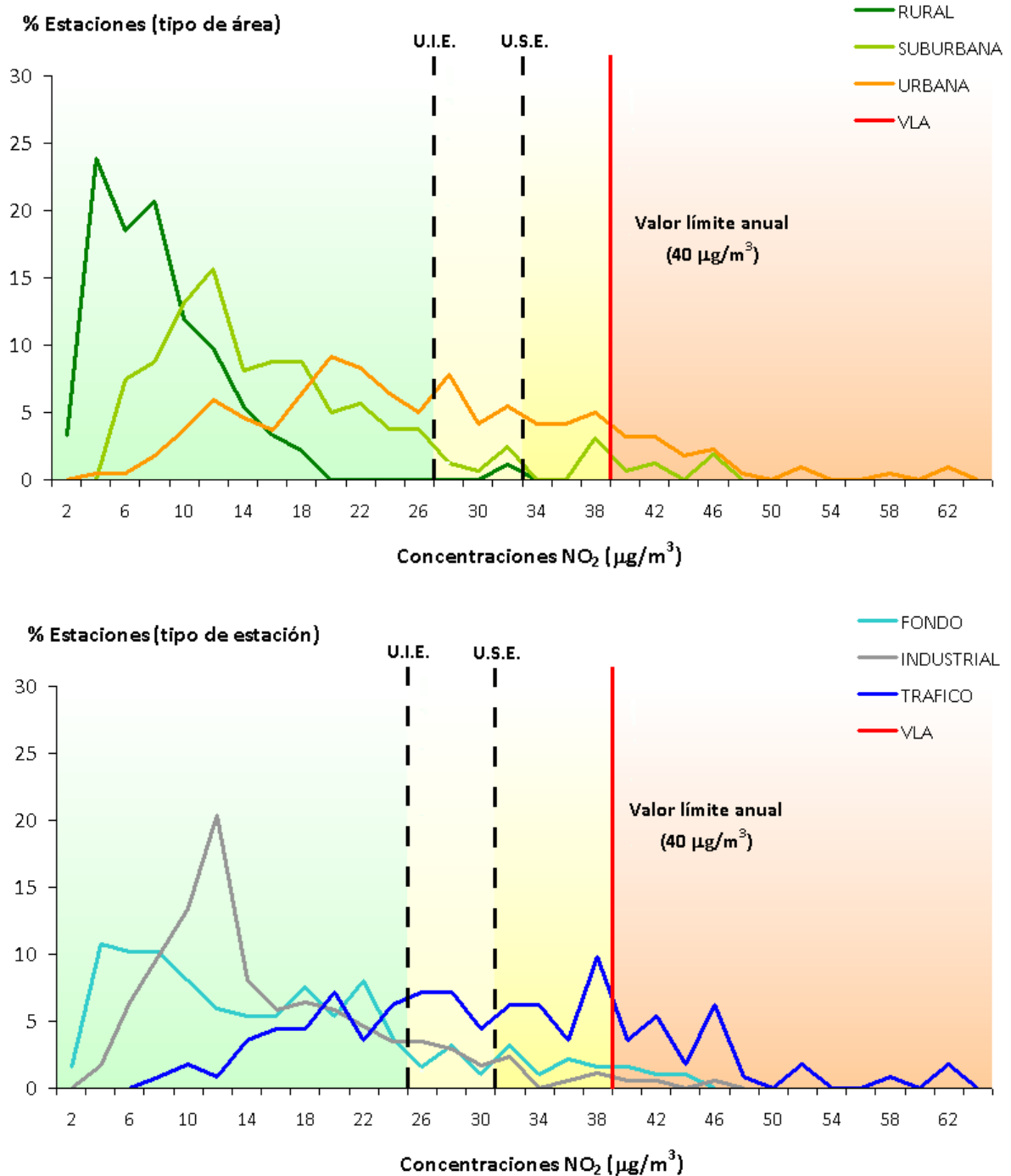


Figura 4.28. Distribución de los niveles de NO<sub>2</sub> en relación a los valores legislados (VLA) por tipo de área y tipo de estación (2012).

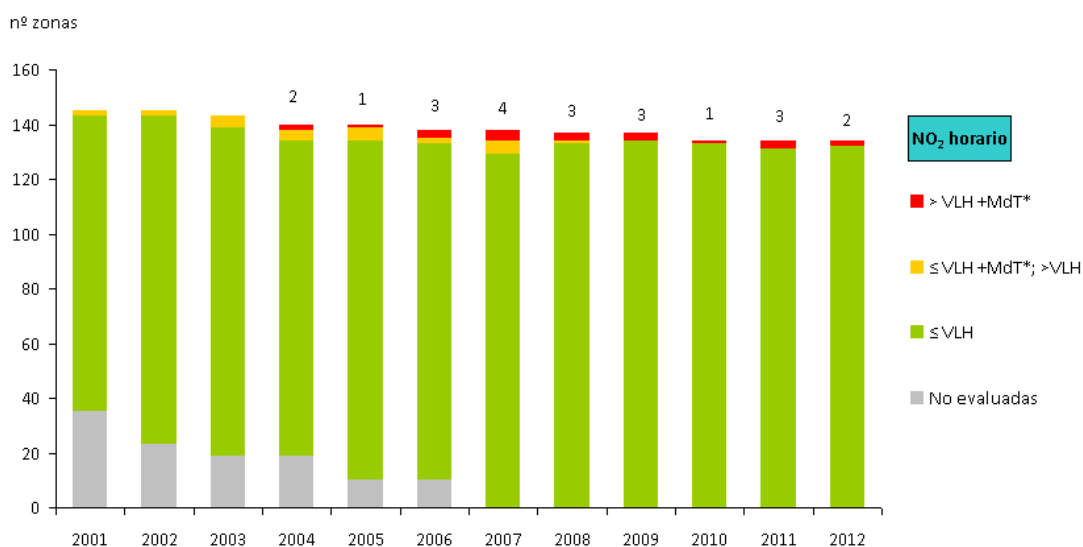
#### 4.2.5 Evolución 2001-2012 del NO<sub>2</sub>

Para analizar la situación de este contaminante a escala nacional y conocer las tendencias del mismo a lo largo de la serie temporal 2001-2012, en este apartado se va a presentar la evolución histórica de los niveles de NO<sub>2</sub>, a través de la consideración de la evolución de las zonas donde se evalúa, de las estaciones correspondientes (mostrando la evolución de los estadísticos legislados)

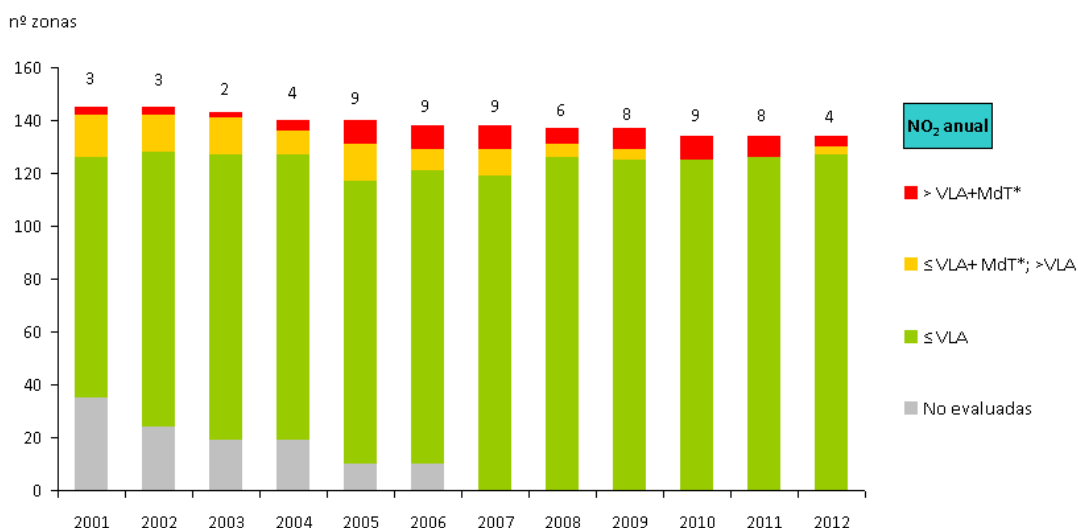
y del comportamiento de las medias anuales (para el total de estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área).

#### 4.2.5.1. Evolución 2001-2012 de los valores legislados en las zonas de NO<sub>2</sub>

En la Figura 4.29 se presenta la evolución de las zonas de evaluación de NO<sub>2</sub> y su situación respecto a los valores legislados a lo largo del periodo 2001-2012. Hay que tener en cuenta que hasta el año 2005 existió un margen de tolerancia para los valores límite, y que posteriormente en el año 2012 se han concedido algunas prórrogas para el cumplimiento del valor límite anual (permitiendo de nuevo un margen de tolerancia para las zonas con prórroga).



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



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

Figura 4.29. Evolución del número de superaciones del VLH y del VLA de NO<sub>2</sub> (2001-2012).

En general se observa un descenso de las zonas con superación de NO<sub>2</sub> a lo largo de los años, debido a la aplicación de los planes de mejora de calidad del aire y al efecto de la crisis económica. No obstante, las grandes ciudades españolas con mayor tráfico siguen incumpliendo los valores legislados a pesar de los esfuerzos realizados.

#### **4.2.5.2. Evolución 2007-2012 de los valores legislados de NO<sub>2</sub> en estaciones**

Para una mayor claridad, en las Figuras 4.30 y 4.31 se muestra la evolución de los estadísticos de los valores legislados horario y anual de NO<sub>2</sub> de los últimos seis años (2007-2012), teniendo en cuenta que a partir del 2005 deja de existir el margen de tolerancia de los dos valores límite establecidos. La representación en un mapa de la evolución de los valores legislados muestra que la superación de los valores límite de NO<sub>2</sub> se ha producido de manera continuada en Barcelona y su área metropolitana (Hospitalet, Sabadell...) y en Madrid y su área metropolitana (Coslada, Fuenlabrada, Leganés...), y de manera puntual en otras ciudades (A Coruña, Bilbao, Granada, Palma, Sevilla, Valencia...).



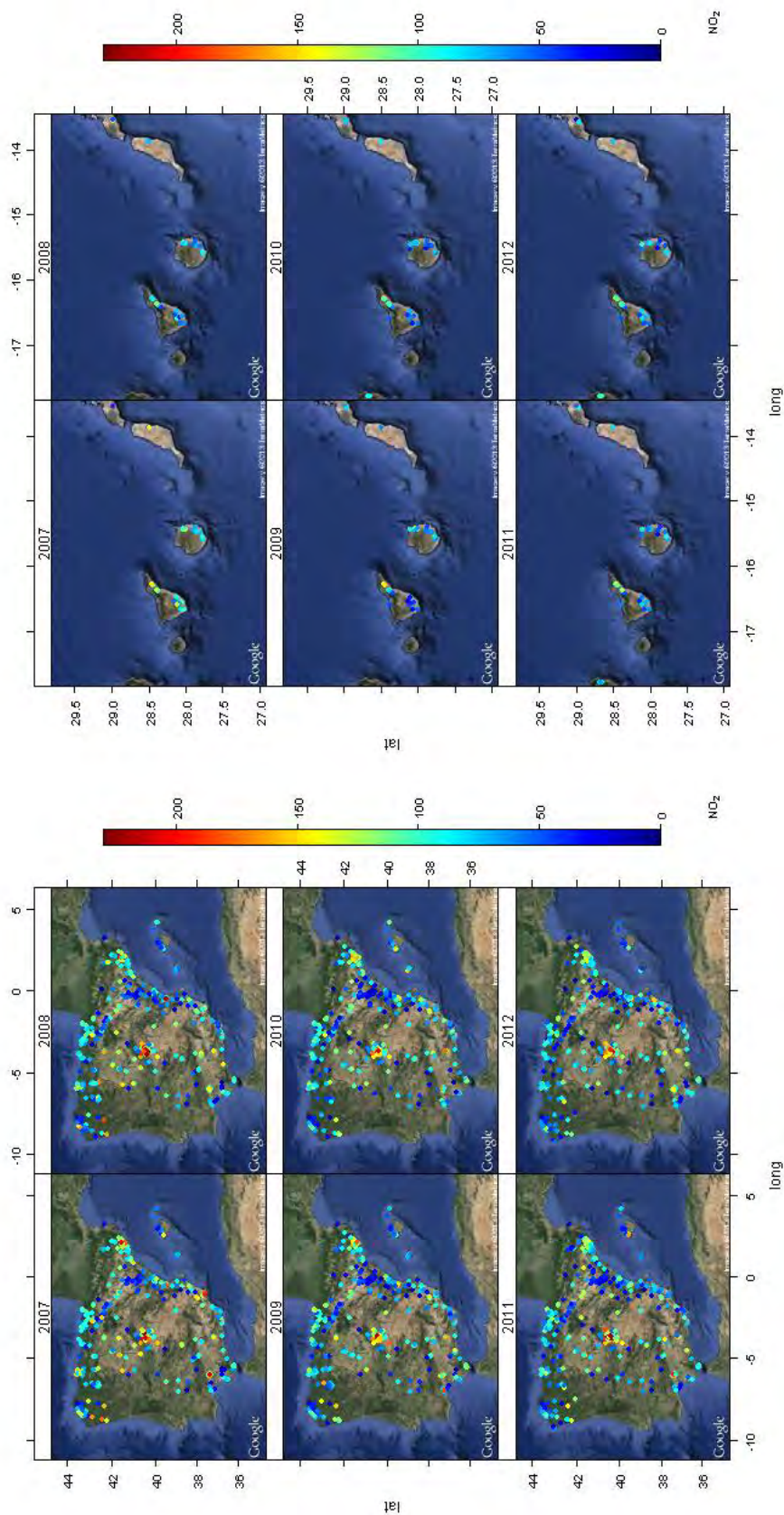


Figura 4.30. Evolución de los niveles registrados de NO<sub>2</sub> respecto al VLH (19 valor máximo horario, dado que el VLH no debe superarse en más de 18 ocasiones por año civil) a lo largo del periodo 2007-2012.

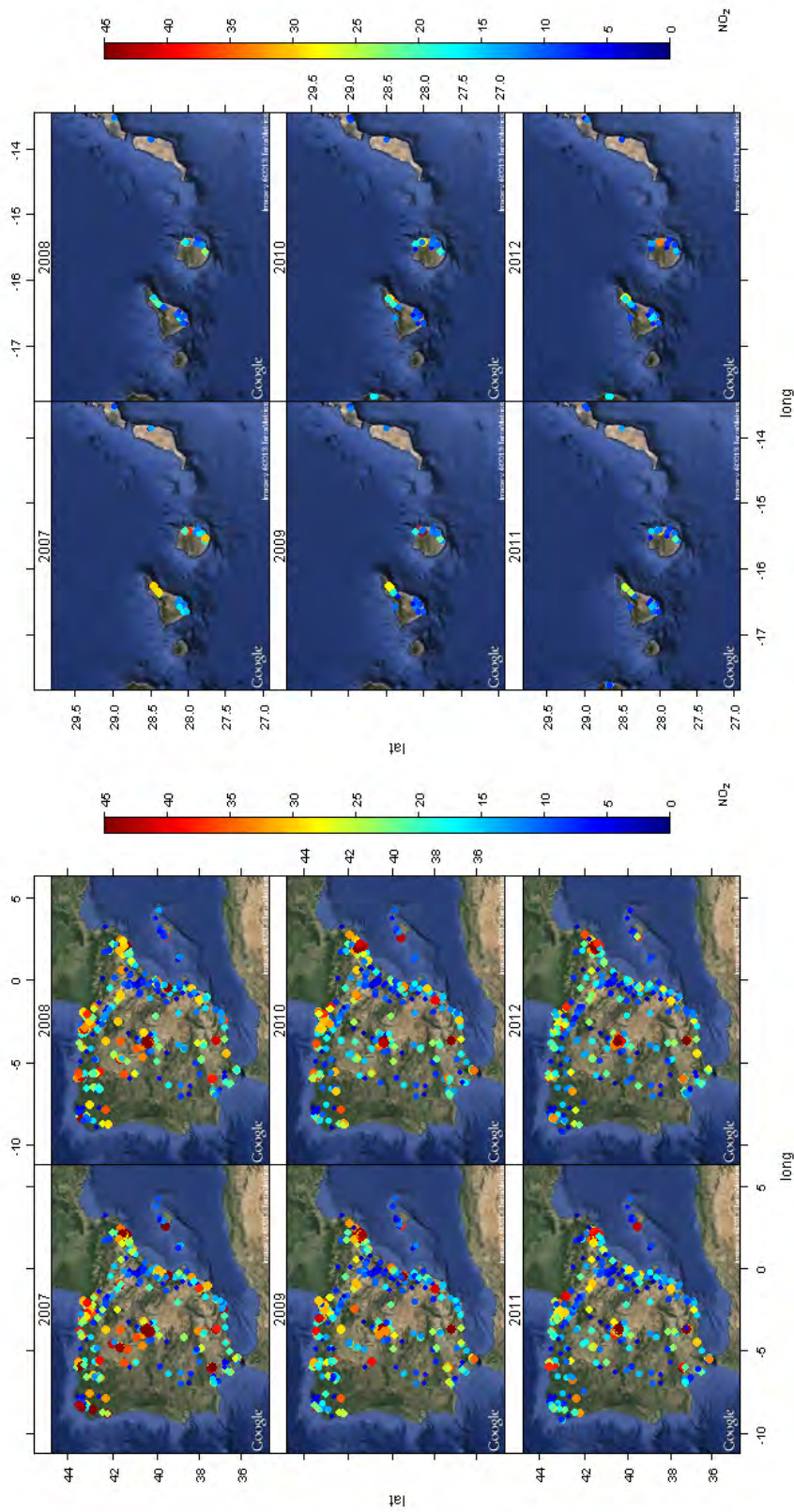


Figura 4.31. Evolución de los valores registrados de NO<sub>2</sub> (media anual) respecto al VLA a lo largo del periodo 2007-2012.

### 4.2.5.3. Evolución 2001-2012 de los niveles de NO<sub>2</sub>

La Figura 4.32 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del NO<sub>2</sub> a lo largo del periodo 2001-2012, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales.

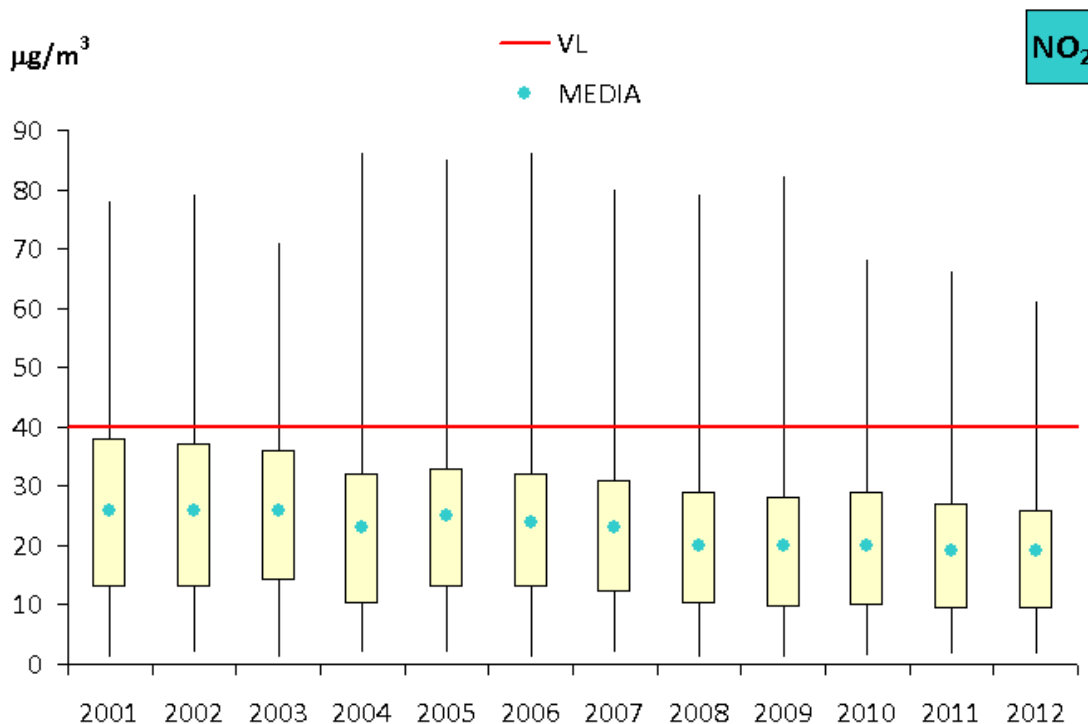


Figura 4.32. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de NO<sub>2</sub> 2001-2012.

La Figura 4.33 recoge la evolución de las medias anuales de NO<sub>2</sub> (2001-2012) de las estaciones, agrupadas por tipo de estación y de 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.

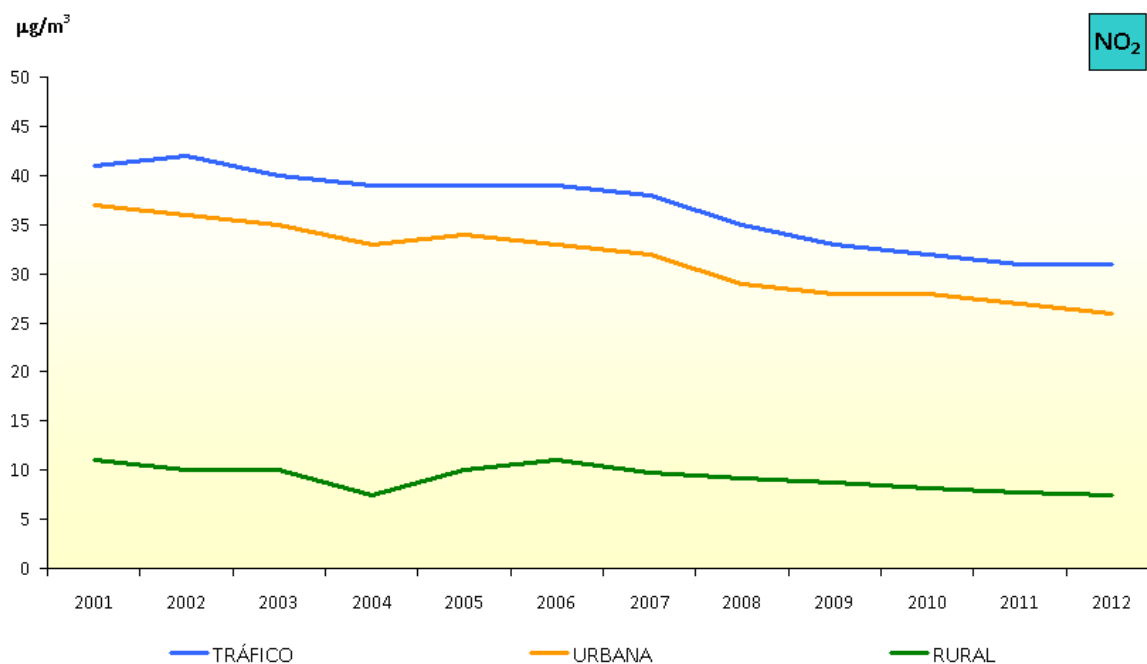
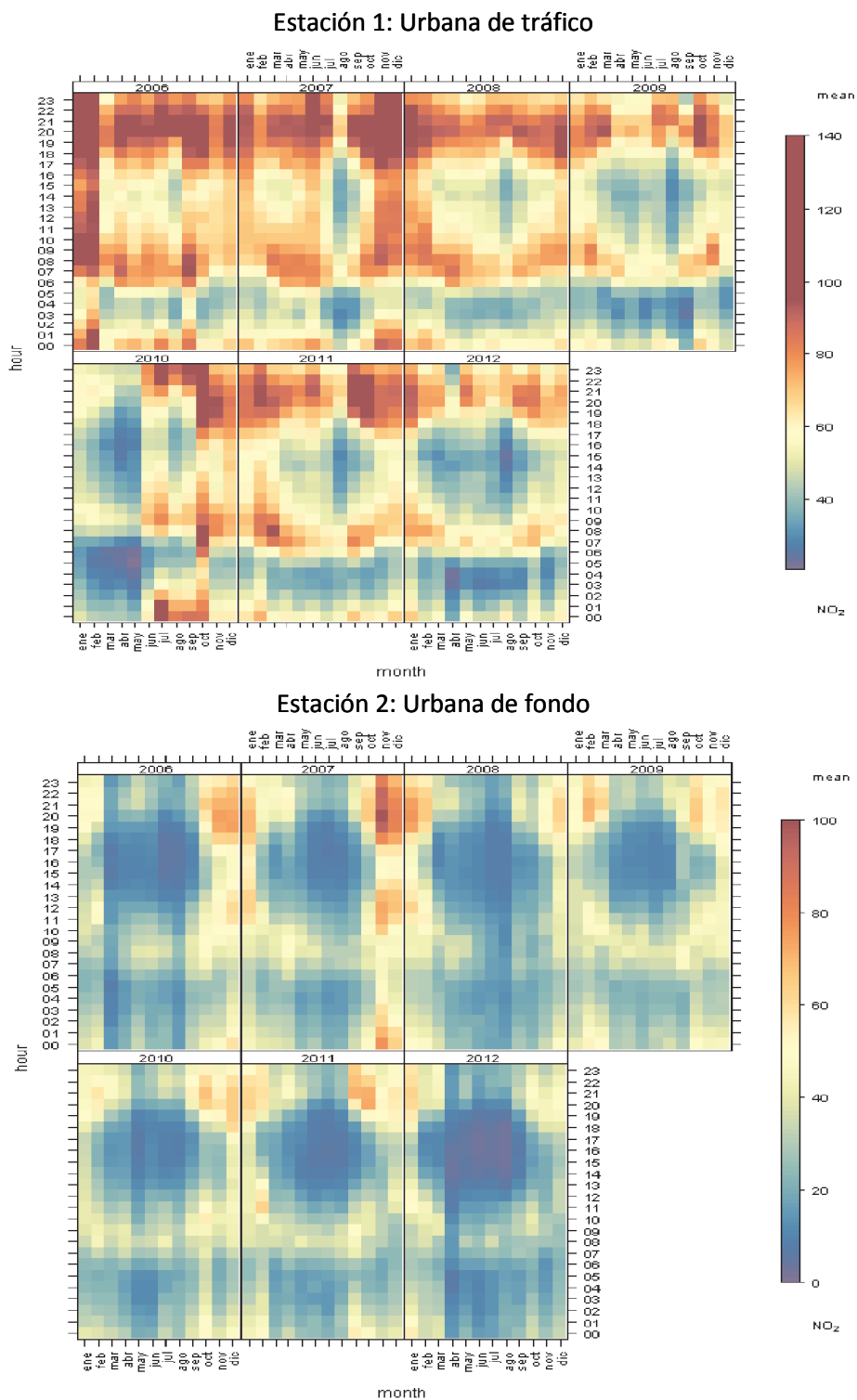


Figura 4.33. Evolución de las medias anuales de NO<sub>2</sub> (2001-2012) por tipo de estación y área.

A modo de ejemplo, en la Figura 4.34 se muestra la distribución de los niveles horarios y mensuales de NO<sub>2</sub> en dos estaciones urbanas de la misma ciudad, una de tráfico y otra de fondo:

- Estación 1: Afectada por tráfico intenso en una gran ciudad de España. Se distinguen dos picos máximos a lo largo del día, por la mañana y por la tarde, coincidiendo con los desplazamientos de ida y vuelta al trabajo. Por otro lado se observan mayores concentraciones durante el invierno y más bajas durante el verano, siendo especialmente significativo el descenso de niveles durante el mes de agosto debido al menor tráfico que tiene lugar durante las vacaciones en dicha ciudad (en las ciudades de la costa ocurre lo contrario, con mayores niveles durante el periodo estival debido al aumento de desplazamientos que tiene lugar durante el verano).
- Estación 2: Situada en una ubicación de fondo, en un parque, pero dentro de la misma ciudad que la estación 1. Se observa que el patrón de distribución temporal de la contaminación a lo largo del día es el mismo que en la estación 1 (es decir, está influida por el tráfico), pero que los niveles son inferiores al estar más alejada de la fuente de emisión (vehículos).

En ambas estaciones se observa un descenso de los niveles registrados a lo largo de los años, que confirma los resultados anteriores.



Carlaw, D.C. and K. Ropkins, (2012). *openair — an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61.*; Carlaw, D.C. (2013). *The openair manual — open-source tools for analysing air pollution data. Manual for version 0.8-0, King's College London.*

Figura 4.34. Evolución de las concentraciones de NO<sub>2</sub> en dos estaciones urbanas de una misma ciudad (2006-2012).



### 4.3 Partículas PM10 y PM2,5

#### 4.3.1 Efectos de las partículas

Las “partículas” (PM) están integradas por una mezcla heterogénea y compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas de tamaño y composición química muy variable; sólidas y/o líquidas, de origen tanto natural como antropogénico.

Son los contaminantes del aire más importantes en términos de peligrosidad para la salud humana (aquellas de un diámetro aerodinámico igual a las 10 micras, o inferior, conocidas como PM10), ya que pueden ser inhaladas y penetrar así en el sistema respiratorio; las de menor tamaño (de 2,5 micras de diámetro, o inferior –PM2,5-) pueden incluso alcanzar los alveolos pulmonares, lo que les permite de este modo llevar sustancias nocivas a zonas muy sensibles y agravar patologías que pueden conducir incluso a una muerte prematura. De este modo, las partículas (en especial las PM2,5) pueden estar implicadas en el incremento de la mortalidad y de la morbilidad por causas respiratorias y cardiovasculares. Además de PM10 y PM2,5, las partículas ultrafinas (inferiores a 0,1 micras, UFP) pueden incluso alcanzar el flujo sanguíneo y afectar por tanto a diversos órganos, y afectar al sistema nervioso central y al sistema reproductor, entre otros.

Por otra parte, las partículas ultrafinas en suspensión también pueden tener efectos muy diversos sobre el medio ambiente y el clima, dependiendo de su tamaño y composición; en líneas generales pueden afectar al crecimiento vegetal, a la fauna (de modo similar a lo ya visto para el caso humano), reducen la visibilidad, influyen en los cambios de temperatura netos (ya sea incrementándola o disminuyéndola) e incluso pueden alterar los patrones de precipitación y la relación entre la radiación reflejada y la incidente (albedo superficial); y además ocasionar daños en las edificaciones.

#### 4.3.2 Origen de la contaminación

El origen puede ser primario o secundario:

- Primario: Cuando las PM se emiten directamente a la atmósfera, ya sea de manera natural (polvo y partículas del suelo, partículas salinas marinas, esporas y pólenes...) o como consecuencia de la actividad humana, que en ambientes urbanos se asocia sobre todo al tráfico rodado y a la circulación de vehículos (lo que incluye tanto las emisiones de combustión del motor como el desgaste de frenos y neumáticos), a otros procesos de combustión (en especial industriales, pero también relacionados con la calefacción de edificios y viviendas), a otras fuentes de emisión industriales y a la construcción.
- Secundario: Cuando se producen en la atmósfera como resultado de reacciones químicas a partir de gases precursores ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$  y compuestos orgánicos volátiles, principalmente). Dichos precursores permiten resumir el origen de las partículas secundarias en dos grandes bloques:
  - Los componentes inorgánicos secundarios, como el sulfato y nitrato amónico ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), que generalmente constituyen el 30-40% de las partículas PM2,5. Se originan por la oxidación en la atmósfera de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$  y su interacción con amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Esta reacción es más rápida en condiciones de alta temperatura y humedad y elevada insolación, y el origen de los gases precursores es antropogénico en su gran mayoría.
  - Los compuestos secundarios orgánicos se originan a partir de COVs, tanto naturales como antrópicos. Entre los gases orgánicos antrópicos destacan los hidrocarburos



emitidos por evaporación de combustibles o por emisiones de combustión, así como un gran número de focos industriales (pinturas, barnices, entre otros). Entre los naturales destacan los COVs biogénicos procedentes de las emisiones vegetales, como los isoprenos, típicos de los bosques caducifolios y los terpenos de los de coníferas. Estos COVs reaccionan en la atmósfera con  $O_3$ ,  $NO_x$  y otros componentes y generan compuestos carbonosos sólidos y/o líquidos que constituyen alrededor del 25-30% del  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ . La velocidad de formación de este  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  carbonoso es mayor en las ciudades por presentar altos niveles de  $NO_x$ , a su vez, la reacción entre  $NO_2$  y COVs genera  $O_3$ .

En general, la fracción antropogénica domina sobre la natural, tanto en zonas rurales como en puntos de tráfico rodado o industriales. Además la fracción secundaria representa entre el 40 y el 70 % de la masa de PM.

La Figura 4.35 resume las contribuciones relativas de las diversas fuentes de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  en suspensión primarias a las emisiones nacionales de estos contaminantes, tal como se recoge en el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera 2011. De todos los tipos de focos considerados en dicho Inventario, entre los más influyentes en el año 2011 predomina como fuente principal la combustión en sectores no industriales, tanto para las  $PM_{10}$  como para las  $PM_{2,5}$ , seguida por el tráfico rodado (en el caso de las  $PM_{10}$ ) o por la agricultura (en el de las  $PM_{2,5}$ ).



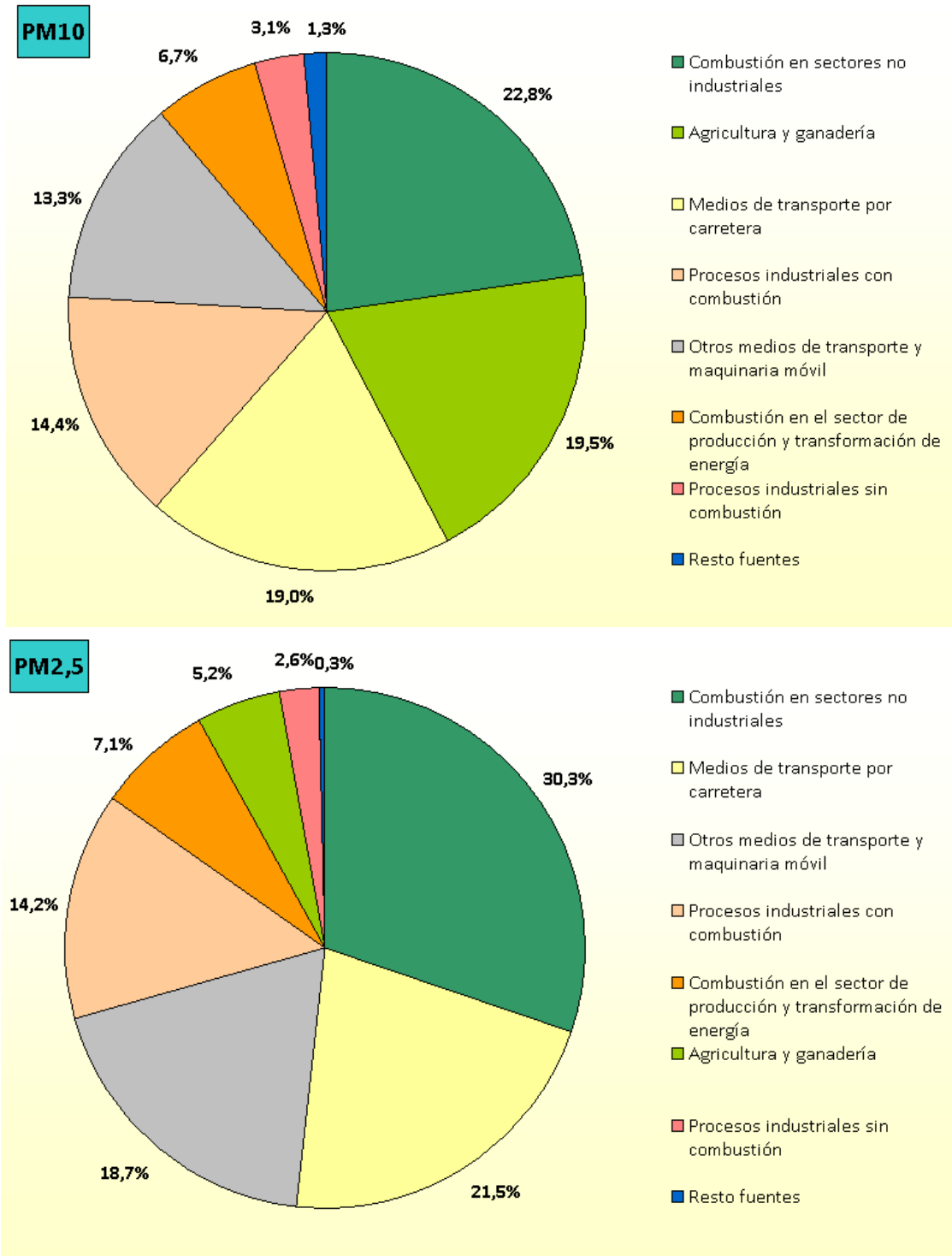
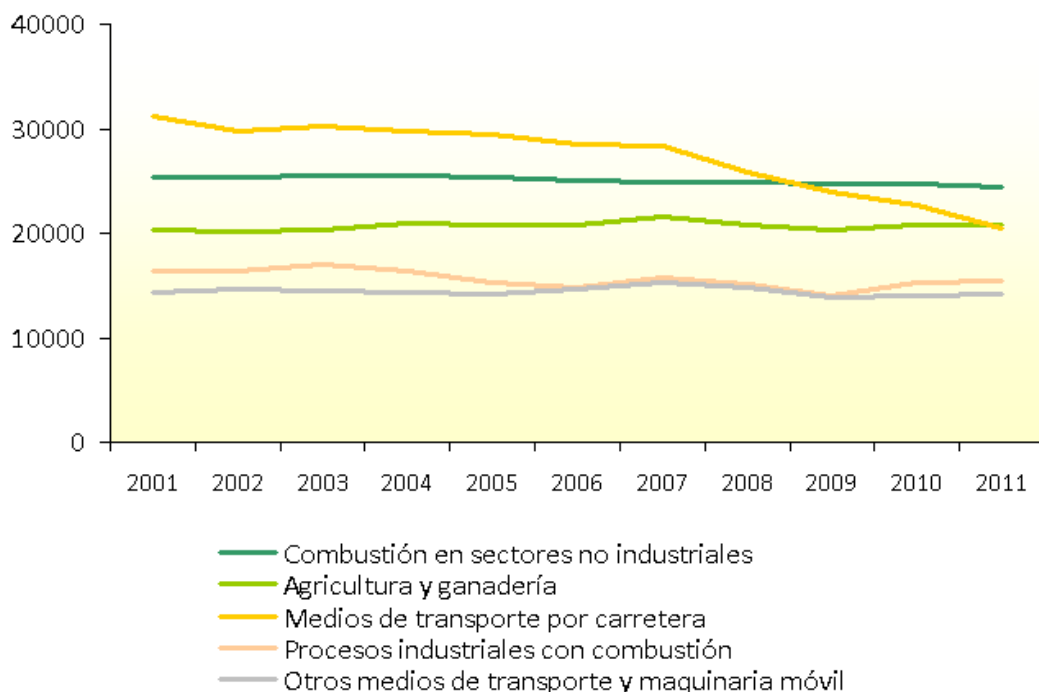


Figura 4.35. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de PM10 y PM2,5 (2011).

La Figura 4.36 muestra una evolución generalizada a la baja en las emisiones de partículas entre los años 2000 y 2011 en sectores como el del transporte, pero tal tendencia no es tan evidente ni en el caso de la agricultura (para las PM10) ni el de otros sectores que implican procesos de

combustión (tanto para PM10 como para PM2,5), cuyas emisiones se mantienen invariadas o incluso ligeramente al alza en el periodo considerado.

**PM10 (Mg)**



**PM2,5 (Mg)**

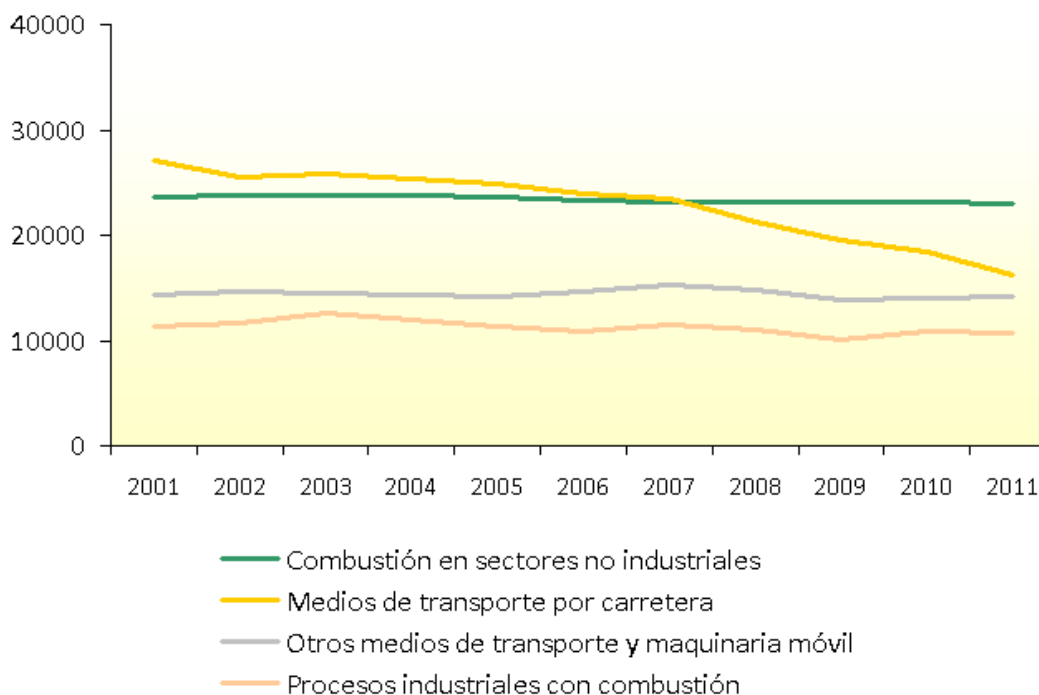


Figura 4.36. Origen de la contaminación: Emisiones principales de partículas PM10 y PM2,5.

En España se registran niveles altos de PM10 en zonas de tipología muy diversa, en ciudades, en algunas zonas industriales e incluso zonas rurales, debido a que la distribución de fuentes de emisión de partículas es muy compleja, ya que pueden proceder del tráfico rodado (tanto de la emisión del motor, como del desgaste de frenos como de la erosión del firme de rodadura), de la minería, de la industria, de las emisiones domésticas y residenciales, del polvo mineral de origen africano, o del aerosol marino, entre otros.

En **ambientes urbanos** la mayor contribución (entre 35 y 60%) a los niveles de PM10 y PM2,5 en aire ambiente la aporta el tráfico rodado, tanto por medio de las emisiones del motor, como de las emisiones mecánicas por abrasión de frenos, discos, ruedas y pavimento. Como se ha descrito para NO<sub>2</sub>, esta contribución es mayor que la que aporta al Inventario Nacional de Emisiones debido a que los ciudadanos viven muy próximos al tráfico rodado y, aunque en tonelaje las emisiones son inferiores a las de otras fuentes, su contribución a la exposición humana en ciudades es muy superior. Siguiendo a la contribución del tráfico rodado, los otros focos de emisión importantes son la formación de partículas secundarias, las emisiones industriales, las residenciales y domésticas, la construcción, la resuspensión de polvo mineral y los aportes de aerosol marino y de los buques en zonas costeras. Las contribuciones de las fuentes expuestas dan lugar a que la composición de PM10 y PM2,5 de una zona urbana de España sea de 10-35% de materia mineral, 10-20 % sulfato, (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), 10-20% nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 5-10 % amoníaco (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 2-5% de carbono elemental grafitico procedente de combustión, 15-30% de materia carbonosa orgánica en su mayoría secundario, 1-10% aerosol marino, y menos de 1% de la suma de contaminantes traza, entre ellos los metales.

Para valorar la situación nacional con respecto a estos contaminantes hay que tener presente, en primer lugar, que España siempre ha presentado niveles altos de partículas, cuya concentración se incrementa esporádicamente de forma natural por las intrusiones de polvo africano. Por este motivo, la legislación vigente establece un **procedimiento**<sup>1</sup> para conocer en qué medida se ven afectados esos niveles por las fuentes naturales y cuál es el nivel de partículas ocasionado por actividades humanas, con la finalidad de no contabilizar (a efectos de cumplimiento de valores límite) las superaciones ocasionadas por dichas fuentes naturales, tal y como establecen el Real Decreto 102/2011 (en su artículo 22.2) y la Directiva 2008/50/CE (en su artículo 20).



Figura 4.37. Imagen satélite que muestra una intrusión de masas de aire africanas con elevada carga de polvo atmosférico sobre Canarias.

Fuente: Imagen NASA-USA

<sup>1</sup><http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/gestion/Naturales.aspx>

### 4.3.3 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 4.5 y 4.6.

Tabla 4.5. Valores legislados para PM10 en aire ambiente.

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

Tabla 4.6. Valores legislados para PM2,5 en aire ambiente.

Valor objetivo	Nivel		Periodo
Valor objetivo anual para la <b>protección de la salud</b> (fecha de cumplimiento: 1 de enero del 2010)	25 µg/m <sup>3</sup>		Año natural
Valor límite	Valor límite + Margen de Tolerancia (2013 y 2014)		Periodo
	VL	MdT	
Valor límite anual para la <b>protección de la salud</b> (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2015).- Fase I	25 µg/m <sup>3</sup>	1 µg/m <sup>3</sup>	Año natural
Valor límite anual <sup>2</sup> para la <b>protección de la salud</b> (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2020).- Fase II	20 µg/m <sup>3</sup>	--	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 4.7, a más tardar en el año 2020.

Tabla 4.7. Objetivo nacional de reducción de la exposición.

Objetivo de reducción de la exposición <sup>3</sup>		Año en que debe alcanzarse el objetivo de reducción de la exposición
Concentración inicial en µg/m <sup>3</sup>	Objetivo de reducción <sup>4</sup>	
<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 <sup>3</sup>	

<sup>2</sup> Valor límite indicativo que deberá ratificarse como valor límite en 2013 a la luz de una mayor información acerca de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, la viabilidad económica y la experiencia obtenida con el valor objetivo en los Estados Miembros de la Unión Europea.

<sup>3</sup> En relación con el Indicador Medio de Exposición (IME) en 2011. El IME deberá ser igual o menor a 20 µg/m<sup>3</sup> a más tardar en 2015.

<sup>4</sup> Cuando el Indicador Medio de Exposición (IME), expresado en µg/m<sup>3</sup>, en el año de referencia sea igual o inferior a 8,5 µg/m<sup>3</sup>, el objetivo de reducción de la exposición será cero. El objetivo de reducción también será cero en los casos en que el IME alcance el nivel de 8,5 µg/m<sup>3</sup> en cualquier momento durante el período comprendido entre 2011 y 2020 y se mantenga en dicho nivel o por debajo de él.



4.3.4 Resultados de la evaluación de las partículas PM10 (2012)

4.3.4.1. Evaluación de las partículas PM10 por zonas

A continuación se recoge la evolución de las diferentes zonas definidas para este contaminante en 2012, conforme a los límites legales establecidos (valor límite diario y valor límite anual).

En primer lugar, la Figura 4.38 muestra de forma gráfica el resultado de la evaluación 2012, conforme al valor límite diario (VLD).

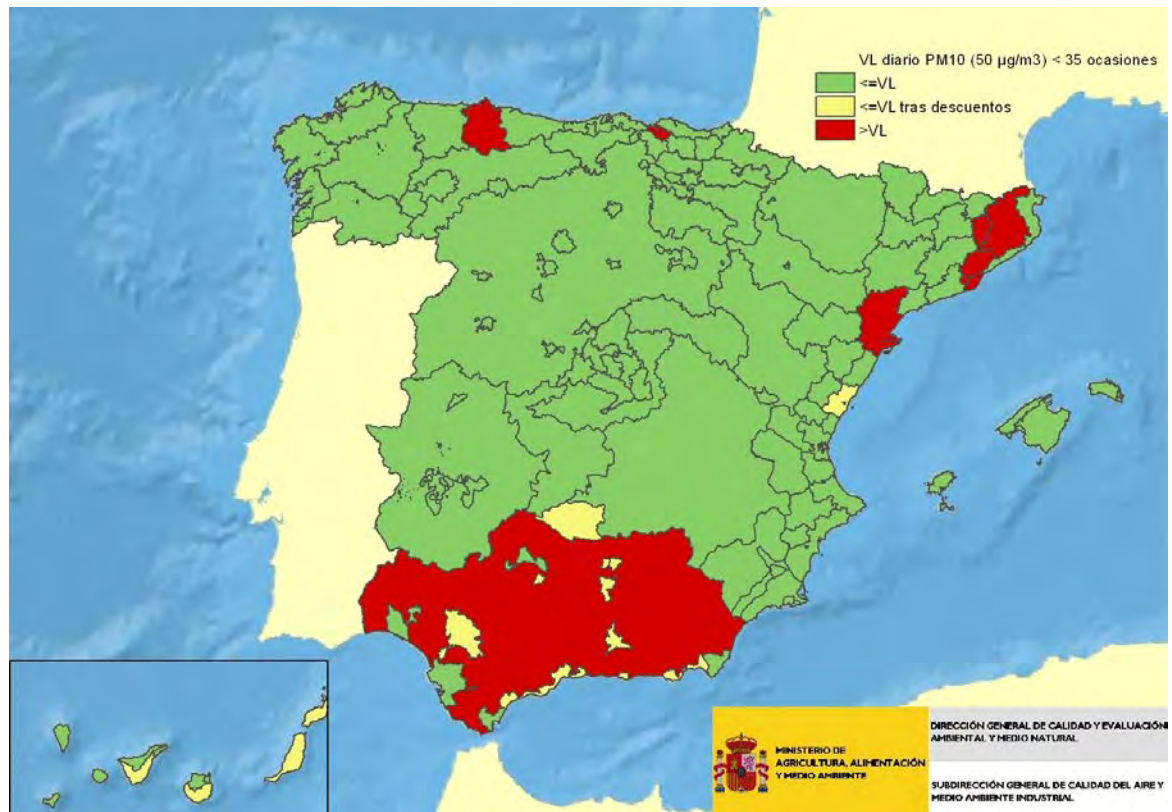


Figura 4.38. Situación de España para las PM10 respecto al valor límite diario (2012).

La Tabla 4.8 muestra las zonas donde se han producido superaciones del VLD de PM10 en 2012.

Tabla 4.8. Evaluación respecto al VLD de PM10 (2012).

Zonas > Valor límite diario (VLD)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nueva Zonas Rurales (ES0123) (Andalucía)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vallès-Baix Llobregat (ES0902)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Asturias Central (ES0302)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comarques de Girona (ES0908)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gijón (ES0304)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terres de L'Ebre (ES0915)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Área de Barcelona (ES0901)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo Nervión (ES1602)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Plana de Vic (ES0906)</li> </ul>	

La zona “Nueva Zonas Rurales (ES0123)” que cubre gran parte de Andalucía incumple el valor límite diario por la superación del mismo en una única estación (Villanueva del Arzobispo), lo que es coherente con el criterio de que el nivel de la peor estación es el que marca la situación de la zona respecto al valor legislado. Esto no quiere decir que en todo el territorio de la zona se



superen los valores legislados, sino que en el lugar donde se registran los valores más altos de la zona se supera el valor legislado.

La Tabla 4.9 muestra las zonas en las que se dejó de superar dicho VLD tras el descuento de intrusiones en 2012.

Tabla 4.9. Zonas con descuentos de intrusiones (2012).

Zonas en las que se dejó de superar el Valor Límite Diario (VLD) de PM10 tras el descuento de intrusiones (2012)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona Industrial de Bailén (ES0108)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comarca de Puertollano (ES0705)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Córdoba (ES0111)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerteventura y Lanzarote (ES0504)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granada y Área Metropolitana (ES0118)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur de Gran Canaria (ES0510)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Málaga y Costa del Sol (ES0119)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur de Tenerife (ES0513)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nueva Zona de Núcleos de 50.000 a 250.000 Habitantes (ES0122)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mijares-Peñagolosa. Área Costera (ES1003)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nueva Zona Sevilla y Área Metropolitana (ES0125)</li> </ul>	

La Figura 4.39 y la Tabla 4.10 resumen los resultados de la evaluación 2012 en lo que respecta al valor límite anual (VLA).



Figura 4.39. Situación de España para las PM10 respecto al valor límite anual (2012).

En 2012 se ha superado el VLA de PM10 en una única zona de Asturias (Tabla 4.10).

Tabla 4.10. Evaluación respecto al VLA de PM10 (2012).

Zonas > Valor límite anual (VLA)
• Asturias Central (ES0302)

#### 4.3.4.2. Estaciones utilizadas para la evaluación de las partículas PM10

Si se considera el grado de cumplimiento de la legislación vigente para las partículas PM10 de las estaciones utilizadas para la evaluación de este contaminante en el año 2012, el resultado es el que recogen las Figuras 4.40 y 4.41, en las que las estaciones se muestran en color rojo (cuando las estaciones superan el valor límite), naranja (entre el valor límite y el umbral de evaluación superior), amarillo (entre los umbrales de evaluación) o verde (por debajo del umbral de evaluación inferior).

Hay que tener en cuenta que los valores representados son los medidos en las estaciones sin descontar aquellos aportes de fuentes naturales (episodios de polvo africano).



Figura 4.40. Situación de España para las partículas PM10 respecto al valor límite diario (2012): Estaciones.



Figura 4.41. Situación de España para las partículas PM10 respecto al valor límite anual (2012): Estaciones.

#### 4.3.4.3. Concentración mensual de los niveles de partículas en el 2012

Los estadísticos de evaluación de calidad del aire en función de los niveles de las partículas PM10 y PM2,5 que aparecen en la legislación están referenciados al año civil; para conocer cómo se distribuyen mensualmente los niveles de este contaminante a lo largo del año se han elaborado las Figuras 4.42 a 4.47, con los valores mensuales de todas las estaciones que han participado en la evaluación, así como un gráfico de la distribución de los niveles en el año para las estaciones agrupadas por tipo de área.

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 puesto 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 relativo también evidente en marzo. Esta tendencia es típica de las aportaciones de fondo regional en España.

La nueva 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, la elevada frecuencia de ocurrencia de episodios africanos y



de algunos episodios de contaminación regional podrían ser la causa del aumento relativo del mes de marzo.

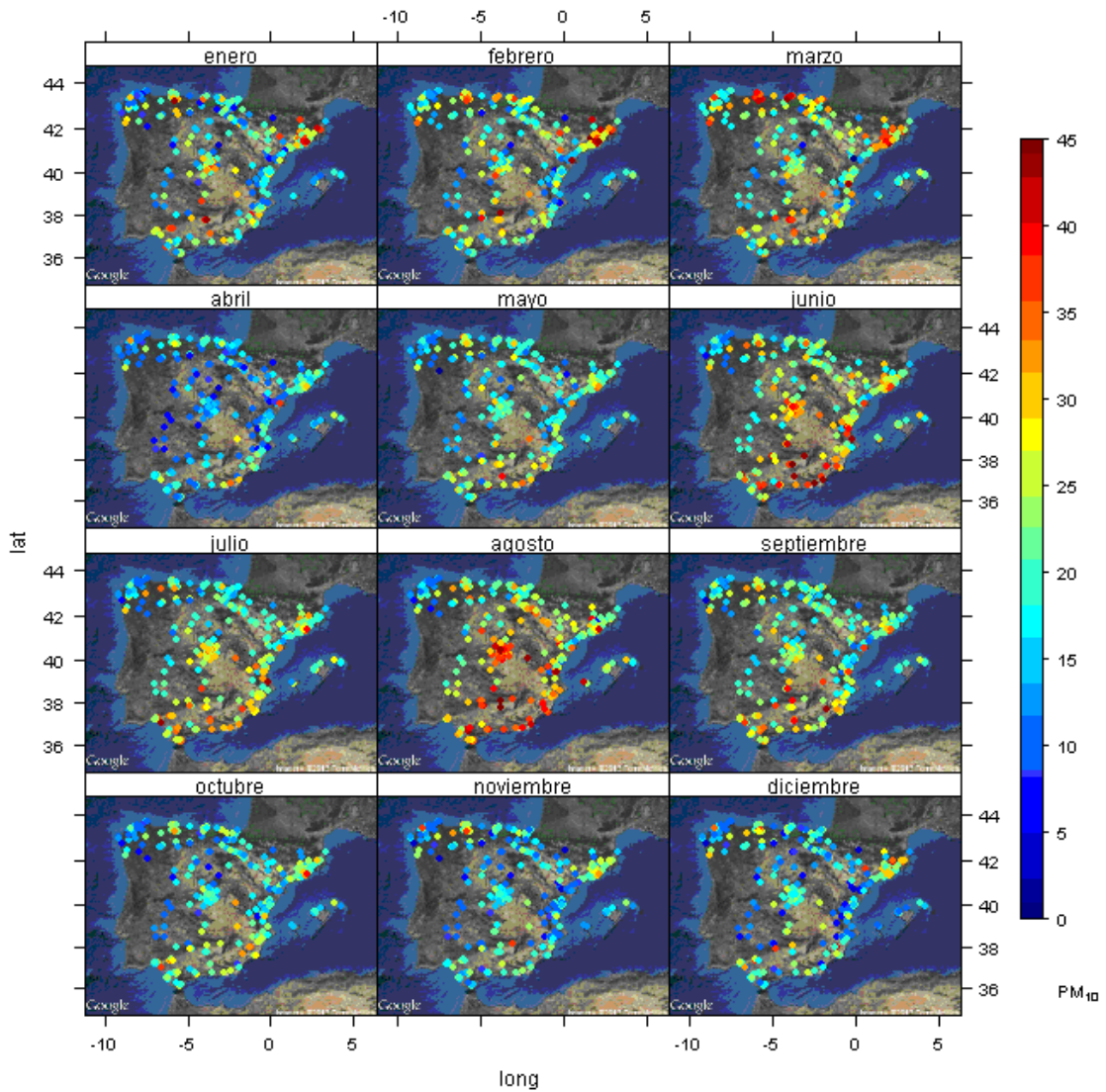


Figura 4.42. Evolución de las medias mensuales de PM10 en el 2012.

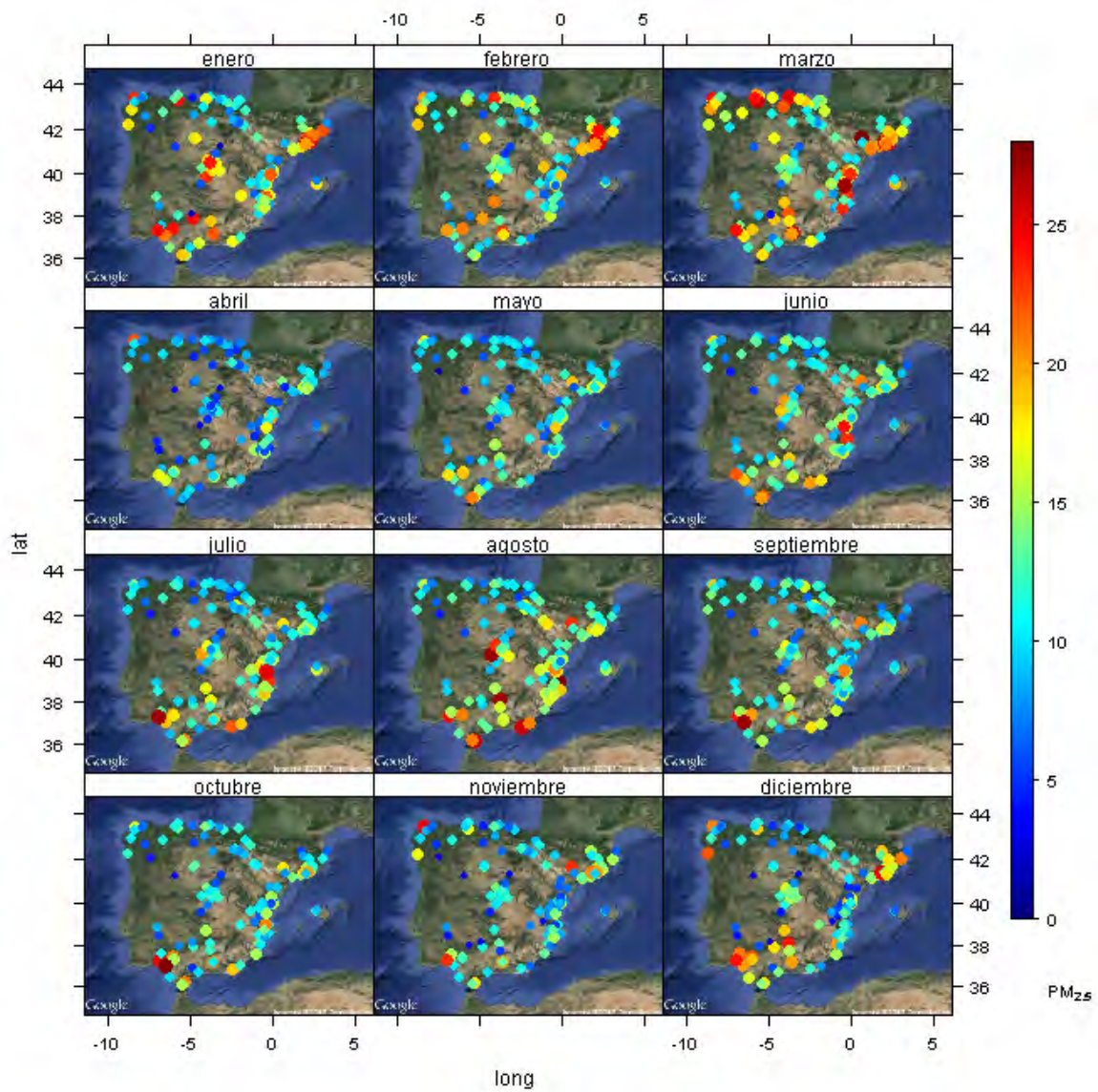


Figura 4.43. Evolución de las medias mensuales de PM<sub>2,5</sub> en el 2012.

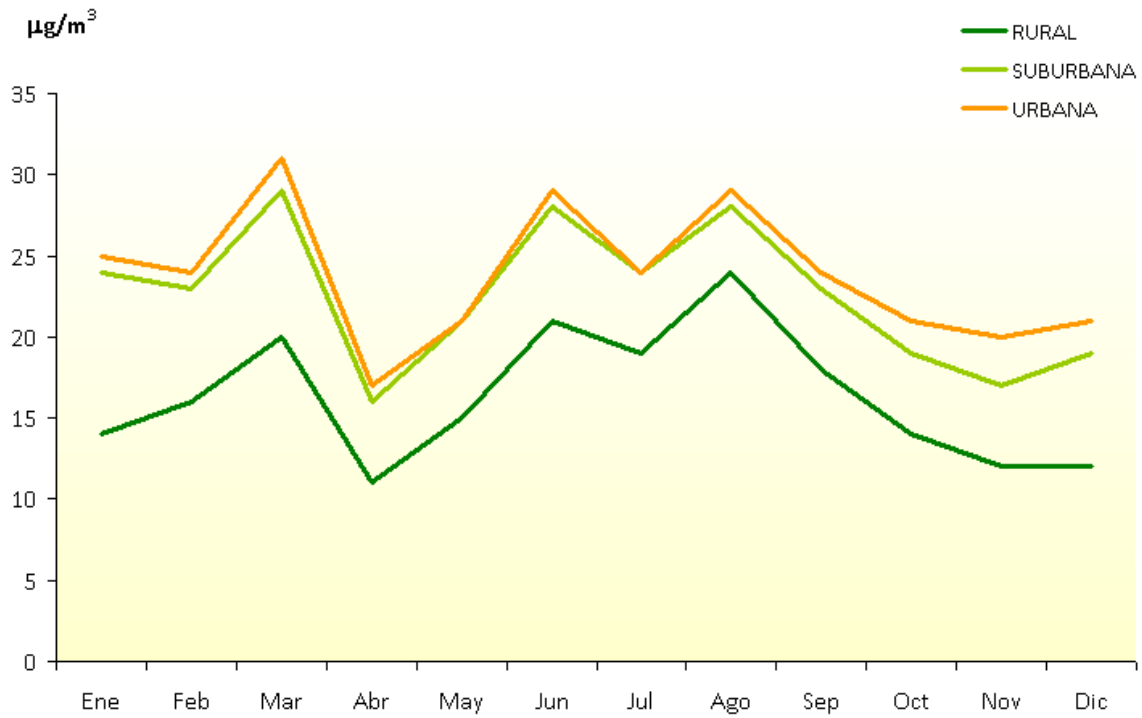


Figura 4.44. Evolución de las medias mensuales de PM10 en 2012 por tipo área.

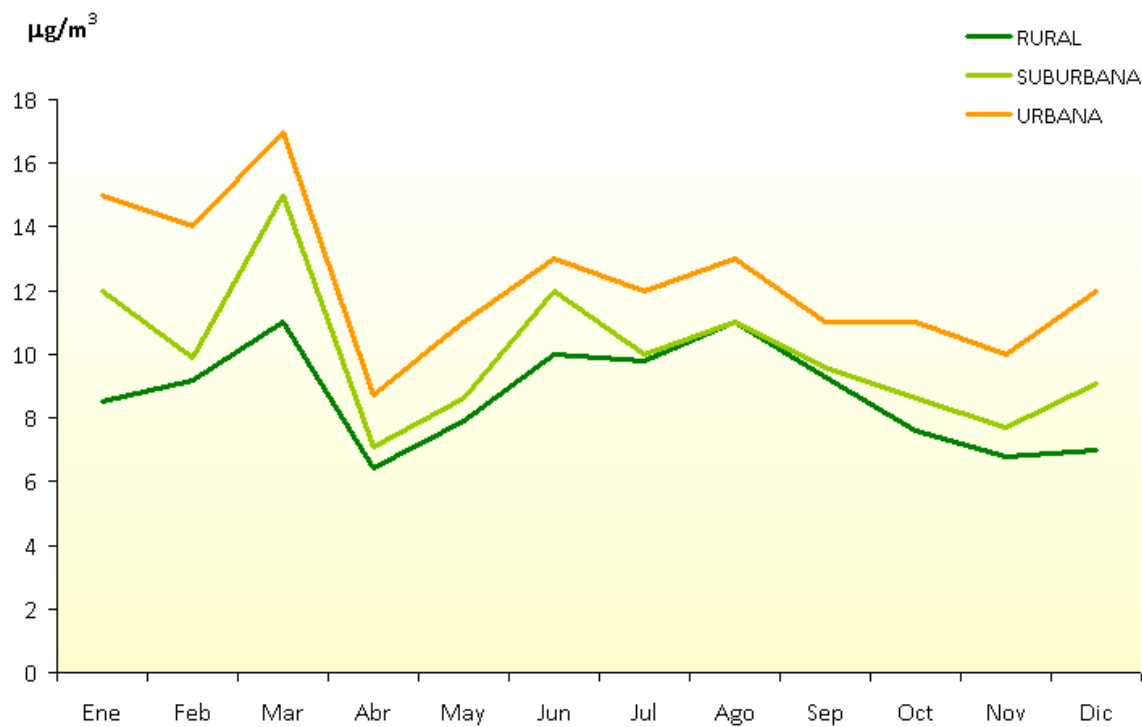


Figura 4.45. Evolución de las medias mensuales de PM2,5 en 2012 por tipo área.



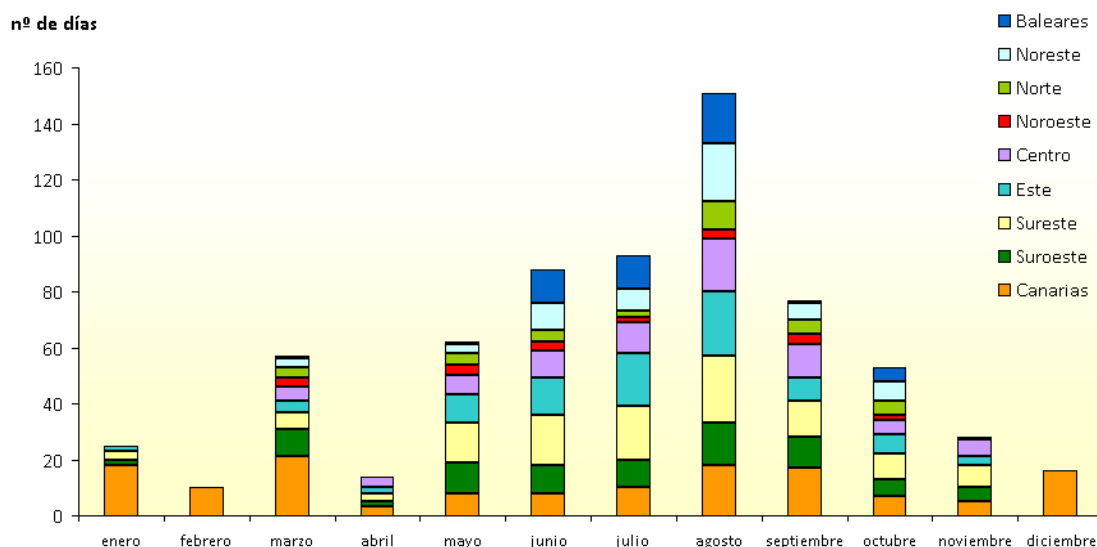


Figura 4.46. Distribución mensual del número de días africanos según las diferentes regiones consideradas en 2012.

Fuente: *Episodios Naturales de Partículas 2012*

Las regiones utilizadas en esta Figura 4.46 son las que se reflejan gráficamente en la Figura 4.47 (sólo se han utilizado las correspondientes a territorio español).



Figura 4.47. Regiones consideradas en relación con los episodios naturales de partículas 2012.

Se corresponden con las zonas definidas en el informe “*Episodios Naturales de Partículas 2012*”, 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 Meteorología, y que son las siguientes:

- Canarias.
- Madeira (Portugal).
- SW: Suroeste (Andalucía occidental y sur de Extremadura, además de Algarve, en Portugal).
- SE: Sureste (Andalucía oriental y Murcia).
- Levante: Comunidad valenciana hasta Delta Ebro (en la Figura 4.47 denominada “Zona Este”).
- W: Oeste (Zona Central de Portugal).
- Centro: Resto Extremadura, Castilla la Mancha, Comunidad de Madrid, Castilla León
- NW: Noroeste (Galicia, Asturias, Noroeste Castilla y León, y Norte de Portugal).
- N: Norte (Cantabria, País Vasco y La Rioja).
- NE: Noreste (Navarra, Aragón y Cataluña).
- Baleares.

#### 4.3.4.4. Análisis de las partículas PM10 por tipo de área y tipo de estación en 2012

En las Figuras 4.48 y 4.49 se representa la distribución estadística de las medias anuales de PM10 en 2012, y su comparación con el valor límite anual, así como la distribución del percentil 90,4, respecto al valor límite diario.

El número de estaciones que supera el valor límite diario es mayor que el número de estaciones que superan el valor límite anual. En general las estaciones de tráfico y las industriales presentan niveles más altos que las estaciones de fondo, aunque existen superaciones de los valores legislados de las tres tipologías (todos los valores que se han representado gráficamente tienen en cuenta los valores de partículas medidos antes de descuento de partículas de origen natural).

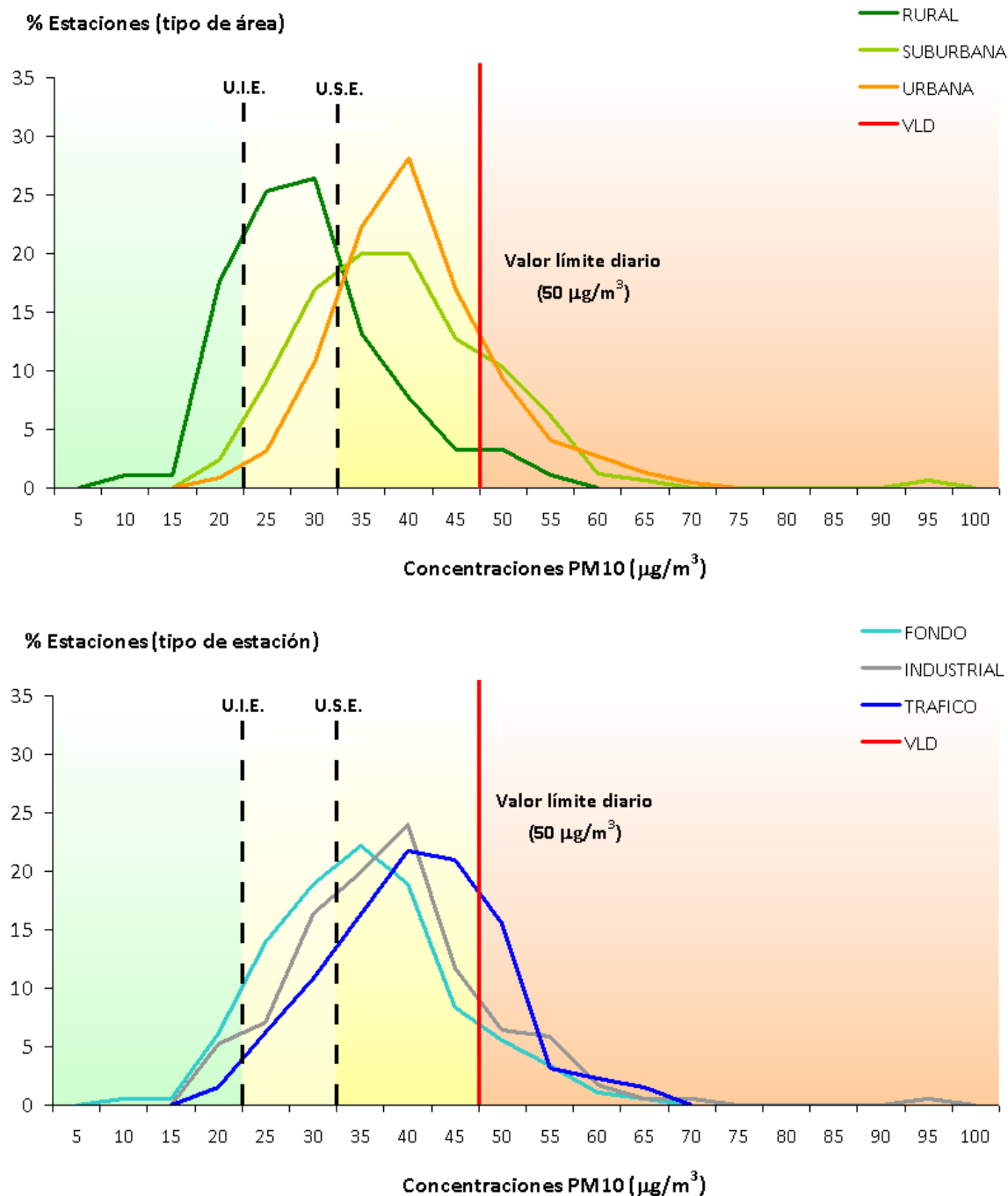


Figura 4.48. Distribución de los niveles de PM10 en relación a los valores legislados (VLD) por tipo de área y tipo de estación (2012).

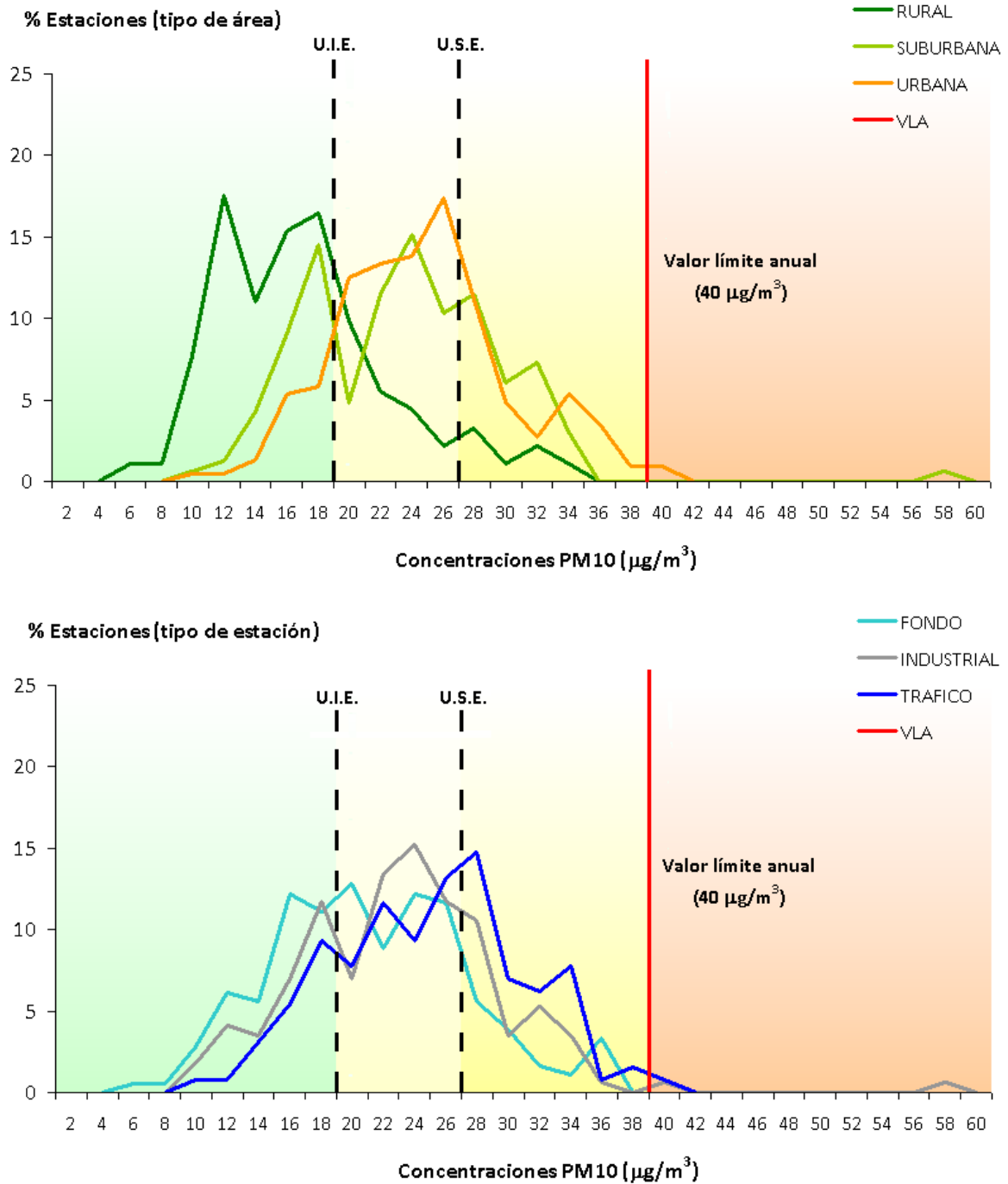


Figura 4.49. Distribución de los niveles de PM10 en relación a los valores legislados (VLA) por tipo de área y tipo de estación (2012).

#### 4.3.5 Resultados de la evaluación de las partículas PM2,5 (2012)

##### 4.3.5.1. Evaluación de las partículas PM2,5 por zonas

La Figura 4.50 muestra de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para este contaminante en el año 2012, conforme al límite legal establecido (valor límite anual para 2015, que coincide en valor absoluto con el valor objetivo en vigor desde 2010).



Figura 4.50. Situación de España para las PM2,5 respecto al valor límite anual (2012).

Esto es, en 2012, en ninguna de las zonas definidas para evaluar partículas PM2,5 se superó el valor objetivo ni, por tanto, el valor límite anual más el margen de tolerancia establecido para el año 2015. De hecho, el valor objetivo para este contaminante no se ha superado nunca en ninguna de las zonas definidas para su evaluación desde que ésta comenzó.

##### 4.3.5.2. Estaciones utilizadas para la evaluación de partículas PM2,5

Si se considera el grado de cumplimiento de la legislación vigente para las partículas PM2,5 de las estaciones utilizadas para la evaluación de este contaminante en el año 2012, el resultado es el que recoge la Figura 4.51, donde las estaciones se muestran en color rojo (cuando las estaciones superan el valor límite anual), naranja (entre el valor límite y el umbral de evaluación superior), amarillo (entre los umbrales de evaluación) o verde (por debajo del umbral de evaluación inferior).





Figura 4.51. Situación de España para las partículas PM<sub>2,5</sub> respecto al valor límite anual (2012): Estaciones.

#### 4.3.5.3. Análisis de las partículas PM<sub>2,5</sub> por tipo de área y tipo de estación en 2012

La Figura 4.52 representa la distribución de las medias anuales de las estaciones que evalúan PM<sub>2,5</sub> respecto al valor objetivo para el año de referencia.

Ninguna media anual de PM<sub>2,5</sub> sobrepasa el valor objetivo anual (se sitúa a la derecha de la línea roja que representa el VO), lo que a su vez indica que tampoco se supera el valor límite de PM<sub>5</sub> (ya que es mayor que el VO).

Las estaciones urbanas de tráfico suelen presentar niveles de PM<sub>2,5</sub> más altos, aunque en general la distribución de los niveles es similar para todas las tipologías, tanto de áreas como de estaciones.



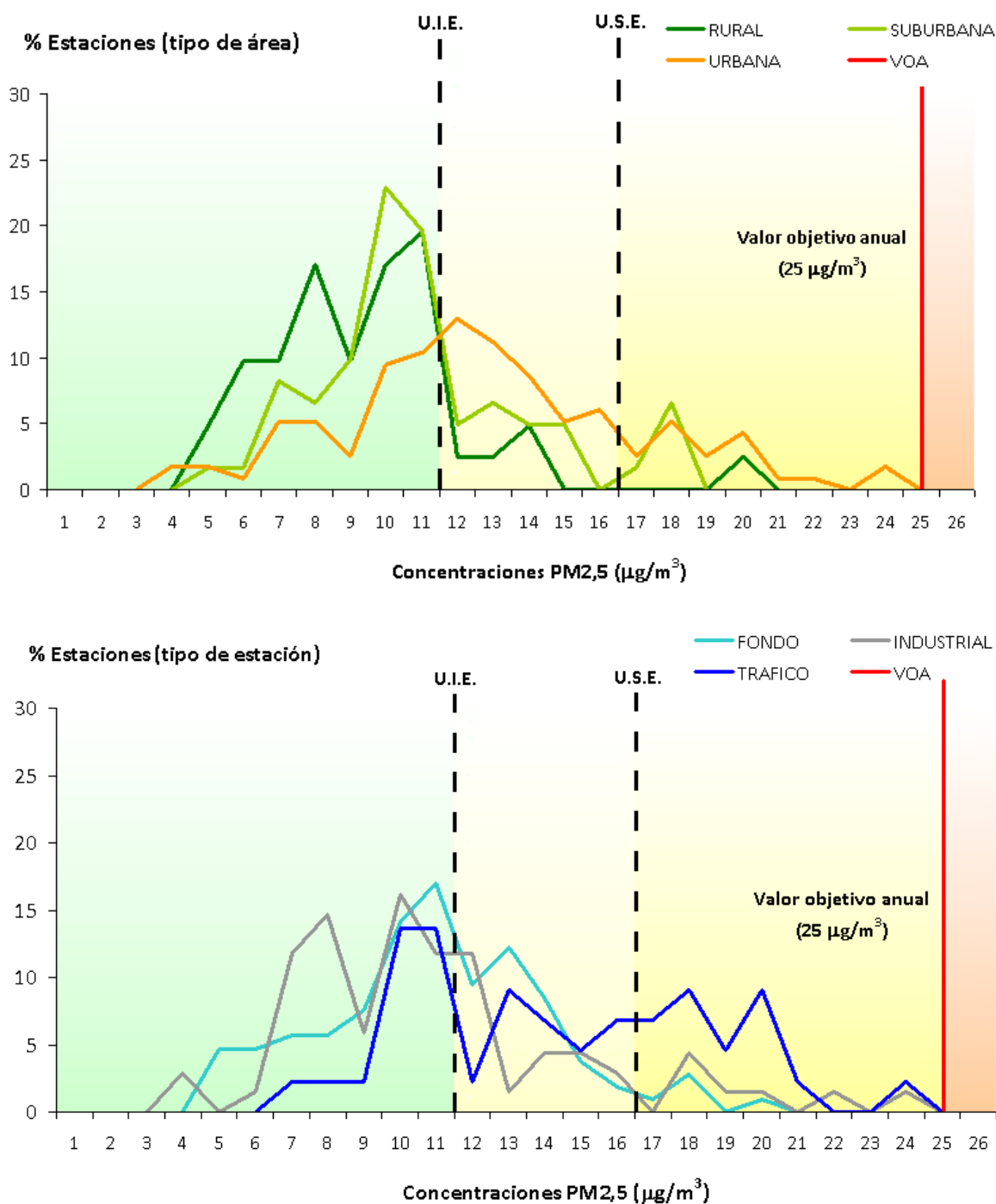


Figura 4.52. Distribución de los niveles de PM2,5 en relación a los valores legislados (VOA) por tipo de área y tipo de estación (2012).

#### 4.3.5.4. Indicador Medio de Exposición (IME)

El IME es un indicador de la exposición de la población a partículas PM2,5 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 de referencia 2012 será la concentración media de los años 2010, 2011 y 2012 (es decir, de los indicadores anuales de 2010, 2011 y 2012).

El IME trienal 2009-2011 se calcula a partir de las medidas obtenidas en las estaciones de vigilancia de la calidad del aire que se muestran en la Figura 4.53 y Tablas 4.11 y 4.12. Este indicador sirve de referencia para determinar el objetivo nacional de reducción para el año 2020 y fue de  $14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (lo que supone un objetivo nacional de reducción para el 2020 del 15%; rango  $18 > \text{IME} \geq 13$ ). En el 2012 el IME trienal 2010-2012 ha sido de  $13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabla 4.11. IME trienal 2011 y 2012.

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 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



Figura 4.53. Indicador medio de exposición 2012.

Tabla 4.12. Cálculo del IME 2012 (Media trienal 2010, 2011 y 2012).

CCAA	Estaciones participantes en el cálculo			Medias anuales PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )						Población representada		
	Código Europeo	Código Nacional	Nombre	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
ANDALUCÍA	ES1425A	41091016	Príncipes	16	18	18	704.198	703.021	702.355			
	ES1750A	29067006	Carranque	16	13	10	568.507	568.030	567.433			
	ES1799A	14021007	Lepanto	15	14	14	328.547	328.659	328.841			
ARAGÓN	ES1924A	18087010	Palacio Congresos	15	16	15	239.154	240.099	239.017			
	ES1641A	50297036	Renovales	13	12	12	675.121	674.725	679.624			
ASTURIAS (PRINCIPADO DE)	ES1572A	33044032	Purificación Tomás	12	12	13	225.155	225.391	225.973			
BALEARES (ISLAS)	ES1994A	7040005	La Misericordia	15	14	13	404.681	405.318	407.648			
	ES1934A	38038017	Aemet	13	13		222.643	222.271				
CANARIAS	ES2003A	38038024	Tena Artigas-Sta Cruz de Tenerife			8,1						
CANTABRIA	ES1529A	39075005	Tetuán	12	12	12	181.589	179.921	178.465			
CASTILLA Y LEÓN	ES1443A	9059006	Burgos 4	9,2	8,8	10	178.574	179.251	179.906			
CASTILLA-LA MANCHA	ES1535A	2003001	Albacete	14	11	12	170.475	171.390	172.472			
	ES1506A	43148026	Darp	10	11	15	140.184	134.085	133.954			
CATALUÑA	ES1684A	8184006	Bf-Rubí (Ca n'Oriol)	15	15	18	73.591	73.979	74.484			
	ES1841A	8121014	Mataro-Laboratori d'Aiges	12	14	15	122.905	123.868	12.484			
	ES1852A	8019053	IES Goya	15	17	18	809.669	807.724	810.472			
COMUNIDAD VALENCIANA	ES1856A	8019054	In-Barcelona(Vall d'Hebrón)	15	14	15	809.669	807.724	810.472			
	ES1619A	46250043	València-Vivers	15	16	16	809.267	798.033	797.028			
	ES1915A	3014008	Alacant-Florida-Babel	11	11	14	334.418	334.329	334.678			
EXTREMADURA	ES1916A	12040016	Castelló - ITC	11	13	13	180.690	180.114	180.204			
	ES1601A	6015001	Badajoz	7,9	11	8,7	150.376	151.565	152.270			
GALICIA	ES1957A	15030027	Torre de Hércules		22	20		246.028	246.146			

Tabla 4.12. Cálculo del IME 2012 (Media trienal 2010, 2011 y 2012).

CCAA	Estaciones participantes en el cálculo			Medias anuales PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )					
	Código Europeo	Código Nacional	Nombre	2010	2011	2012	2010	2011	2012
MADRID	ES0126A	28079018	Farolillo	14	14	13	1.091.016	1.088.346	1.077.842
	ES1752A	28148004	Torrejón de Ardoz II	13	15	11	118.441	118.441	125.331
	ES1890A	28007004	Alcorcón 2	13	13	13	168.299	168.299	169.308
	ES1893A	28079044	Centro Cultural Alfredo Krauss	12	13	12	1.091.016	1.088.346	1.077.842
	ES1894A	28079045	Junta Municipal de Moratalaz	12	12	11	1.091.016	1.088.346	1.077.842
MURCIA (REGIÓN DE)	ES1921A	30016020	Mompean	12	11	14	214.165	214.918	216.655
NAVARRA (COMUNIDAD FORAL)	ES1472A	31201012	Iturrama	13	14	11	197.488	197.932	197.604
PAÍS VASCO	ES1697A	20069005	Avenida Tolosa	10	11		185.506	186.185	
	ES1713A	48020003	Parque Europa	12		12	353.187		351.629
RIOJA (LA)	ES1602A	26089001	La Cigüeña		11	11		152.641	153.402
<b>Media anual IME ponderada por la población</b>				<b>13,4</b>	<b>13,8</b>	<b>13,5</b>			
<b>IME Trienal (2010, 2011, 2012)</b>				<b>13,6</b>					

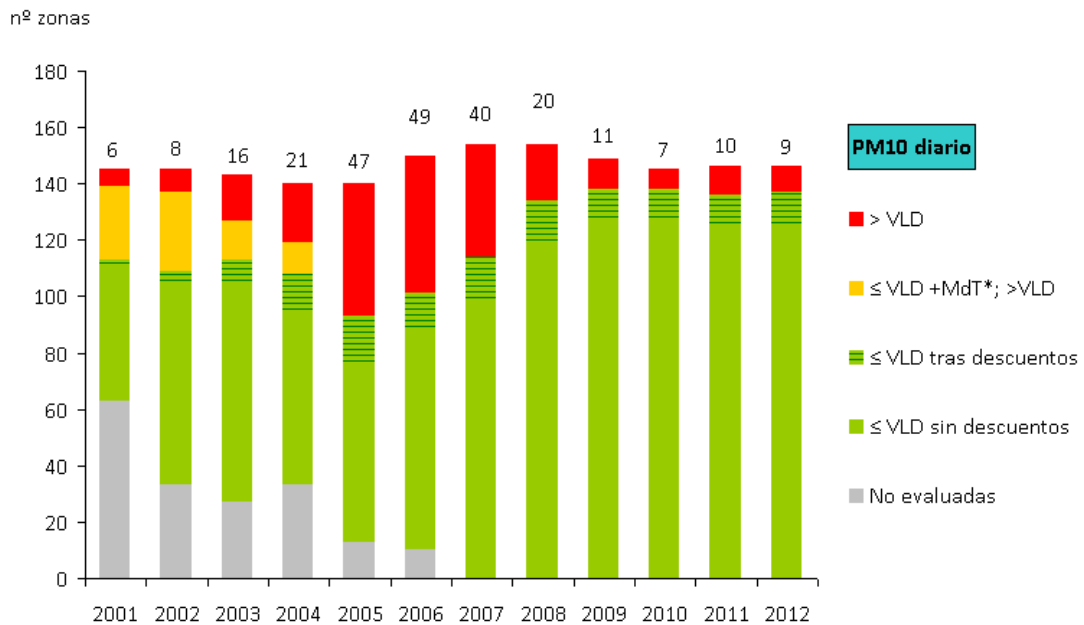
#### 4.3.6 Evolución 2001-2012 de las partículas PM10

En este apartado se muestra la evolución de las partículas PM10 a lo largo del periodo 2001-2012 desde varios puntos de vista: evolución de las zonas donde se evalúa; evolución de las estaciones de evaluación (estadísticos); y evolución de las medias anuales (para el total de estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área).

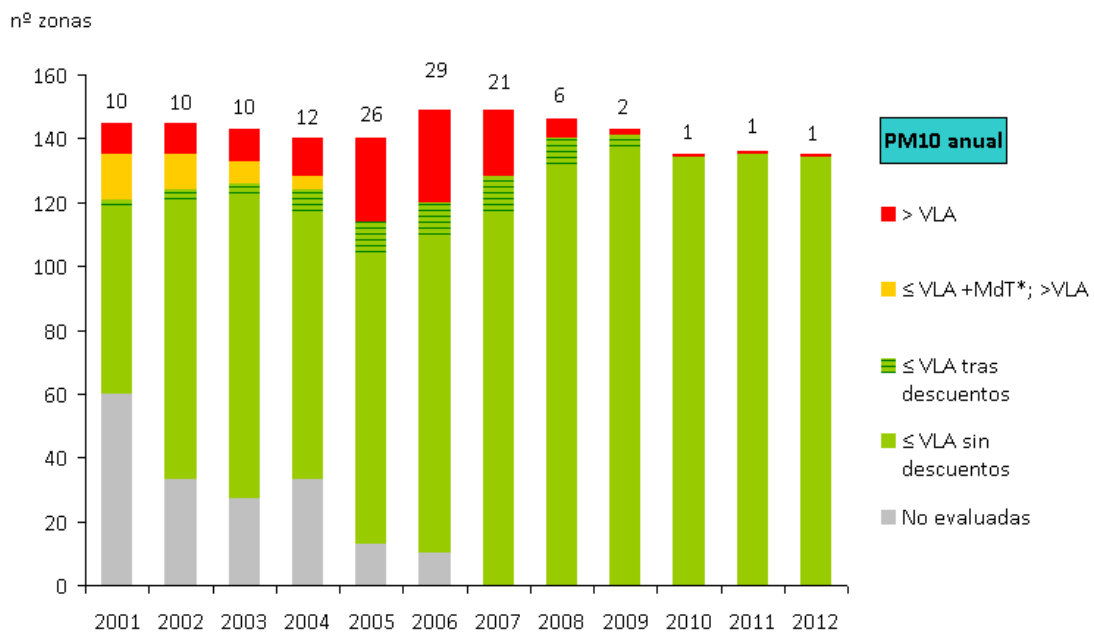
##### **4.3.6.1. Evolución 2001-2012 de los valores legislados en las zonas de PM10**

A continuación se presenta la evolución de las zonas de evaluación de las partículas PM10 y su situación respecto a los valores legislados a lo largo del periodo 2001-2012.

La figura 4.54 muestra una serie de zonas en color naranja, ya que hasta el año 2005 hubo un margen de tolerancia para ambos valores legislados. En 2006 se llega al máximo de zonas que superaron los valores legislados, de ahí en adelante se produjo un descenso del número de zonas con incumplimientos. En la actualidad la Comisión ha enviado una carta de emplazamiento al Reino de España, por los incumplimientos continuados en el tiempo de diez zonas.



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



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

Figura 4.54. Evolución del número de superaciones del VLD y del VLA de PM10 (2001-2012).

#### 4.3.6.2. Evolución 2007-2012 de los valores legislados de PM10 en estaciones

Para una mayor claridad se muestra, en las Figuras 4.55 y 4.56, la evolución de los estadísticos de los valores legislados (anual y diario) de PM10 de los últimos 6 años (2007-2012), teniendo en cuenta que a partir de 2005 se deja de aplicar el margen de tolerancia de los dos valores límite.



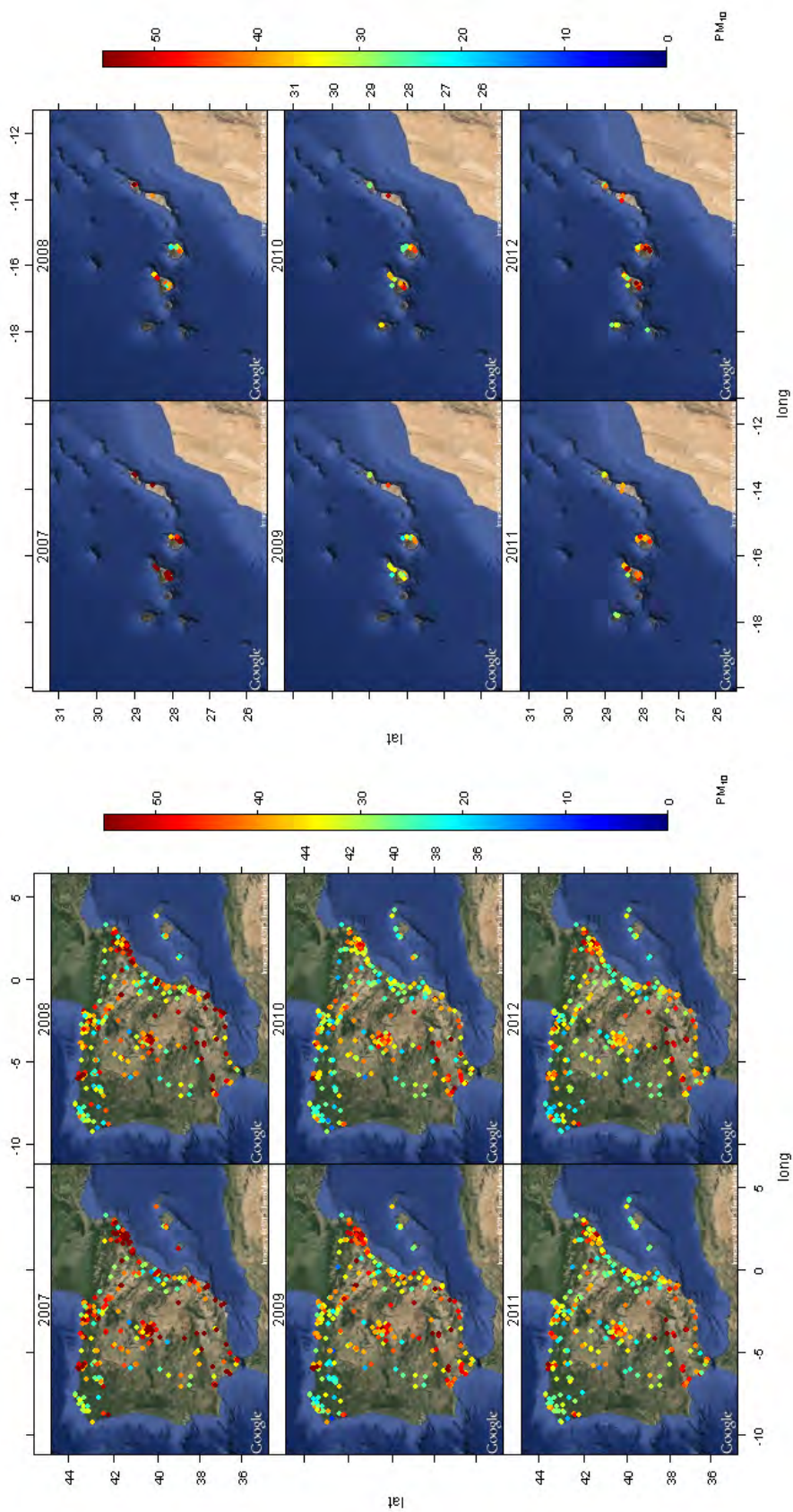


Figura 4.55. Evolución de los valores registrados de PM10 respecto al VLD (36 máximo diario, dado que el VLD no debe superarse en más de 35 ocasiones por año civil) a lo largo del periodo 2007-2012.

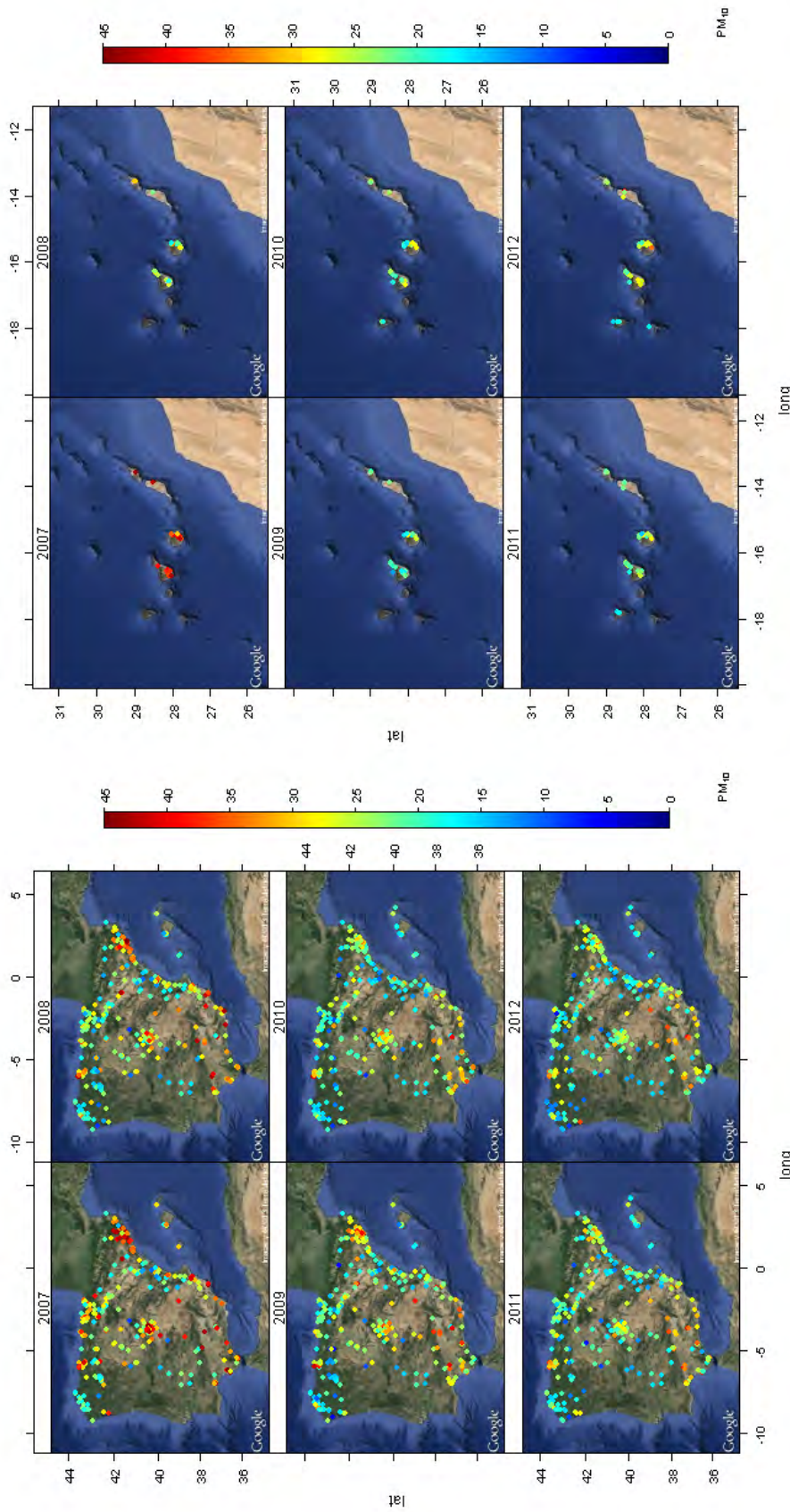


Figura 4.56. Evolución de los valores registrados de PM10 (media anual) respecto al VLA a lo largo del periodo 2007-2012.

La representación en un mapa de la evolución de los valores legislados (Figuras 4.55 y 4.56) muestra que se han producido niveles altos de partículas en gran diversidad de lugares, desde ciudades con mucho tráfico a lugares donde se están realizando labores de construcción o demolición, zonas industriales, puertos y aeropuertos. Esto se corresponde con la gran diversidad de fuentes emisoras de partículas, de hecho, lo normal es que una estación se vea afectada por diferentes focos de emisión al mismo tiempo.

Entre los lugares que han registrado altos niveles de partículas PM10 de forma continuada en los últimos años se encuentran Asturias Central (zona Industrial de Avilés), Gijón, las zonas industriales de Huelva y Jaén, el Vallés-Baix Llobregat y las zonas rurales de Andalucía, así como algunas grandes ciudades y sus áreas metropolitanas (Barcelona, Granada, Sevilla). También con niveles altos, pero más puntuales, destacan Bilbao, la Comunidad de Madrid, Mijares-Peñagolosa (áreas costeras), Murcia, Puertollano, Torrelavega o Zaragoza, por citar algunas.

#### 4.3.6.3. Evolución 2011-2012 de los niveles de PM10

La distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación de las partículas PM10 a lo largo del periodo 2001-2012 ha sido la mostrada en la Figura 4.57, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales. A su vez, la Figura 4.58 representa las medias anuales de las estaciones agrupadas por tipo de estación y de área.

En las Figuras 4.57 y 4.58 se observa una tendencia hacia la disminución de los niveles medios a lo largo del tiempo, principalmente desde el año 2007. El descenso se hace especialmente patente en las estaciones urbanas de tráfico y en las industriales.

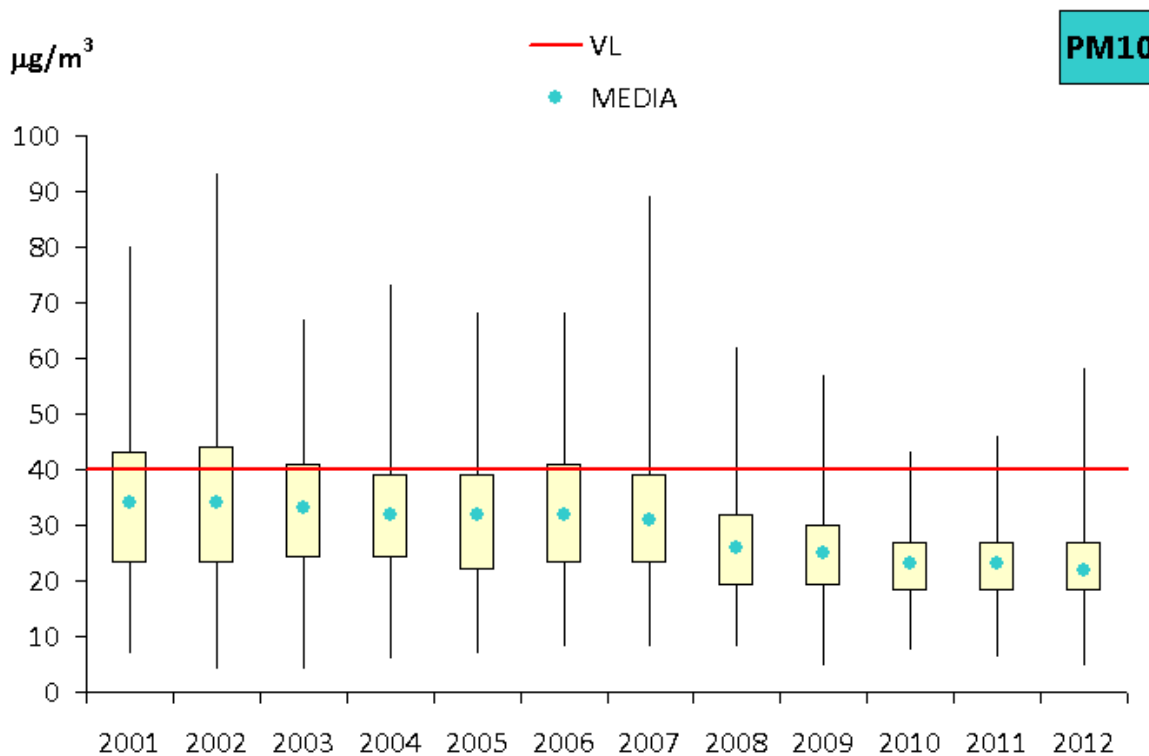


Figura 4.57. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de PM10 2001-2012.

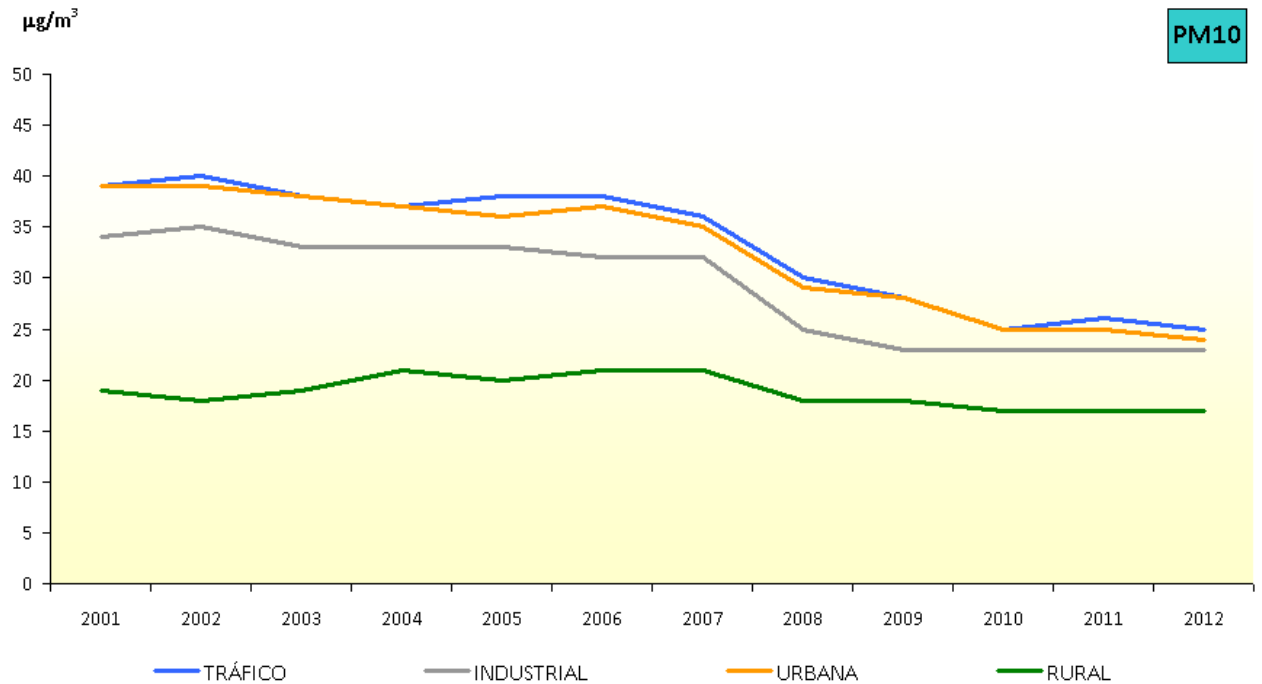


Figura 4.58. Evolución de las medias anuales de PM10 (2001-2012) por tipo de estación y área.

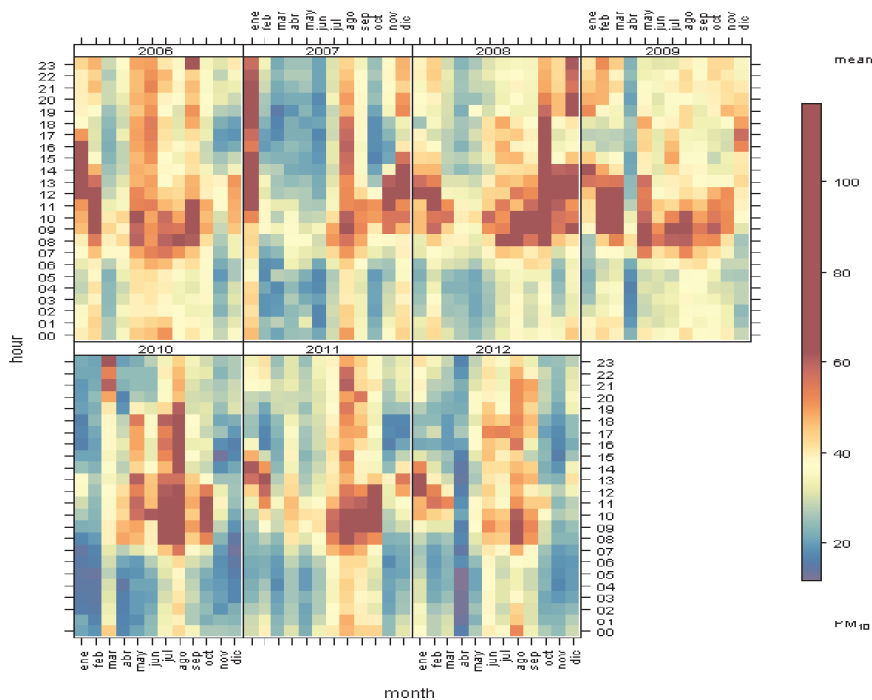
A modo de ejemplo se muestra la distribución de los niveles horarios y mensuales de PM10 en dos estaciones con diferente foco de de emisión principal (Figura 4.59):

- Estación 1: Las emisiones proceden de una zona industrial que incluye grandes instalaciones de combustión y refinería. En general los niveles más altos de partículas se dan en las horas centrales del día, coincidiendo con la actividad industrial.
- Estación 2: Las emisiones proceden del tráfico por lo que se observan dos máximos a lo largo del día, por la mañana y por la tarde, coincidiendo con los desplazamientos de ida y vuelta al trabajo.

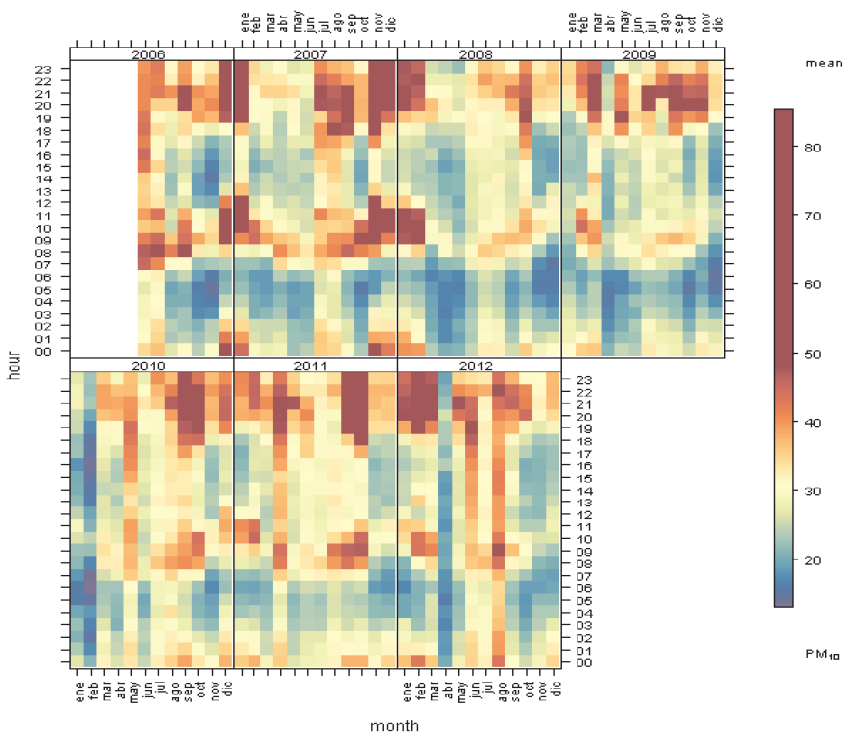
No obstante, para el contaminante PM10, al estar las estaciones afectadas por múltiples focos de emisión, que pueden ser incluso de origen natural, es más difícil distinguir la tipología de la misma (foco de emisión principal que afecta a la estación), de ahí que en la Figura 4.59 no sean tan fácilmente diferenciables como en el caso de otros contaminantes.



Estación 1 : Industrial afectada por GIC



Estación 2: Tráfico



Carlaw, D.C. and K. Ropkins, (2012). *openair — an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61.*; Carlaw, D.C. (2013). *The openair manual — open-source tools for analysing air pollution data. Manual for version 0.8-0, King’s College London.*

Figura 4.59. Evolución de las concentraciones de PM10 en una estación de industrial (2006-2012).

#### 4.3.7 Evolución 2008-2012 de las partículas PM<sub>2,5</sub>

La Directiva 2008/50/CE introduce valores objetivo ( $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y valores límite (igual que el valor objetivo, pero a cumplir en el año 2015) para el PM<sub>2,5</sub>. Por este motivo, la primera evaluación de este contaminante se realizó en el año 2008.

El análisis del desarrollo histórico de este contaminante se efectuará a través del estudio de las zonas en las que se evalúa, de la consideración de las estaciones utilizadas para ello y de la observación de la evolución de las medias anuales correspondientes al periodo mencionado.

##### **4.3.7.1. Evolución 2008-2012 de los valores legislados en las zonas de PM<sub>2,5</sub>**

Hasta la fecha nunca se ha superado el valor objetivo, y por tanto tampoco se ha superado el valor límite que entrará en vigor en el año 2015, en ninguna zona, por lo que no se han elaborado gráficos de superaciones para este contaminante.

##### **4.3.7.2. Evolución 2008-2012 de los valores legislados de PM<sub>2,5</sub> en estaciones**

Al analizar como se distribuyen los niveles por estaciones en un mapa (Figura 4.60), se observan en general valores más altos en Barcelona, en la zona sur de la Península (Bailén, Granada...) y en la costa levantina (sobre todo en las principales ciudades: Alicante, Castellón, Valencia).



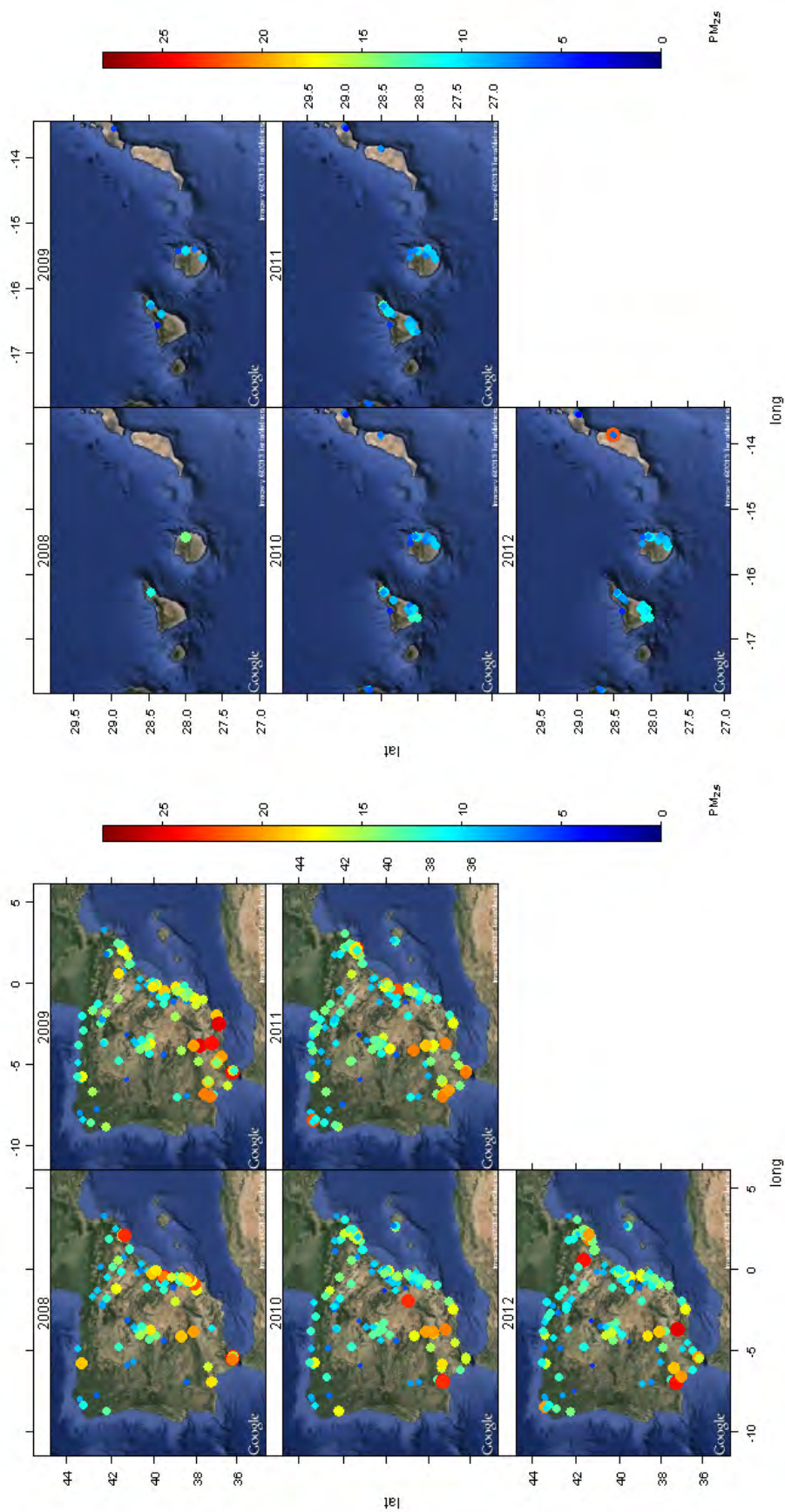


Figura 4.60. Evolución de la media anual de PM<sub>2,5</sub> a lo largo del periodo 2008-2012.

### 4.3.7.3. Evolución 2008-2012 de los niveles de PM<sub>2,5</sub>

La distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación de las partículas PM<sub>2,5</sub> a lo largo del periodo 2008-2012 ha sido la mostrada en la Figura 4.61, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales.

En ella se aprecia que los niveles de PM<sub>2,5</sub> han permanecido relativamente constantes a lo largo de los años considerados. Al observar cómo se distribuyen los niveles por tipo de área (Figura 4.62), se pone de manifiesto que los valores más altos se dan en estaciones de tráfico y posteriormente en estaciones industriales.

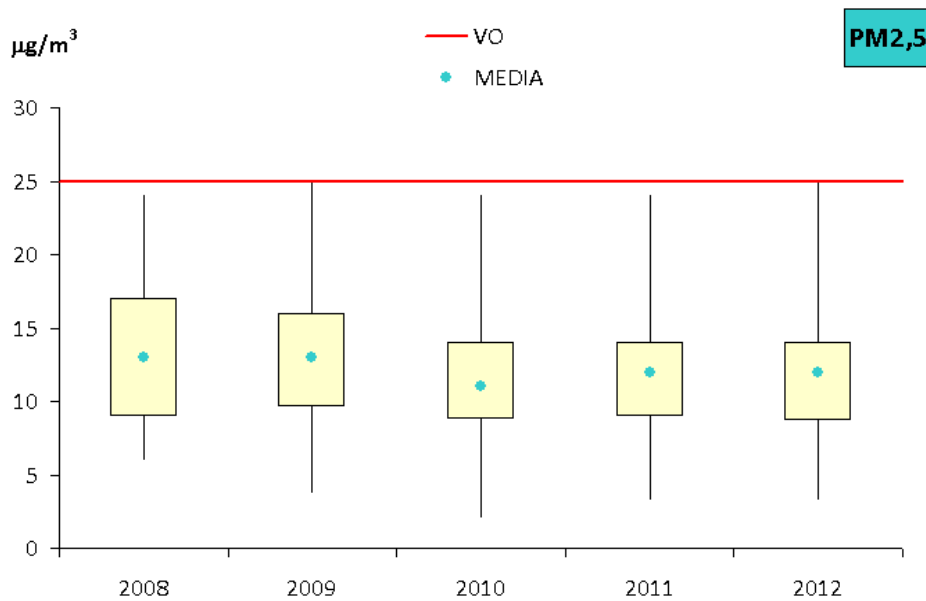


Figura 4.61. Diagrama de caja y bigotes de la media anual de PM<sub>2,5</sub> 2008-2012.

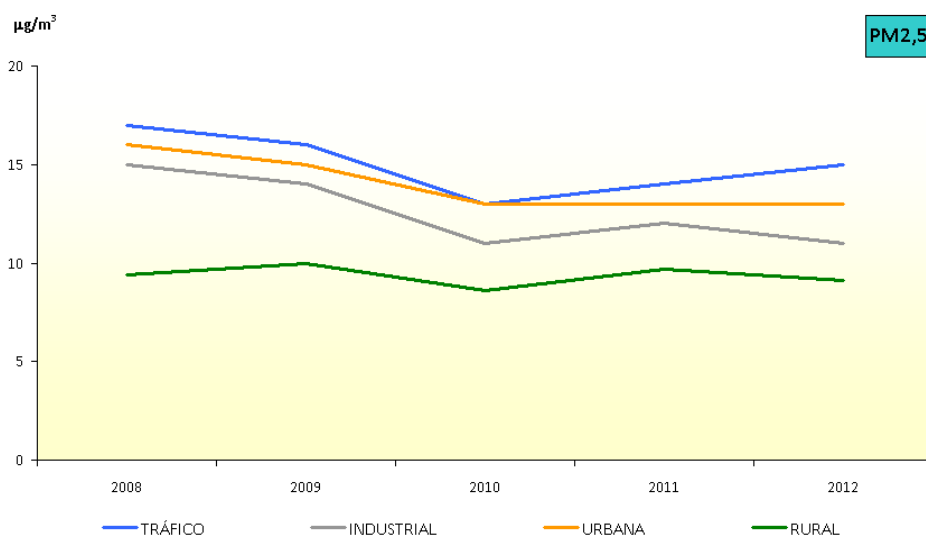


Figura 4.62. Evolución de las medias anuales de PM<sub>2,5</sub> (2008-2012) por tipo de estación y área.

## 4.4 Ozono (O<sub>3</sub>)

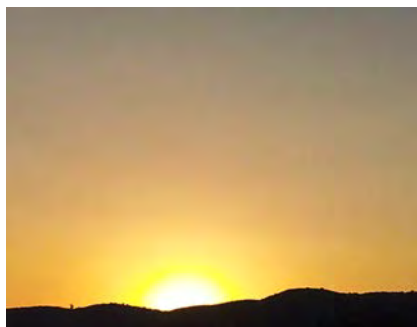
### 4.4.1 Efectos del O<sub>3</sub>

El gas ozono (O<sub>3</sub>) tiene un efecto positivo en la estratosfera (a unos 10-50 km de la superficie terrestre), ya que protege de la radiación ultravioleta. Sin embargo, a cotas inferiores, en la troposfera (la capa de la atmósfera en contacto con la tierra), se convierte en un contaminante que actúa como un potente y agresivo agente oxidante.

La exposición a elevados niveles del mismo origina problemas respiratorios sobre la salud humana (irritación, inflamación, insuficiencias respiratorias, asma) y puede contribuir a incrementar la mortalidad prematura; también puede dañar la vegetación, afectar al crecimiento de cultivos y bosques, reducir la absorción de CO<sub>2</sub> por las plantas, alterar la estructura de los ecosistemas y reducir la biodiversidad. Además, es un gas de efecto invernadero, que contribuye al calentamiento de la atmósfera. Así pues, por su claro impacto en la salud y los ecosistemas, los niveles de O<sub>3</sub> en aire ambiente están también regulados en la normativa ambiental.

### 4.4.2 Origen de la contaminación

En España, como en todo el sur de Europa, el O<sub>3</sub> constituye un problema generalizado, a causa de sus especiales condiciones de elevada insolación; de modo que se reparte por toda la península, con niveles comparativamente inferiores en la zona norte.



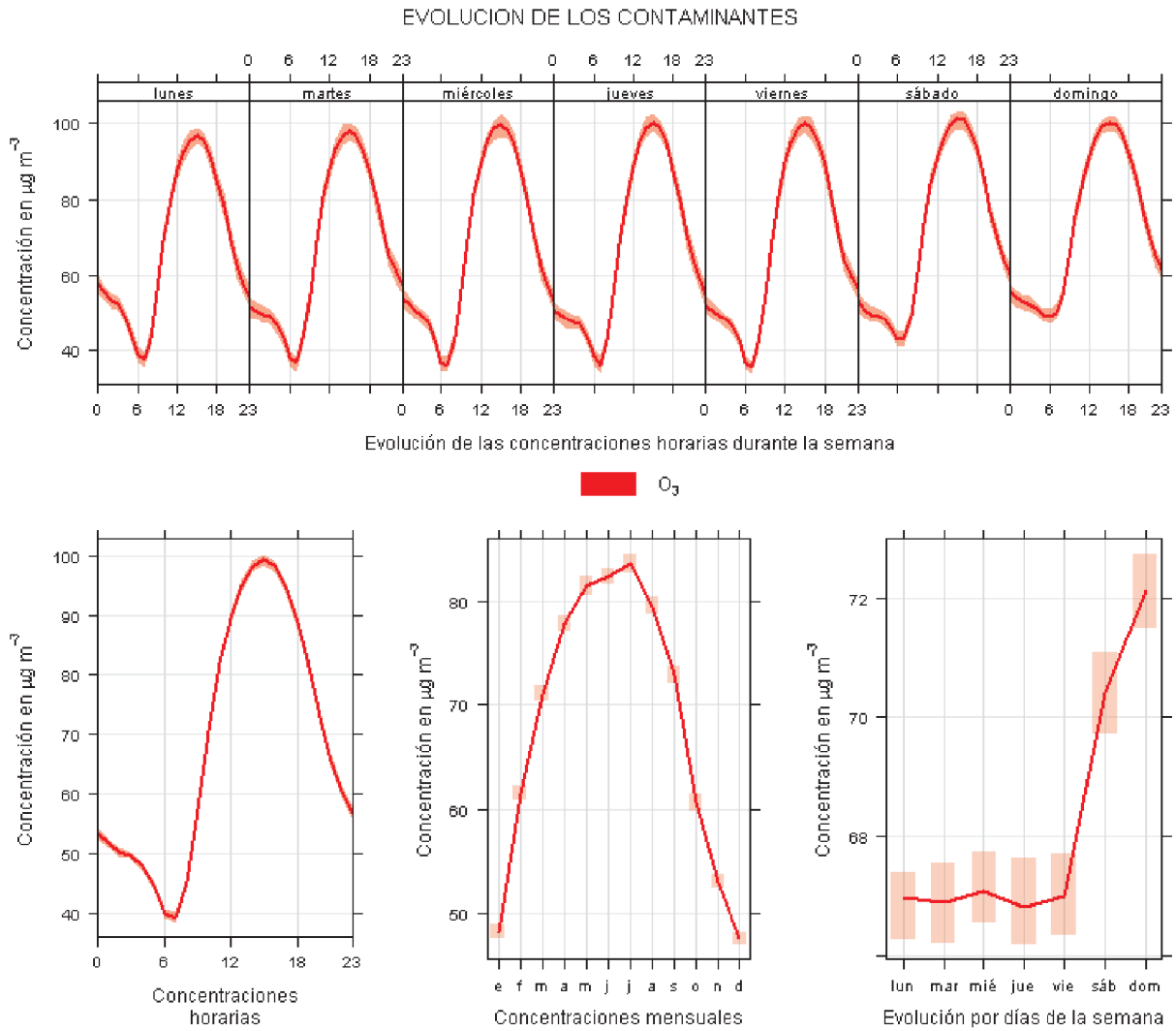
En la troposfera, el O<sub>3</sub> se forma de manera secundaria a partir de reacciones químicas complejas desde la proximidad de las fuentes de emisión de sus gases precursores hasta las zonas receptoras de la contaminación, reacciones en las que participan otros gases contaminantes que actúan como precursores, principalmente óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub> secundario, junto al emitido como primario) y compuestos orgánicos volátiles (COVs, tanto antrópicos como biogénicos procedentes de la vegetación).

La velocidad y el grado de formación de O<sub>3</sub> se ven muy incrementados con el aumento de la radiación solar, las emisiones antropogénicas de precursores y el ciclo biológico de emisiones biogénicas de COVs. Por ello sus niveles son más elevados en el sur de Europa y en primavera y verano.

Además, sus niveles son superiores en las periferias de las grandes urbes y en las zonas rurales porque la reacción fotoquímica necesita una cierta distancia para generar O<sub>3</sub> a partir de sus precursores. Una vez formado y en entornos urbanos con altos niveles de NO, el O<sub>3</sub> se consume rápidamente mediante la oxidación de NO a NO<sub>2</sub>. Es por ello que en zonas urbanas de tráfico los niveles de O<sub>3</sub> suelen ser muy bajos, mucho más bajos que en entornos poco contaminados, en donde se recibe el O<sub>3</sub> generado durante el transporte de masas de aire desde zonas contaminadas urbanas e industriales, y no existe NO local que lo pueda consumir.

La Figura 4.63 muestra los patrones temporales de distribución del O<sub>3</sub> en una estación fuertemente influida por la insolación. Lógicamente, los valores más altos se observan en las horas centrales del día y durante los meses de verano, con máximos en julio, y los mínimos de madrugada (tras el periodo de la noche), y en invierno (diciembre y enero).

Semanalmente, los niveles de O<sub>3</sub> más elevados se registran los fines de semana y, sobre todo, el domingo, en coherencia con la disminución de los niveles de precursores que se registra en tales días (sobre todo NO<sub>x</sub>).



*Carslaw, D.C. and K. Ropkins, (2012). openair — an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61.; Carslaw, D.C. (2013). The openair manual — open-source tools for analysing air pollution data. Manual for version 0.8-0, King's College London.*

Figura 4.63. Evolución horaria, diaria, semanal y mensual de O<sub>3</sub> en una estación fuertemente influenciada por la insolación.

#### 4.4.3 Valores legislados para el O<sub>3</sub>

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para el contaminante O<sub>3</sub> son los recogidos en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13. Valores legislados (O<sub>3</sub>).

Valores objetivo	Nivel	Periodo
Valor objetivo para la <b>protección de la salud humana</b> (fecha de cumplimiento: año 2010 <sup>5</sup> )	120 µg/m <sup>3</sup>	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias <sup>6</sup> . No debe superarse en más de 25 ocasiones de promedio en un periodo tres años
Valor objetivo para la <b>protección de la vegetación</b> (fecha de cumplimiento: año 2010 <sup>2</sup> )	AOT40 <sup>7</sup> = 18.000 µg/m <sup>3</sup> ·h	Valor acumulado <b>de mayo a julio</b> de promedio en un periodo de 5 años
Objetivos a largo plazo	Nivel	Periodo
Objetivo a largo plazo para la <b>protección de la salud humana</b>	120 µg/m <sup>3</sup>	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias <sup>3</sup> dentro de un año civil
Objetivo a largo plazo para la <b>protección de la vegetación</b>	AOT40 <sup>4</sup> = 6.000 µg/m <sup>3</sup> ·h	Valor acumulado de mayo a julio
Tipos de umbrales	Parámetro	Valor del umbral
Umbral de información	Promedio horario	180 µg/m <sup>3</sup>
Umbral de alerta	Promedio horario <sup>8</sup>	240 µg/m <sup>3</sup>

#### 4.4.4 Resultados de la evaluación del O<sub>3</sub> (2012)

##### 4.4.4.1. Evaluación del O<sub>3</sub> por zonas

La Figura 4.64 muestra de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para este contaminante en el año 2012, conforme al límite legal establecido para la protección de la salud (valor objetivo).

<sup>5</sup> El cumplimiento de los valores objetivo se evalúa a partir de esta fecha. Es decir, 2011 es el primer año cuyos datos se utilizarán para calcular los valores de ozono durante los tres o cinco años siguientes, según corresponda.

<sup>3</sup> 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.

<sup>7</sup> AOT40 [expresado en (µg/m<sup>3</sup>)·h] es la suma de las diferencias entre las concentraciones horarias superiores a los 80 µg/m<sup>3</sup> (=40 partes por mil millones) y 80 µg/m<sup>3</sup> a lo largo de un 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.

<sup>8</sup> 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.



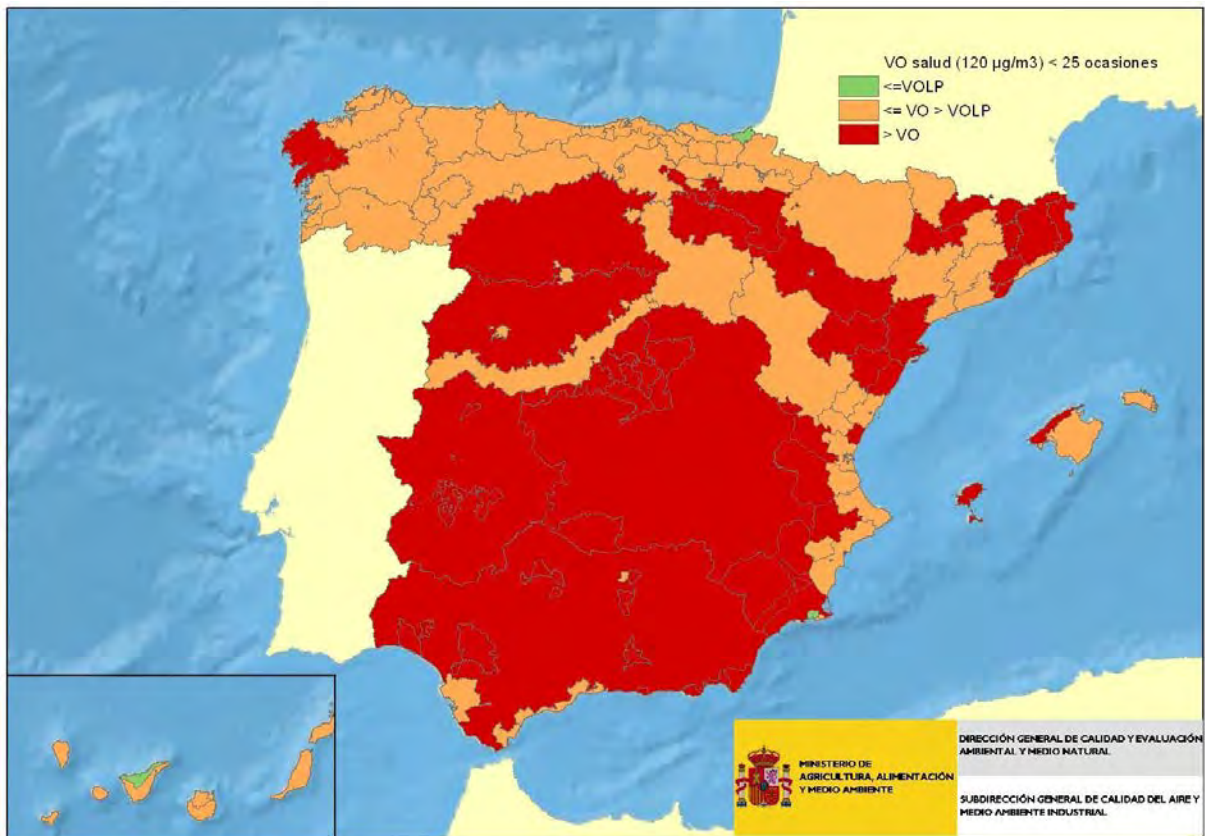


Figura 4.64. Situación de España para el O<sub>3</sub> respecto al valor objetivo para la protección de la salud (2012).

En lo referente a la protección de la salud, de las 135 zonas en donde se evaluó el O<sub>3</sub> en 2012, en 51 de ellas se registraron valores por encima del valor objetivo, en 80, valores entre el valor objetivo y el objetivo a largo plazo, y en las otras 4 zonas restantes, valores por debajo del objetivo a largo plazo (Tabla 4.14).

Tabla 4.14. Evaluación respecto al VO Salud de O<sub>3</sub> (2012).

51 Zonas con valores por encima del Valor Objetivo (Salud)	
• Córdoba (ES0111)	• Cervol-Els Ports. Área Costera (ES1001)
• Zona Industrial de Carboneras (ES0116)	• Cervol-Els Ports. Área Interior (ES1002)
• Granada y Área Metropolitana (ES0118)	• Palancia-Javalambre. Área Costera (ES1005)
• Nueva Zona Industrial de Huelva (ES0121)	• Turia. Área Interior (ES1008)
• Nueva Zona de Núcleos de 50.000 a 250.000 Habitantes (ES0122)	• Jucar-Cabriel. Área Interior (ES1010)
• Nueva Zonas Rurales (ES0123) (Andalucía)	• Bética-Serpis. Área Interior (ES1012)
• Nueva Zona Sevilla y Área Metropolitana (ES0125)	• Alacant (ES1017)
• Nueva Zona Industrial de Puente Nuevo (ES0127)	• Cáceres (ES1101)



Tabla 4.14. Evaluación respecto al VO Salud de O<sub>3</sub> (2012).

51 Zonas con valores por encima del Valor Objetivo (Salud)	
• Valle del Ebro (ES0202)	• Núcleos de Población de más de 20.000 Habitantes (ES1103) (Extremadura)
• Bajo Aragón (ES0203)	• Extremadura Rural (ES1104)
• Sierra de Tramuntana (ES0402)	• G (Franja Fisteria-Santiago) (ES1214)
• Resto Eivissa-Formentera (ES0412)	• Madrid (ES1301)
• Comarca de Puertollano (ES0705)	• Corredor del Henares (ES1308)
• Resto de Castilla-La Mancha 2 (ES0711)	• Urbana Sur (ES1309)
• Corredor del Henares (ES0714)	• Urbana Noroeste (ES1310)
• Duero Norte de Castilla y León (ES0823)	• Sierra Norte (ES1311)
• Duero Sur de Castilla y León (ES0824)	• Cuenca del Alberche (ES1312)
• Valle del Tíetar y Alberche (ES0827)	• Cuenca del Tajuña (ES1313)
• Área de Barcelona (ES0901)	• Comunidad de Murcia Norte (ES1401)
• Vallès-Baix Llobregat (ES0902)	• Comunidad de Murcia Centro (ES1402)
• Plana de Vic (ES0906)	• Ciudad de Murcia (ES1407)
• Comarques de Girona (ES0908)	• Litoral-Mar Menor (ES1408)
• Empordà (ES0909)	• Ribera de la Comunidad de Navarra (ES1503)
• Pirineu Oriental (ES0911)	• País Vasco Ribera (ES1608)
• Prepirineu (ES0913)	• La Rioja (ES1705)
• Terres de L'Ebre (ES0915)	

#### 4.4.4.2. Estaciones utilizadas para la evaluación del O<sub>3</sub>

Si se considera el grado de cumplimiento de la legislación vigente para el O<sub>3</sub> de las estaciones utilizadas para la evaluación de este contaminante en el año 2012, el resultado es el que recoge la Figura 4.65, donde las estaciones se muestran en color rojo (cuando las estaciones superan el valor objetivo en más de 25 ocasiones de promedio en tres años), naranja (si el número de dichas superaciones se encuentra entre 1 y 25) o verde (sin superaciones del valor objetivo).

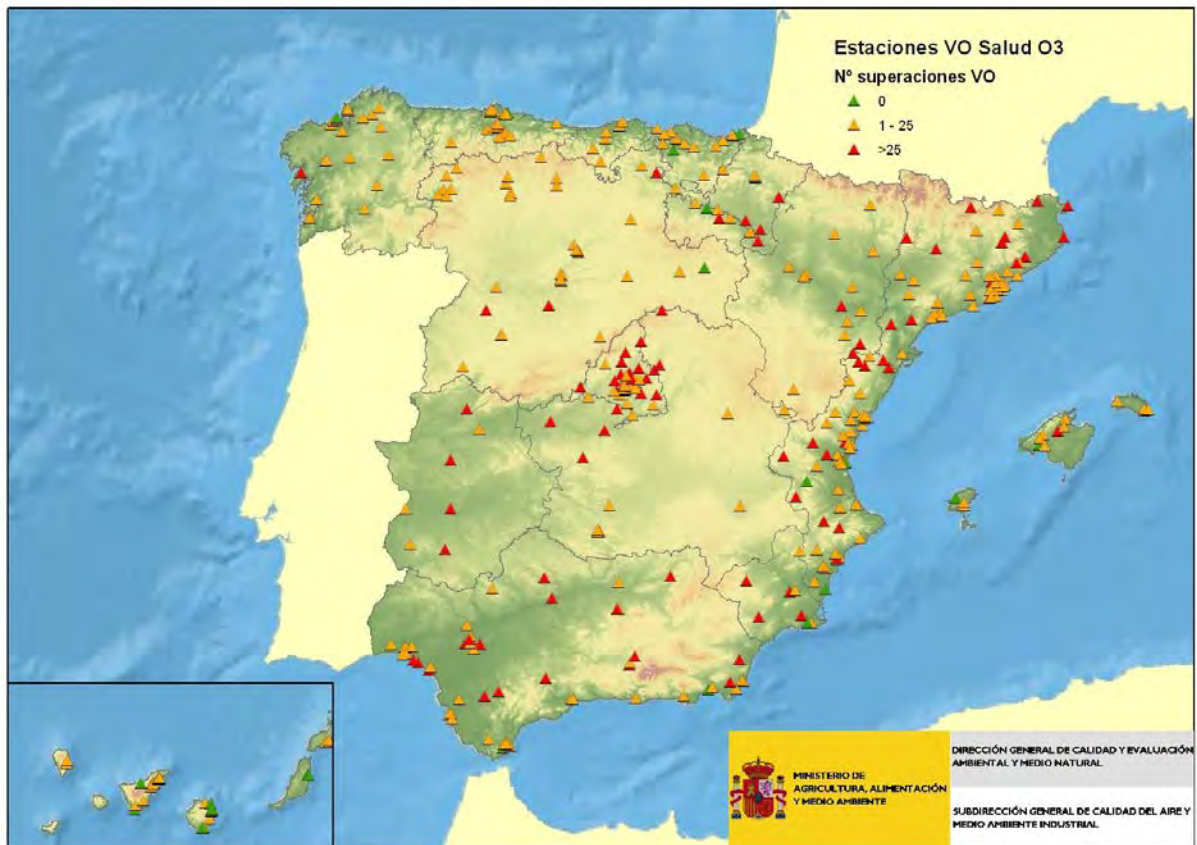


Figura 4.65. Situación de España para el O<sub>3</sub> respecto al valor objetivo para la protección de la salud (2012): Estaciones.

#### 4.4.4.3. Concentración mensual de los niveles de O<sub>3</sub> en 2012

Para conocer cómo se distribuyen los niveles de O<sub>3</sub> a lo largo del año, a continuación se muestra un mapa de España con los valores mensuales de todas las estaciones que han participado en la evaluación de este contaminante en 2012 (Figura 4.66), así como un gráfico con la variación de los niveles en dicho año para las estaciones agrupadas por tipo de área (Figura 4.67).

Las Figuras 4.66 y 4.67 muestran que el patrón de concentraciones mensuales de O<sub>3</sub> a lo largo del año presenta una geometría convexa, con valores más altos en verano independientemente del tipo de área que se considere.

Los niveles registrados son menores en las zonas urbanas, como consecuencia de la mayor presencia de óxidos de nitrógeno que reaccionan con el O<sub>3</sub> y disminuyen sus niveles.

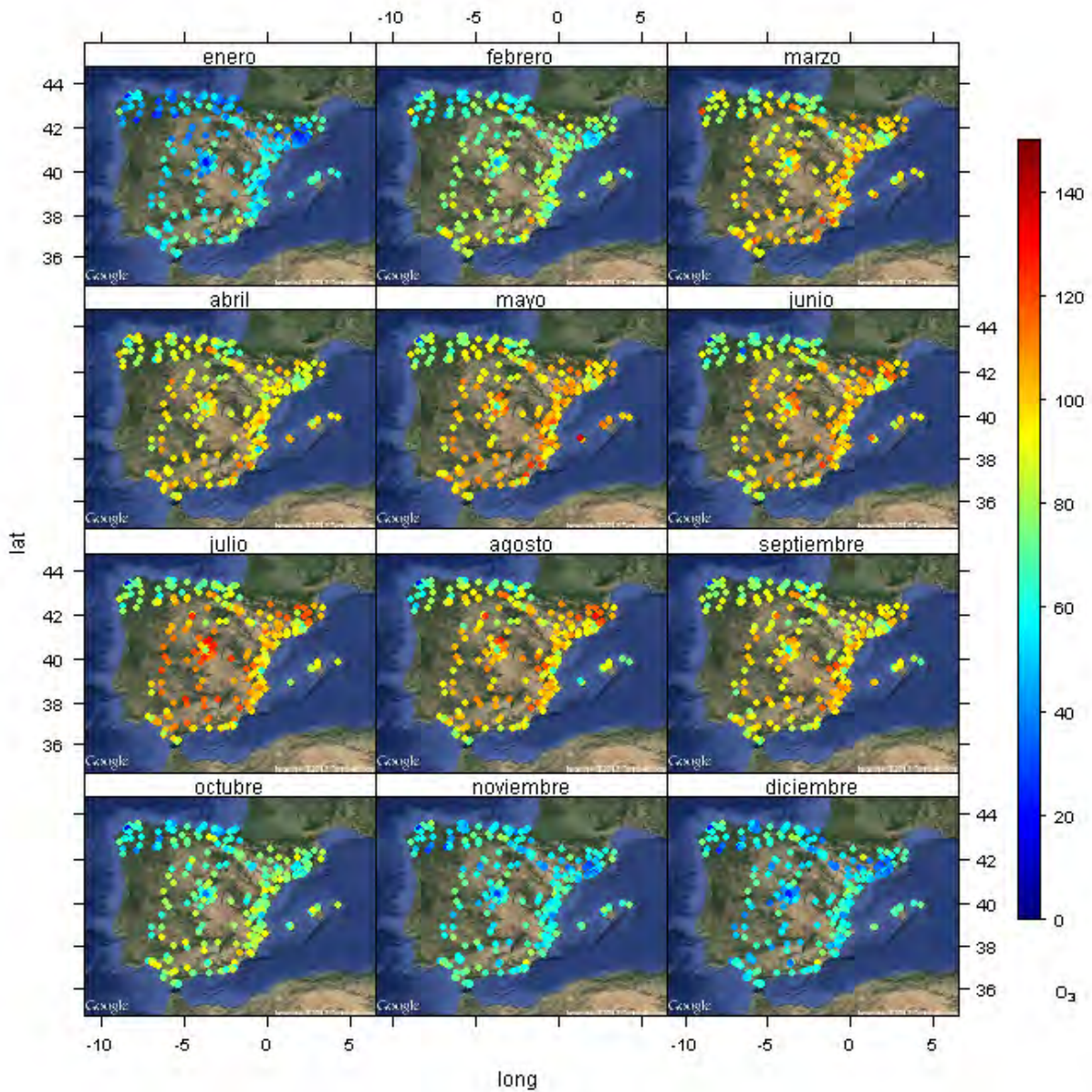


Figura 4.66. Evolución de las medias mensuales de O<sub>3</sub> en 2012.

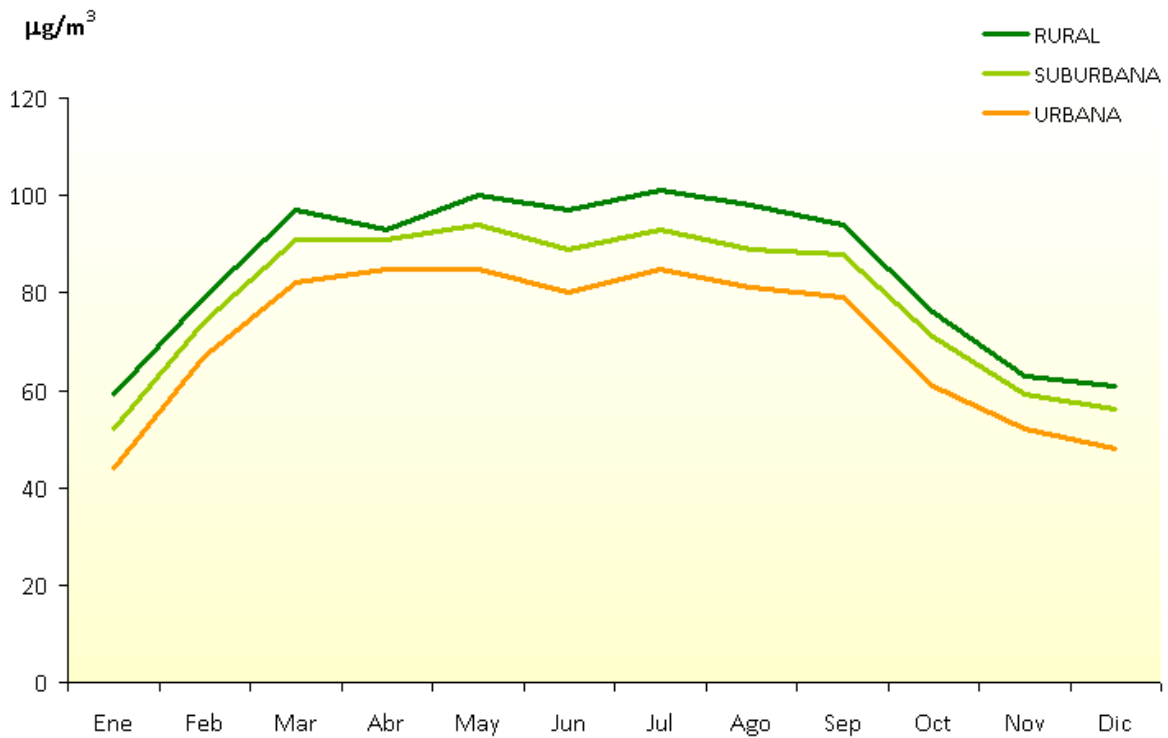


Figura 4.67. Evolución de las medias mensuales de O<sub>3</sub> en 2012 por tipo de área.

#### 4.4.4.4. Análisis del O<sub>3</sub> por tipo de área y tipo de estación en 2012

En la Figura 4.68 se representa la distribución del valor máximo a partir de valores máximos diarios de las estaciones que evalúan O<sub>3</sub> respecto al valor objetivo para la protección de la salud, para el año de referencia 2012, con las estaciones agrupadas por tipo de área y por tipo de estación.

Como se observa, la línea roja que marca el valor objetivo para la salud se supera con cierta frecuencia, sobre todo en estaciones rurales y de fondo, mientras que los valores más bajos se registran en estaciones urbanas y de tráfico, en consonancia con lo indicado anteriormente.

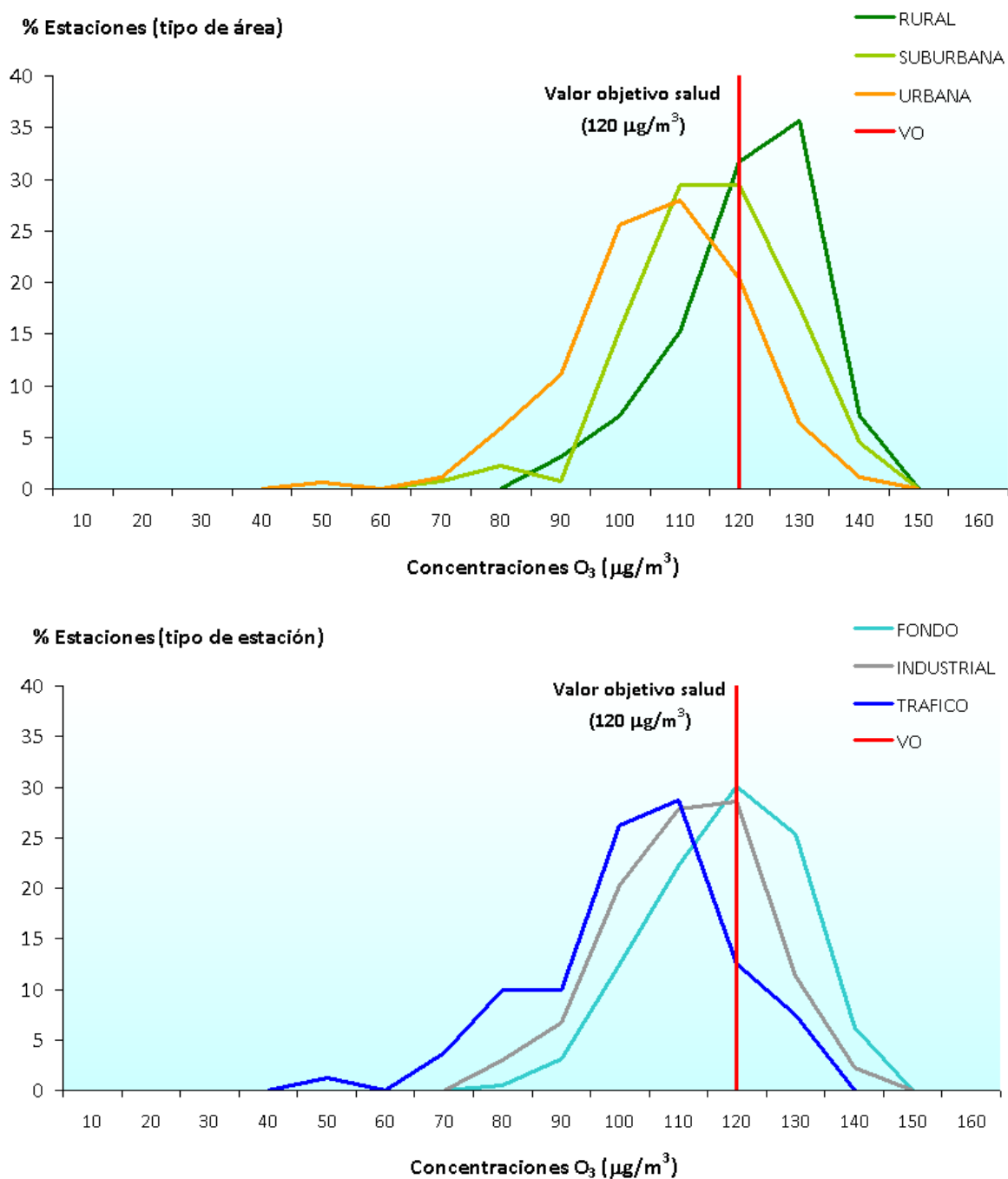


Figura 4.68. Distribución de los niveles de O<sub>3</sub> en relación a los valores legislados (VO Salud) por tipo de área y tipo de estación (2012).

#### 4.4.4.5. Umbrales de información y alerta del O<sub>3</sub>

Las Figuras 4.69 y 4.70 muestran el número de días de superación del umbral de información de O<sub>3</sub> registradas en España en el período de verano (abril-sept) en los años 2012 y 2013, respectivamente.

Como se observa, el mayor número de días con superación del umbral de información en ambos años se asocia sobre todo a Cataluña y Madrid, aunque se aprecia también un ligero ascenso en 2013



respecto a las cifras del año anterior en Galicia, en el norte de Castilla y León y en Huelva y sus alrededores. Por el contrario, la situación ha mejorado en Puertollano, Sevilla y su entorno y, en general, en Levante y Murcia.



Figura 4.69. Días de superación umbral de información de O<sub>3</sub> en el periodo abr-sept 2012.



Figura 4.70. Días de superación umbral de información de O<sub>3</sub> en el periodo abr-sept 2013.



La evolución de las superaciones de los umbrales de información y alerta del O<sub>3</sub> producidas a lo largo del periodo 2008-2013 se recogen gráficamente en la Figura 4.71. En ella se aprecia que, respecto a los años anteriores, en 2013 se ha producido un aumento del número de horas en que se supera el umbral de información, si se exceptúa el año 2010, en el que dicho número fue aún mayor. Esta situación no es equiparable a lo ocurrido con las superaciones del umbral de información en número de días, que se mantienen a los niveles de 2012, y muy similares a los del 2008 y 2009 (de nuevo el año 2010 resulta excepcional a este respecto).

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, sobre todo, en 2013.

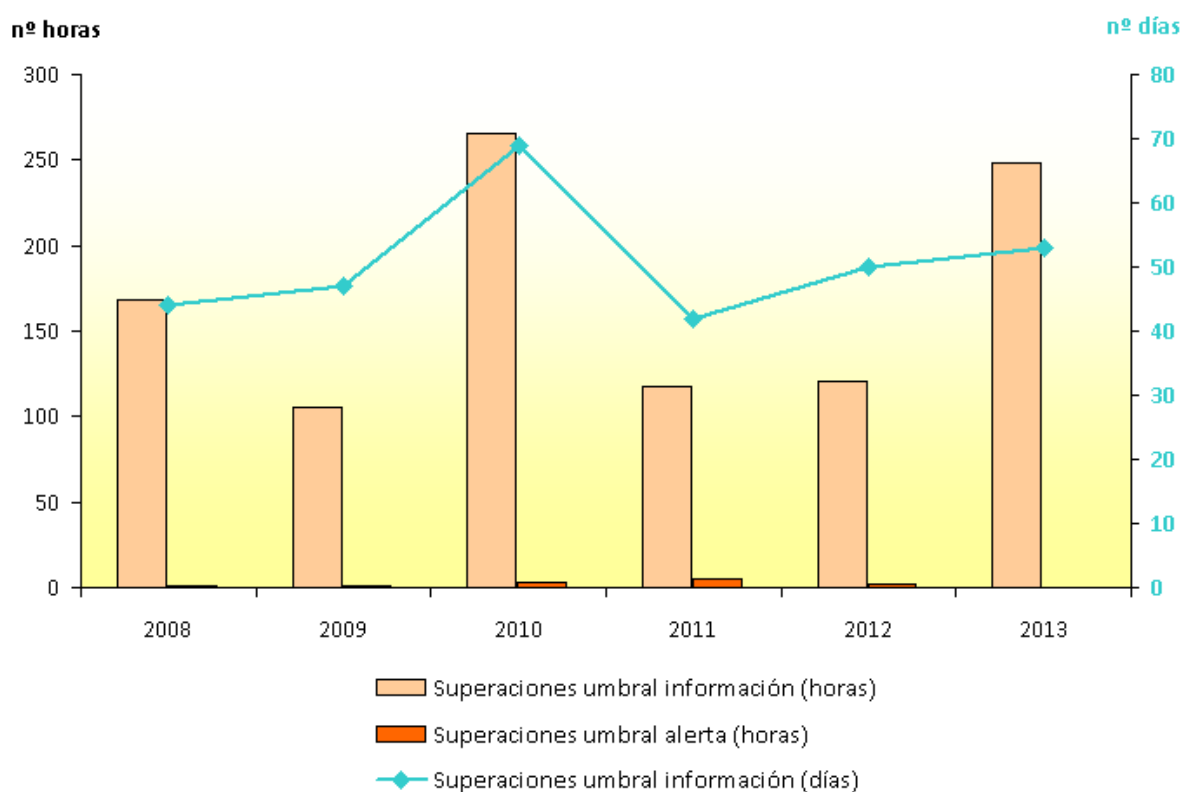


Figura 4.71. Superación de los umbrales de información y alerta del O<sub>3</sub> en el periodo 2008-2013.

Para concretar más, la Figura 4.72 se centra en las superaciones del período estival, el más sensible para este contaminante. De nuevo se observa cómo los valores de 2013 se aproximan a los registrados en 2010, aunque sin alcanzarlos. El mayor número de superaciones tiene lugar durante el mes de julio, salvo puntuales excepciones (2012 y, sobre todo, 2008).

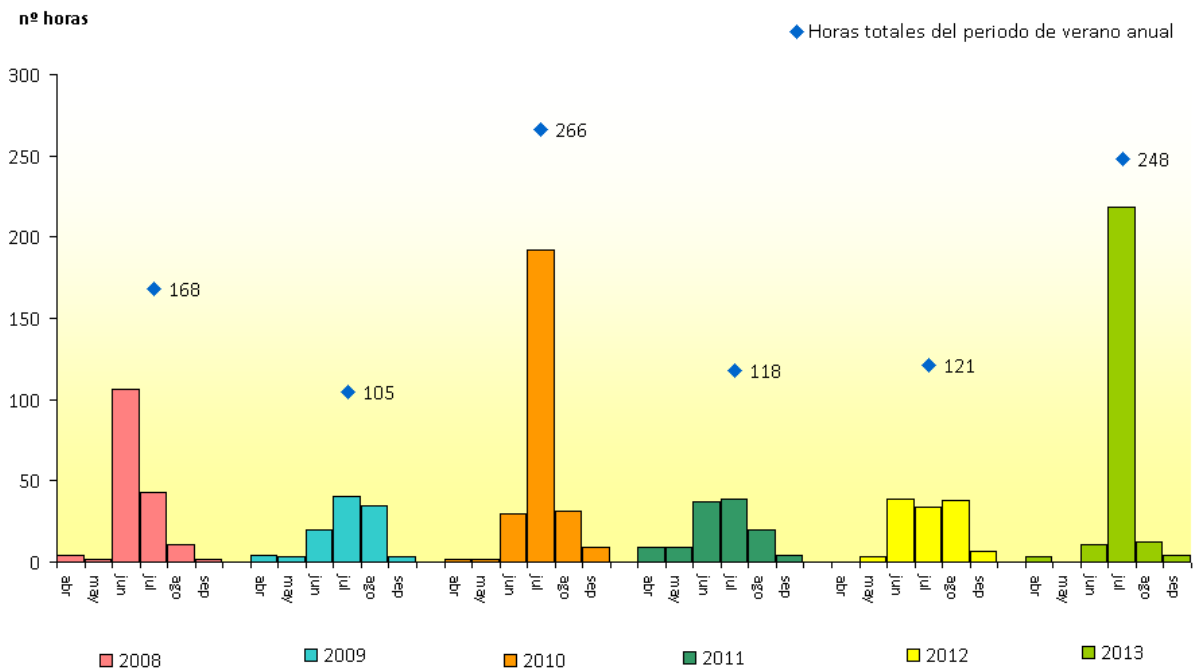


Figura 4.72. Superación del umbral de información del O<sub>3</sub> durante el periodo de verano en el período 2008-2013.

#### 4.4.5 Evolución 2004-2012 del O<sub>3</sub>

A continuación se muestra la evolución del O<sub>3</sub> a lo largo del periodo 2004-2012 desde varios puntos de vista: evolución de las zonas donde se evalúa; evolución de las estaciones de evaluación (estadísticas); y evolución de las medias anuales (para el total de estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área).

##### 4.4.5.1. Evolución 2004-2012 de los valores legislados en las zonas de O<sub>3</sub>

La Figura 4.73 presenta la evolución en el número de superaciones de los valores legislados de O<sub>3</sub> para la salud entre los años 2004 y 2012.

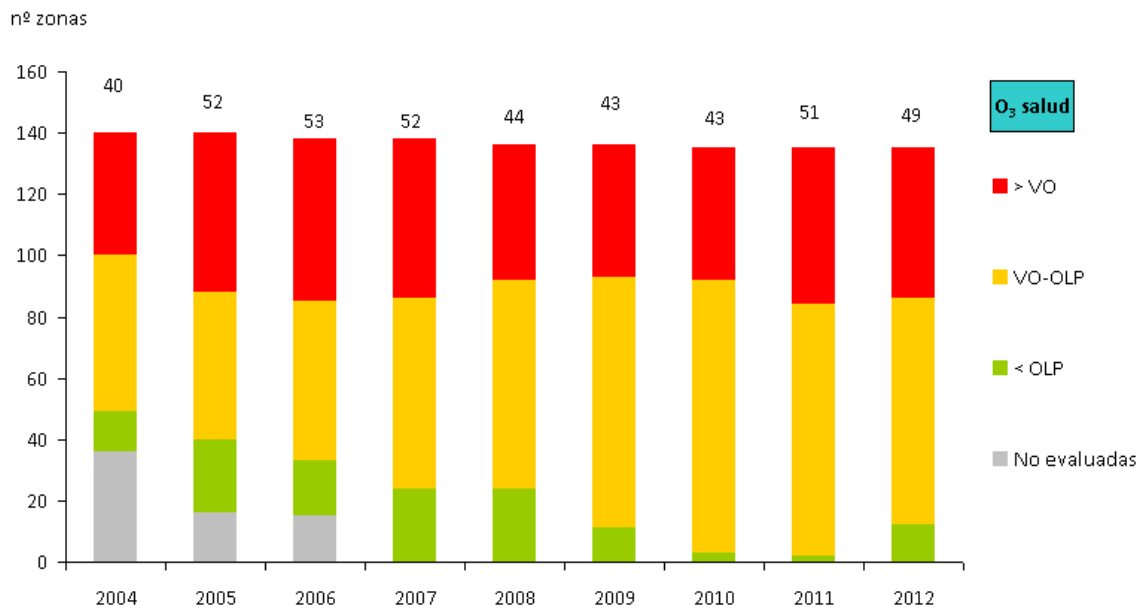


Figura 4.73. Evolución del número de superaciones del VO salud de O<sub>3</sub> (2004-2012).

#### 4.4.5.2. Evolución 2007-2012 de los valores legislados de O<sub>3</sub> en estaciones

En la Figura 4.74 se representa la evolución de los estadísticos de los valores legislados de O<sub>3</sub> para la salud de los últimos seis años (2007-2012).

Dicha representación muestra episodios generalizados por toda España, aunque principalmente en las áreas con mayor insolación (zonas sur y mediterránea); tan sólo la franja más septentrional de la Península muestra niveles comparativamente más bajos que el resto.

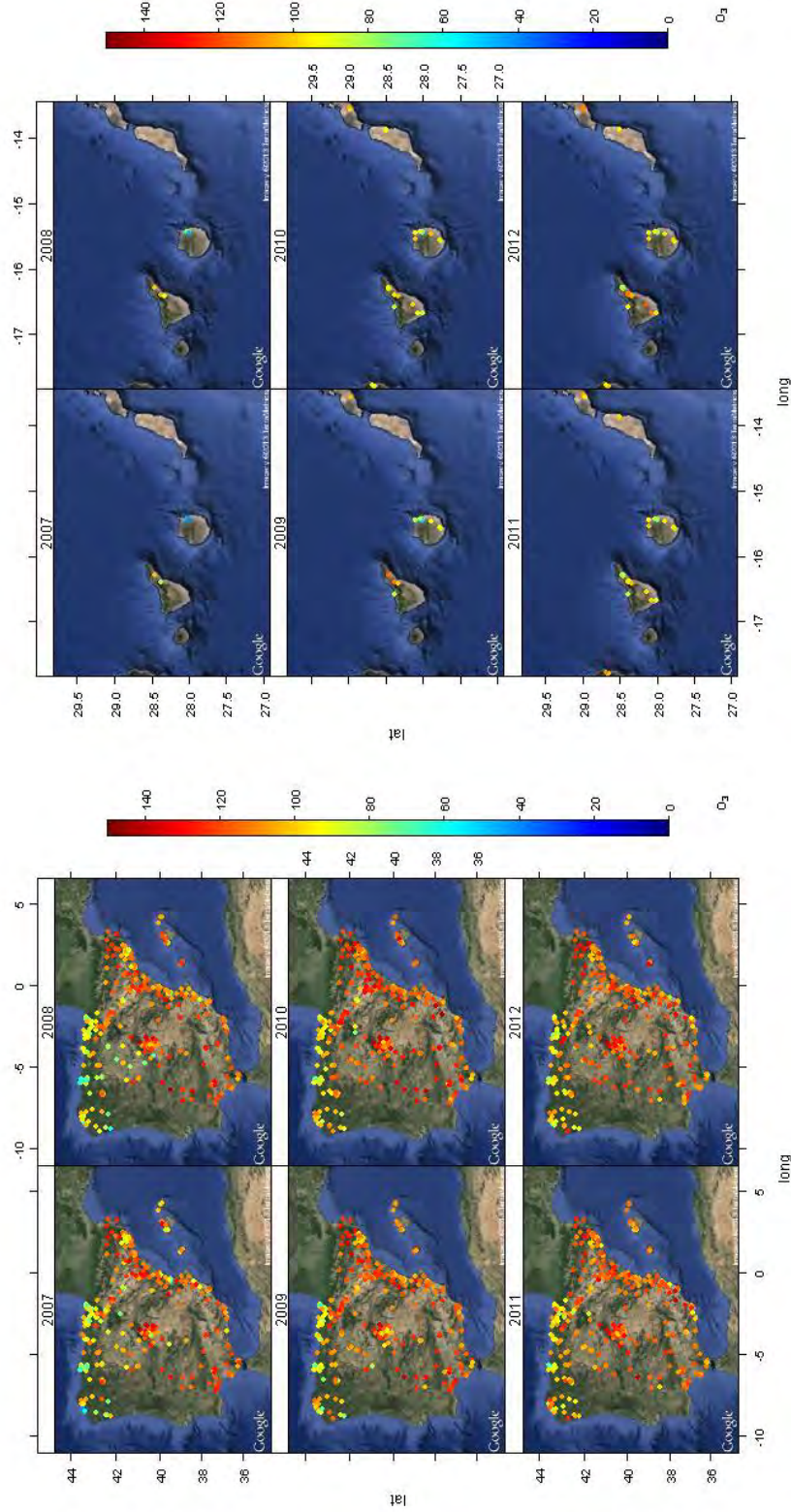


Figura 4.74. Evolución de los valores registrados de  $O_3$  respecto al VO salud (valor 26 máximo a partir de los valores máximos diarios octohorarios, dado que el VO salud no debe superarse en más de 25 ocasiones de promedio en un periodo de 3 años) a lo largo del periodo 2007-2012.

### 4.4.5.3. Evolución 2001-2012 de los niveles de O<sub>3</sub>

La Figura 4.75 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del O<sub>3</sub> a lo largo del periodo 2001-2012, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales.

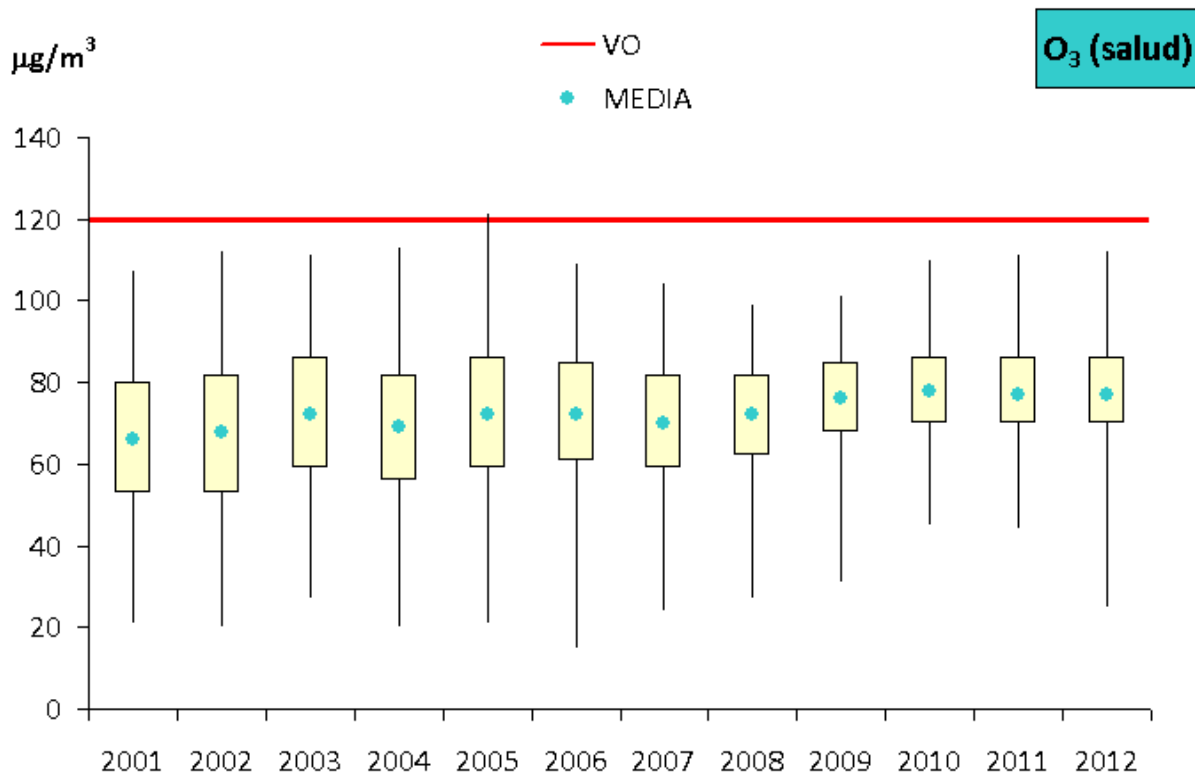


Figura 4.75. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de O<sub>3</sub> 2001-2012.

La Figura 4.76 muestra cómo evolucionan las medias anuales de O<sub>3</sub> (máximos diarios octohorarios) de las estaciones que han participado en la evaluación entre 2001 y 2012, agrupadas por tipos de estación y por tipo de área. En ella se pone de manifiesto que los valores tienden a aumentar en las estaciones urbanas y de tráfico, y a mantenerse en las rurales.

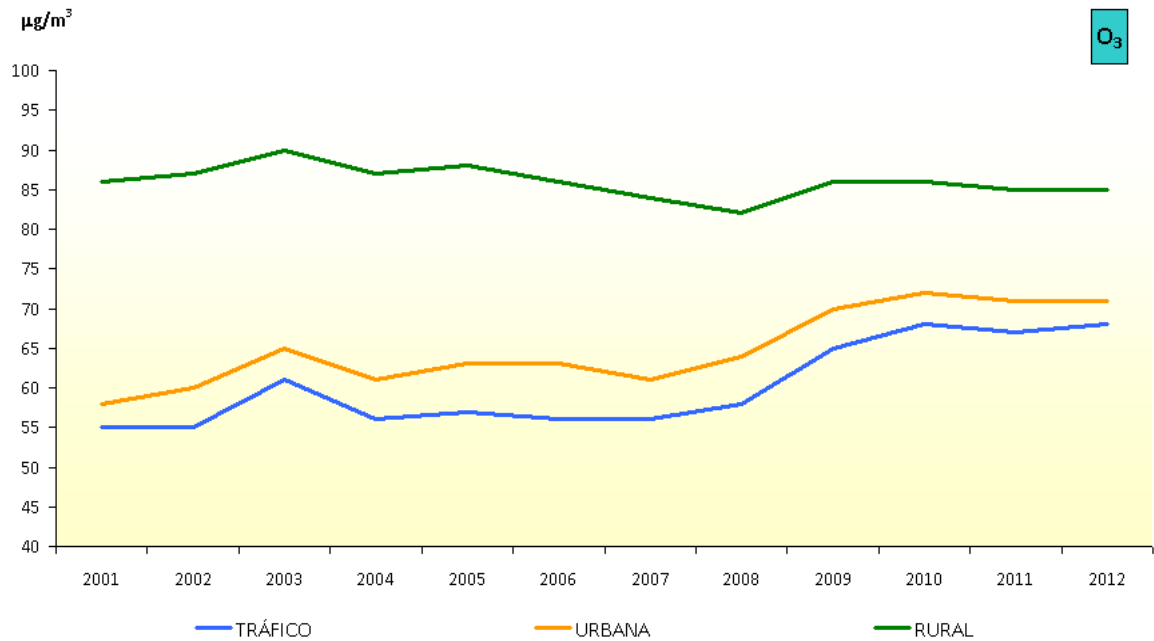


Figura 4.76. Evolución de las medias anuales de O<sub>3</sub> (2001-2012) por tipo de estación y área.

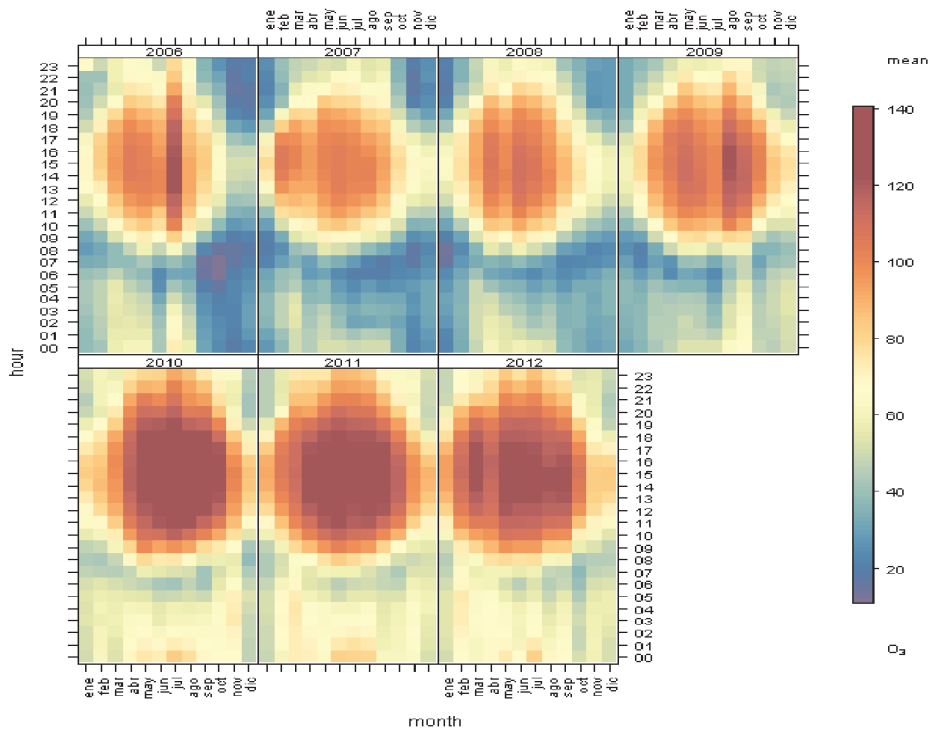
A modo de ejemplo, en la Figura 4.77 se muestra la distribución de los niveles horarios y mensuales de O<sub>3</sub> en dos estaciones situadas en diferente localización geográfica:

- Estación 1: Localizada en el sur de España;
- Estación 2: Localizada en el norte de España.

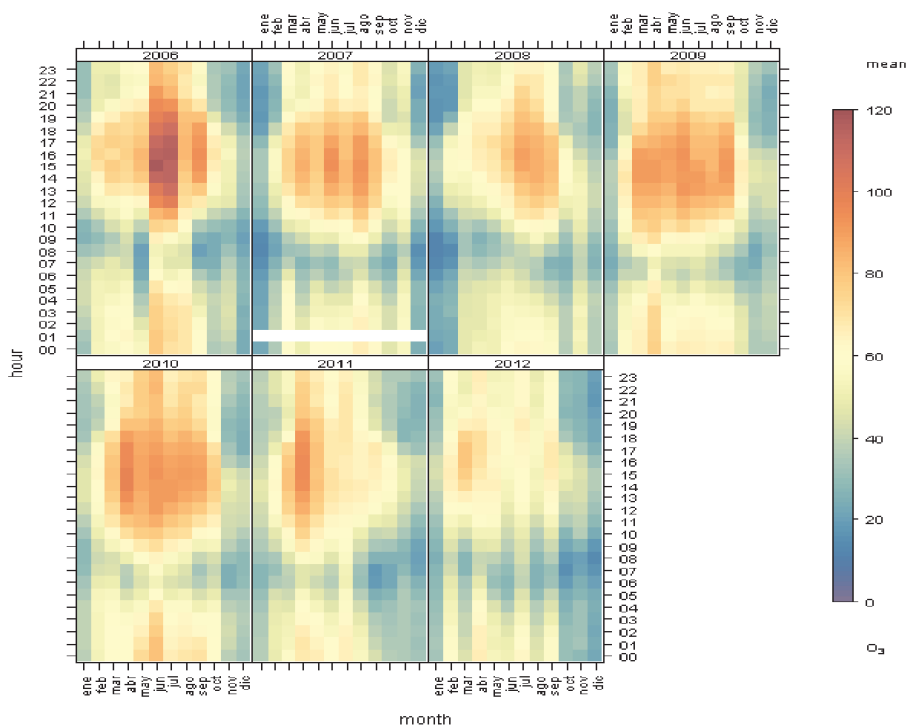
En el gráfico se representa, en el eje de abscisas, la evolución mensual a lo largo de varios años, mientras que en el eje de ordenadas se observan las medias para las diferentes horas del día (de 00 a 23 horas). Como se observa, ambas muestran máximos en las horas centrales del día, que además son más altos, lógicamente, en la estación más meridional.



Estación 1 situada en el sur de España



Estación 2 situada en el norte de España



Carlaw, D.C. and K. Ropkins, (2012). *openair — an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61.*; Carlaw, D.C. (2013). *The openair manual — open-source tools for analysing ai pollution data. Manual for version 0.8-0, King’s College London.*

Figura 4.77. Evolución de las concentraciones de O<sub>3</sub> en dos estaciones fuertemente influidas por la insolación (2006-2012).

## 4.5 Monóxido de carbono (CO)

### 4.5.1 Efectos del CO

El monóxido de carbono (CO) es un gas sin color ni olor emitido como consecuencia de la combustión incompleta de carburantes fósiles y de biocombustibles.

El CO penetra en el organismo a través de los pulmones, y puede provocar una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, con el consecuente detrimento de oxigenación de órganos y tejidos, así como disfunciones cardiacas, daños en el sistema nervioso, dolor de cabeza, mareos y fatiga; estos efectos pueden producirse tanto sobre el ser humano como sobre la fauna silvestre.

También posee consecuencias sobre el clima, ya que contribuye a la formación de gases de efecto invernadero: su vida media en la atmósfera es de unos tres meses, lo que permite su lenta oxidación para formar  $\text{CO}_2$ , proceso durante el cual también se genera  $\text{O}_3$ .

### 4.5.2 Origen de la contaminación

En general, cualquier combustible que contenga carbono (gas, petróleo, carbón, madera...) y que sea quemado sin suficiente oxígeno como para formar  $\text{CO}_2$  es una fuente potencial de CO.

Como se observa en las Figuras 4.78 y 4.79, las principales fuentes de emisión de CO en el año 2011 han sido los procesos de combustión en sectores no industriales, seguidos por las actividades del sector agropecuario y por los procesos industriales sin combustión.



El transporte por carretera (tráfico) ha contribuido en poco más de un 10%, ya que sus potenciales consecuencias probablemente se han visto minoradas por la utilización de convertidores catalíticos. De hecho, éste ha sido el sector en el que más se han reducido las emisiones desde el año 2001 (el resto se mantiene en niveles más menos constante, con ligeras variaciones interanuales).

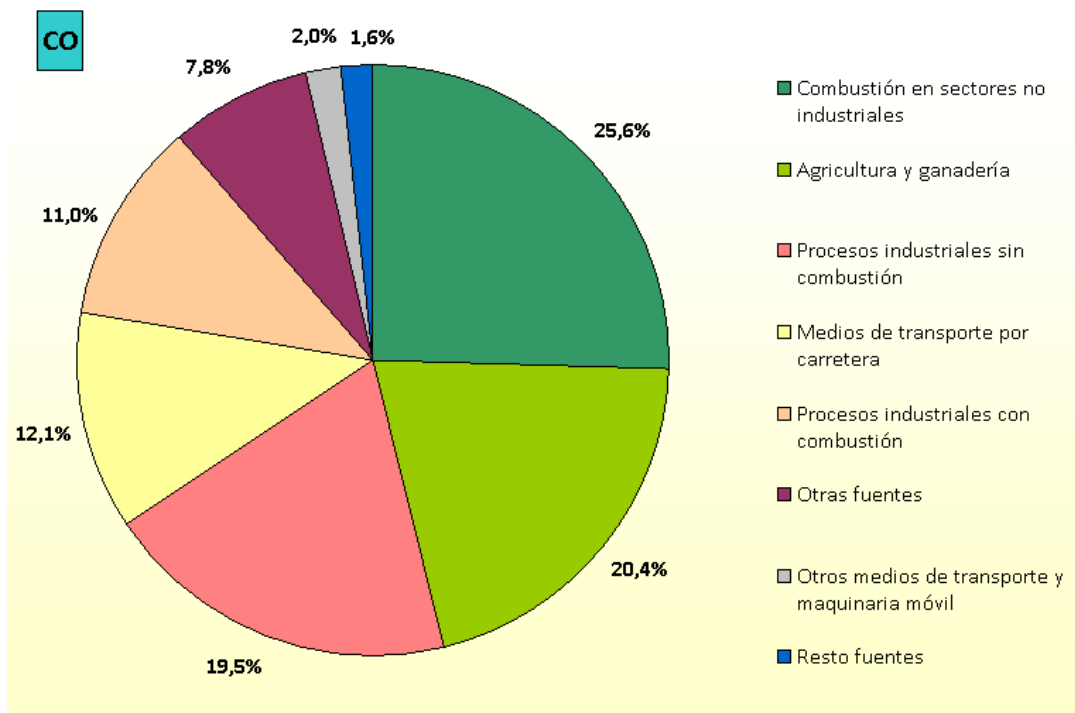


Figura 4.78. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de CO (2011).

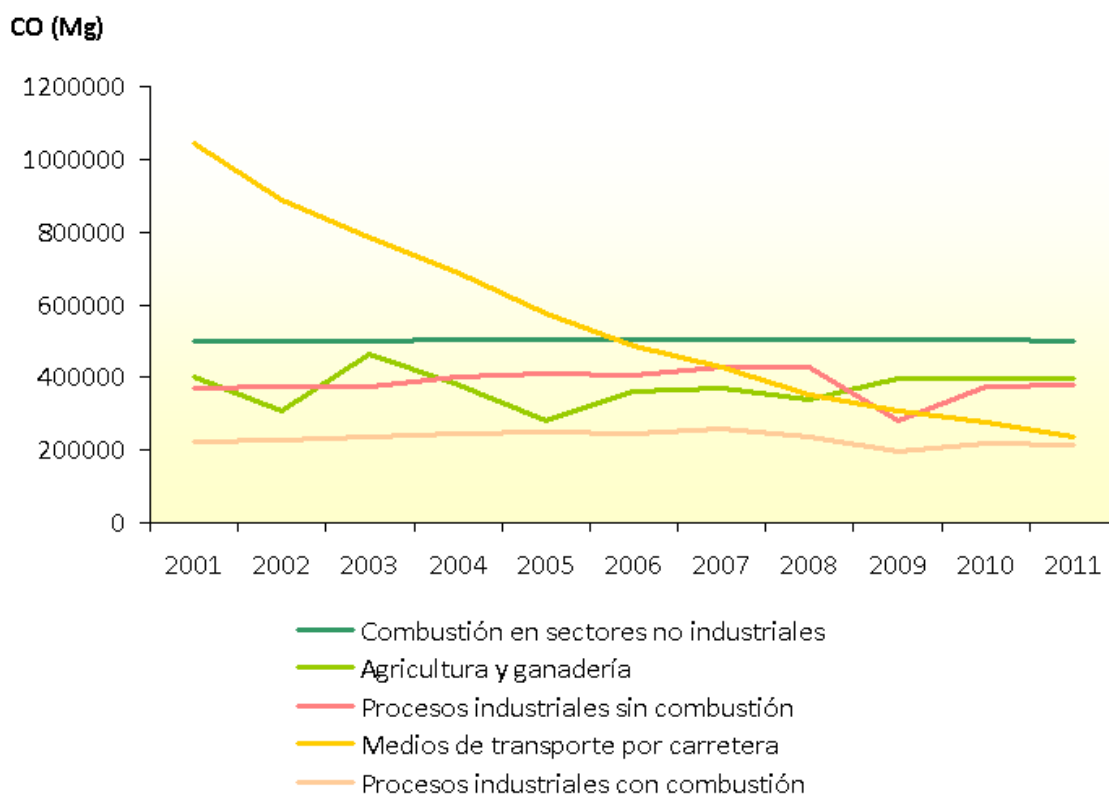


Figura 4.79. Tendencias temporales de las emisiones principales de CO.

#### 4.5.3 Valores legislados para el CO

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para el contaminante CO son los recogidos en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15. Valores legislados (CO).

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

#### 4.5.4 Resultados de la evaluación del CO (2012)

##### 4.5.4.1. Evaluación del CO por zonas

La Figura 4.80 muestra de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para este contaminante en el año 2012, conforme al límite legal establecido (valor límite). Como se observa en ella, en 2012 no hubo ninguna superación de dicho valor límite, en ninguna de las zonas de evaluación.



Figura 4.80. Situación de España para el CO respecto al valor límite para la protección de la salud (2012).

#### 4.5.4.2. Estaciones utilizadas para la evaluación del CO

Para conocer la distribución espacial de los niveles de CO en 2012, se ha elaborado el mapa mostrado en la Figura 4.81, que muestra los estadísticos de las estaciones que han evaluado este contaminante en el año de referencia clasificados de acuerdo a los valores legislados, en color rojo (cuando las estaciones superan el valor límite), naranja (entre el valor límite y el umbral de evaluación superior), amarillo (entre los umbrales de evaluación) o verde (por debajo del umbral de evaluación inferior). Como resulta lógico, a la vista de las conclusiones del apartado anterior, en ninguna de las estaciones utilizadas se ha superado el valor límite en 2012.



Figura 4.81. Situación de España para el CO respecto al valor límite (2012): Estaciones.

#### 4.5.4.3. Concentración mensual de los niveles de CO en 2012

Los estadísticos de evaluación de la calidad del aire de CO que aparecen en la legislación están referenciados a la media octohoraria máxima en un día; para conocer cómo se distribuyen las medias mensuales a lo largo de 2012 se ha elaborado un mapa de España (Figura 4.82) con los valores mensuales calculados a partir de los máximos diarios octohorarios de todas las estaciones que han participado en la evaluación en dicho año, así como un gráfico de la variación de los niveles en el año para las estaciones agrupadas por tipo de área (Figura 4.83).

En las Figuras 4.82 y 4.83 se observa que el patrón de distribución del CO a lo largo del año presenta una silueta cóncava, con valores más altos en invierno independientemente del tipo de área que se considere, aunque más marcada en el caso de las estaciones que se sitúan en áreas urbanas y suburbanas, debido a la mayor presencia en las mismas de focos de emisión (tráfico, sistemas de calefacción, industria...).



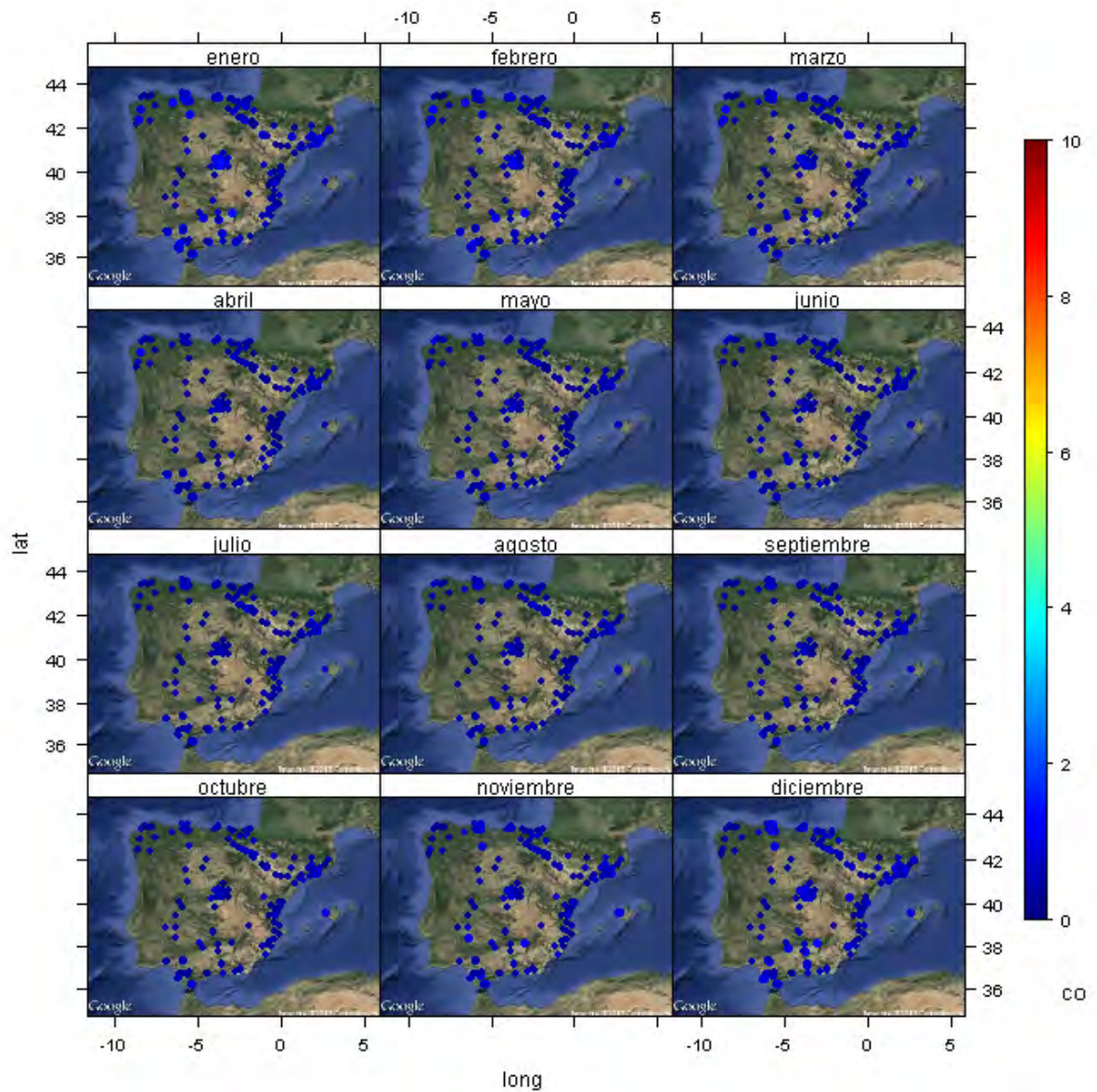


Figura 4.82. Evolución de las medias mensuales de CO en 2012.



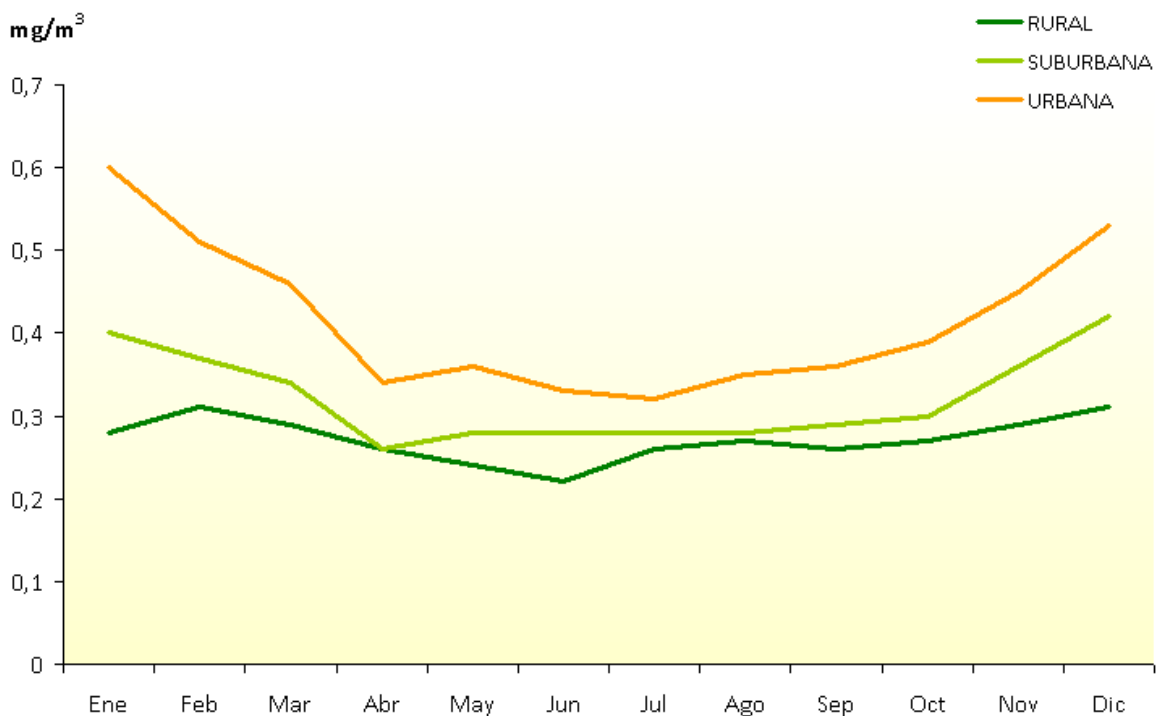


Figura 4.83. Evolución de las medias mensuales de CO en 2012 por tipo de área.

#### 4.5.4.4. Análisis del CO por tipo de área y tipo de estación en 2012

Una vez más, la Figura 4.84 analiza el grado de cumplimiento o incumplimiento de las estaciones utilizadas para la evaluación del CO en 2012 a través de la representación para dicho año de la distribución del valor máximo diario octohorario anual de las estaciones que participan, agrupadas por tipo de área (urbana, suburbana o rural) y tipo de estación (industrial tráfico o fondo).

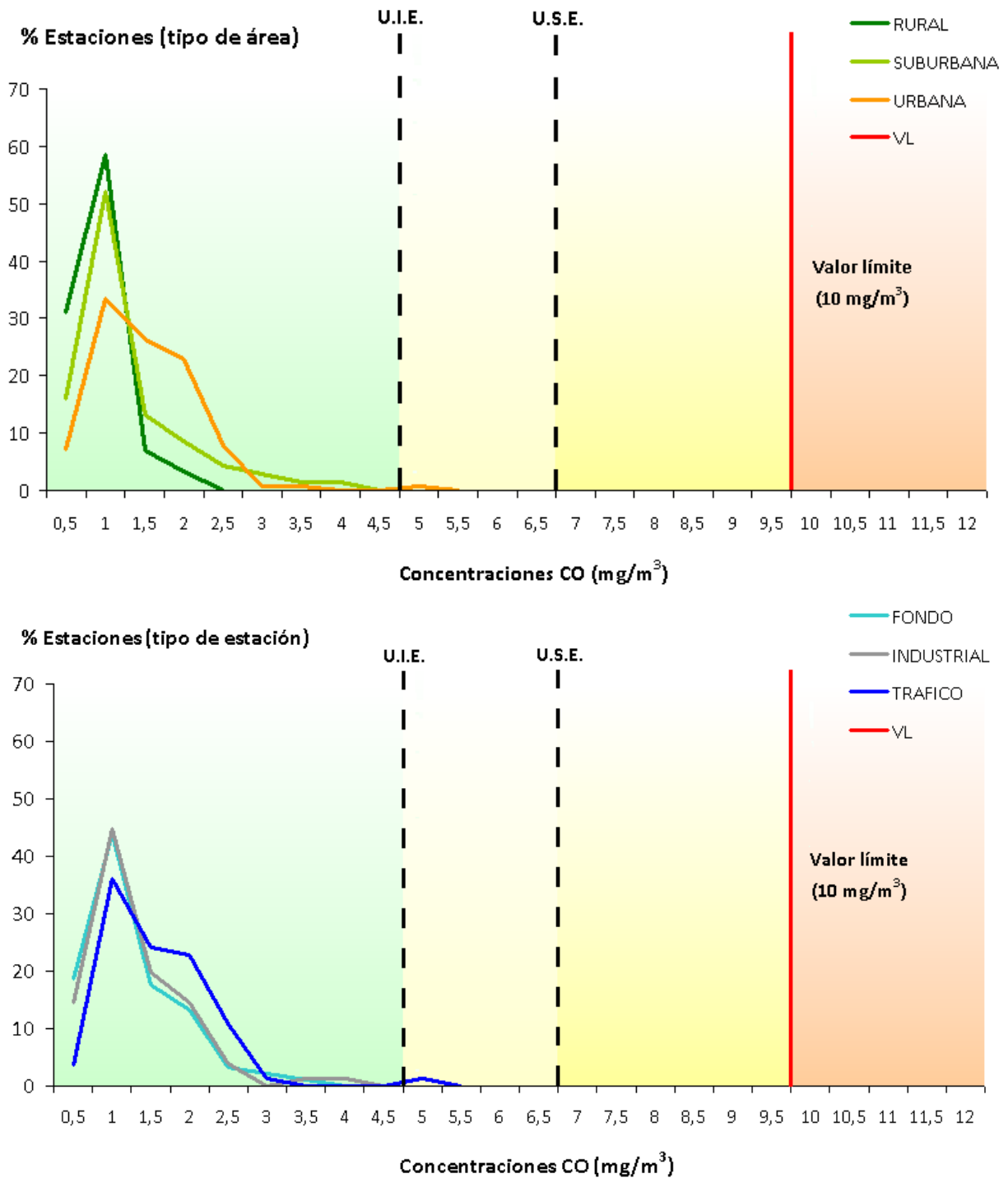


Figura 4.84. Distribución de los niveles de CO en relación a los valores legislados (VL) por tipo de área y tipo de estación (2012).

En este gráfico se aprecia que en ninguna estación se han producido superaciones del valor límite (ninguna estación se encuentra a la derecha de la línea roja que lo marca), y que las estaciones con niveles más altos (más hacia la derecha en el eje de abscisas) se corresponden con las urbanas de tráfico.

La mayor parte de las estaciones registran valores por debajo del umbral inferior de evaluación, lo que supone que en dichos puntos se puede evaluar únicamente mediante modelización o mediciones indicativas, y que no es necesario efectuar la evaluación a través de puntos de muestreo fijos.

#### 4.5.5 Evolución 2003-2012 del CO

La evolución del CO entre los años 2003 y 2012 se va a analizar a través de la consideración de tres cuestiones distintas: la evolución de las áreas de evaluación, la evolución de las estaciones y la evolución de las medidas anuales (para el total de las estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área).

##### **4.5.5.1. Evolución 2003-2012 de los valores legislados en las zonas de CO**

En este caso no se ha incluido la representación del número de superaciones del valor límite legislado por zonas de evaluación porque no se ha producido ninguna a lo largo del periodo considerado.

##### **4.5.5.2. Evolución 2007-2012 de los valores legislados de CO en estaciones**

La Figura 4.85 muestra la evolución del valor estadístico legislado para CO de los últimos seis años (entre 2007 y 2012).

En ella se observa una situación bastante homogénea en toda España, con valores bajos que apenas puntualmente (Cáceres, Plasencia...) han dado lugar a episodios destacables que, en cualquier caso, se han mantenido por debajo del valor de los 10 mg/m<sup>3</sup> que constituye el límite para la protección de la salud.

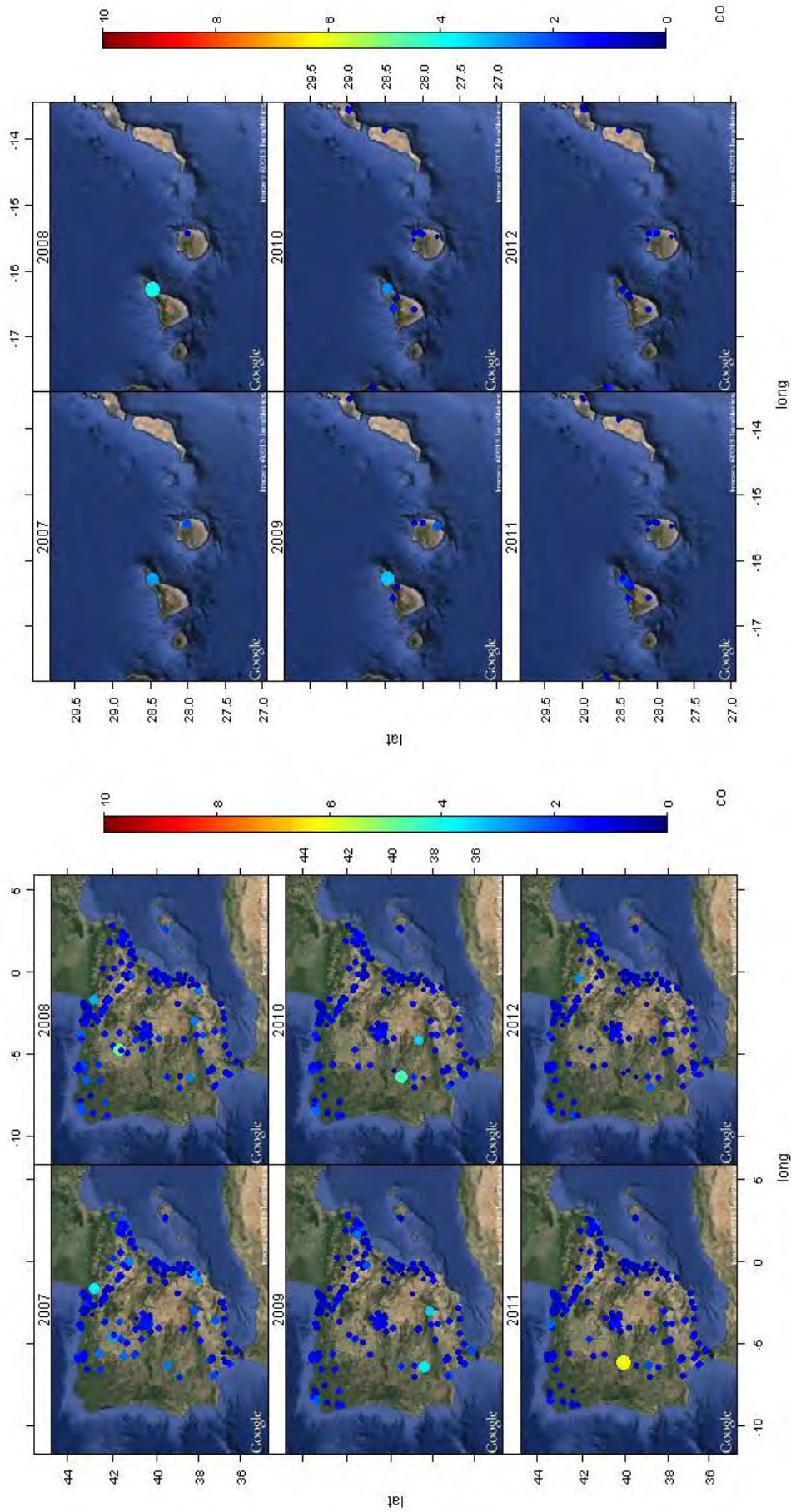


Figura 4.85. Evolución del valor registrado de CO (media octohoraria máxima diaria) a lo largo del periodo 2007-2012.

### 4.5.5.3. Evolución 2003-2012 de los niveles de CO

La Figura 4.86 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del CO a lo largo del periodo 2003-2012, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales.

En la Figura 4.87 se representan las medias anuales de las estaciones, agrupadas una vez más por tipo de estación y tipo de área.

Las dos figuras muestran que no sólo los valores registrados están muy lejos del incumplimiento de lo dispuesto legalmente, sino que además se aprecia una tendencia a la baja en las concentraciones a lo largo de los años desde que se inició la evaluación de este contaminante, independientemente del tipo de estación de que se trate, pero aún de forma más marcada para el caso de las de tráfico urbanas.

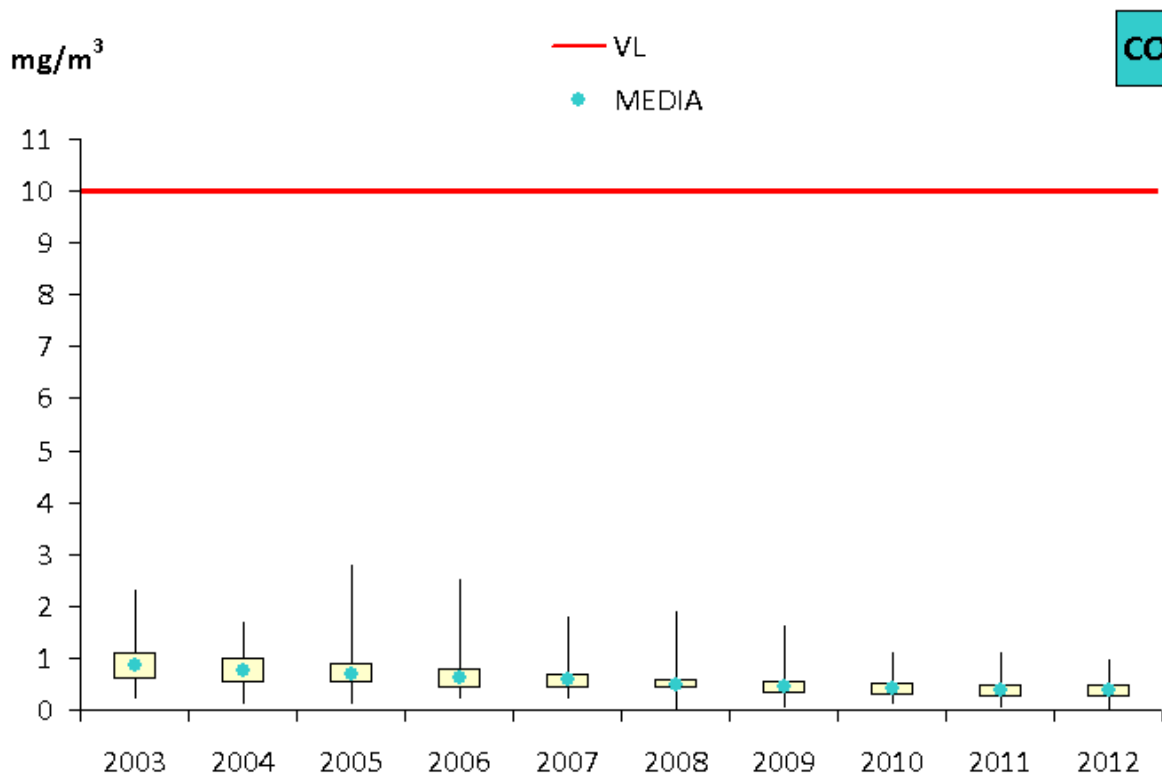


Figura 4.86. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de CO 2003-2012.

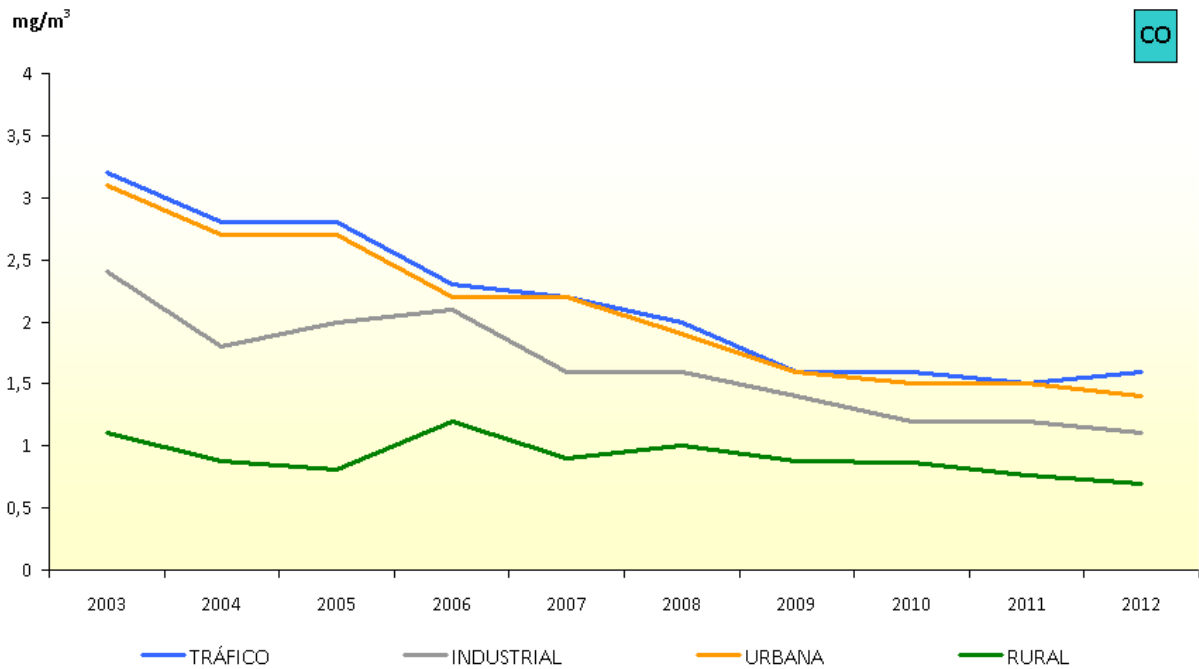


Figura 4.87. Evolución de las medias anuales de CO (2003-2012) por tipo de estación y área.

## 4.6 Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

### 4.6.1 Efectos del C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

El C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> es un compuesto orgánico potencialmente carcinogénico que, tras ser inhalado y después de exposiciones prolongadas, puede ocasionar graves efectos sobre la salud humana, ya que afecta al sistema nervioso central y a la normal producción de células sanguíneas, puede deteriorar el sistema inmunitario y dañar el material genético celular, lo que a su vez puede originar determinados tipos de cáncer (leucemia) así como malformaciones congénitas.

Sus efectos nocivos se dejan igualmente sentir sobre el medio ambiente, ya que resulta marcadamente tóxico para los organismos acuáticos y, en especial, sobre los invertebrados, en los que puede producir cambios genéticos (problemas reproductivos, malformaciones) y de comportamiento. Afecta también a la vegetación (puede llegar a provocar la muerte de la planta afectada, lo que adquiere además un matiz económico cuando se trata de cultivos), así como al clima, ya que se trata de un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento de la atmósfera y a la formación de O<sub>3</sub> y de aerosoles orgánicos secundarios.

### 4.6.2 Origen de la contaminación

Este contaminante procede sobre todo de fuentes de tipo natural. Se libera básicamente como consecuencia de procesos de combustión incompleta y por evaporación de determinados combustibles.

El Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera 2011 no contempla el C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> de forma individualizada, pero sí el conjunto de los compuesto orgánicos volátiles no metánicos (COVNM). Según se desprende de las Figuras 4.88 y 4.89, más de la mitad de las emisiones de COVNM tiene su origen en procesos que pueden ser tanto naturales (tormentas, fauna libre, vegetación y zonas húmedas...) como inducidos por el hombre (incendios, reconversión de pastos). La segunda mayor contribución en el año 2011 se ha debido al uso de disolventes y otros productos,



seguida por la asociada a actividades agropecuarias. De las tres, tan sólo las emisiones debidas al uso de disolventes han mostrado una ligera disminución a lo largo del período considerado.

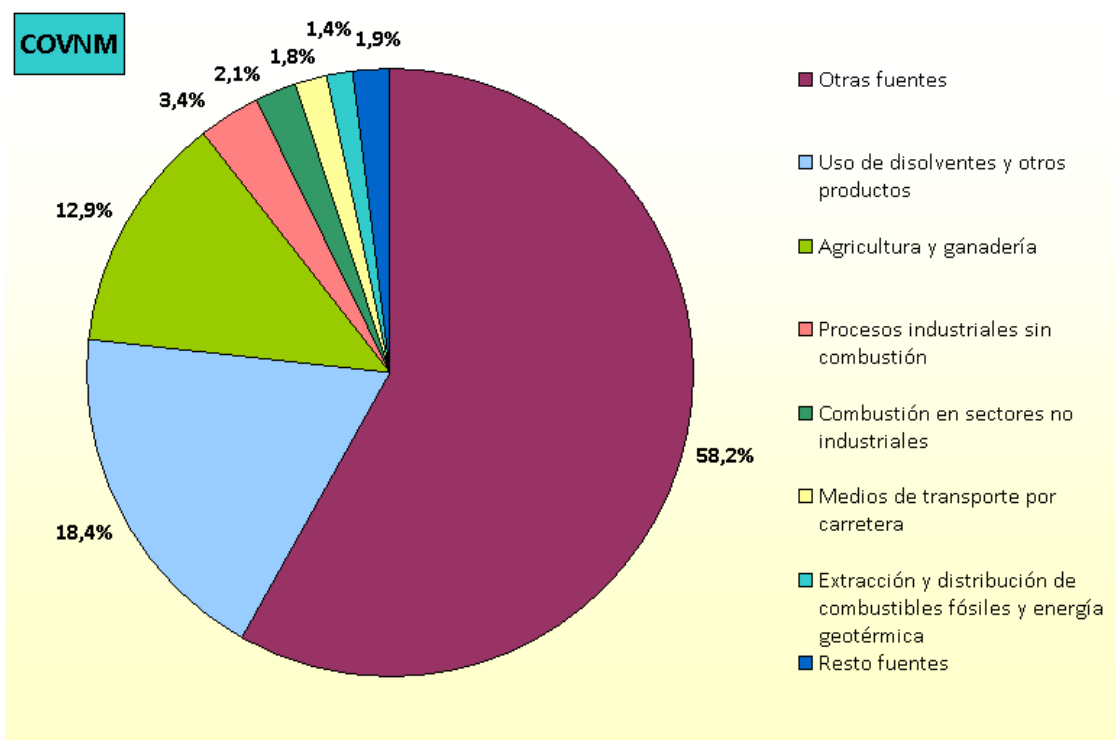


Figura 4.88. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de COVNM (2011).

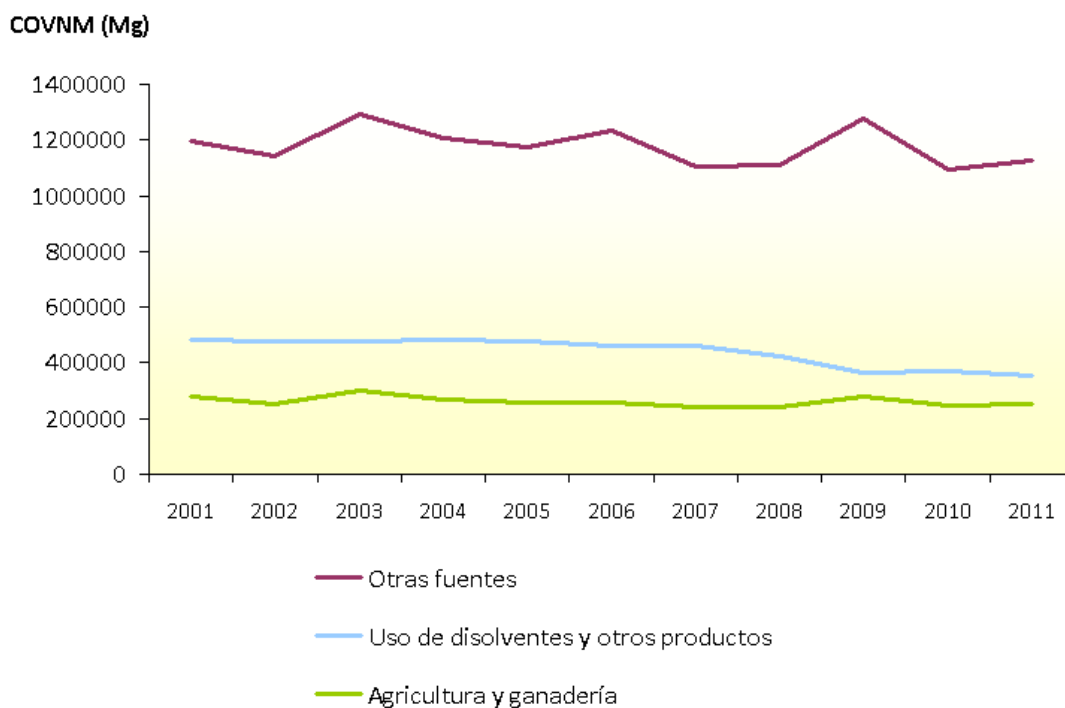


Figura 4.89. Tendencias temporales de las emisiones principales de COVNM.

#### 4.6.3 Valores legislados para el $C_6H_6$

Los objetivos de calidad del aire fijados por la legislación vigente para el contaminante  $C_6H_6$  son los recogidos en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16. Valores legislados ( $C_6H_6$ ).

Valor legislado	Valor límite	Periodo
Valor límite anual (VLA) de $C_6H_6$ para la <b>protección de la salud humana</b> (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2010)	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Año civil

#### 4.6.4 Resultados de la evaluación del $C_6H_6$ (2012)

##### 4.6.4.1. Evaluación del $C_6H_6$ por zonas

La Figura 4.90 muestra de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para este contaminante en el año 2012, conforme al límite legal establecido (valor límite anual). Como se observa, en 2012 no hubo ninguna superación de dicho valor límite anual, en ninguna de las zonas establecidas para la evaluación.



Figura 4.90. Situación de España para el  $C_6H_6$  respecto al valor límite anual (2012).

##### 4.6.4.2. Estaciones utilizadas para la evaluación de $C_6H_6$

La Figura 4.91 muestra la ubicación espacial de las diferentes estaciones utilizadas para la evaluación de  $C_6H_6$  en 2012, clasificadas según los valores legislados (valor límite y umbrales superior e inferior de evaluación) con los siguientes colores: rojo, si las estaciones superan el valor límite; naranja,

cuando los valores medidos se encuentran entre el valor límite y el umbral de evaluación superior; amarillo, si estuvieran entre los dos umbrales de evaluación; o verde, por debajo del umbral de evaluación inferior. Como corresponde a lo indicado en el apartado anterior, todas las estaciones aparecen en color verde (no ha habido superaciones en 2012).

También se observa en el mapa que en ciertas comunidades autónomas no hay puntos de medición fija, sino que la evaluación de  $C_6H_6$  se realiza mediante modelización.



Figura 4.91. Situación de España para el  $C_6H_6$  respecto al valor límite anual (2012): Estaciones.

#### 4.6.4.3. Concentración mensual de los niveles de $C_6H_6$ en 2012

El análisis de la situación del  $C_6H_6$  en 2012 puede ampliarse con la consideración de cuál ha sido la variación mensual de los niveles de este contaminante en las estaciones que han participado en la evaluación (Figura 4.92).

En la Figura 4.93, en la que además las estaciones aparecen agrupadas por tipo de área, se observa un perfil cóncavo, con máximos invernales (diciembre-enero) que resultan más altos en las estaciones de naturaleza urbana, posiblemente asociados al tráfico y a los sistemas de calefacción, que constituyen las principales fuentes de emisión.



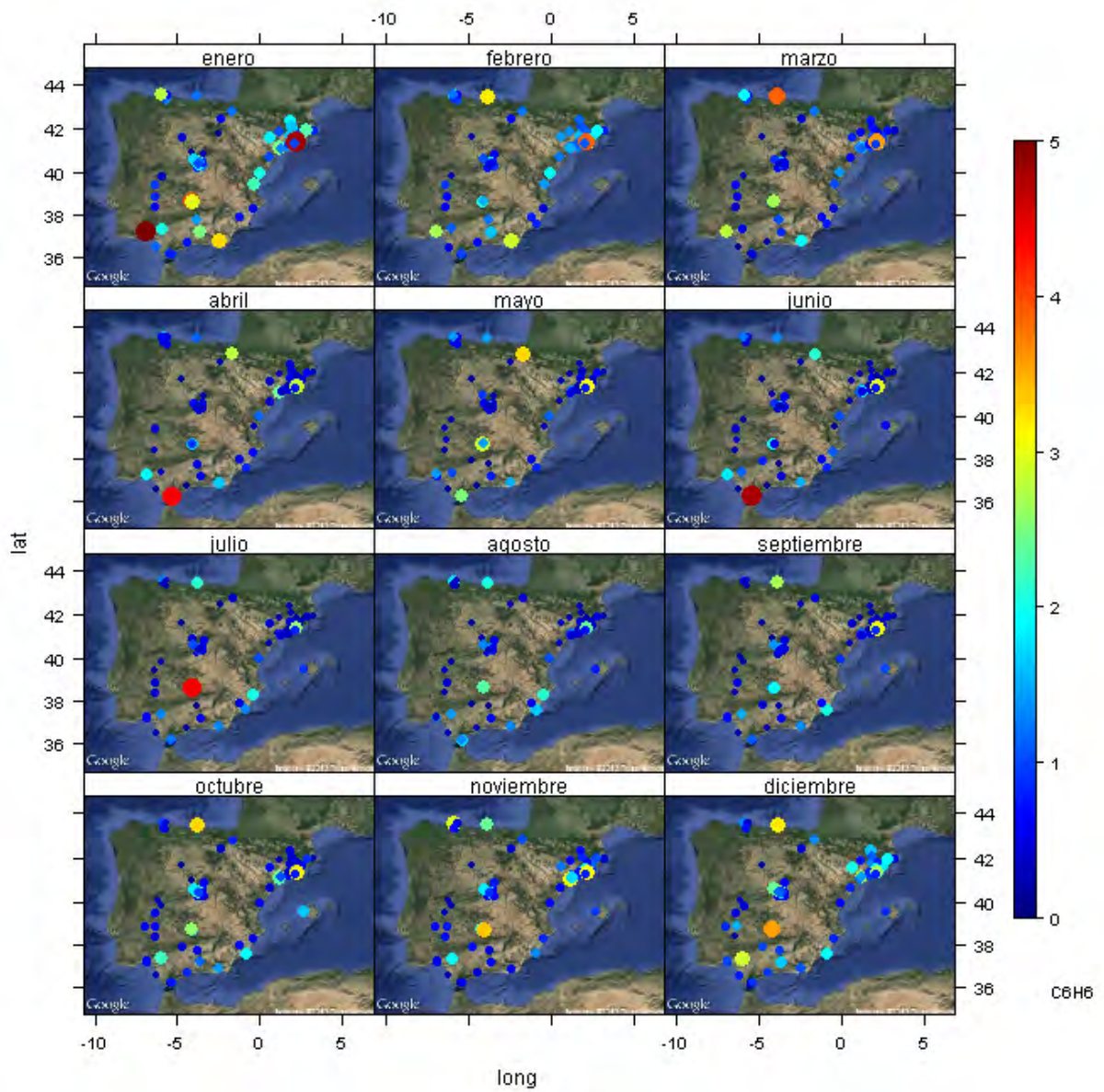


Figura 4.92. Evolución de las medias mensuales de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> en 2012.

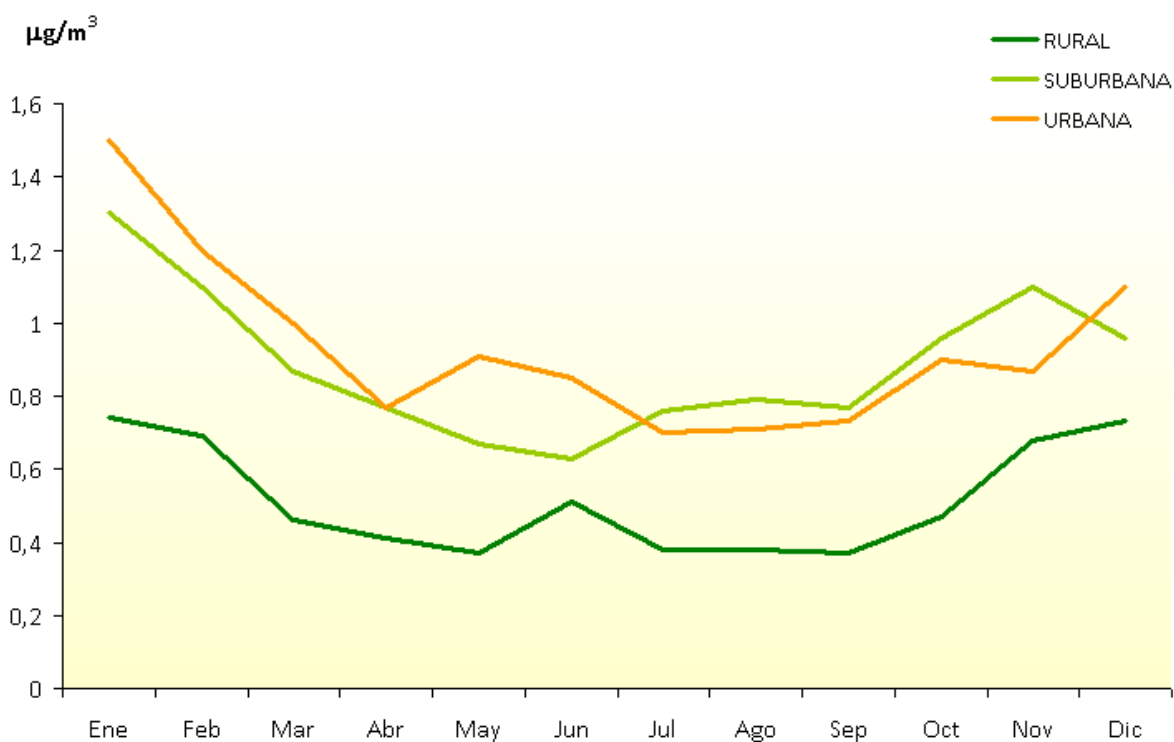


Figura 4.93. Evolución de las medias mensuales de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> en 2012 por tipo de área.

#### 4.6.4.4. Análisis del C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> por tipo de área y tipo de estación en 2012

En la Figura 4.94 se representa la distribución de las medias anuales de las estaciones utilizadas en 2012 para evaluar C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, agrupadas por tipo de área y por tipo de estación. Se observa de nuevo que no ha habido superaciones del valor límite (ninguna estación se localiza a la derecha de la barra roja que lo señala).

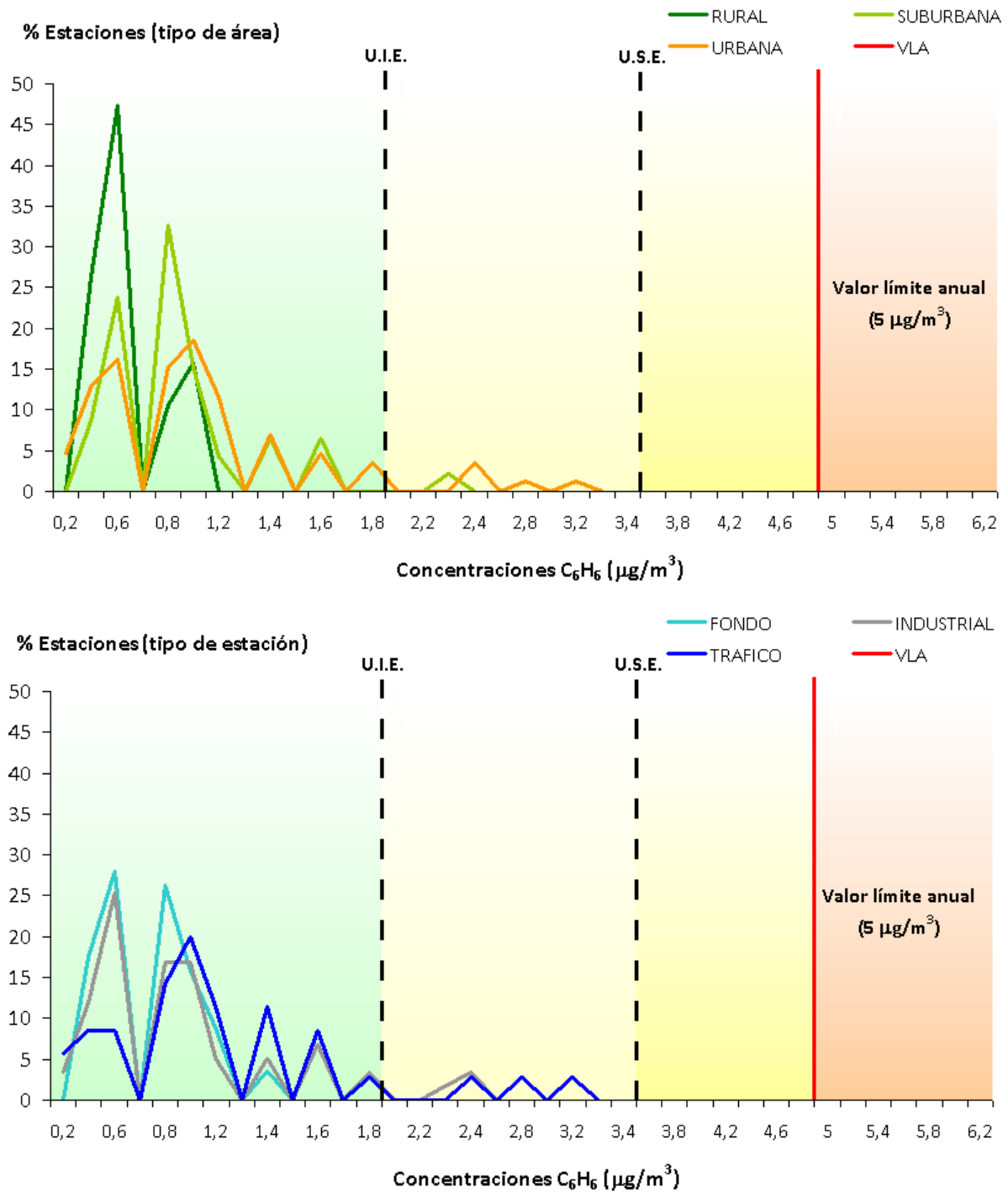


Figura 4.94. Distribución de los niveles de  $C_6H_6$  en relación a los valores legislados (VLA) por tipo de área y tipo de estación (2012).

#### 4.6.5 Evolución 2003-2012 del $C_6H_6$

La evolución del  $C_6H_6$  entre los años 2003 y 2012 se va a analizar a través de la consideración de tres cuestiones distintas: la evolución de las áreas de evaluación, la evolución de las estaciones y la evolución de las medidas anuales (para el total de las estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área).



#### **4.5.6.1. Evolución 2003-2012 de los valores legislados en las zonas de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>**

En este caso no se ha incluido la representación del número de superaciones del valor límite anual legislado por zonas de evaluación porque no se ha producido ninguna a lo largo del periodo considerado.

#### **4.5.6.2. Evolución 2007-2012 de los valores legislados de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> en estaciones**

En la Figura 4.95 se muestra la evolución de los estadísticos del valor legislado (valor límite anual) de los últimos seis años, entre 2007 y 2012, teniendo en cuenta que a partir de 2010 deja de existir el margen de tolerancia.

Dicha representación muestra que los mayores episodios registrados (que, pese a ello, no han supuesto superaciones en 2012) se han asociado a grandes zonas urbanas e industrializadas (Barcelona, Tarragona...), y de forma particular a aquellas con presencia de actividades relacionadas con el petróleo y sus derivados (Santa Cruz de Tenerife, Puertollano...).

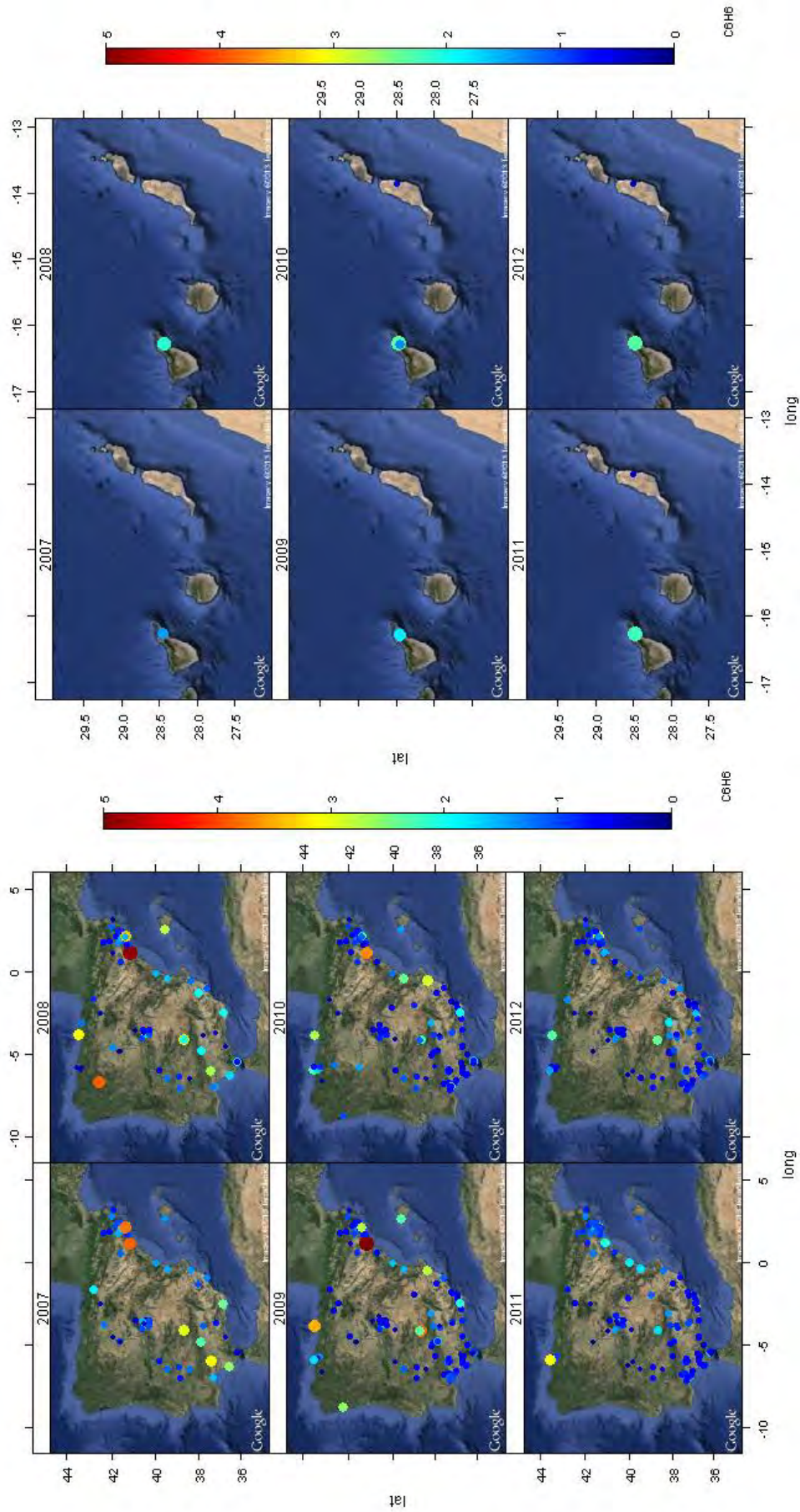


Figura 4.95. Evolución de los valores registrados de  $C_6H_6$  (media anual) respecto al VLA a lo largo del periodo 2007-2012.

#### 4.5.6.3. Evolución 2003-2012 de los niveles de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

La Figura 4.96 muestra la variación de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> a lo largo del periodo 2003-2012 ha sido la mostrada en la figura adjunta, en la que, las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales. A su vez, la Figura 4.97 representa la variación de las medias anuales de las estaciones correspondientes, agrupadas por tipo de estación y de área.

En las figuras se aprecia cómo las medias anuales se mantienen por debajo del límite legislado año tras año dentro del periodo considerado, y cómo se ha seguido dentro del mismo una tendencia descendente, más o menos estabilizada desde 2009-2010.

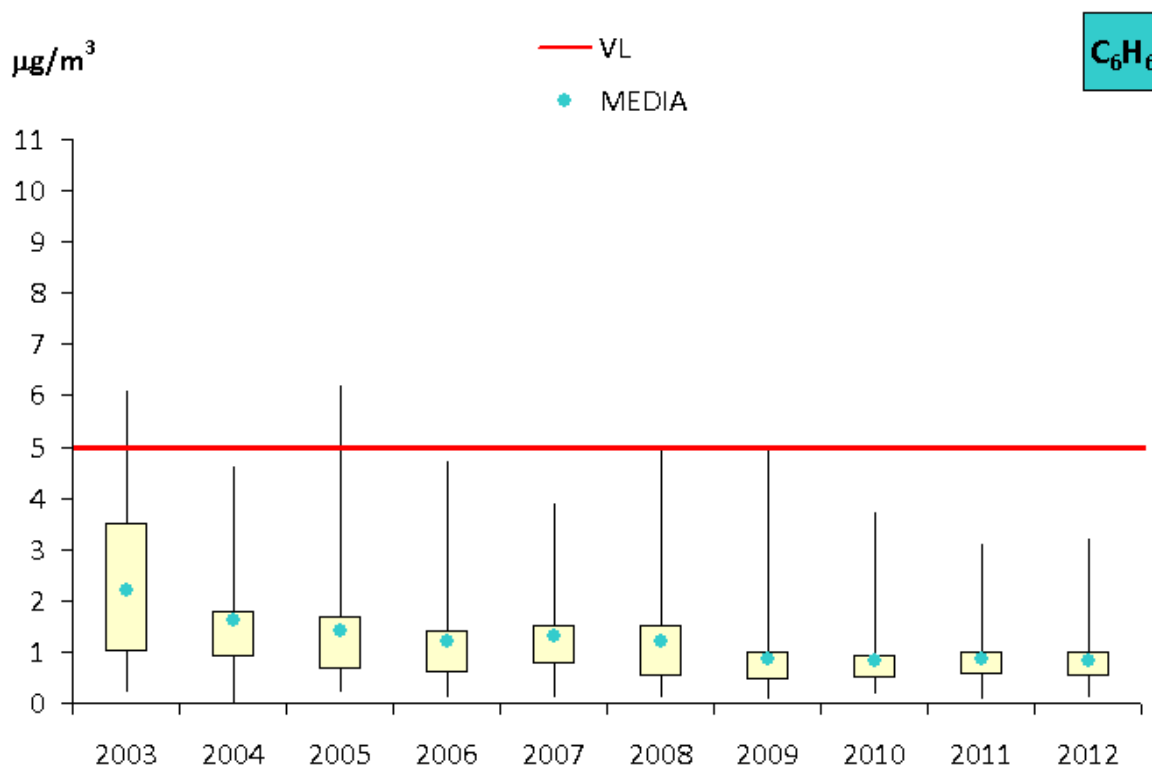


Figura 4.96. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 2003-2012.

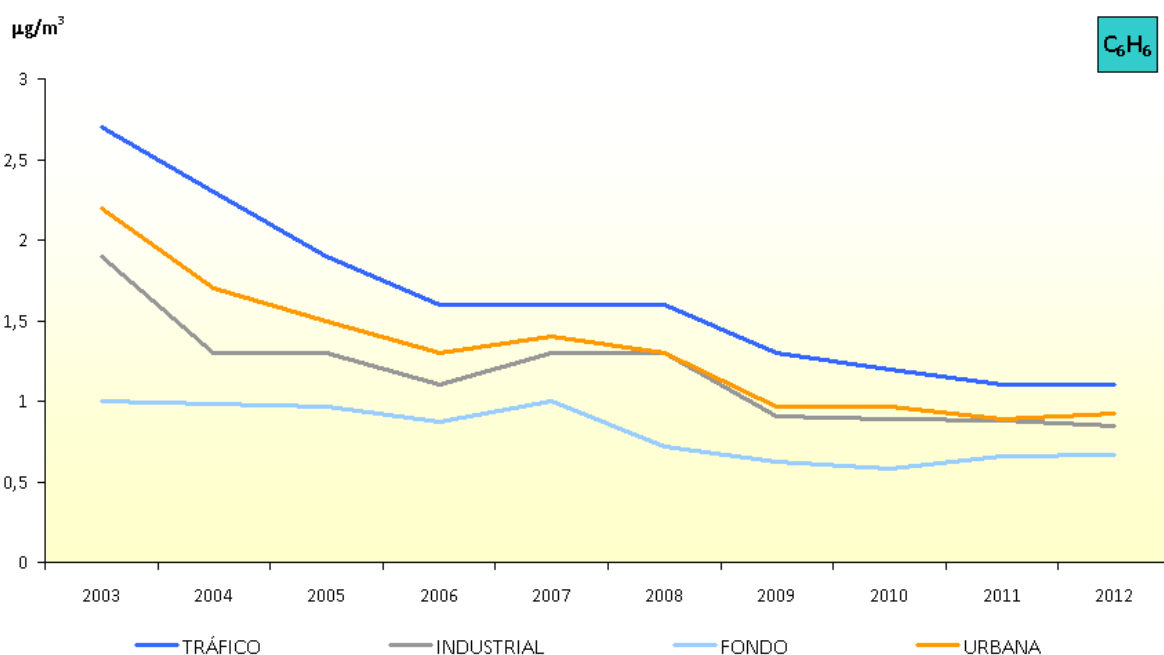


Figura 4.97. Evolución de las medias anuales de  $C_6H_6$  (2003-2012) por tipo de estación y área.

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

### 4.7.1 Efectos del B(a)P

El B(a)P pertenece al grupo de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), nocivos para la salud humana por su efecto bioacumulativo y cancerígeno, de los que constituye un buen trazador. Además de su elevada potencialidad para inducir tumores (sobre todo, de pulmón) también resultan irritantes para las vías aéreas y para los ojos; y son tóxicos para los organismos dependientes del medio acuático (incluidas las aves asociadas a dicho medio), por acumulación, sobre todo en invertebrados.

### 4.7.2 Origen de la contaminación

El Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera 2011 no contempla el B(a)P de forma individualizada, pero sí el conjunto de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs).

Como se observa en las Figuras 4.98 y 4.99, los HAPs se originan principalmente como consecuencia de las actividades agropecuarias (sobre todo por combustión de compuestos orgánicos, como ocurre durante la quema de rastrojos). La segunda contribución en importancia se corresponde con los procesos industriales con combustión, tanto de combustibles fósiles como no fósiles (acerías, altos hornos, valorización de residuos), con una tendencia mantenida a lo largo de los últimos años.



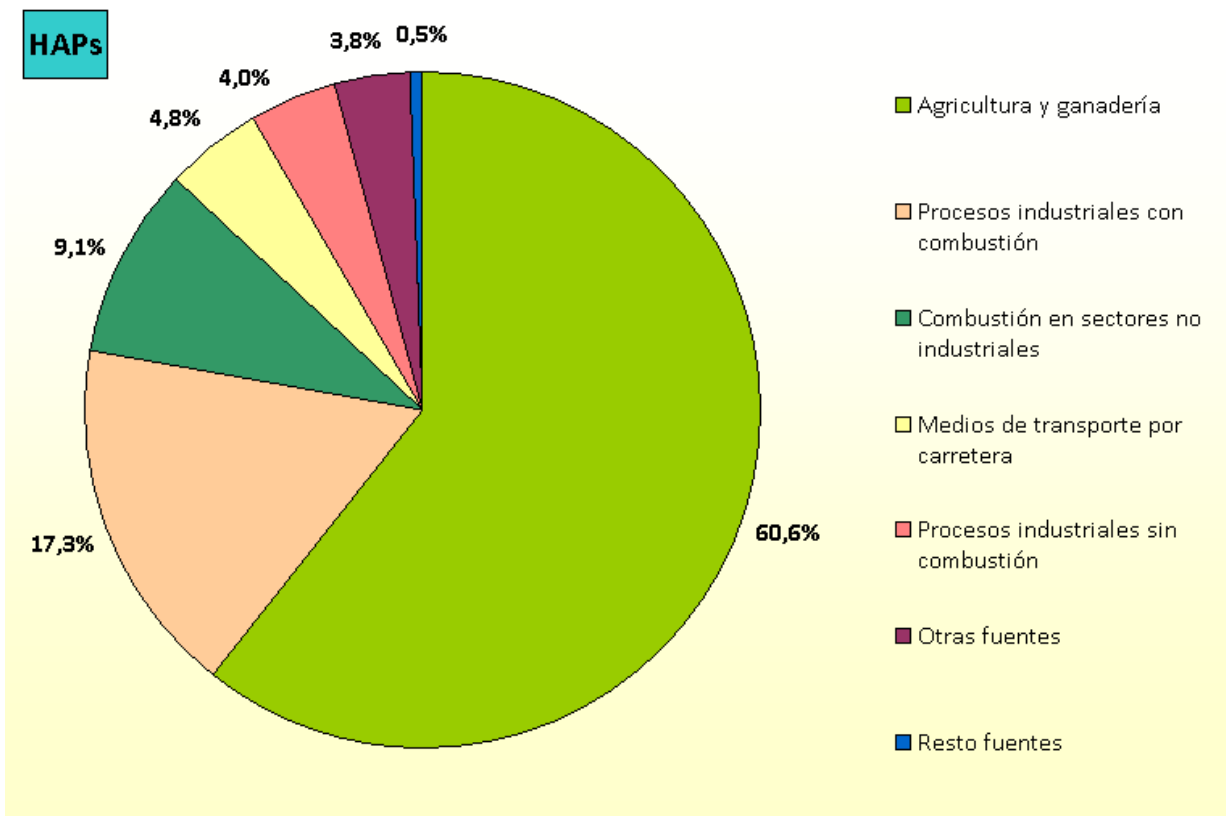


Figura 4.98. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de HAPs (2011).

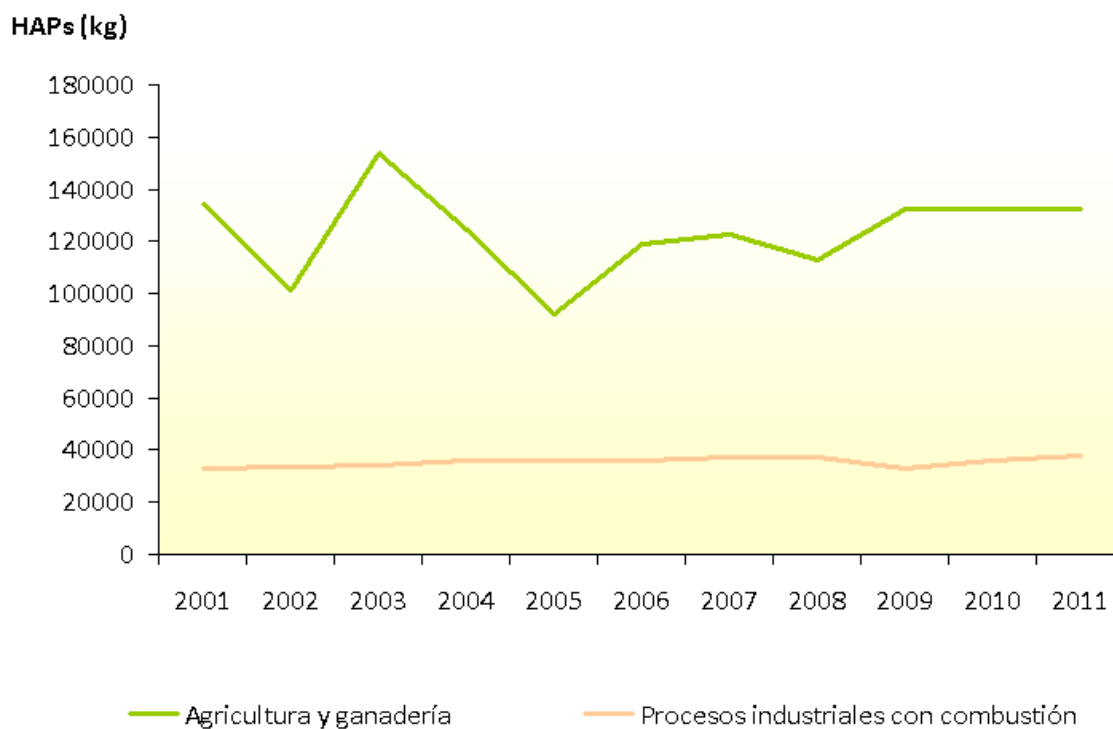


Figura 4.99. Tendencias temporales de las emisiones principales de HAPs.



#### 4.7.3 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 4.17.

Tabla 4.17. Valores legislados (B(a)P).

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

#### 4.7.4 Resultados de la evaluación del B(a)P (2012)

##### 4.7.4.1. Evaluación del B(a)P por zonas

La Figura 4.100 muestra de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para este contaminante en el año 2012, conforme al límite legal establecido (valor objetivo anual). Como se observa en la misma, en el año 2012 se ha evaluado todo el territorio español para este contaminante, y en ninguna de las zonas definidas se ha superado el valor objetivo para la protección de la salud.



Figura 4.100. Situación de España para el B(a)P respecto al valor objetivo anual (2012).

##### 4.7.4.2. Estaciones utilizadas para la evaluación del B(a)P

La Figura 4.101 a continuación refleja la ubicación espacial de las estaciones utilizadas para la evaluación del B(a)P en 2012, clasificadas según los valores legislados (valor objetivo y umbrales superior e inferior de evaluación) con los siguientes colores: rojo, si las estaciones superan el valor



límite; naranja, cuando los valores medidos se encuentran entre el valor objetivo y el umbral de evaluación superior; amarillo, si estuvieran entre los dos umbrales de evaluación; o verde, por debajo del umbral de evaluación inferior. Como se aprecia, en ninguna de las estaciones se ha superado en 2012 el valor objetivo para la protección de la salud humana y el medio ambiente en su conjunto, en consonancia con el mapa de zonas.

El número de puntos de muestreo fijo es menor que en el caso de otros contaminantes debido al coste que supone realizar las medidas manuales de dicho contaminante, en muchas comunidades autónomas la evaluación se realiza a través de modelización.



Figura 4.101. Situación de España para el B(a)P respecto al valor objetivo anual (2012): Estaciones.

#### 4.7.4.3. Concentración mensual de los niveles de B(a)P en 2012

Hasta ahora se han considerado los estadísticos de evaluación de la calidad del aire en lo referente al B(a)P referenciados al año civil. Para conocer cómo se distribuyen los niveles de este contaminante a lo largo del año, la Figura 4.102 muestra la variación de las medias mensuales de todas las estaciones que han participado en la evaluación en 2012, mientras que la Figura 4.103 recoge la distribución en el año de los niveles registrados por dichas estaciones, agrupadas según el tipo de área a la que pertenecen.

En ellas se observa que los niveles de B(a)P se dan en los meses invernales lo que se asocia a las calefacciones, en especial a combustiones incompletas.

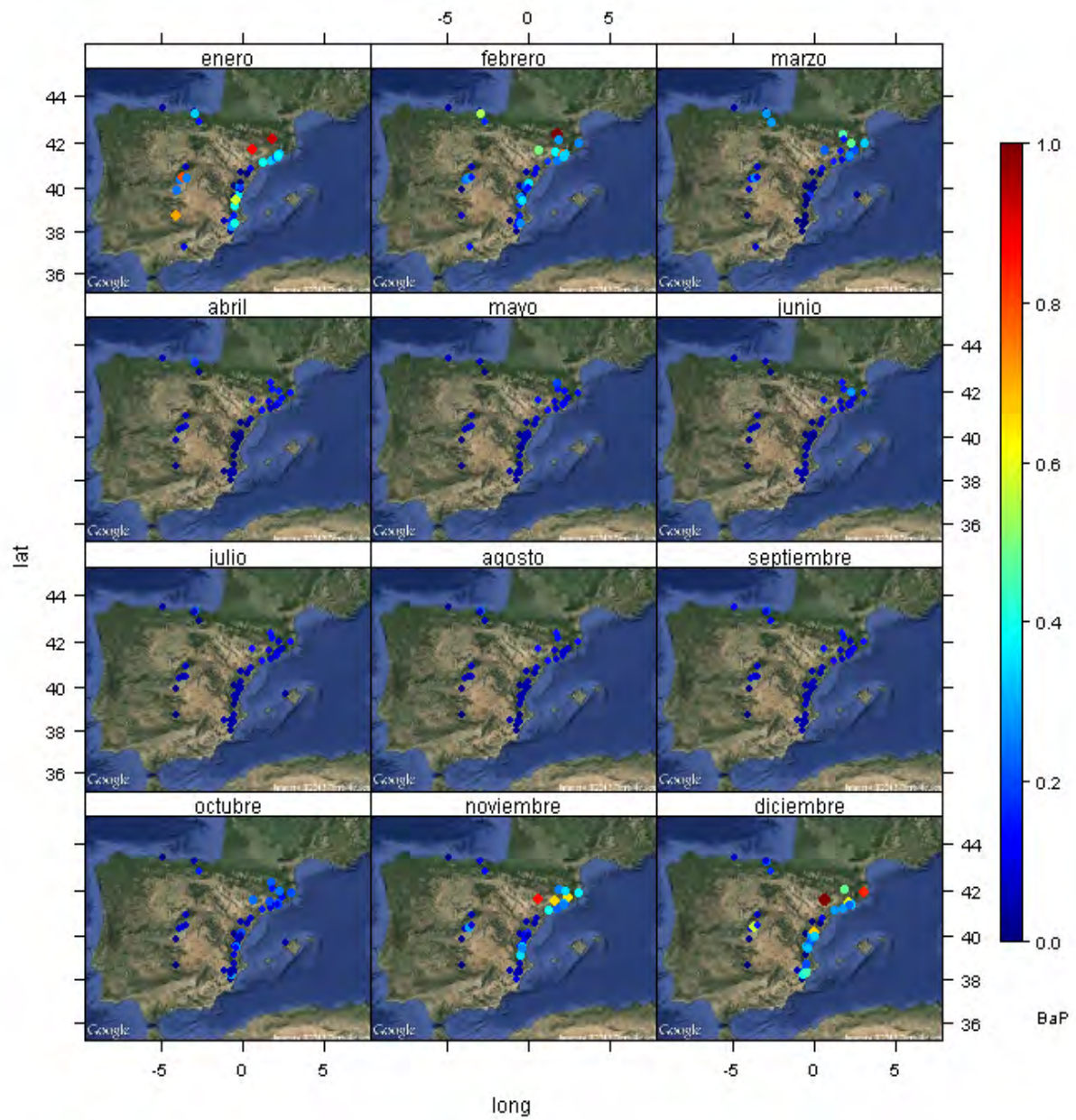


Figura 4.102. Evolución de las medias mensuales de B(a)P en 2012.

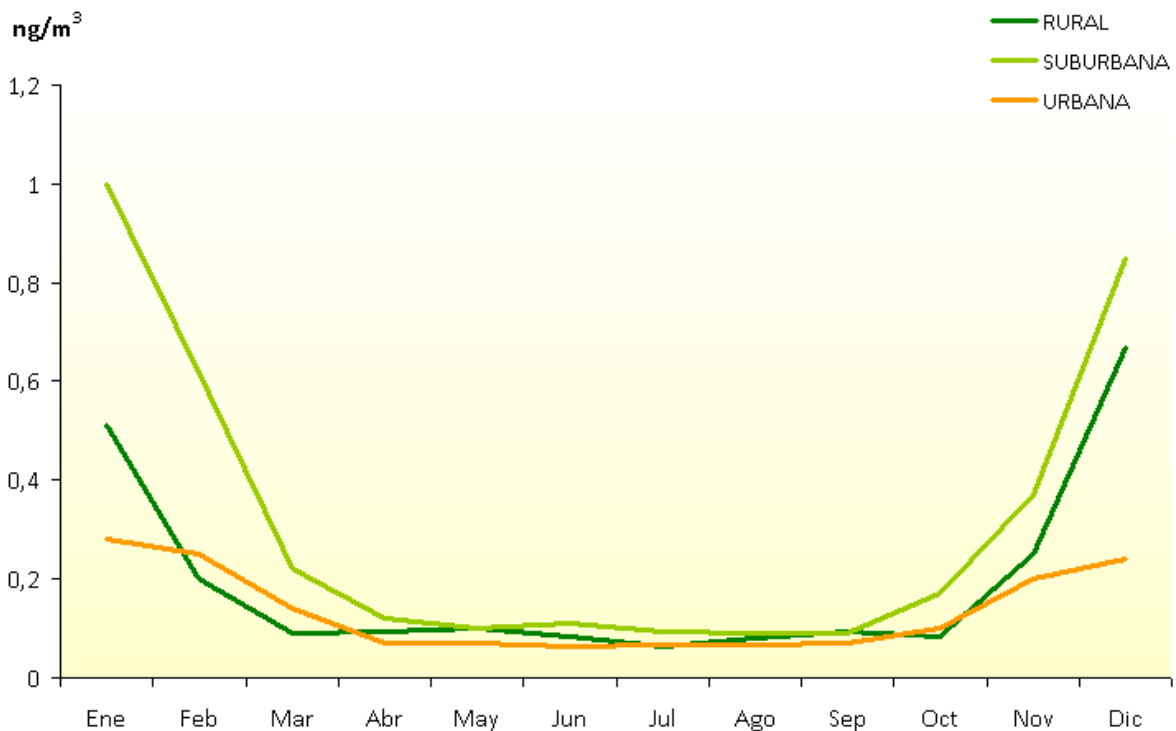


Figura 4.103. Evolución de las medias mensuales de B(a)P en 2012 por tipo de área.

#### 4.7.4.4. Análisis del B(a)P por tipo de área y tipo de estación en 2012

La Figura 4.104 representa la distribución de las medias anuales de las estaciones utilizadas en 2012 para evaluar B(a)P, agrupadas por tipo de área y por tipo de estación. En ella se observa de nuevo que en el año de referencia no ha habido superaciones del valor objetivo (ninguna estación se localiza a la derecha de la barra roja que lo señala).

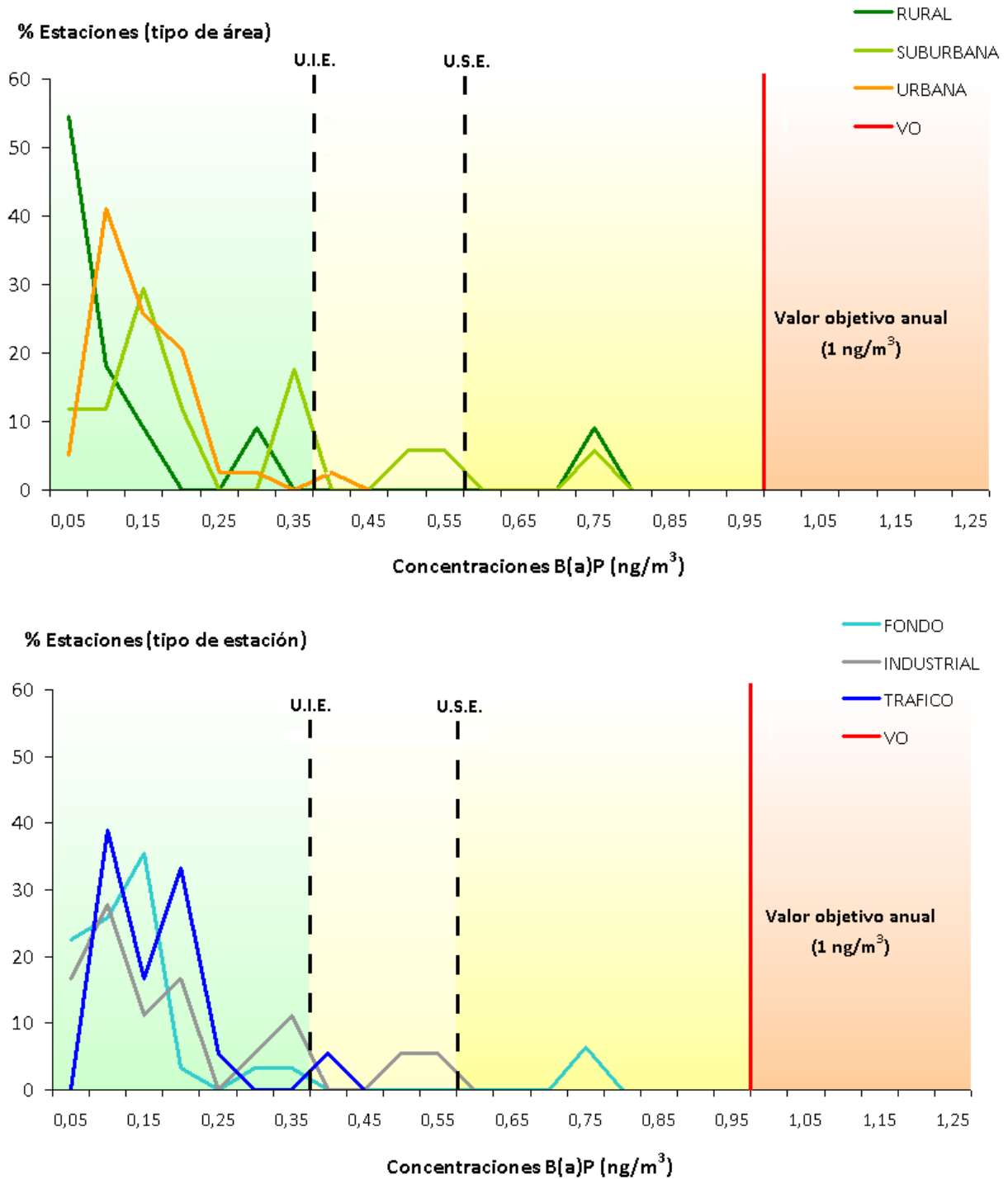


Figura 4.104. Distribución de los niveles de B(a)P en relación a los valores legislados (VOA) por tipo de área y tipo de estación (2012).

#### 4.7.5 Evolución 2008-2012 del B(a)P

La evolución del B(a)P entre los años 2008 y 2012 se va a analizar a través de la consideración de tres cuestiones distintas: la evolución de las áreas de evaluación, la evolución de las estaciones y la evolución de las medidas anuales (para el total de las estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área).



#### 4.7.5.1. Evolución 2008-2012 de los valores legislados en las zonas de B(a)P

No se incluye para este contaminante la representación del número de superaciones del valor objetivo anual legislado por zonas de evaluación porque no se ha producido ninguna a lo largo del periodo considerado.

#### 4.7.5.2. Evolución 2008-2012 de los valores legislados de B(a)P en estaciones

La Figura 4.105 muestra la evolución de los estadísticos del valor objetivo legislado para el B(a)P de los últimos cinco años (2008-2012). Como se observa, los niveles registrados son, en general, bajos, salvo excepciones puntuales que no llegan en ningún caso a superar el valor objetivo anual fijado por la legislación. Dichas excepciones se corresponden sobre todo con estaciones industriales localizadas en áreas urbanas (Castellón, Barcelona).

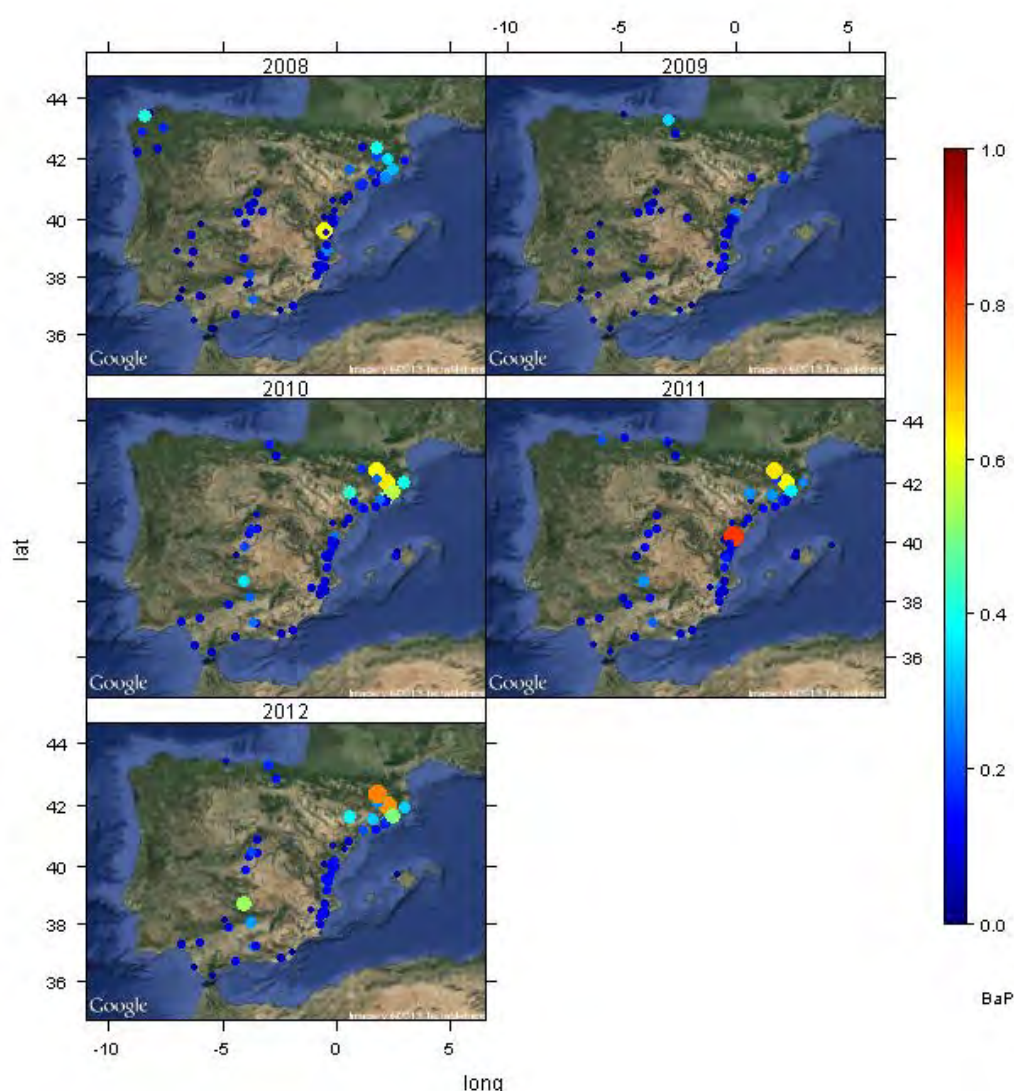
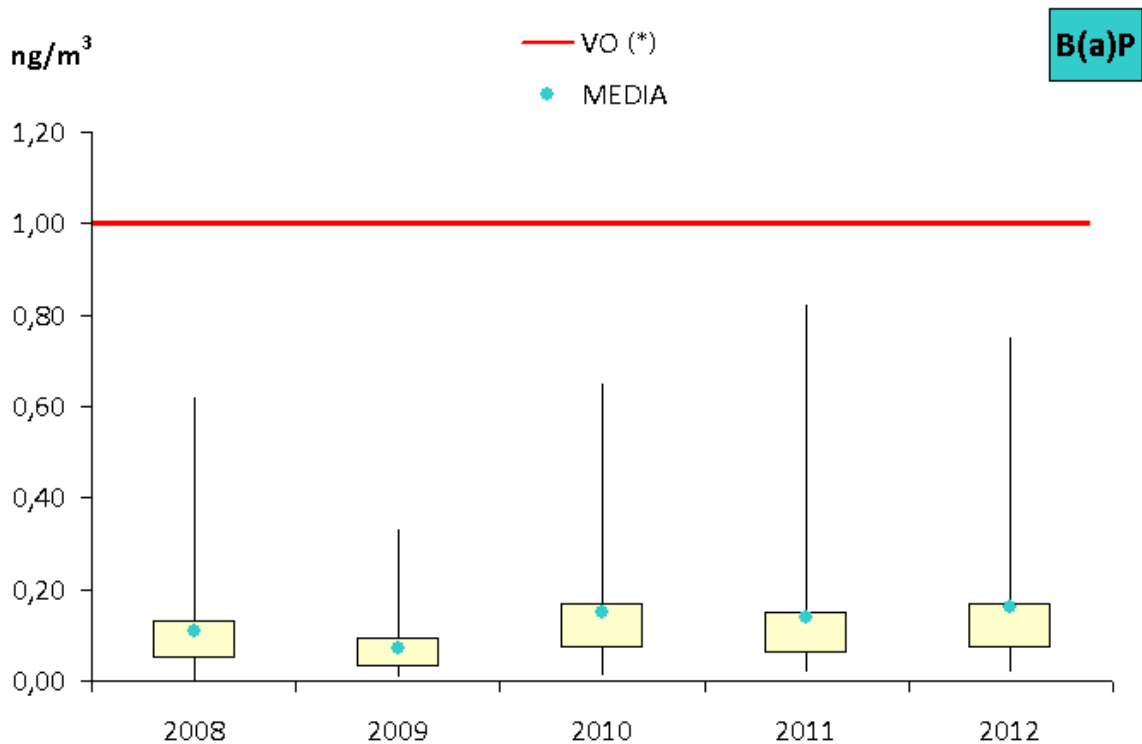


Figura 4.105. Evolución de los valores registrados de B(a)P (media anual) en el periodo 2008-2012.

#### 4.7.5.3. Evolución 2008-2012 de los niveles de B(a)P

La Figura 4.106 muestra la distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del B(a)P a lo largo del periodo 2008-2012, en la que las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales. Esta figura confirma una vez más las conclusiones de los apartados precedentes, ya que muestra cómo las medias anuales se encuentran muy por debajo del valor objetivo para este contaminante.

Lógicamente, lo mismo ocurre si lo que se representa son las medias anuales de las estaciones correspondientes, agrupadas por tipo de estación y de área (Figura 4.107).



(\*) En vigor a partir de 2013

Figura 4.106. Evolución de la media anual de B(a)P a lo largo del periodo 2008-2012.



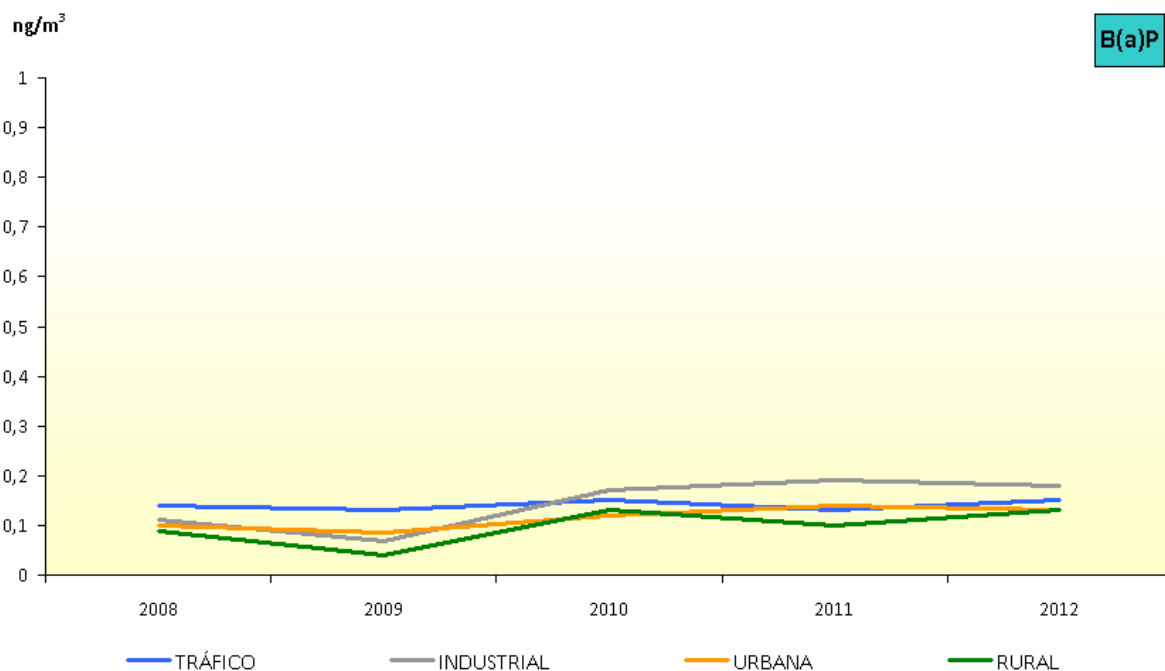


Figura 4.107. Evolución de las medias anuales de B(a)P (2008-2012) por tipo de estación y área.

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

### 4.8.1 Efectos de los metales

El plomo (Pb) y otros metales como el arsénico (As), el cadmio (Cd), y el níquel (Ni) constituyen contaminantes que frecuentemente se asocian a las partículas, y que por tanto no sólo contaminan el aire, sino que también pueden depositarse en suelos y aguas y acumularse en ellos (por tanto, en las cadenas alimenticias), con una elevada persistencia.

Estos contaminantes pueden producir efectos muy dispares entre sí:

- El **Pb** potencialmente puede afectar a todos los órganos y sistemas del cuerpo, y en especial al sistema nervioso, originando retraso mental, nacimientos prematuros y retrasos en el crecimiento. Sobre el medio ambiente, puede producir malformaciones y cambios en el comportamiento de los organismos tanto acuáticos como terrestres, por bioacumulación en sus respectivos ecosistemas.
- El **As** inorgánico resulta carcinogénico para el ser humano, es irritante para las vías respiratorias y puede producir daños sanguíneos, cardíacos, hepáticos y renales, además de alterar el sistema nervioso periférico. Sobre el medio ambiente, es altamente tóxico para la fauna tanto terrestre (incluidas aves) como acuática, y en elevadas concentraciones en los suelos disminuye el crecimiento vegetal.
- El **Cd**, y en especial el óxido de cadmio, es igualmente carcinogénico para el hombre, y afecta especialmente a los sistemas respiratorio, renal y reproductivo. También es muy tóxico para los organismos que viven en ecosistemas acuáticos.
- Diversos compuestos de **Ni** se encuentran también considerados como carcinogénicos. Puede provocar reacciones alérgicas cutáneas y afectar a la defensa inmune y a los sistemas respiratorio y renal, y reducir la fertilidad, con consecuencias similares para humanos y animales. Tanto el Ni como sus compuestos derivados poseen una elevada y persistente toxicidad sobre el medio acuático.

#### 4.8.2 Origen de la contaminación

En general, el origen de los metales es muy diverso. Así, metales como antimonio, cobre, zinc y bario (Sb, Cu, Zn y Ba) suelen atribuirse en ambiente urbano a las emisiones de abrasión de frenos y ruedas del tráfico rodado; vanadio y níquel (V y Ni) a las emisiones de la combustión de fuel-oil y coque de petróleo (en zonas costeras mayoritariamente en motores de buques), arsénico, selenio y mercurio (As, Se y Hg) a la combustión del carbón en centrales térmicas y algunos focos industriales específicos; y plomo, cadmio, cromo, cobalto, manganeso (Pb, Cd, Cr, Co, Mn), entre otros, a emisiones industriales, aunque el primero hace unas décadas provenía en ciudades sobretodo del tráfico.



Las Figuras 4.108 a 4.111 muestran la contribución relativa a las emisiones de los diferentes metales cuya evaluación se encuentra legislada (Pb, As, Cd y Ni), por actividades, según los datos recogidos en el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera 2011.

En ellas se observa que los metales considerados se emiten principalmente como resultado de actividades que implican procesos de combustión, de uno u otro tipo según el contaminante de que se trate:

- Los procesos de combustión que más contribuyen a las emisiones de **Pb** y **As** se asocian a algunas actividades industriales específicas (en más de un 70%), y, en menor medida, al tráfico rodado (transporte por carretera, contribución que se ha visto minorada gracias a la utilización de combustibles sin plomo), en el caso del **Pb**, y a la generación eléctrica, en el del **As** (sobre todo, combustión de carbón en centrales térmicas).
- Las emisiones de **Cd** también proceden sobre todo de procesos industriales con combustión, pero en este caso su contribución al total de las emisiones de este metal es menor (no llega al 50%), ya que la combustión en el sector de la producción y transformación de energía tiene una mayor participación (en torno al 30%).
- El **Ni** presenta una situación similar a la del Cd, pero en un orden inverso (la combustión para producción eléctrica (sobre todo de fuel-oil y coque de petróleo) supone la mayor contribución, de poco más del 50%, frente al 30% de la combustión industrial). En las zonas costeras las emisiones procedentes de los motores de los buques constituyen también una fuente importante.

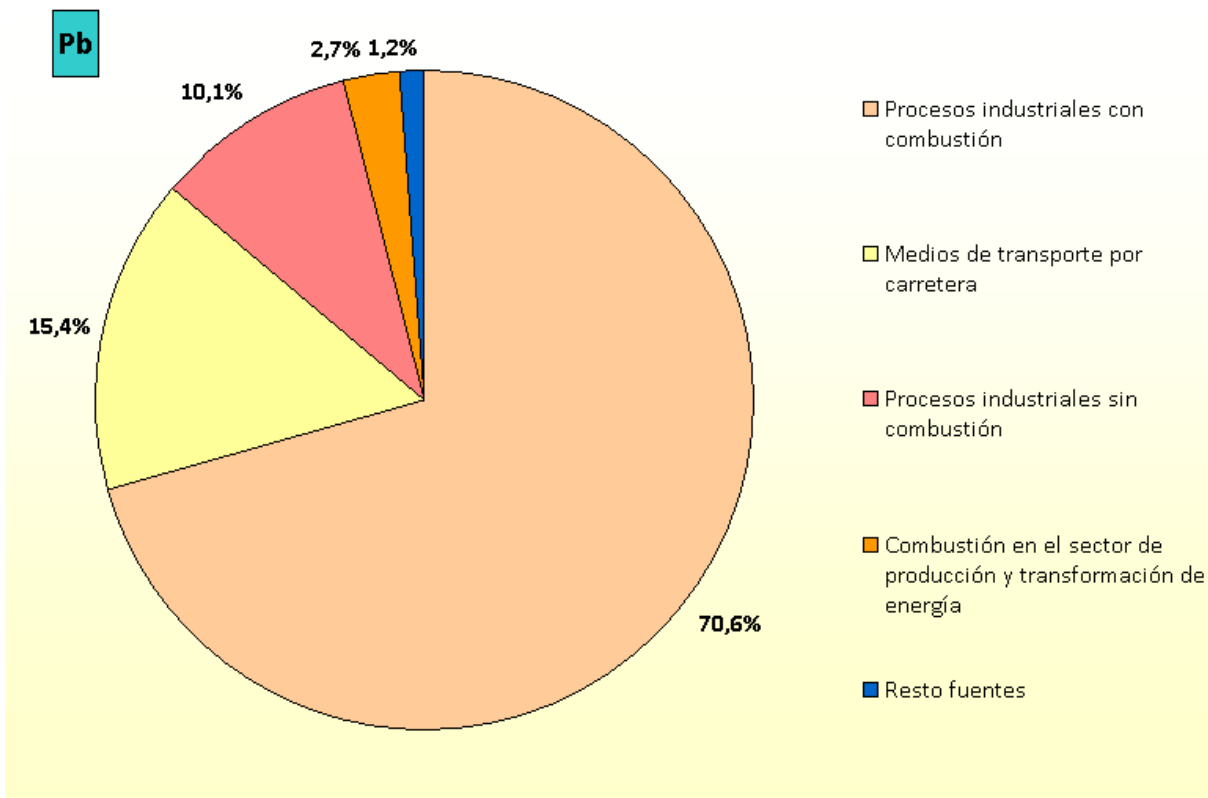


Figura 4.108. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de Pb (2011).

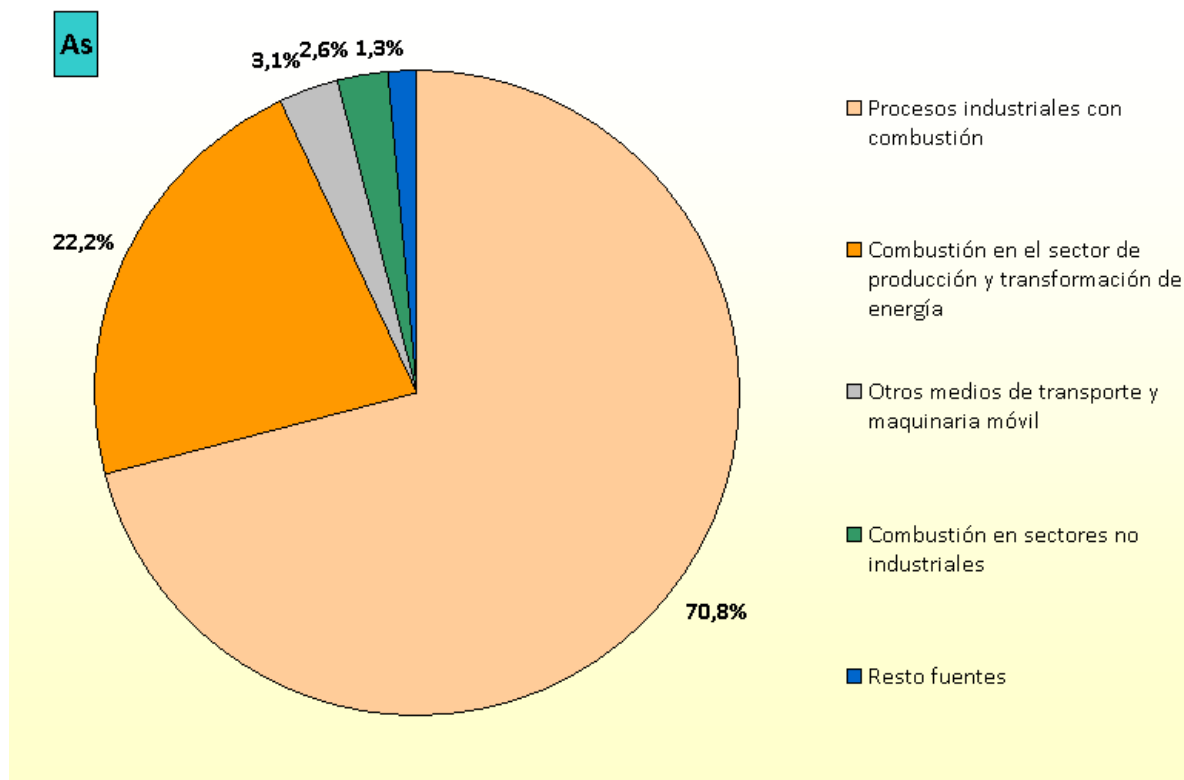


Figura 4.109. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de As (2011).

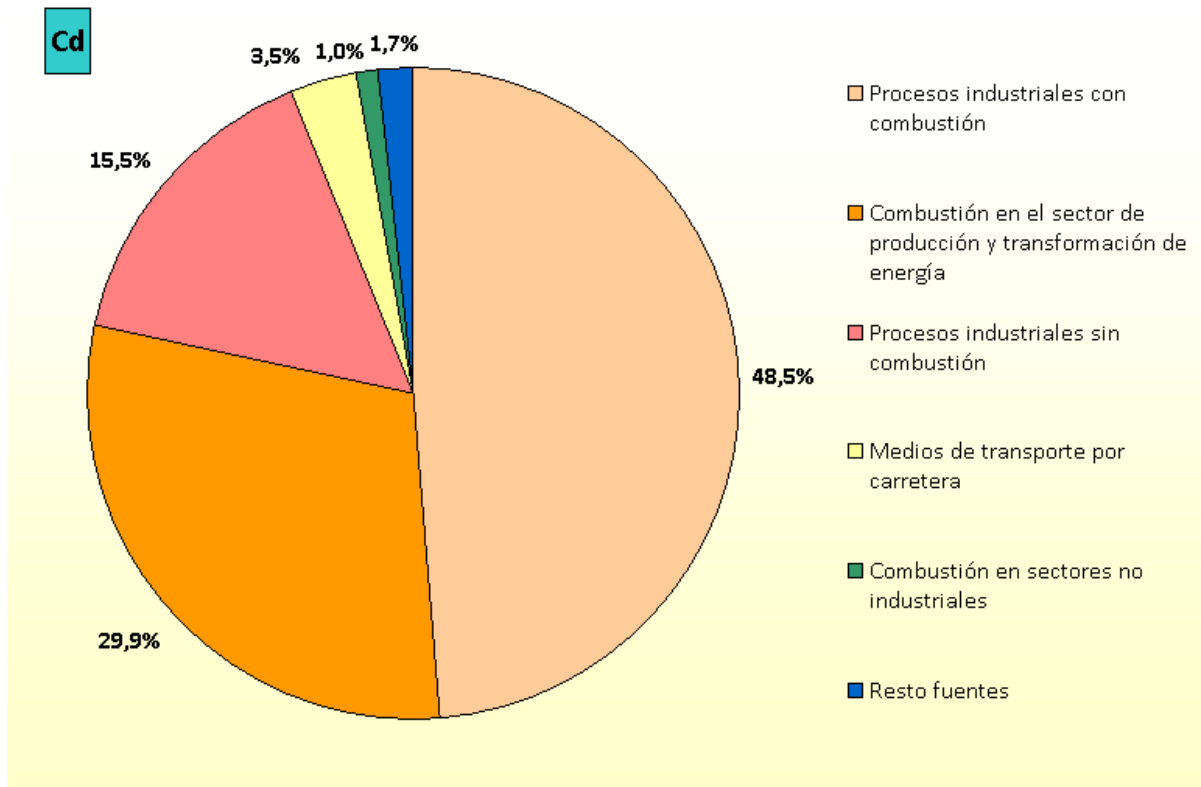


Figura 4.110. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de Cd (2011).

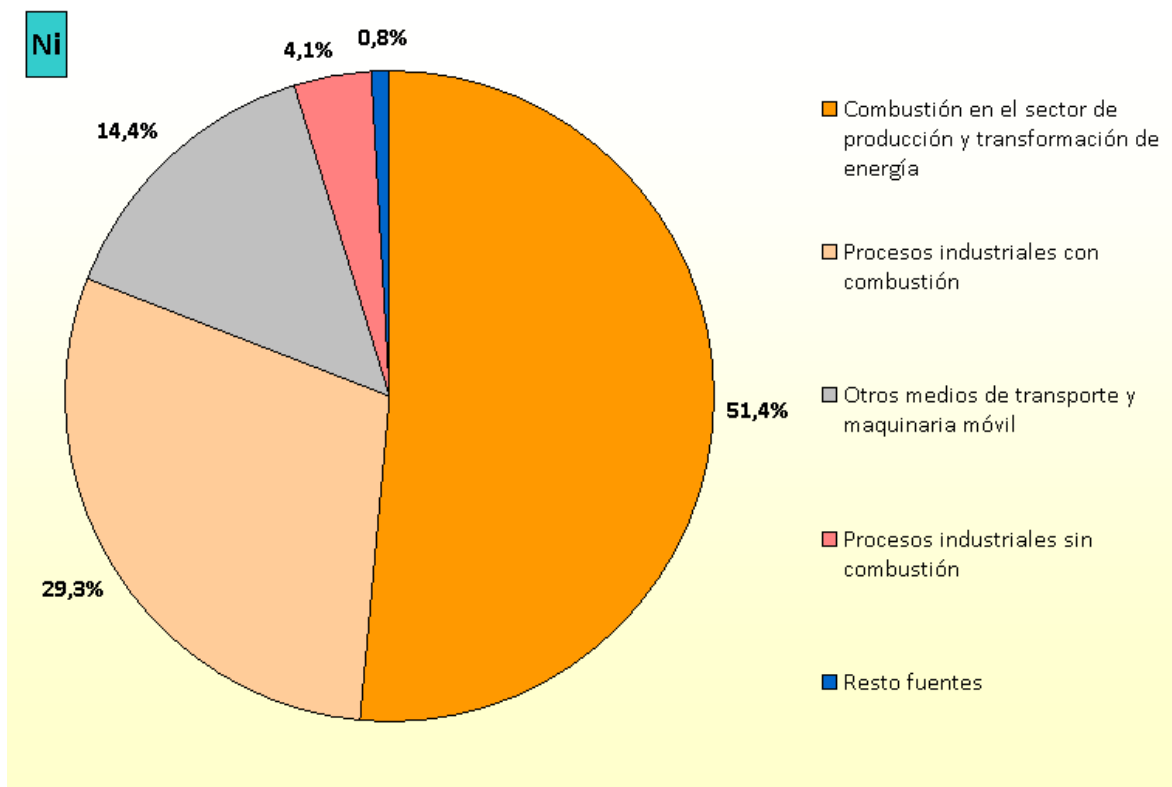


Figura 4.111. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de Ni (2011).

Si lo que se considera es la evolución de las emisiones, que se muestra en las Figuras 4.112 a 4.115, en general se observa lo siguiente:

- Las emisiones de **Pb** procedentes de los procesos industriales (ya sea con o sin combustión) se han mantenido relativamente constantes en los últimos años, no así las asociadas al tráfico, que experimentaron una fuerte caída en 2002 (generalización de los combustibles sin plomo), descenso que se ha mantenido desde dicho año hasta la actualidad, aunque más suavemente.
- Las emisiones de **As** muestran una tendencia a la baja, muy suave en el caso de la contribución mayoritaria (procesos industriales con combustión), aunque con un ligero repunte en 2011 respecto a años anteriores en el caso de las emisiones procedentes de la combustión en el sector de la producción y transformación de energía.
- Las emisiones de **Cd**, sobre todo de origen industrial (procesos con combustión, pero también sin ella), muestran igualmente una tendencia a la baja desde el año 2001, más brusca a partir de 2007 en lo que se refiere a la contribución mayoritaria (procesos industriales con combustión).
- La contribución a las emisiones de **Ni** del sector energético ha disminuido también en el periodo considerado, al igual que la de los procesos industriales con combustión (aunque éstas en menor medida). Sin embargo, se han incrementado ligeramente las emisiones asociadas a medios de transporte diferentes al de carretera (transporte ferroviario, marítimo, aéreo) y a vehículos y maquinaria móvil automotriz no destinados al transporte de vehículos o de mercancías (maquinaria agrícola, forestal, minera, de la construcción...).

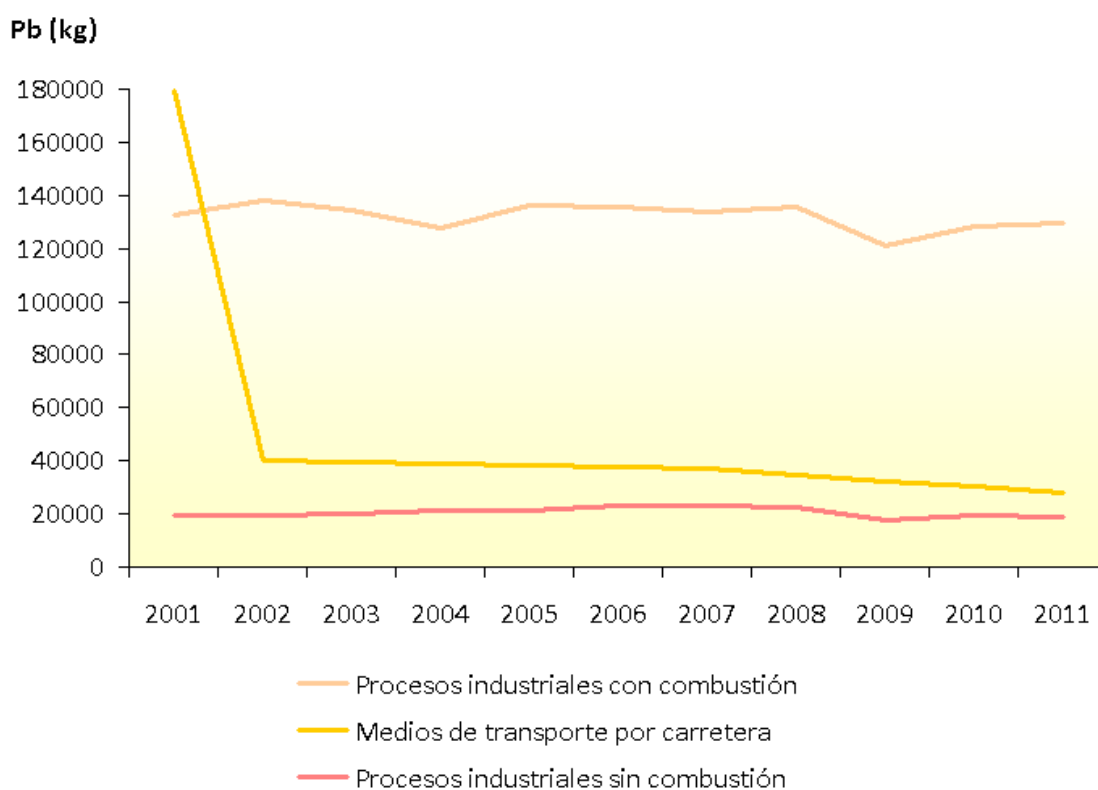


Figura 4.112. Origen de la contaminación: Emisiones principales de Pb.

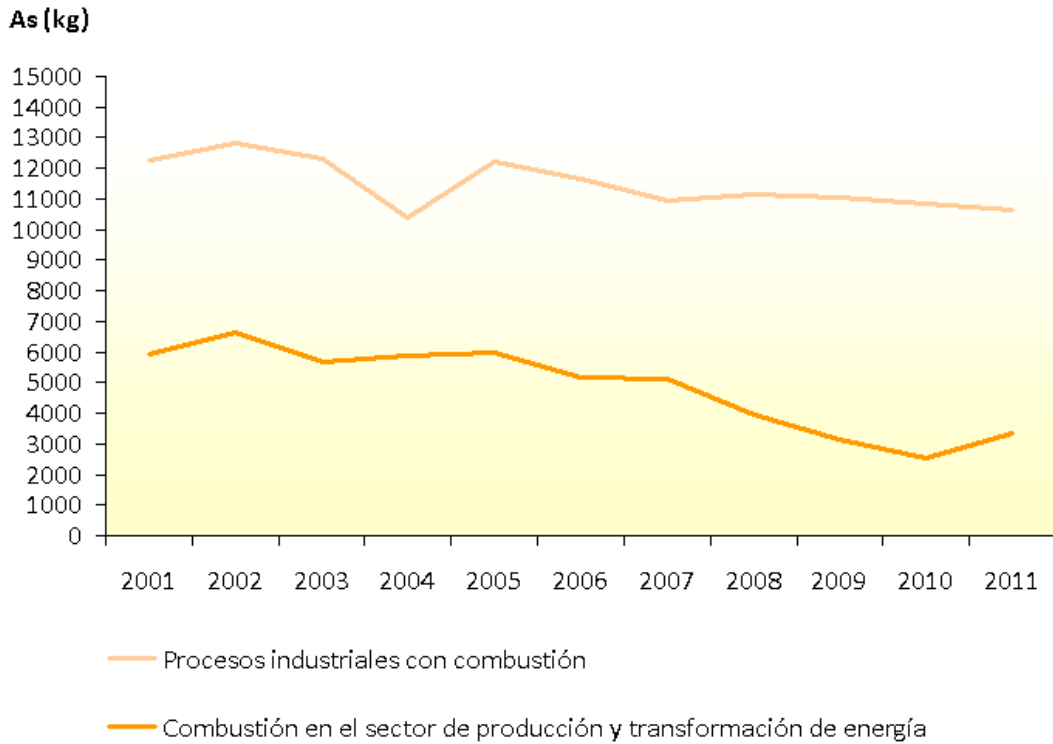


Figura 4.113. Origen de la contaminación: Emisiones principales de As.

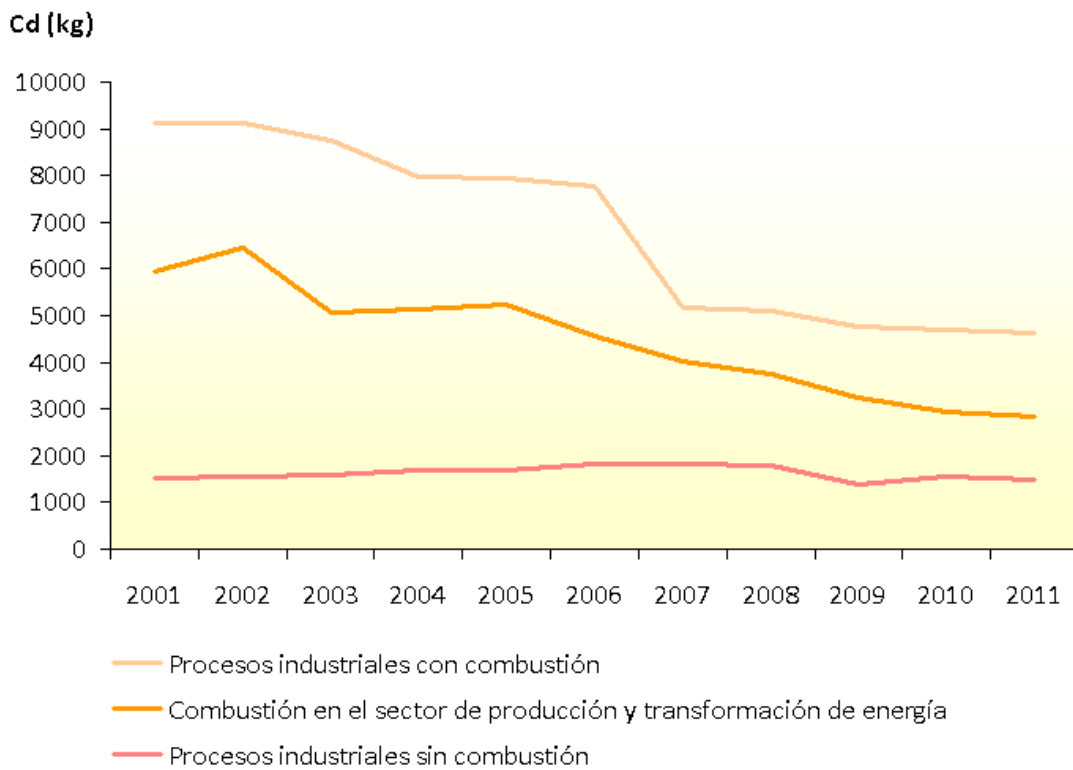


Figura 4.114. Origen de la contaminación: Emisiones principales de Cd.



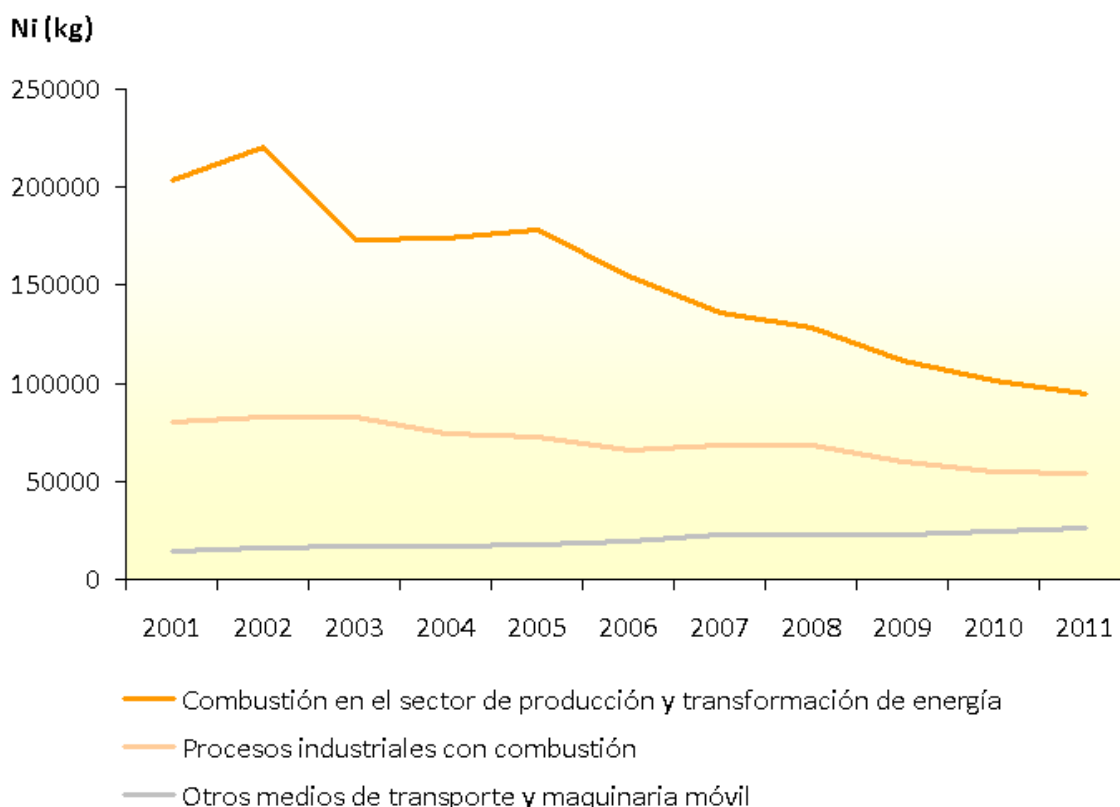


Figura 4.115. Origen de la contaminación: Emisiones principales de Ni.

#### 4.8.3 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 4.18.

Tabla 4.18. Valores legislados (Metales).

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

#### 4.8.4 Resultados de la evaluación del Pb (2012)

##### 4.8.4.1. Evaluación del Pb por zonas

La Figura 4.116 muestra de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para el Pb en el año 2012, conforme al límite legal establecido (valor límite anual). Como se observa, en 2012 no hubo superaciones del valor límite legislado para el Pb, en ninguna de las zonas donde éste se evaluó.



Figura 4.116. Situación de España para el Pb respecto al valor límite anual (2012).

#### 4.8.4.2. Estaciones utilizadas para la evaluación del Pb

Con el objetivo de conocer la distribución espacial de los niveles de Pb, se ha elaborado la Figura 4.117, que muestra los estadísticos de las estaciones que han participado en la evaluación de este contaminante en 2012, según la siguiente escala de color: rojo, si las estaciones superan el valor límite; naranja, cuando los valores medidos se encuentran entre el valor límite y el umbral de evaluación superior; amarillo, si estuvieran entre los dos umbrales de evaluación; o verde, por debajo del umbral de evaluación inferior.



Figura 4.117. Situación de España para el Pb respecto al valor límite anual (2012): Estaciones.

#### 4.8.4.3. Concentración mensual de los niveles de Pb en 2012

Para conocer cómo varían los niveles de Pb a lo largo del último año, se han elaborado las Figuras 4.118 y 4.119, que muestran la distribución de las medias mensuales de todas las estaciones que han participado en la evaluación en 2012, así como la distribución en dicho año de los niveles registrados por las diferentes estaciones, agrupadas según el tipo de área a la que pertenecen.

Los niveles más bajos de este contaminante se registran en zonas rurales, donde además se aprecian escasas variaciones estacionales, y los más elevados, en áreas urbanas, sobre todo en invierno. No se han producido superaciones del valor límite anual establecido, en ningún caso.



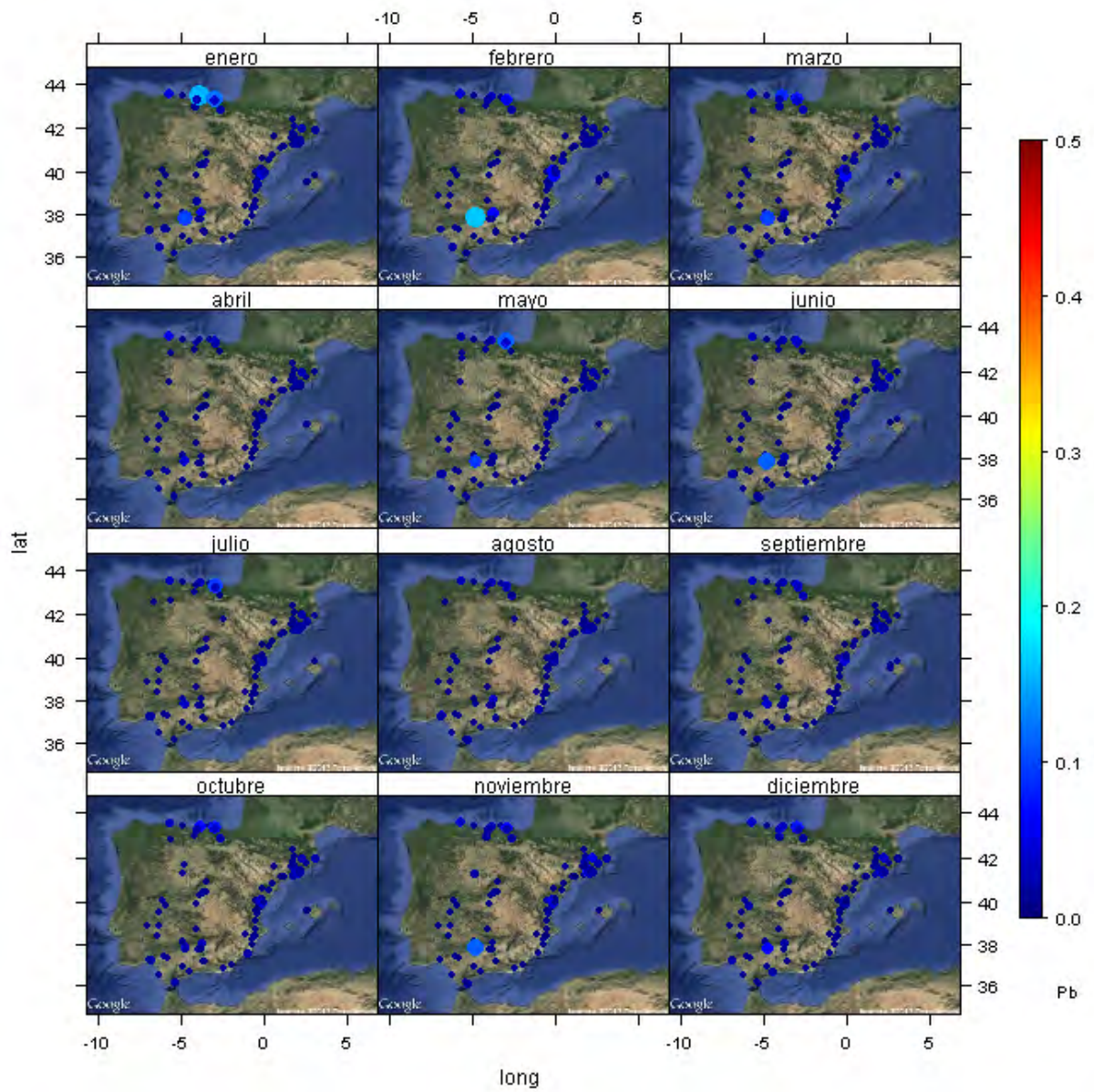


Figura 4.118. Evolución de las medias mensuales de Pb en 2012.

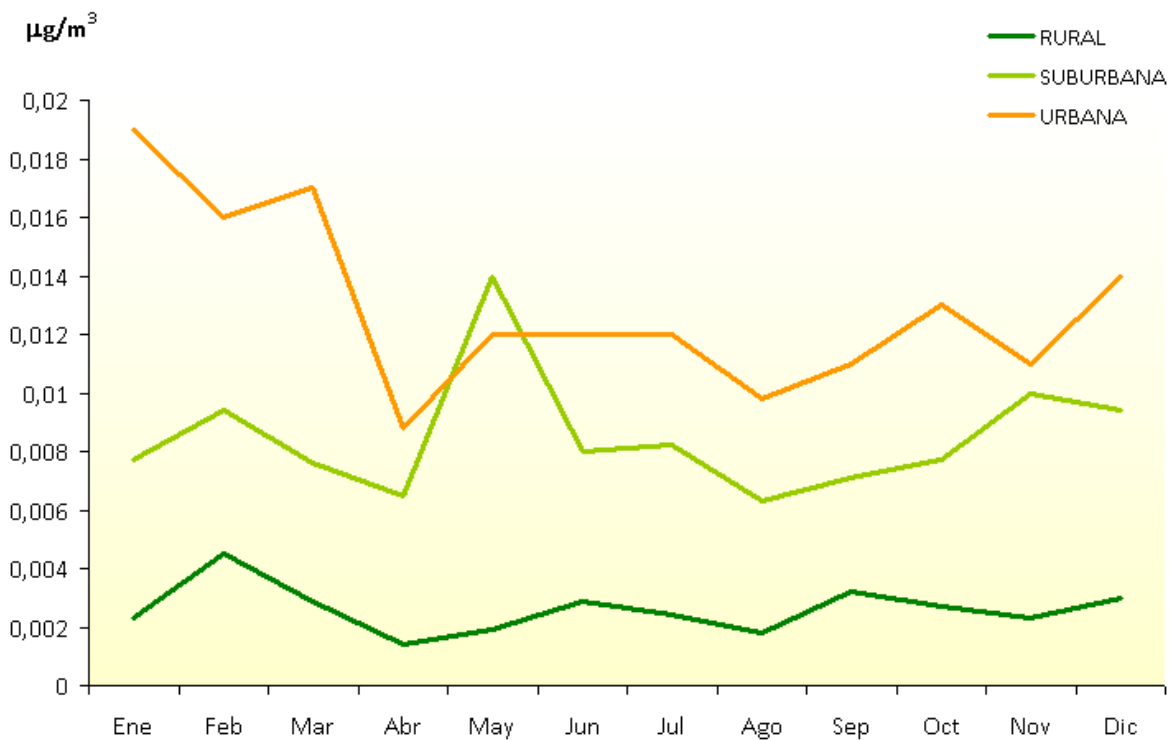


Figura 4.119. Evolución de las medias mensuales de Pb en 2012 por tipo de área.

#### 4.8.4.4. Análisis del Pb por tipo de área y tipo de estación en 2012

La Figura 4.120 representa la distribución de las medias anuales de las estaciones utilizadas en 2012 para evaluar Pb, agrupadas por tipo de área y por tipo de estación. En ella se aprecia que los valores registrados en la totalidad de las estaciones que han participado en la evaluación se encuentran muy alejados no ya del valor límite anual, sino incluso del umbral inferior de evaluación, independientemente de la naturaleza de la estación de que se trate.

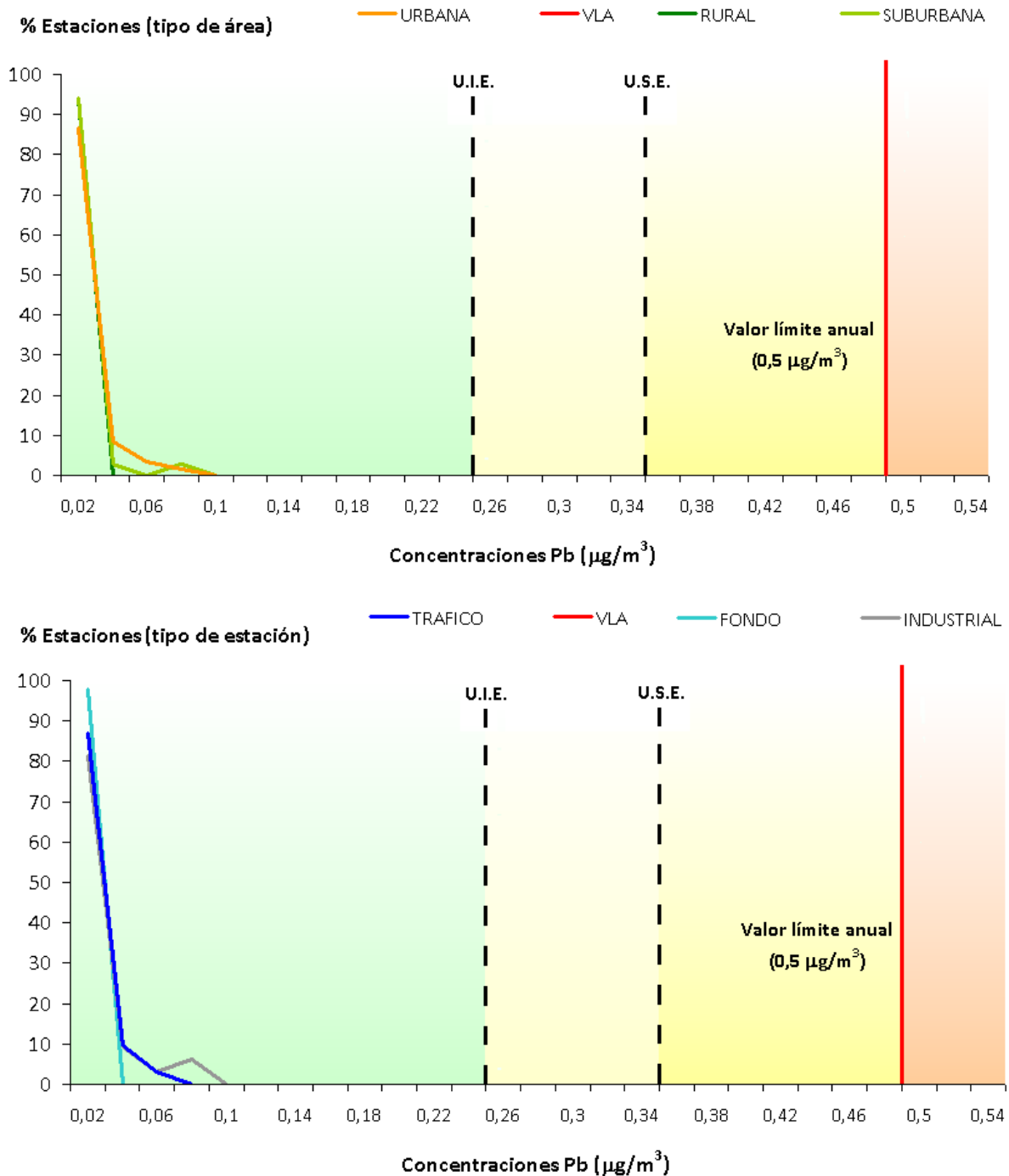


Figura 4.120. Distribución de los niveles de Pb en relación a los valores legislados (VLA) por tipo de área y tipo de estación (2012).

#### 4.8.5 Resultados de la evaluación del As (2012)

##### 4.8.5.1. Evaluación del As por zonas

La Figura 4.121 muestra de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para As en el año 2012, conforme al límite legal establecido (valor objetivo anual).

Como se observa en ella, en el año de referencia no se ha producido ninguna superación del valor objetivo (cuya fecha de cumplimiento es, además, el año 2013), en ninguna de las zonas definidas para este contaminante.





Figura 4.121. Situación de España para el As respecto al valor objetivo anual (2012).

#### 4.8.5.2. Estaciones utilizadas para la evaluación del As

Con el objetivo de conocer la distribución espacial de los niveles de As, se ha elaborado la Figura 4.122, que muestra los estadísticos de las estaciones que han participado en la evaluación de este contaminante en 2012, según la siguiente escala de color: rojo, si las estaciones superan el valor objetivo; naranja, cuando los valores medidos se encuentran entre el valor objetivo y el umbral de evaluación superior; amarillo, si estuvieran entre los dos umbrales de evaluación; o verde, por debajo del umbral de evaluación inferior.



Figura 4.122. Situación de España para el As respecto al valor objetivo anual (2012): Estaciones.

#### 4.8.5.3. Concentración mensual de los niveles de As en 2012

Para estudiar cómo han variado los niveles de As a lo largo de 2012, se ha elaborado un mapa con los valores mensuales de todas las estaciones que han participado en su evaluación (Figura 4.123), así como un gráfico de la distribución de los niveles registrados en las estaciones a lo largo del año, agrupadas por tipo de área (Figura 4.124).

En 2012, los niveles más bajos de este contaminante se registran una vez más en zonas rurales, y los más altos, en zonas urbanas (como por ejemplo, en determinadas zonas industrializadas del entorno de Huelva), sin que en ningún caso se llegue a superar el valor legislado.

Como muestra la Figura 4.124 para 2012, la distribución mensual muestra un perfil a lo largo del año en forma de dientes de sierra, si bien parece existir cierta tendencia a registrar valores más altos durante el verano, en todos los tipos de estaciones considerados.

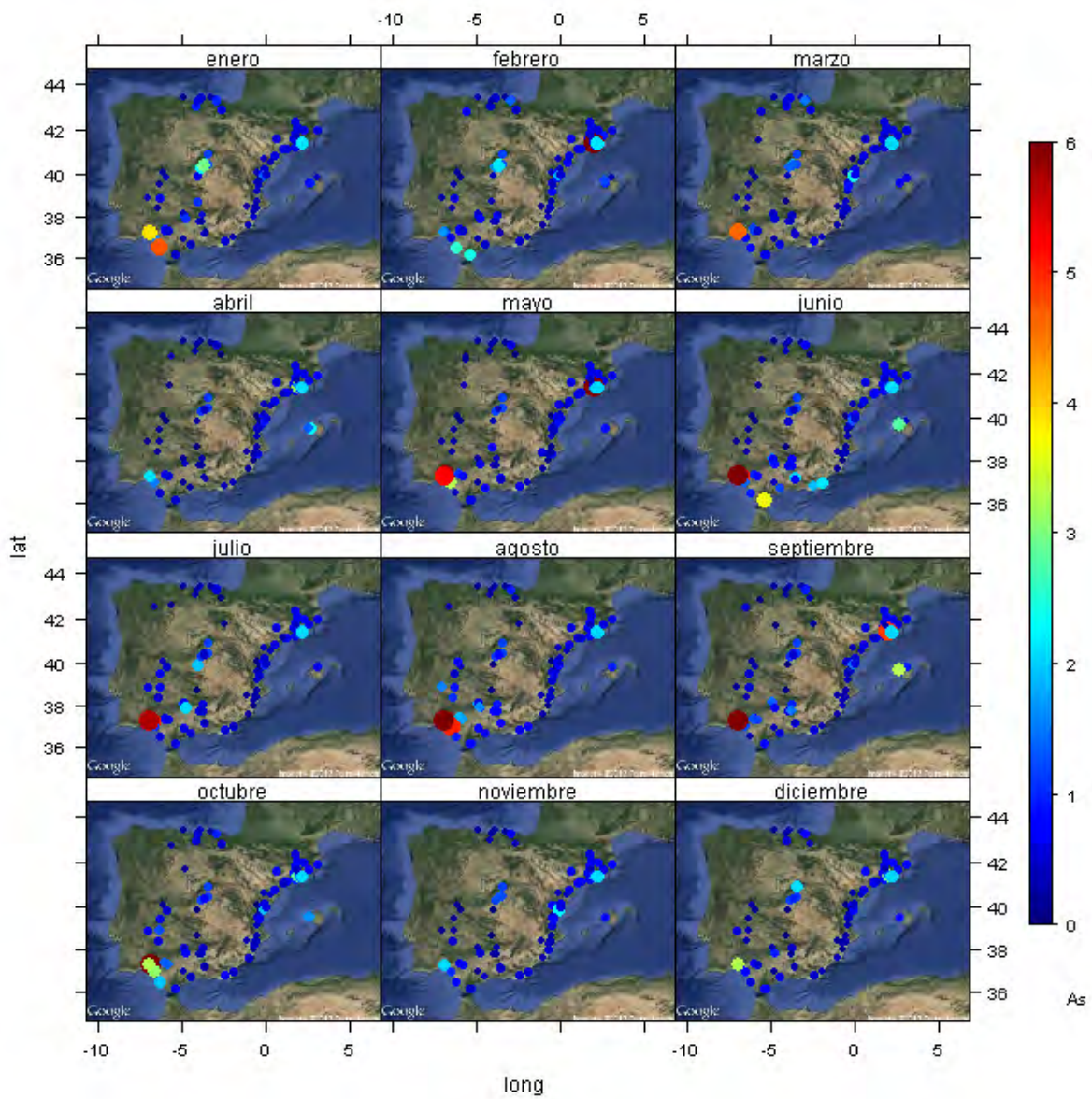


Figura 4.123. Evolución de las medias mensuales de As en 2012.

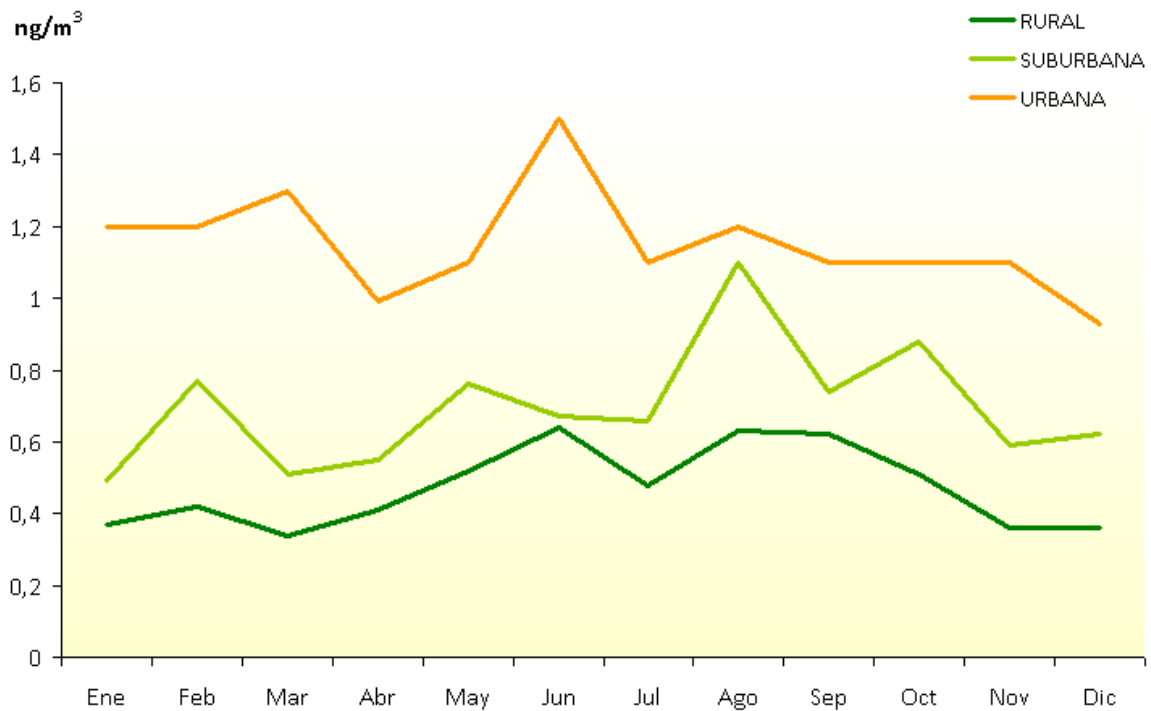


Figura 4.124. Evolución de las medias mensuales de As en 2012 por tipo de área.

#### 4.8.5.4. Análisis del As por tipo de área y tipo de estación en 2012

La Figura 4.125 representa la distribución de las medias anuales de las estaciones utilizadas en 2012 para evaluar As, agrupadas por tipo de área y por tipo de estación. Como se aprecia, se confirma que en 2012 no se ha producido ninguna superación del valor objetivo anual de As, ya que todas las estaciones se encuentran a la izquierda de la línea roja que lo señala.



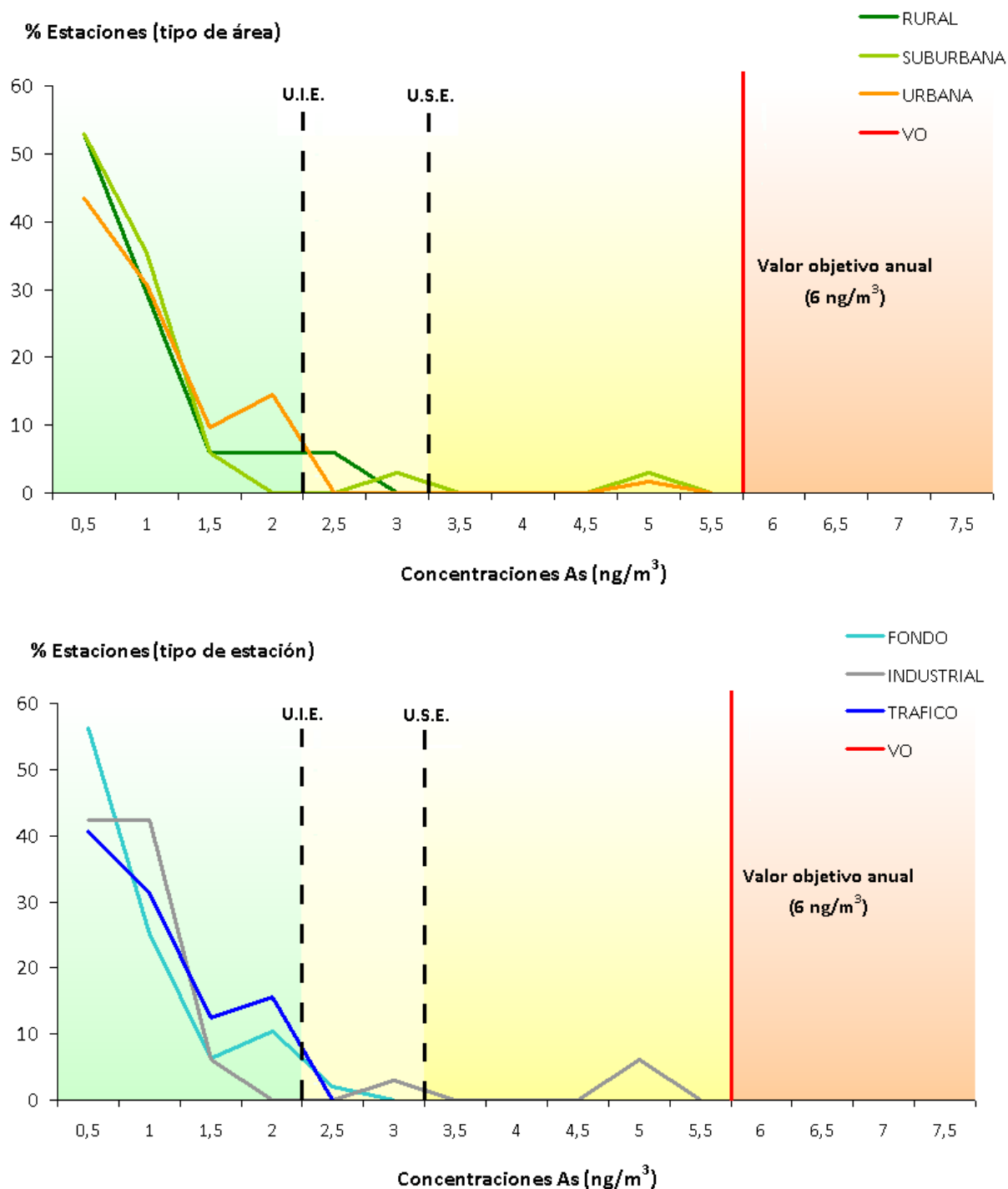


Figura 4.125. Distribución de los niveles de As en relación a los valores legislados (VOA) por tipo de área y tipo de estación (2012).

4.8.6 Resultados de la evaluación del Cd (2012)

4.8.6.1. Evaluación del Cd por zonas

La Figura 4.126 muestra de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para el Cd contaminante en el año 2012, conforme al límite legal establecido (valor objetivo

anual). Como se observa, de todas las zonas definidas para evaluar la situación de este contaminante en 2012, en ninguna se ha producido superación del valor objetivo.



Figura 4.126. Situación de España para el Cd respecto al valor objetivo anual (2012).

#### 4.8.6.2. Estaciones utilizadas para la evaluación del Cd

Con el objetivo de conocer la distribución espacial de los niveles de Cd, se ha elaborado la Figura 4.127, que muestra los estadísticos de las estaciones que han participado en la evaluación de este contaminante en 2012, según la siguiente escala de color: rojo, si las estaciones superan el valor objetivo; naranja, cuando los valores medidos se encuentran entre el valor objetivo y el umbral de evaluación superior; amarillo, si estuvieran entre los dos umbrales de evaluación; o verde, por debajo del umbral de evaluación inferior.





Figura 4.127. Situación de España para el Cd respecto al valor objetivo anual (2012): Estaciones.

#### 4.8.6.3. Concentración mensual de los niveles de Cd en 2012

Para estudiar cómo han variado los niveles de Cd a lo largo de 2012, se ha elaborado un mapa con los valores mensuales de todas las estaciones que han participado en su evaluación (Figura 4.128), así como un gráfico de la distribución de los niveles registrados en las estaciones a lo largo del año, agrupadas por tipo de área (Figura 4.129).

En dichas figuras se aprecia cómo, en general, los niveles más bajos corresponden una vez más a las áreas rurales, y los más altos a las urbanas (el resultado de mayo de 2012 en áreas suburbanas se entiende como excepcional). La distribución mensual muestra ligeros aumentos invernales frente a los registros de verano, en todas las áreas, pero de forma algo más acusada en las zonas urbanas y suburbanas. En todo caso, los niveles se mantienen muy alejados del valor objetivo anual para la protección de la salud.

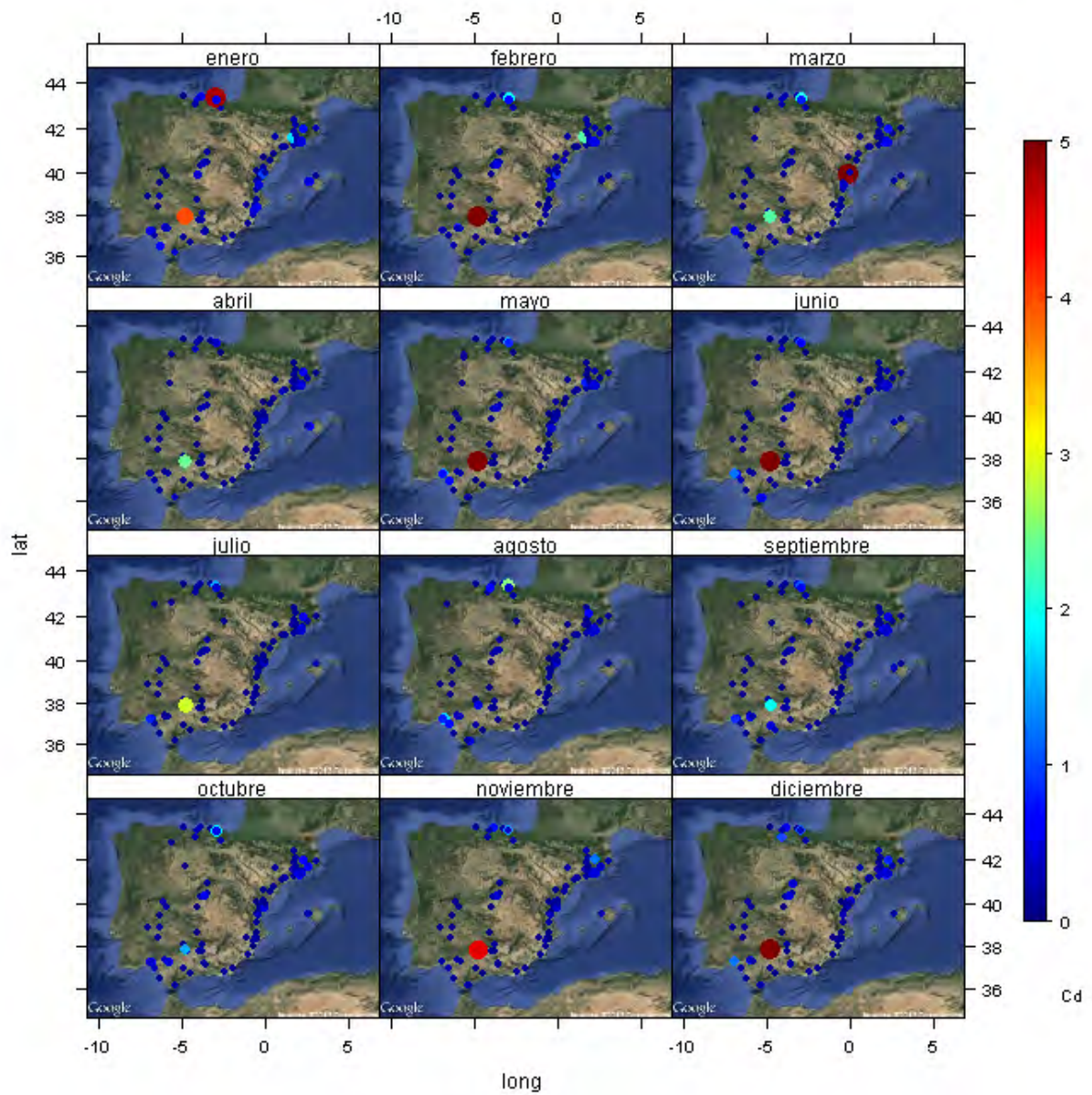


Figura 4.128. Evolución de las medias mensuales de Cd en 2012.

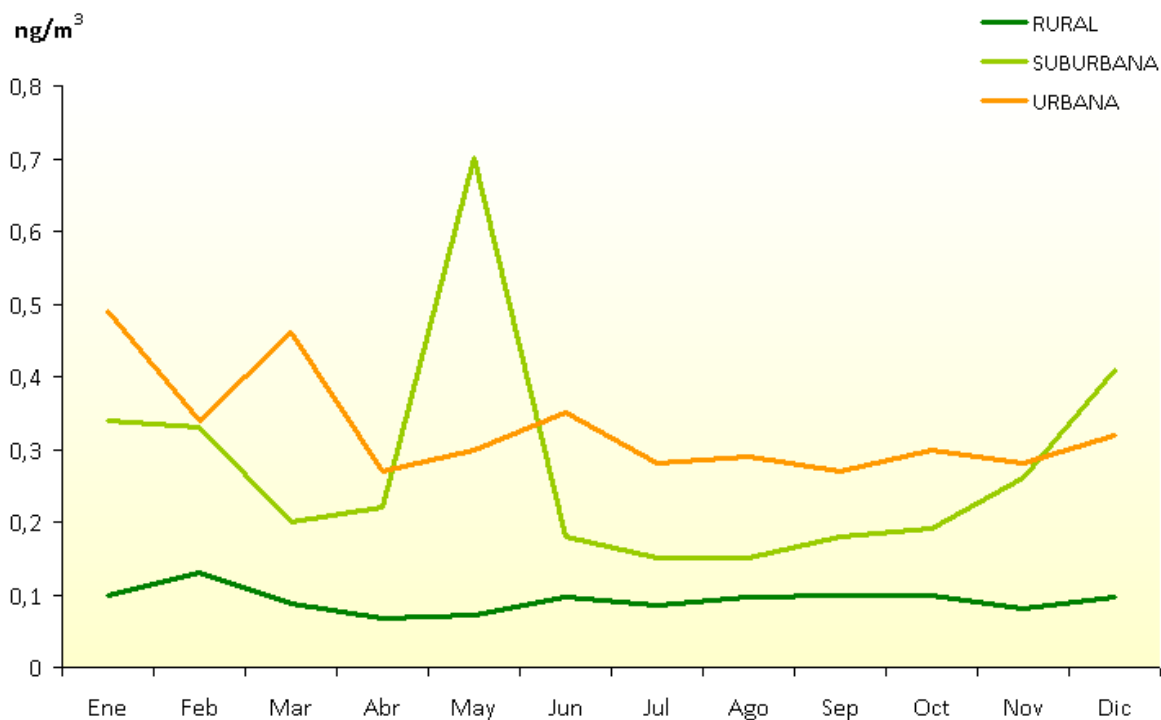


Figura 4.129. Evolución de las medias mensuales de Cd en 2012 por tipo de área.

#### 4.8.6.4. Análisis del Cd por tipo de área y tipo de estación en 2012

La Figura 4.130 representa la distribución de las medias anuales de las estaciones utilizadas en 2012 para evaluar Cd, agrupadas por tipo de área y por tipo de estación. En ella se confirma que en 2012 no se han producido superaciones del valor objetivo anual. La mayor parte de las estaciones utilizadas en la evaluación se localizan además por debajo del umbral inferior de evaluación, ya que tan sólo en dos casos puntuales (en una zona urbana y en otra suburbana, en ambos casos industriales) superan, respectivamente, el umbral inferior y el umbral superior.

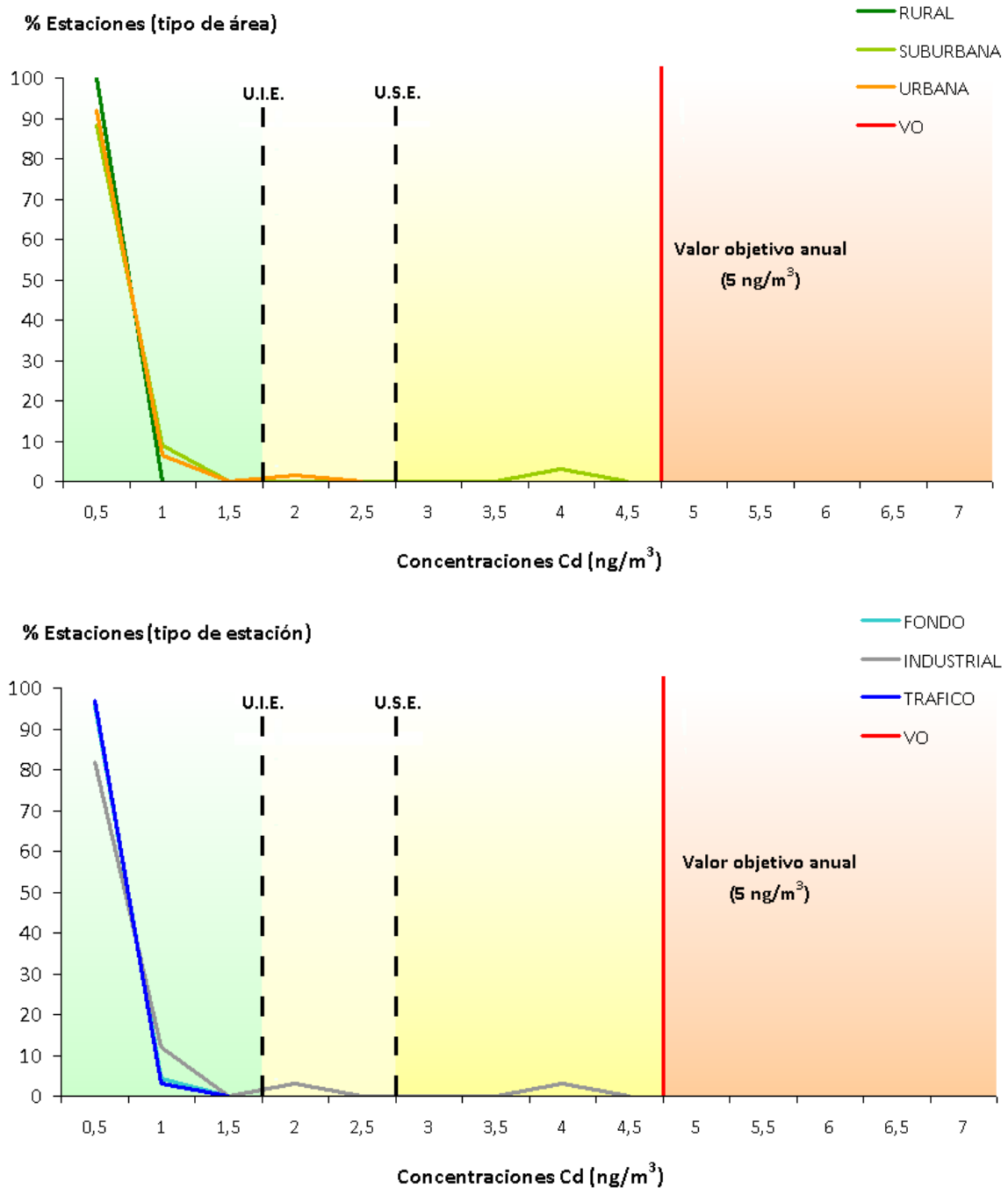


Figura 4.130. Distribución de los niveles de Cd en relación a los valores legislados (VOA) por tipo de área y tipo de estación (2012).

#### 4.8.7 Resultados de la evaluación del Ni (2012)

##### 4.8.7.1. Evaluación del Ni por zonas

La Figura 4.131 muestra de forma gráfica el resultado de la evaluación de las diferentes zonas definidas para el Ni en el año 2012, conforme al límite legal establecido (valor objetivo anual). Según se aprecia en ella, en el año 2012 se ha evaluado todo el territorio español, y de todas las zonas definidas, tan sólo en una se ha producido la superación del valor objetivo, concretamente en la zona indicada en la Tabla 4.19.



Tabla 4.19. Evaluación respecto al VO Anual de Ni (2012).

Zonas > VO Anual de Ni	
•	Zona Industrial de Bahía de Algeciras (ES0104)



Figura 4.131. Situación de España para el Ni respecto al valor objetivo anual (2012).

#### 4.8.7.2. Estaciones utilizadas para la evaluación del Ni

Con el objetivo de conocer la distribución espacial de los niveles de Ni, se ha elaborado la Figura 4.132, que muestra los estadísticos de las estaciones que han participado en la evaluación de este contaminante en 2012, según la siguiente escala de color: rojo, si las estaciones superan el valor objetivo; naranja, cuando los valores medidos se encuentran entre el valor objetivo y el umbral de evaluación superior; amarillo, si estuvieran entre los dos umbrales de evaluación; o verde, por debajo del umbral de evaluación inferior.



Figura 4.132. Situación de España para el Ni respecto al valor objetivo anual (2012): Estaciones.

#### 4.8.7.3. Concentración mensual de los niveles de Ni en 2012

Para estudiar cómo han variado los niveles de Ni a lo largo de 2012, se ha elaborado un mapa con los valores mensuales de todas las estaciones que han participado en su evaluación (Figura 4.133), así como un gráfico de la distribución de los niveles registrados en las estaciones a lo largo del año, agrupadas por tipo de área (Figura 4.134). En el caso de las áreas urbanas y suburbanas se observa a lo largo del año un perfil en forma de sierra, más suave en las rurales. Los valores más altos se registran en otoño, en áreas rurales y suburbanas, y en verano, en las urbanas.



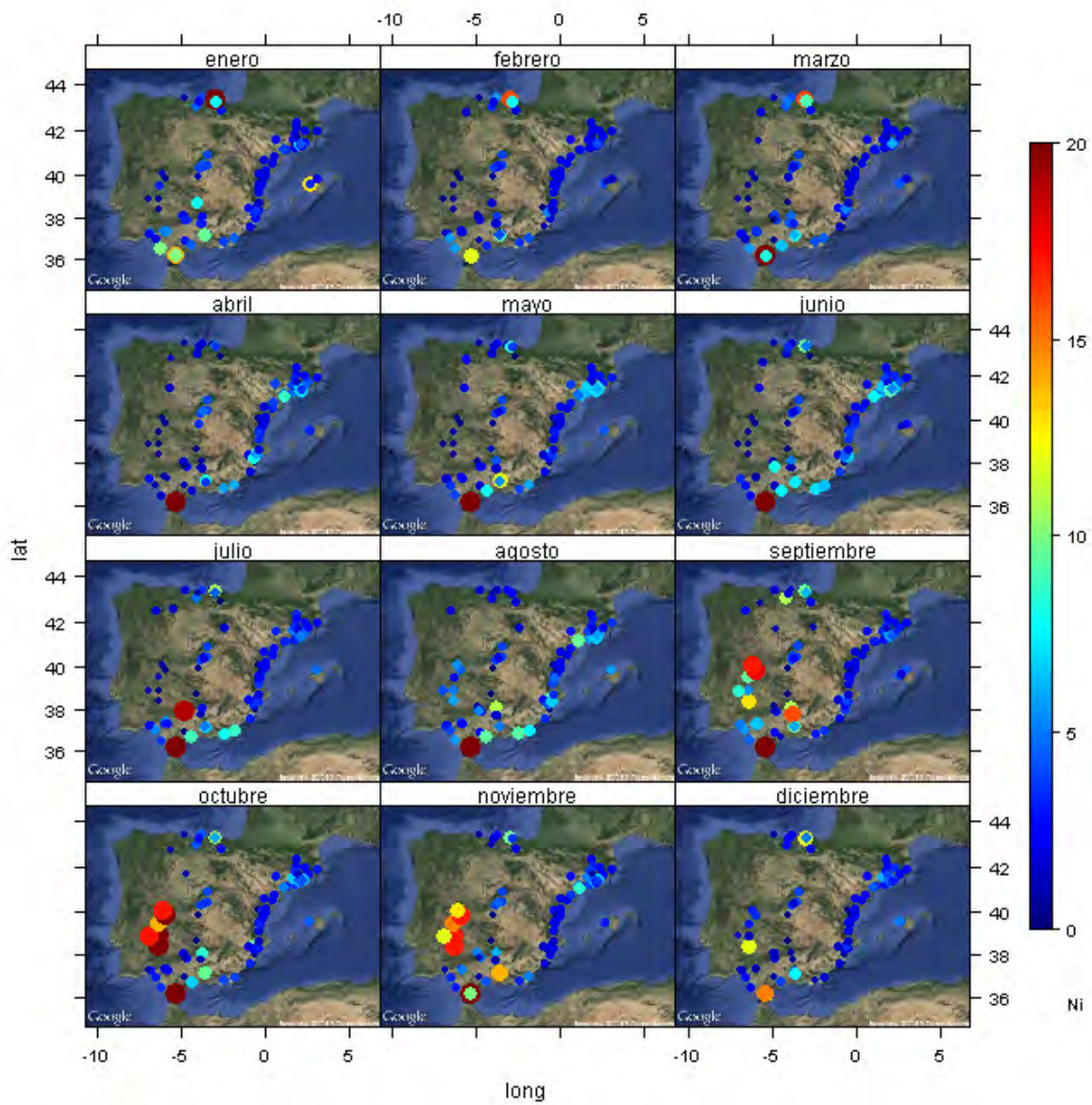


Figura 4.133. Evolución de las medias mensuales de Ni en 2012.

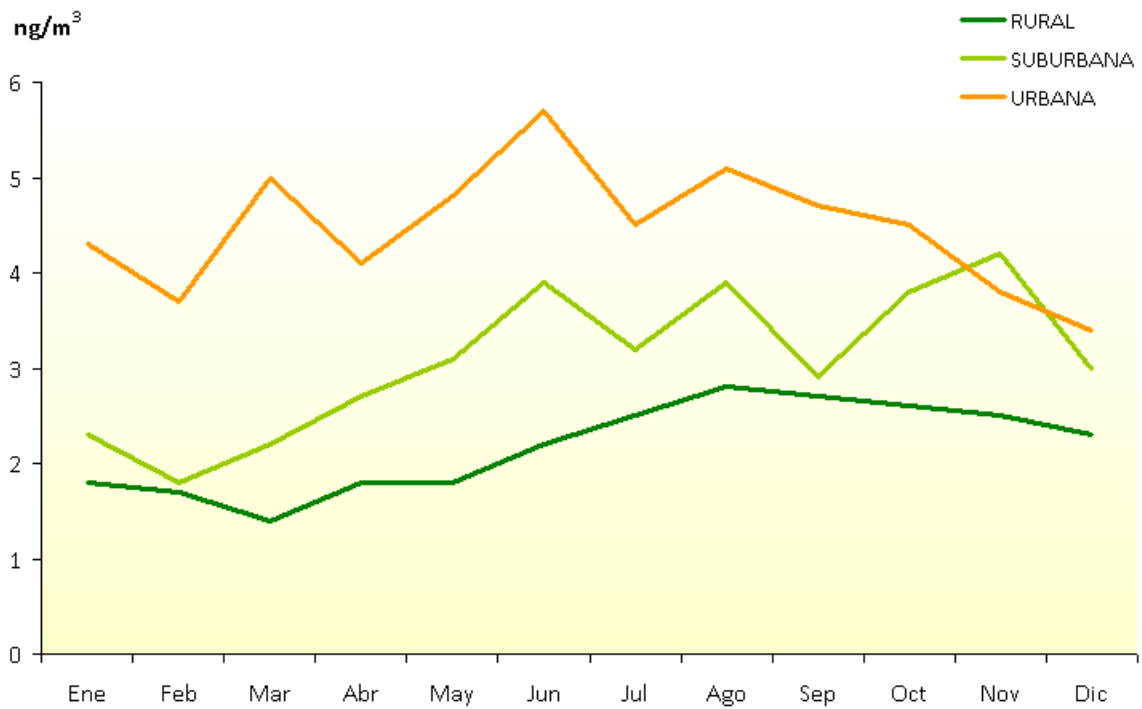


Figura 4.134. Evolución de las medias mensuales de Ni en 2012 por tipo de área.

#### 4.8.7.4. Análisis del Ni por tipo de área y tipo de estación en 2012

La Figura 4.135 representa la distribución de las medias anuales de las estaciones utilizadas en 2012 para evaluar Ni, agrupadas por tipo de área y por tipo de estación. La mayor parte de las estaciones se mantienen por debajo del umbral inferior de evaluación, y tan sólo puntualmente se superan el umbral superior y el valor objetivo anual (una estación en cada caso).

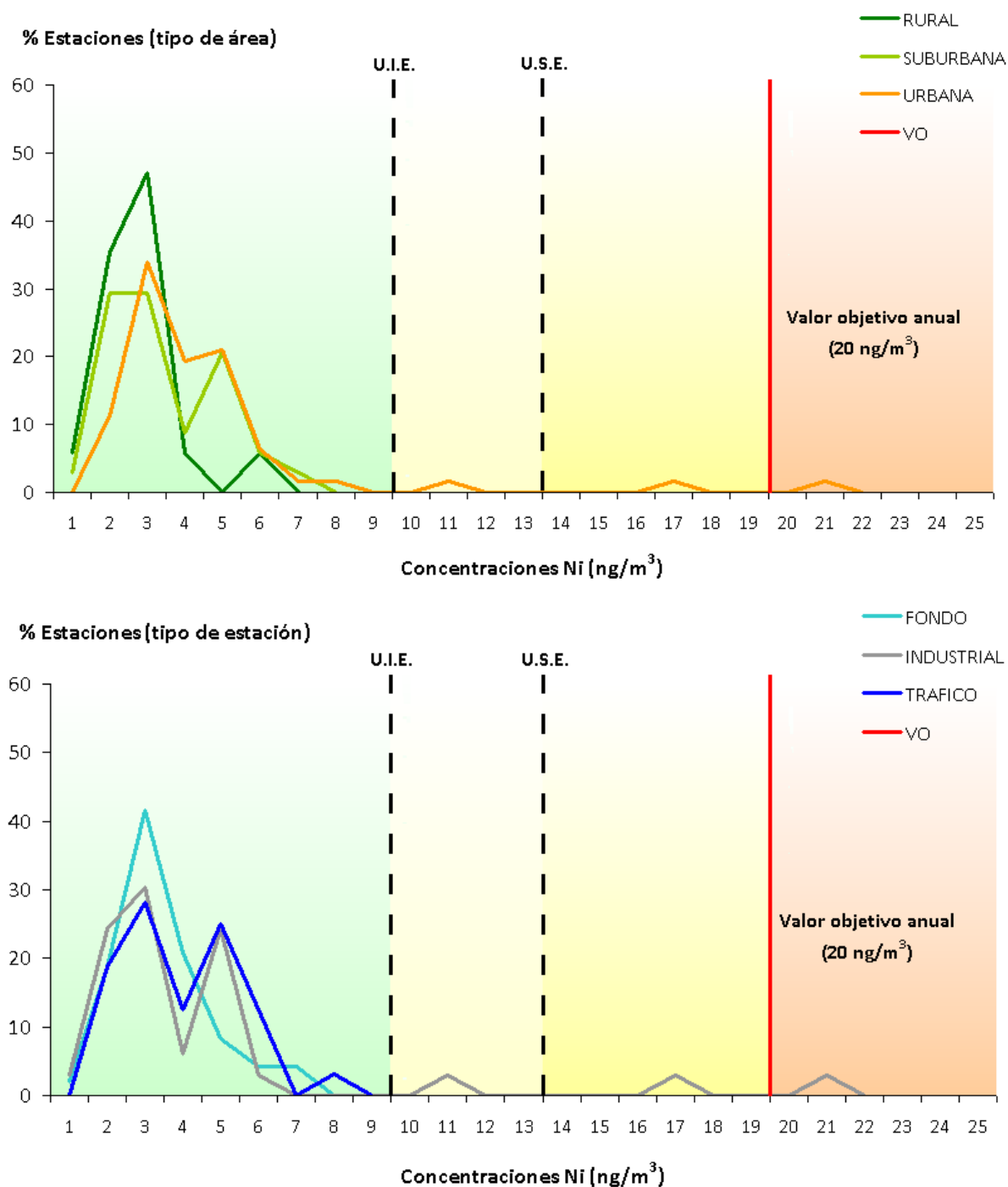


Figura 4.135. Distribución de los niveles de Ni en relación a los valores legislados (VOA) por tipo de área y tipo de estación (2012).

#### 4.8.8 Evolución 2001-2012 del Pb

La evolución del Pb entre los años 2001 y 2012 se va a analizar a través de la consideración de tres cuestiones distintas: la evolución de las áreas de evaluación, la evolución de las estaciones y la evolución de las medidas anuales (para el total de las estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área). A este respecto, hay que resaltar que el valor límite anual de Pb entró en vigor en el año 2005.

#### 4.8.8.1. Evolución 2006-2012 de los valores legislados en las zonas Pb

No se incluye para este contaminante la representación del número de superaciones del valor objetivo anual legislado por zonas de evaluación porque no se ha producido ninguna a lo largo del periodo considerado.

#### 4.8.8.2. Evolución 2008-2012 de los valores legislados de Pb en estaciones

La Figura 4.136 muestra la evolución de los estadísticos del valor objetivo legislado para el Pb de los últimos seis años (2007-2012). Dicha representación muestra que no se han producido grandes episodios en ninguna estación a lo largo del periodo considerado (los niveles han sido bajos en toda España).

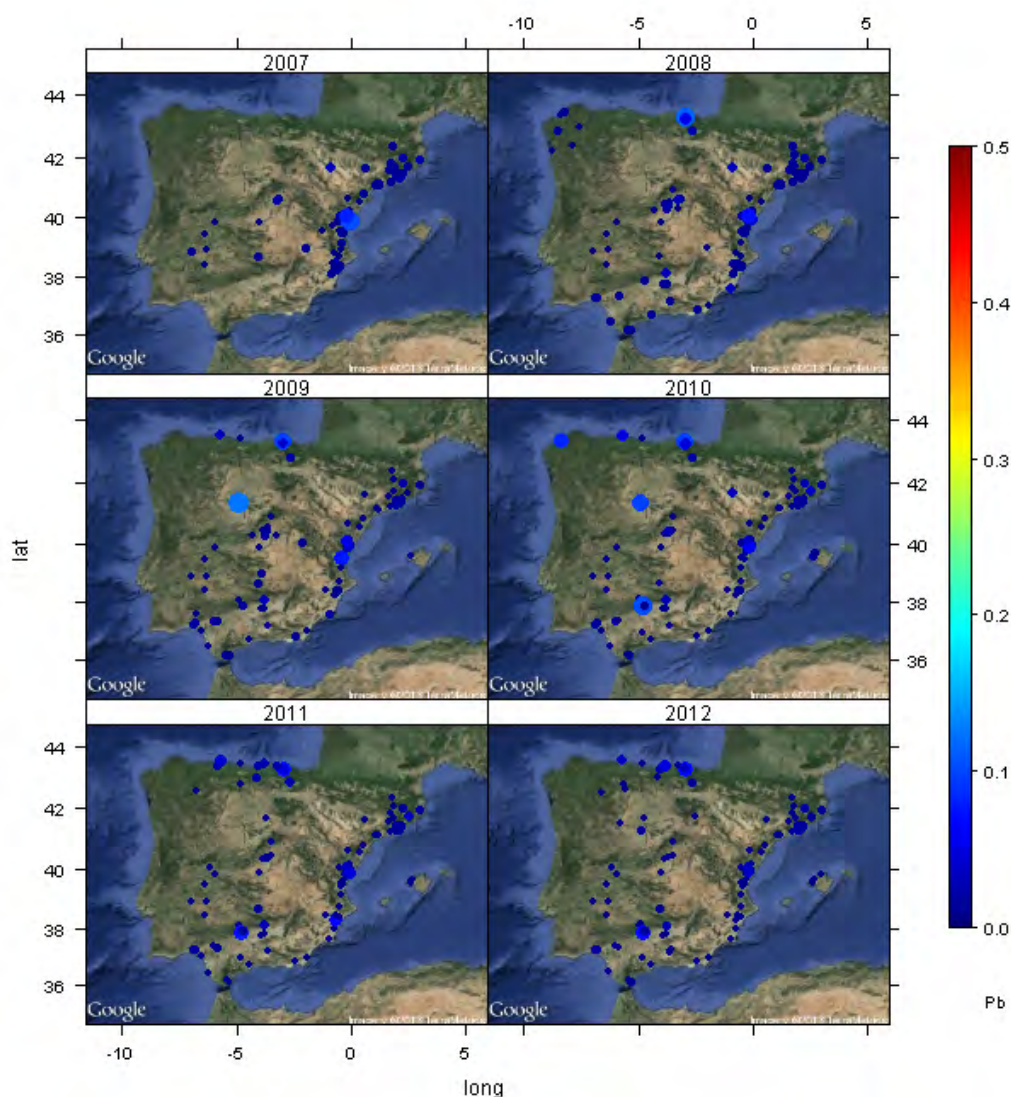


Figura 4.136. Evolución de los valores registrados de Pb (media anual) a lo largo del periodo 2007-2012.

#### 4.8.8.3. Evolución 2008-2012 de los niveles de Pb

La distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del Pb a lo largo del periodo 2001-2012 ha sido la mostrada en la Figura 4.137, en la que, las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de

las medias anuales. En ella se confirman las conclusiones de los apartados precedentes, ya que muestra cómo las medias anuales se encuentran muy por debajo del valor límite para este contaminante. Y, lógicamente, lo mismo ocurre si lo que se representa son las medias anuales de las estaciones correspondientes, agrupadas por tipo de estación y de área (Figura 4.138). En ambas figuras se puede además observar claramente el descenso producido por la desaparición del Pb en los carburantes.

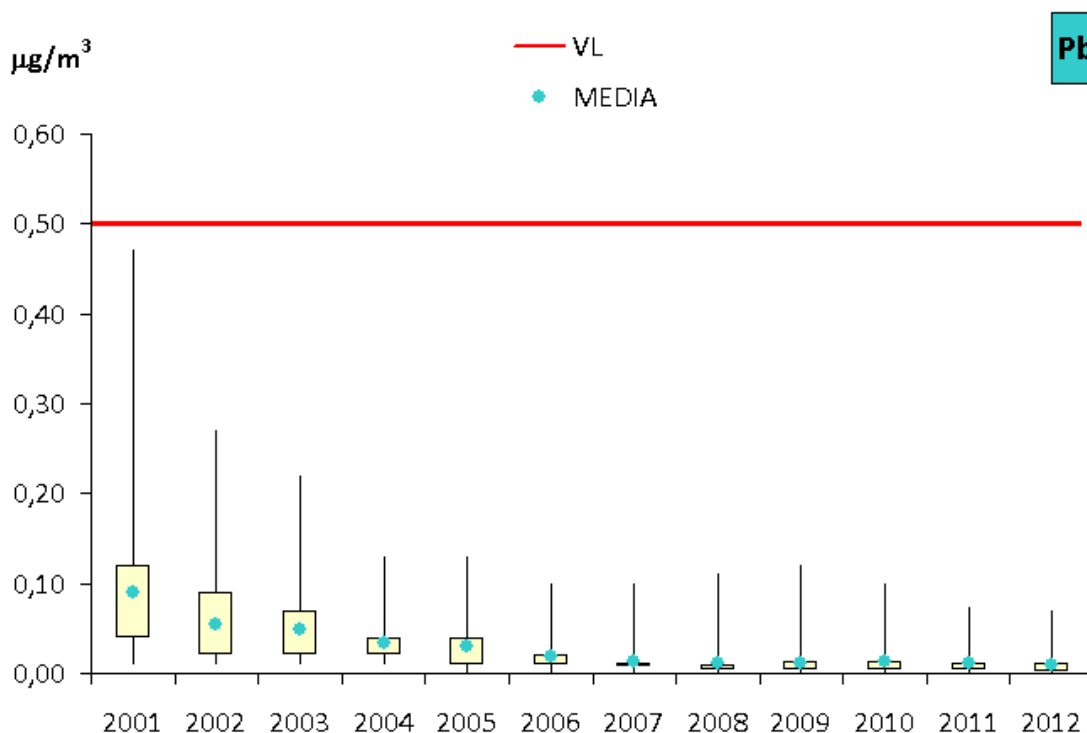


Figura 4.137. Evolución de la media anual de Pb a lo largo del periodo 2001-2012.

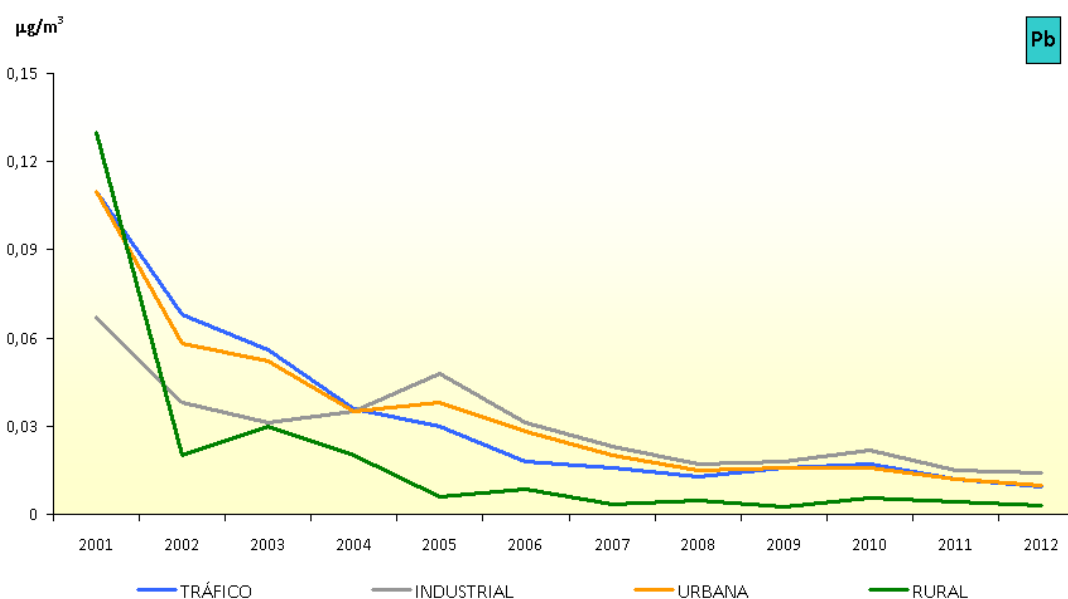


Figura 4.138. Evolución de las medias anuales de Pb (2001-2012) por tipo de estación y área.



#### 4.8.9 Evolución 2008-2012 del As

La evolución del As entre los años 2008 y 2012 se va a analizar a través de la consideración de tres cuestiones distintas: la evolución de las áreas de evaluación, la evolución de las estaciones y la evolución de las medidas anuales (para el total de las estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área).

##### 4.8.9.1. Evolución 2008-2012 de los valores legislados en las zonas As

La Figura 4.139 presenta la evolución de las zonas de evaluación del As y su situación respecto a los valores legislados a lo largo del periodo 2008-2012. En ella se aprecia que no hay zonas no evaluadas, y que entre los años considerados únicamente se produjeron dos superaciones puntuales del valor objetivo establecido (que no entrará en vigor hasta el año 2013), la primera en 2008 y la segunda en 2009. Desde entonces no se ha vuelto a sobrepasar dicho valor objetivo.

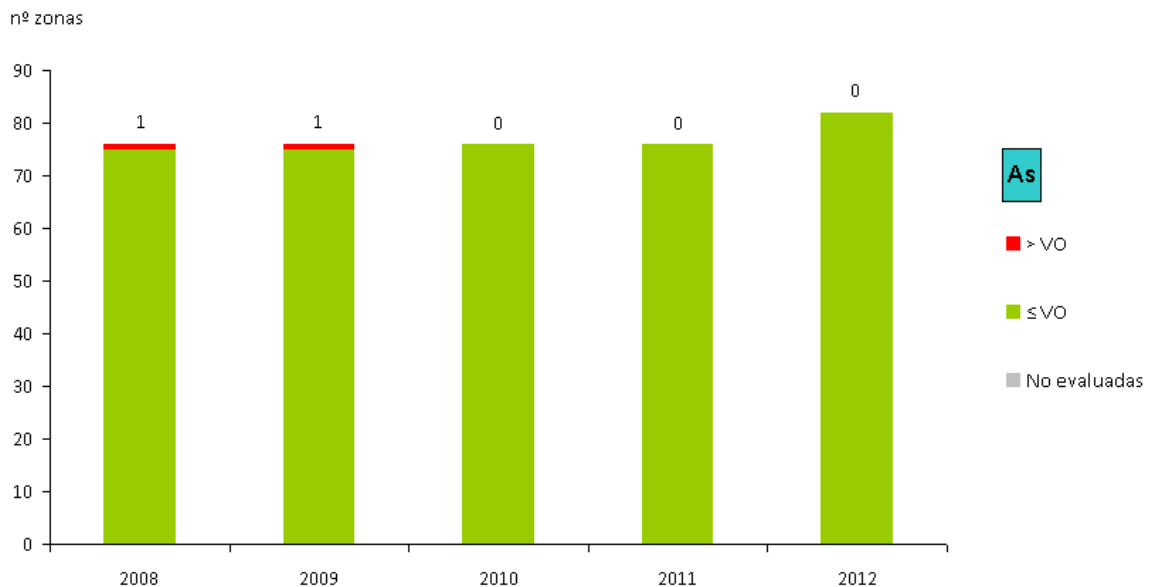


Figura 4.139. Evolución del número de superaciones del VO de As (2008-2012).

##### 4.8.9.2. Evolución 2008-2012 de los valores legislados de As en estaciones

La Figura 4.140 muestra la evolución de los estadísticos del valor objetivo legislado para el As de los últimos cinco años (2008-2012). En ella se observa cómo los mayores episodios vienen asociados a zonas industriales, como ocurre en el entorno industrial de Huelva a lo largo de todo el periodo considerado.

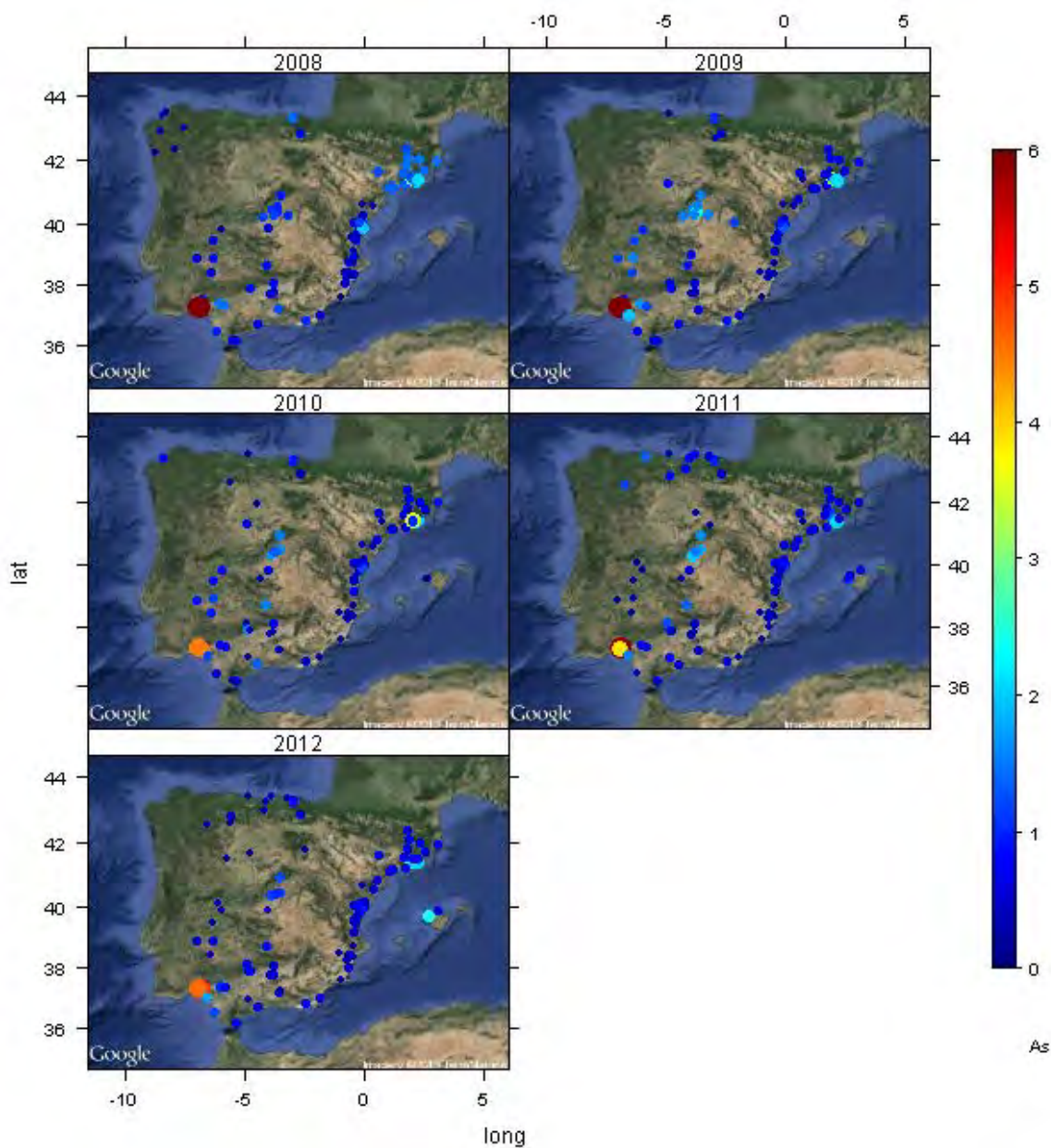
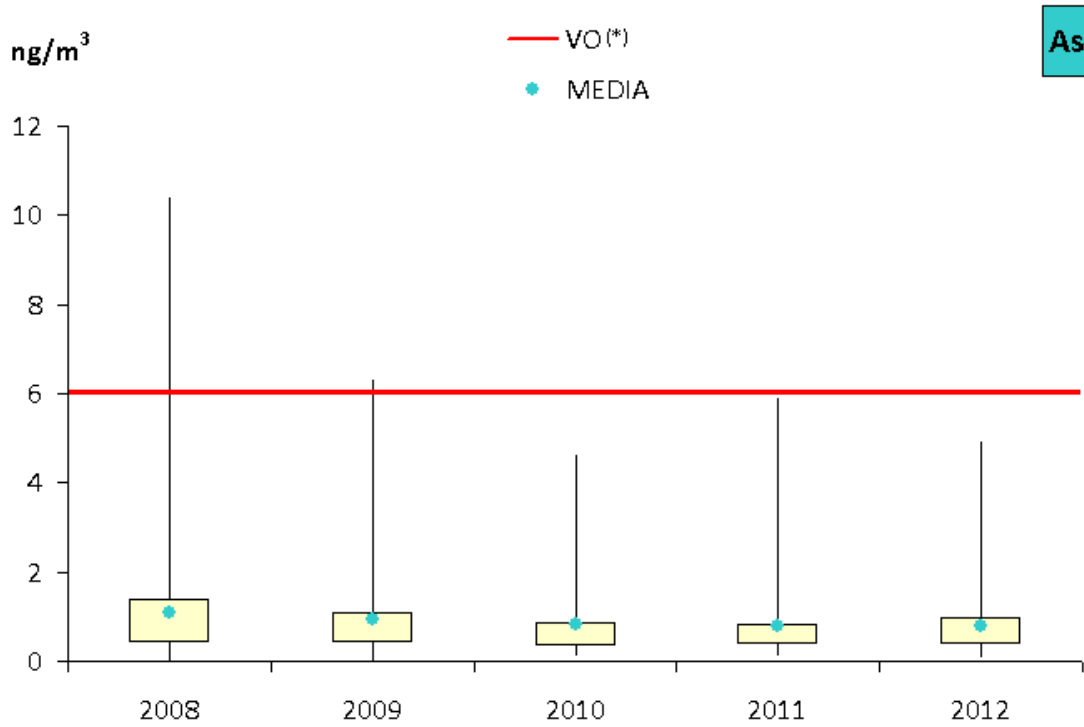


Figura 4.140. Evolución de los valores registrados de As (media anual) a lo largo del periodo 2008-2012.

#### 4.8.9.3. Evolución 2008-2012 de los niveles de As

La distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del As a lo largo del periodo 2008-2012 ha sido la mostrada en la Figura 4.141, en la que, las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales. En ella se confirman las conclusiones de los apartados precedentes, ya que se muestra cómo las medias anuales se encuentran por debajo del valor objetivo para este contaminante, aunque algunos máximos superaron el valor objetivo en los años 2008 y 2009. Y lo mismo ocurre si lo que se representa son las medias anuales de las estaciones agrupadas por tipo de estación y de área (Figura 4.142).



(\*) En vigor a partir de 2013

Figura 4.141. Evolución de la media anual de As a lo largo del periodo 2008-2012.

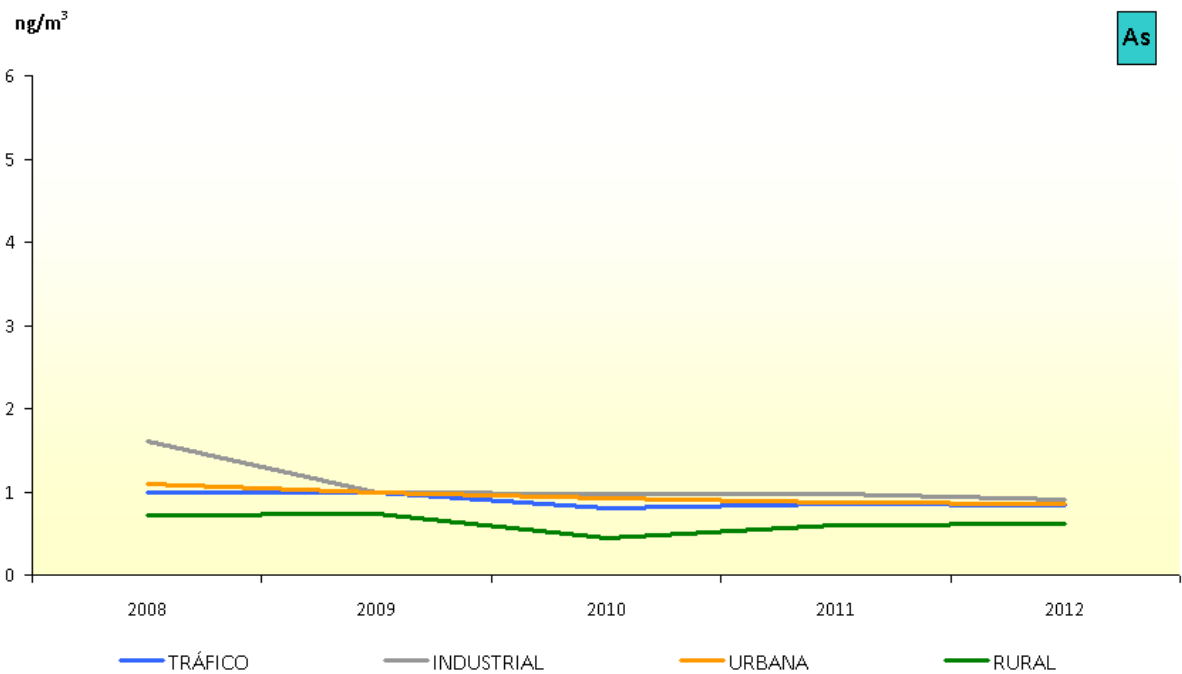


Figura 4.142. Evolución de las medias anuales de As (2008-2012) por tipo de estación y área.

#### 4.8.10 Evolución 2008-2012 del Cd

La evolución del Cd entre los años 2008 y 2012 se va a analizar a través de la consideración de tres cuestiones distintas: la evolución de las áreas de evaluación, la evolución de las estaciones y la evolución de las medidas anuales (para el total de las estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área).

##### 4.8.10.1. Evolución 2008-2012 de los valores legislados en las zonas Cd

La Figura 4.143 presenta la evolución de las zonas de evaluación del Cd y su situación respecto a los valores legislados a lo largo del periodo 2008-2012. En ella se aprecia que no hay zonas no evaluadas, y que entre los años considerados únicamente se ha producido una superación puntual, en 2010. Desde entonces no se ha vuelto a sobrepasar el valor objetivo establecido.



Figura 4.143. Evolución del número de superaciones del VO de Cd (2008-2012).

##### 4.8.10.2. Evolución 2008-2012 de los valores legislados de Cd en estaciones

La Figura 4.144 muestra la evolución de los estadísticos del valor objetivo legislado para el Cd de los últimos cinco años (2008-2012). Ésta muestra niveles bajos generalizados, salvo excepciones puntuales, como en Córdoba (Parque Joyeros), como consecuencia de una instalación ya clausurada.

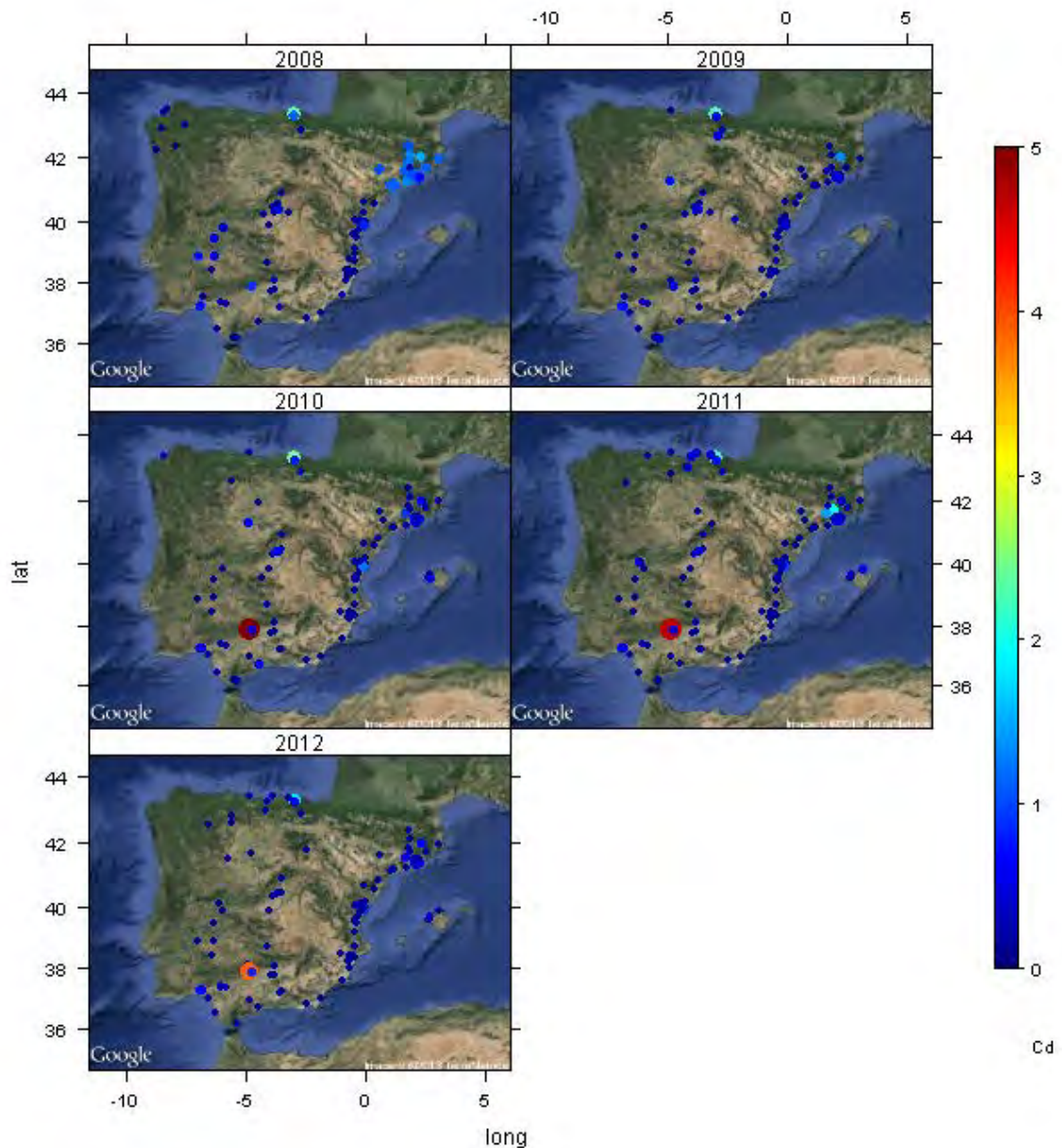


Figura 4.144. Evolución de los valores registrados de Cd (media anual) a lo largo del periodo 2008-2012.

#### 4.8.10.3. Evolución 2008-2012 de los niveles de Cd

La distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del Cd a lo largo del periodo 2008-2012 ha sido la mostrada en la Figura 4.145, en la que, las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales. En dicha figura se muestra cómo las medias anuales se han encontrado siempre por debajo del valor objetivo para este contaminante, salvo en el año 2010, cuando se produjo la superación ya comentada.



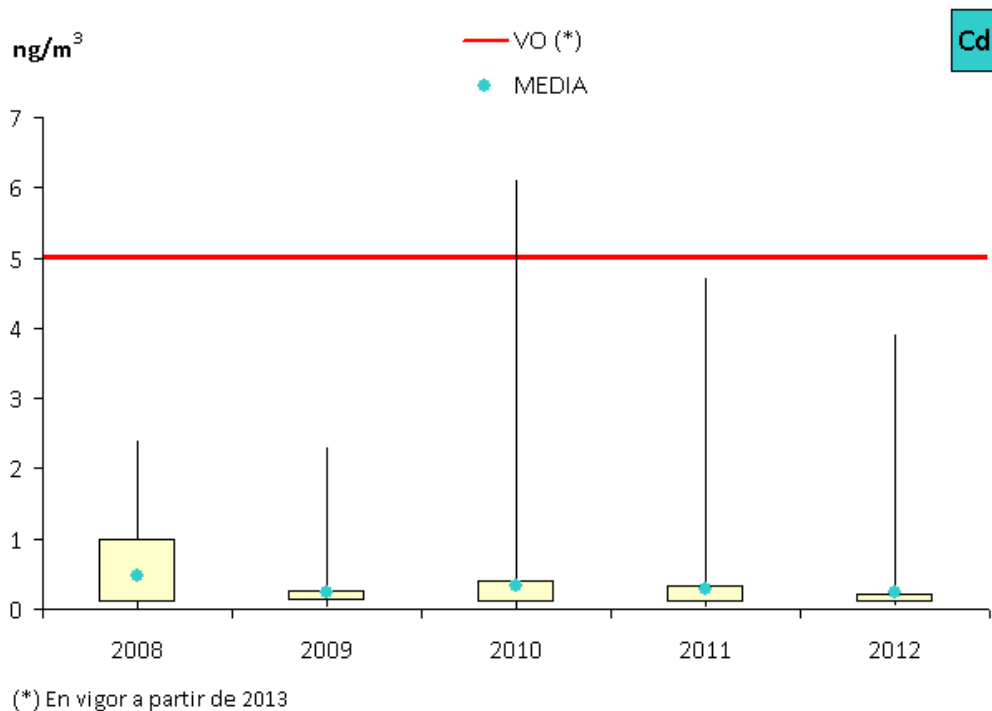


Figura 4.145. Evolución de la media anual de Cd a lo largo del periodo 2008-2012.

La representación de las medias anuales de las estaciones correspondientes, agrupadas por tipo de estación y de área, confirman los buenos niveles registrados en general para este contaminante a lo largo del periodo considerado (Figura 4.146).

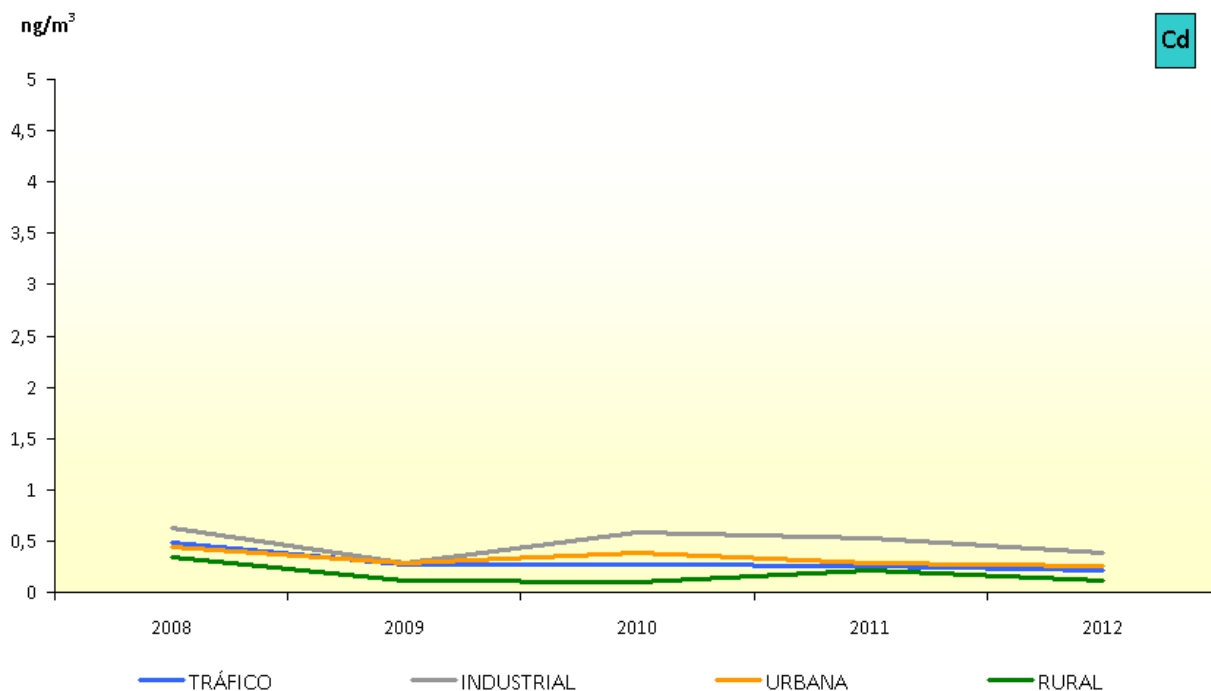


Figura 4.146. Evolución de las medias anuales de Cd (2008-2012) por tipo de estación y área.

#### 4.8.11 Evolución 2008-2012 del Ni

La evolución del Ni entre los años 2008 y 2012 se va a analizar a través de la consideración de tres cuestiones distintas: la evolución de las áreas de evaluación, la evolución de las estaciones y la evolución de las medidas anuales (para el total de las estaciones y para las estaciones agrupadas por tipo de área).

##### 4.8.11.1. Evolución 2007-2012 de los valores legislados en las zonas Ni

La Figura 4.147 presenta la evolución de las zonas de evaluación del Ni y su situación respecto a los valores legislados entre los años 2008 y 2012. Anualmente a lo largo del periodo considerado se ha producido una o ninguna superación del valor objetivo (a cumplir en 2013); y no hay zonas sin evaluar. Aún no se dispone de datos de años suficientes como para llegar a una conclusión sobre la tendencia de este contaminante; no obstante, sí merece la pena destacar que el número de estaciones participantes en la evaluación en 2012 se ha incrementado respecto a los años anteriores, sin que se haya aumentado el número de superaciones.



Figura 4.147. Evolución del número de superaciones del VO de Ni (2008-2012).

##### 4.8.11.2. Evolución 2008-2012 de los valores legislados de Ni en estaciones

La Figura 4.148 muestra la evolución de los estadísticos del valor objetivo legislado para el Ni de los últimos cinco años (2008-2012). La representación de la evolución de los valores legislados en un mapa muestra que los mayores episodios se asocian a estaciones de tipo industrial, localizadas en áreas urbanas y suburbanas, de Cádiz (Bahía de Algeciras), Ciudad Real (Puertollano) y Bilbao.

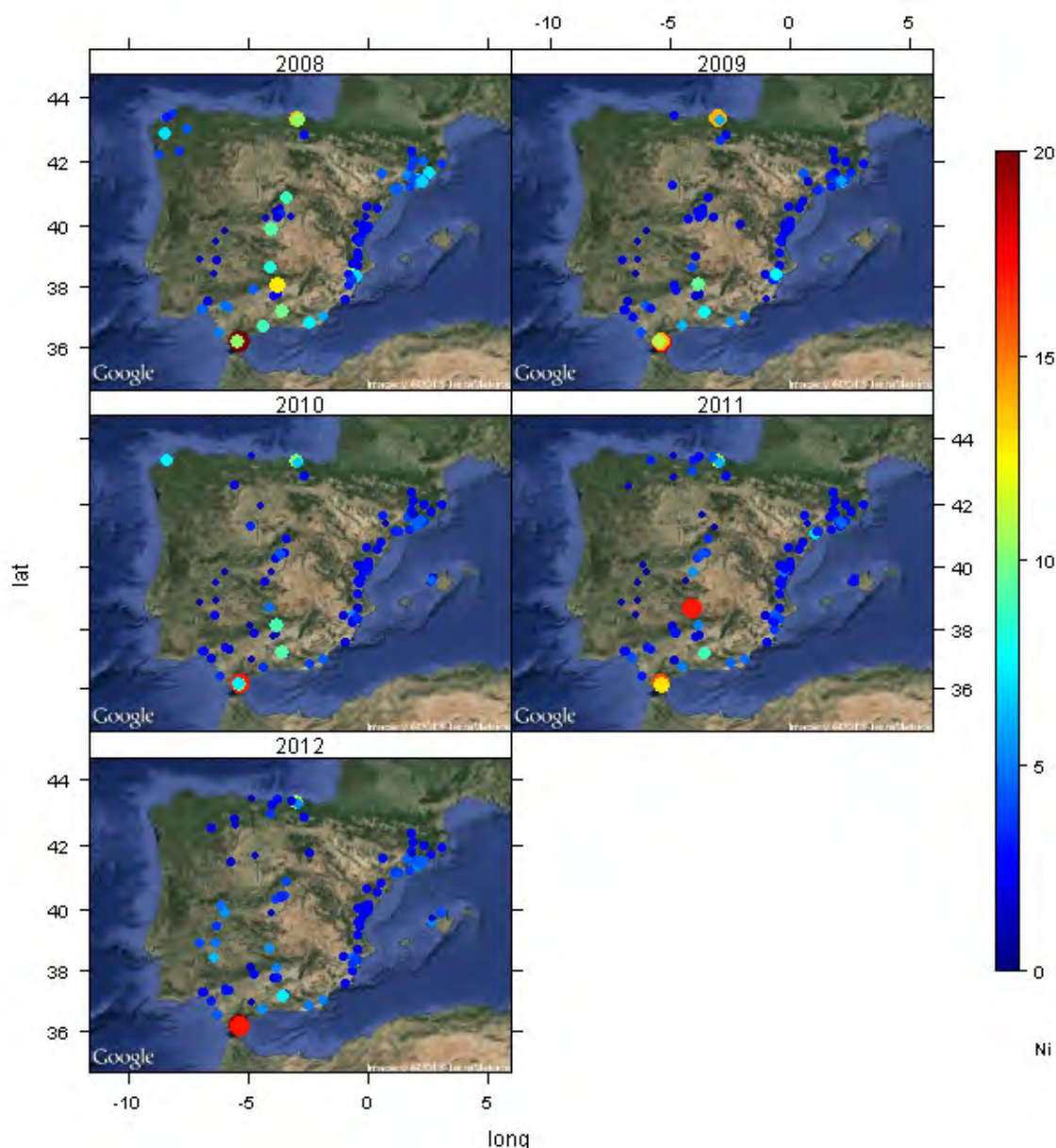
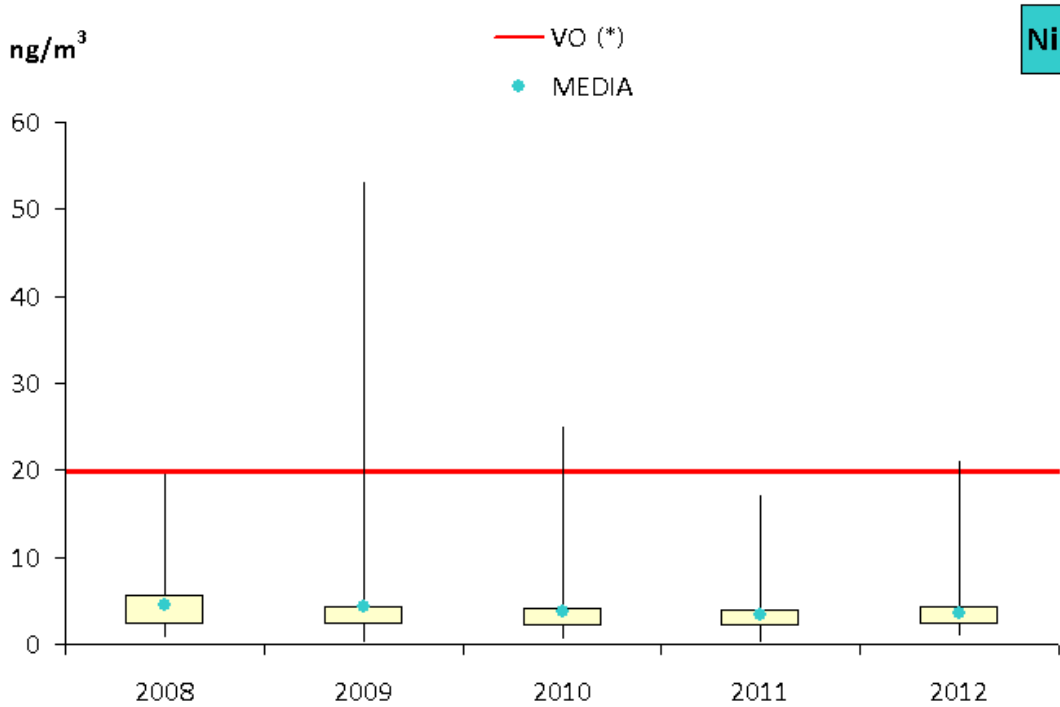


Figura 4.148. Evolución de los valores registrados de Ni (media anual) a lo largo del periodo 2008-2012.

#### 4.8.11.3. Evolución 2008-2012 de los niveles de Ni

La distribución de las medias anuales de las estaciones participantes en la evaluación del Ni a lo largo del periodo 2008-2012 ha sido la mostrada en la Figura 4.149, en la que, las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul el valor medio de las medias anuales. En ella se aprecian las tres superaciones que tuvieron lugar en los años 2009, 2010 y 2012; a pesar de que las medias se encuentran alejadas del valor objetivo marcado para 2013.



(\*) En vigor a partir de 2013

Figura 4.149. Evolución de la media anual de Ni a lo largo del periodo 2008-2012.

Ese alejamiento queda patente en el gráfico que se recoge a continuación, que representa las medias anuales de las estaciones correspondientes, agrupadas por tipo de estación y de área (Figura 4.150).

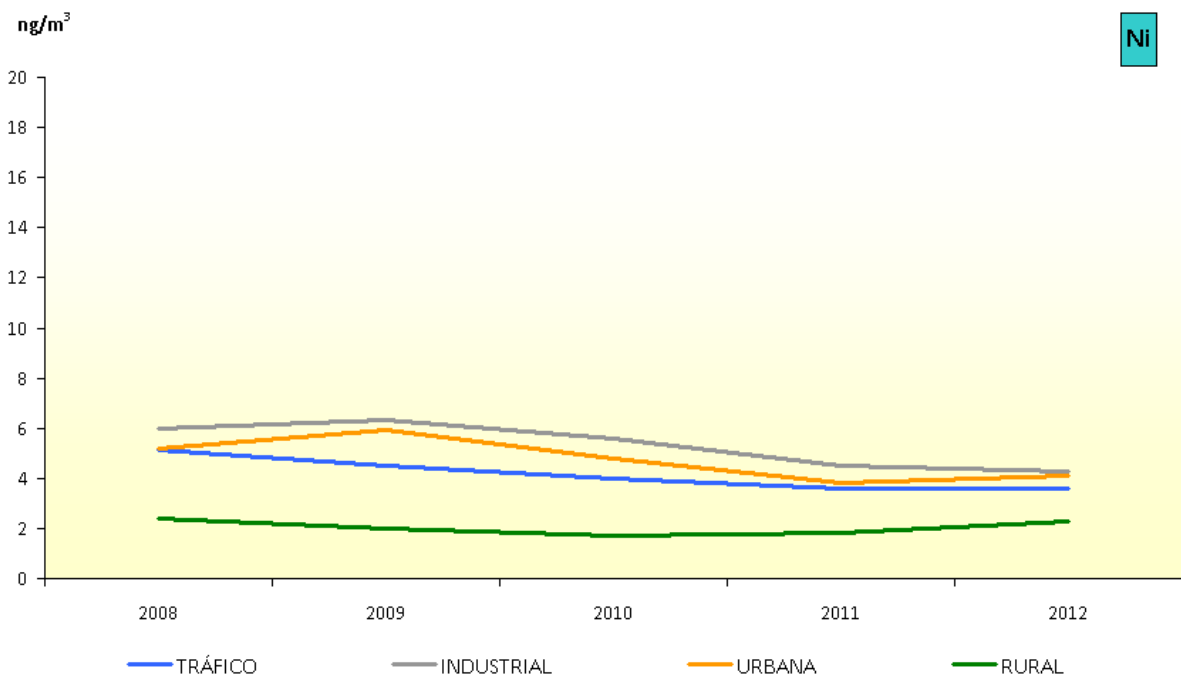


Figura 4.150. Evolución de las medias anuales de Ni (2008-2012) por tipo de estación y área.

## 4.9 Amoníaco (NH<sub>3</sub>)

### 4.9.1 Efectos del NH<sub>3</sub>

El amoníaco (NH<sub>3</sub>) es un compuesto de nitrógeno gaseoso altamente reactivo, alcalino, con efectos acidificadores y eutrofizadores, que favorece la generación de partículas PM10 y PM2,5 secundarias (reacciona con el ácido nítrico HNO<sub>3</sub>, gaseoso, y forma nitrato amónico NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, particulado; también con el SO<sub>2</sub>, lo que origina sulfato amónico (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Es precisamente por su contribución a la formación de partículas por lo que este contaminante aparece además contemplado dentro de la Directiva 2008/81/CE, de 23 de octubre de 2001, de Techos Nacionales de Emisión de ciertos contaminantes atmosféricos.

Además, en condiciones de alta temperatura (por ejemplo, en verano), el nitrato amónico generado no es estable, y se descompone de nuevo en NH<sub>3</sub> y ácido nítrico, ácido que a su vez puede reaccionar con cloruro sódico (NaCl) o con carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>) y dar lugar a nitrato sódico o cálcico (según el caso) y a ácido clorhídrico (ClH).

### 4.9.2 Origen de la contaminación

Como se observa en la Figura 4.151, según el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera, en 2011 las emisiones atmosféricas de NH<sub>3</sub> se han debido básicamente a las actividades agropecuarias (en Europa las actividades ganaderas y agrícolas han sido las causantes del 94% de las emisiones de este contaminante), por la utilización de nitrógeno, presente en fertilizantes y en alimentos para animales, que sale transformado en compuestos nitrogenados, entre ellos el NH<sub>3</sub>. Este efecto tiene lugar en general en áreas extensas y poco pobladas.

Por otra parte, las emisiones del tratamiento y eliminación de residuos y las procedentes de determinados procesos industriales sin combustión también pueden ser puntualmente importantes. Con todo, la contribución del resto de fuentes distintas de las agropecuarias no llega a superar el 10% del total.





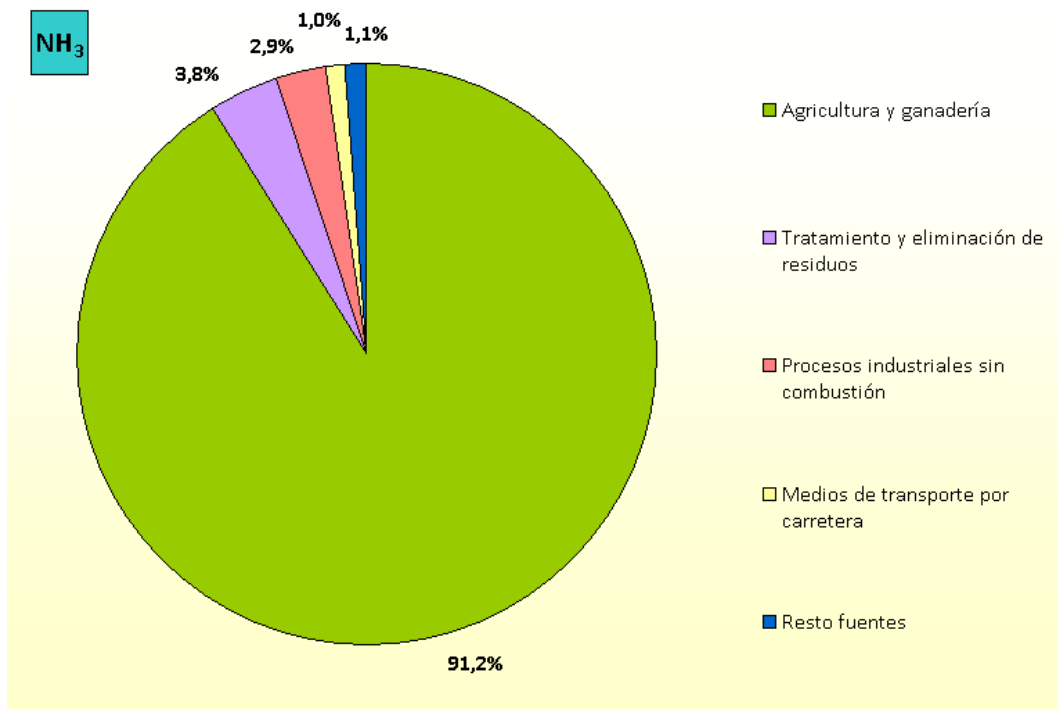


Figura 4.151. Contribución de las actividades por categorías a las emisiones de NH<sub>3</sub> (2011).

Como se observa en la Figura 4.152, la contribución de la actividad principal se ha mantenido más o menos constante en el tiempo, a la par que se aprecia cierta tendencia al ascenso desde 2010 de las emisiones minoritarias.

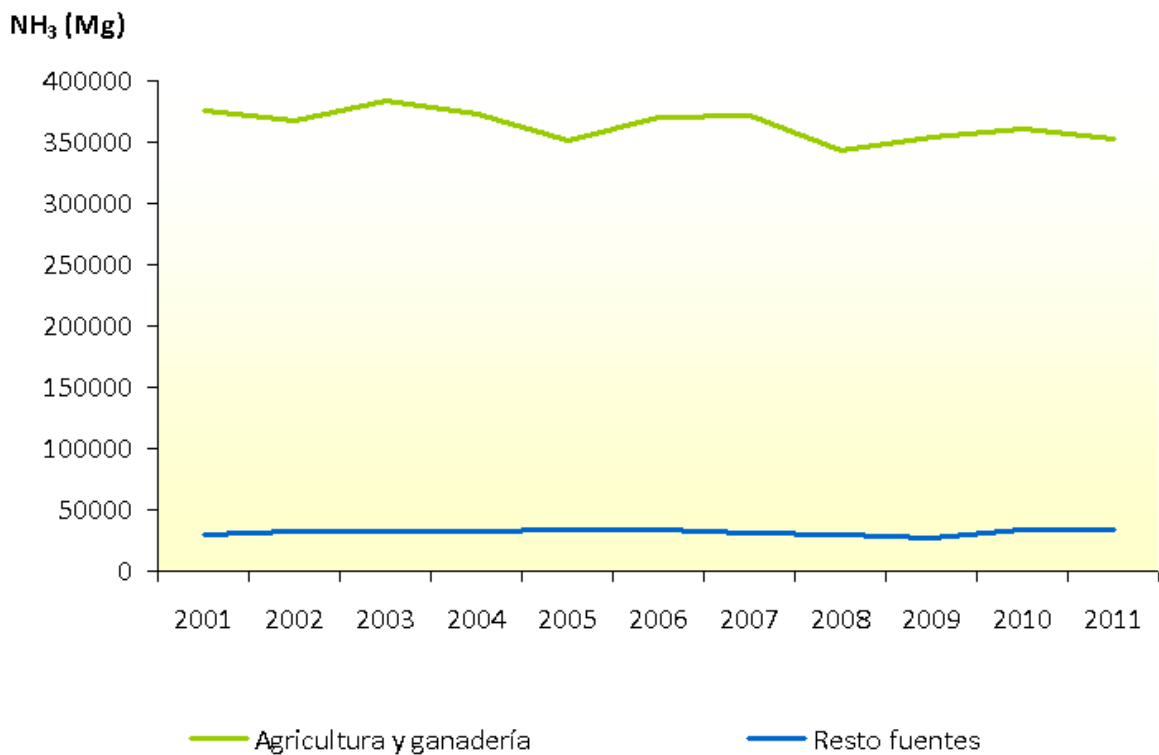


Figura 4.152. Origen de la contaminación: Emisiones principales de NH<sub>3</sub>.

#### 4.9.3 Requerimientos de medición

El Real Decreto 102/2011 no fija objetivos de calidad del aire para este contaminante, pero sí considera la **vigilancia** de sus niveles en el aire ambiente, a través de su medición en estaciones de fondo regional y en estaciones de tráfico de las principales ciudades españolas. Además, el Real Decreto también establece la información a facilitar a la población y a intercambiar entre las diferentes administraciones.

En concreto, el Real Decreto 102/2011 determina que el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en colaboración con las comunidades autónomas, determinará **cinco puntos rurales de fondo** para la medición, repartidos uniformemente por el territorio español, mediciones que se coordinarán con la estrategia de vigilancia y medición del Programa EMEP. Además, las autoridades competentes garantizarán al menos **un punto** para la medición de NH<sub>3</sub> **en áreas de intensidad elevada de tráfico** en todas las ciudades con más de 500.000 habitantes. Las condiciones de ubicación de tales puntos de muestreo se concretan igualmente en el Real Decreto 102/2011.

Las mediciones se distribuirán homogéneamente a lo largo del año y, ya sea en las estaciones rurales de fondo o en las estaciones de tráfico, el NH<sub>3</sub> se determinará mediante uno de los siguientes métodos de análisis:

- Sistemas pasivos, con captación en cartuchos adsorbentes de ácido fosfórico, u otro adsorbente adecuado, y determinación en el laboratorio por espectrofotometría UV/visible.
- Métodos automáticos basados en quimiluminiscencia con una eficacia de oxidación del convertidor superior al 95 %.
- Métodos específicos fotoacústicos.

Sólo se podrán utilizar técnicas distintas a éstas cuando las autoridades competentes puedan demostrar que generan resultados equivalentes a dichas técnicas.

En cualquier caso, los objetivos de calidad de los datos en lo que se refiere a las mediciones de NH<sub>3</sub> se ajustarán a lo indicado en la Tabla 4.20.

Tabla 4.20. Objetivos de calidad de los datos para el NH<sub>3</sub>

Parámetro	Captación pasiva	Métodos automáticos
Incertidumbre	50 %	25 %
Captura mínima de datos	90 %	90 %
Período de muestreo	Quincenal o inferior	Diaria o inferior
Cobertura mínima temporal	60 %	33 %

#### 4.9.4 Resultados 2012

La Figura 4.153 y la Tabla 4.21 resumen los resultados obtenidos de la vigilancia de los niveles de NH<sub>3</sub> en 2012. De ambos se desprende que los valores más altos se registran en la estación industrial suburbana de “Campo de fútbol”, localizada en Puertollano (Ciudad Real), así como en estaciones urbanas de tráfico como “Plaza de España” (en Madrid). Por el contrario, los valores más bajos se registran por lo general en estaciones rurales remotas de fondo, especialmente en “Barcarrota” (en Badajoz) y “Víznar” (Granada), aunque hay excepciones, como es el caso de “Els Torms” (en Lérida), donde se han registrado valores altos debido a las explotaciones porcinas existentes en sus alrededores (ver capítulo 6).



Figura 4.153. Situación de España para el NH<sub>3</sub> (2012): Estaciones.

Tabla 4.21. Medias anuales de NH<sub>3</sub> en 2012 por estaciones.

Código estación (DEM)	Nombre estación	Tipo estación	Tipo de área (y de subárea, si rural)	NH <sub>3</sub> (Media anual)	Tipo de evaluación
ES0011R	Barcarrota	Fondo	Rural (remota)	0,55	Pasivos de periodicidad semanal medio año
ES1279A	Campo de fútbol	Industrial	Suburbana	5,6	Mediciones horarias continuas
ES0007R	Viznar	Fondo	Rural (remota)	0,68	Pasivos de periodicidad semanal medio año
ES0009R	Campis baldos	Fondo	Rural (remota)	0,91	Pasivos de periodicidad semanal todo el año
ES0014R	Els Torms	Fondo	Rural (remota)	3,6	Pasivos de periodicidad semanal medio año
ES0115A	Plaza de España	Tráfico	Urbana	5,3	Campañas de pasivos (2 quincenas)
ES0118A	Escuelas Aguirre	Tráfico	Urbana	3,9	Campañas de pasivos (2 quincenas)
ES1943A	Fernández Ladreda-Oporto	Tráfico	Urbana	4,3	Campañas de pasivos (2 quincenas)
ES1751A	El Atabal	Fondo	Suburbana	1,3	Campañas de pasivos quincenales todo el año
ES0008R	Niembro	Fondo	Rural (remota)	0,87	Pasivos de periodicidad semanal todo el año
ES0817A	La Ranilla	Tráfico	Urbana	4,8	Campañas de pasivos quincenales todo el año
ES0001R	San Pablo de los Montes	Fondo	Rural (remota)	1,1	Pasivos de periodicidad semanal medio año

#### 4.10 Análisis de tendencias temporales (2001-2012) de los principales contaminantes en ambiente urbano e industrial en España

En este apartado se pretende dar una visión de cómo ha evolucionado la calidad del aire en los últimos 12 años en ambientes **urbanos** e **industriales** de España (la evaluación de tendencias temporales de la calidad del aire en fondo regional se describe al final del Capítulo 6). Para ello, se ha partido de las series temporales de niveles de parámetros de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, PM10 y PM2,5, para las ciudades españolas con una población superior a 240.000 habitantes, representadas en la Figura 4.154.



Figura 4.154. Ciudades de más de 24.000 habitantes participantes en el estudio de tendencias temporales 2001-2012.

De ellas, se han seleccionado las series con al menos un 75% de disponibilidad de datos en 2001-2012 para PM10, PM2,5, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, y en 2004-2012 y 2003-2012 para O<sub>3</sub> y CO, respectivamente, sin tener en cuenta las series interrumpidas por clausura de la estación anterior a 2010.

Una vez seleccionadas, las estaciones han sido clasificadas en función de su tipología como de fondo urbano, de tráfico o industriales. La categoría “*industrial*” contiene aquellas clasificadas como industriales por la propia red de calidad del aire, o calificadas como urbanas o de tráfico por la red, pero situadas en una zona con fuerte actividad industrial. En el caso de existir varias estaciones de cada tipo en una misma ciudad se ha calculado la media de las mismas.

Posteriormente, se ha realizado el estudio estadístico de las tendencias temporales utilizando el programa Openair. En el análisis de tendencias se indica del grado de significación estadística de la tendencia observada, según la siguiente clave:

- \*\*\*: Mayor significación
- \*\*: Media significación
- y +: Menor significación
- sin símbolo: Sin significación estadística.

#### 4.10.1 $\text{SO}_2$

**Fondo urbano:** Se dispone de datos para 8 ciudades, y éstas muestran un rango de concentraciones en 2012 que varía entre 1,3 y 5,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (correspondientes, respectivamente, a Zaragoza y a Palma), con una media de 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se observa una tendencia decreciente estadísticamente significativa en Zaragoza (\*\*\*) , Bilbao (\*) y Valencia (+), con un ratio de decrecimiento medio para las 9 ciudades de -3,6%/año, y un descenso acumulado de un -40% desde 2001 a 2012. La disminución ha sido progresiva, aunque se produjo un aumento entre 2003 y 2005 (Figura 4.161).

**Tráfico** (13 ciudades): El rango de concentraciones en 2012 oscila entre 2,9 y 7,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (valores correspondientes a Zaragoza y a Granada, respectivamente), con una media de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se aprecia una tendencia decreciente estadísticamente significativa en Zaragoza (\*\*), Bilbao (\*), Alicante (\*), Sevilla (\*) y Santa Cruz de Tenerife (+), con un ratio de decrecimiento medio para las 13 ciudades de -4,6%/año, y un descenso acumulado de un -50% desde 2001 a 2012 (la disminución que ha sido progresiva; ver Figura 4.161).

**Industrial** (9 ciudades): El rango de concentraciones en 2012 ha variado entre 4,0 y 13,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , (valores correspondientes a Gijón y a Santa Cruz de Tenerife, respectivamente), con una media de 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . la tendencia decreciente estadísticamente significativa se observa en esta ocasión en Gijón (\*\*\*) , Avilés (\*\*\*) , Oviedo (\*\*), A Coruña (\*) y Las Palmas (\*), con un ratio de decrecimiento medio para las 9 ciudades de -4,3%/año, un descenso acumulado de un -47% desde 2001 a 2012, y una disminución de nuevo progresiva (Figura 4.161), aunque en algunas estaciones asturianas se observa de forma muy marcada un drástico descenso 2007-2008, probablemente causado por la implementación de la Directiva de Grandes Instalaciones de Combustión que supuso la puesta en marcha de sistemas de desulfurización en grandes focos.

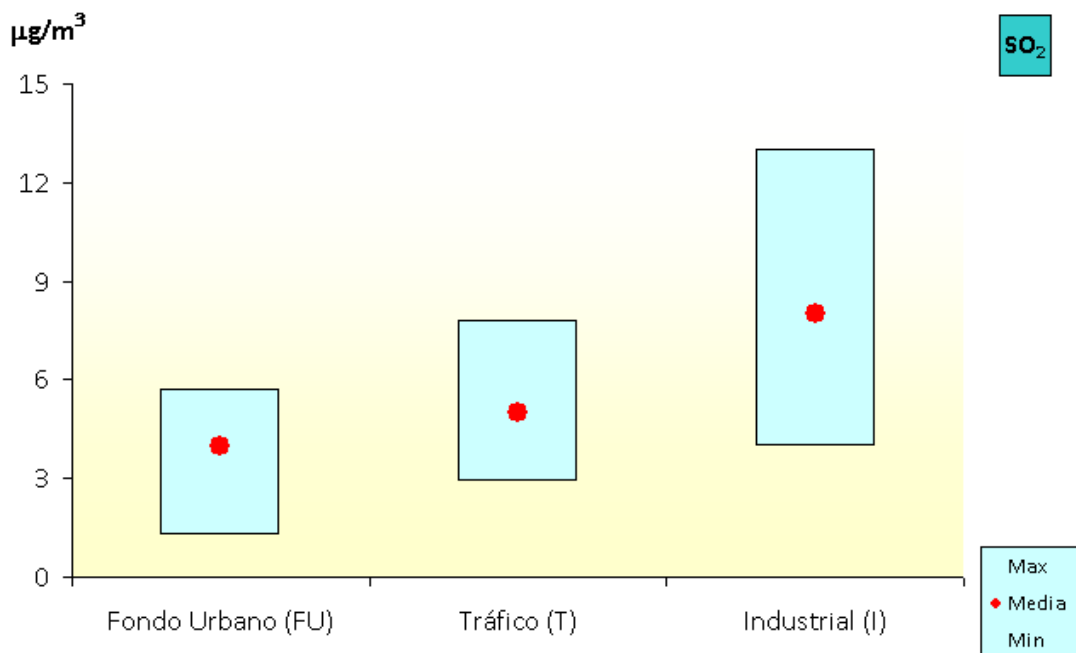


Figura 4.155. Rango de variación en 2012 de los valores de  $\text{SO}_2$  para los diferentes entornos en las ciudades de estudio.



#### 4.10.2 NO<sub>2</sub>

**Fondo urbano:** Se dispone de datos para 9 ciudades, y éstas muestran un rango de concentraciones en 2012 de entre 10 y 42 µg/m<sup>3</sup> (para Palma y Barcelona, respectivamente), con una media de 24 µg/m<sup>3</sup>. Se observa una tendencia decreciente estadísticamente significativa en Madrid (\*\*\*), Palma de Mallorca (\*\*), Córdoba (\*), Valencia (\*) y Barcelona (\*), con un ratio de decrecimiento medio para las 9 ciudades de -1,1%/año, y un descenso acumulado de un -12% desde 2001 a 2012. Esta ligera disminución ha sido progresiva, aunque se produjo un aumento entre 2004 y un mínimo en 2008 (Figura 4.161).

**Tráfico** (15 ciudades): Rango de concentraciones en 2012 de entre 25 y 61 µg/m<sup>3</sup>, valores correspondientes a Palma y a Barcelona, respectivamente, con una media de 34 µg/m<sup>3</sup>. Se observa una tendencia decreciente estadísticamente significativa en Zaragoza (\*\*), Valencia (\*), Sevilla (\*), Madrid (\*), Palma de Mallorca (+), Granada (+), Pamplona (+) y Murcia (+), con un ratio de decrecimiento medio para las 15 ciudades de -1,8%/año, y un descenso acumulado de un -20% desde 2001 a 2012. Esta ligera disminución ha sido progresiva, aunque se puede detectar un mínimo en 2008 (Figura 4.161).

**Industrial** (10 ciudades): Rango de concentraciones en 2012 de entre 11 y 38 µg/m<sup>3</sup>, extremos correspondientes a Vigo y La Coruña, con una media de 34 µg/m<sup>3</sup>. Se observa una tendencia decreciente estadísticamente significativa en Gijón (\*\*), Avilés (\*\*), Las Palmas (\*) y A Coruña (+) y Oviedo (+), y creciente en el caso de Vigo (\*), con un ratio de decrecimiento medio para las 10 ciudades de -2,0%/año, y un descenso acumulado de un -22% desde 2001 a 2012. En el caso de Vigo el aumento acumulado ha sido del 275%. La tendencia media de las 10 estaciones se caracteriza por una ligera disminución que ha sido progresiva, aunque se puede detectar un mínimo en 2004 seguido de un incremento hasta 2009 y un descenso hasta 2012 (Figura 4.161).

La Figura 4.156 resume todas estas variaciones en los rangos de concentración de NO<sub>2</sub>, por tipo de ambiente.

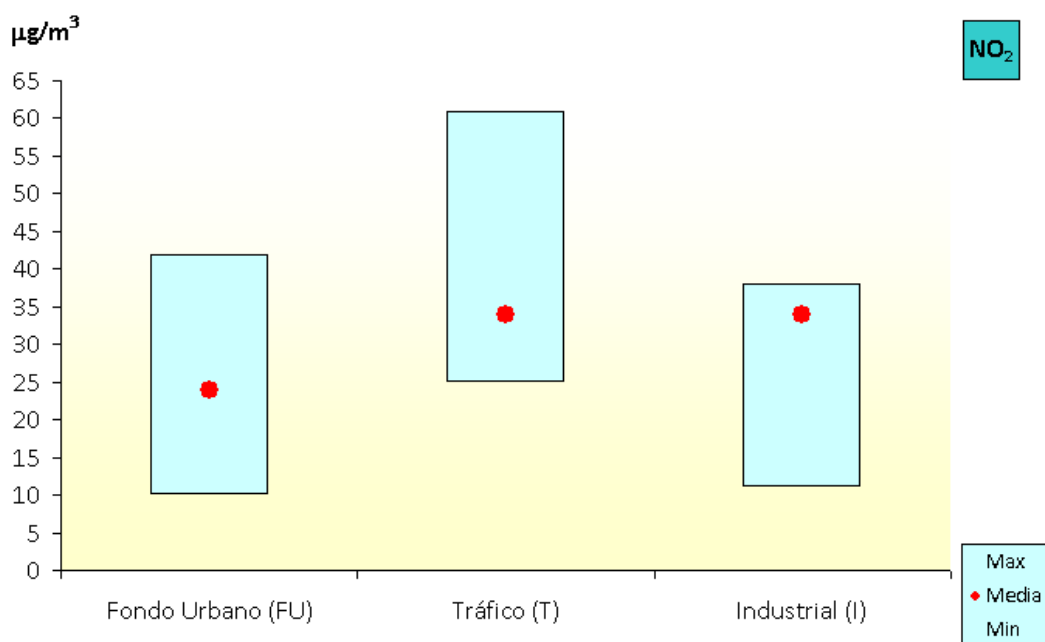


Figura 4.156. Rango de variación en 2012 de los valores de NO<sub>2</sub> para los diferentes entornos en las ciudades de estudio.

4.10.3 O<sub>3</sub>

**Fondo urbano:** Se dispone de datos para 10 ciudades, y éstas muestran un rango de concentraciones en 2012 que varía entre 40 y 62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (valores correspondientes, respectivamente, a Madrid y a Córdoba), con una media de 54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se observa una tendencia creciente estadísticamente significativa en el 50% de las ciudades (en concreto, en Sevilla (\*\*\*), Barcelona (\*\*), Málaga (\*), Valencia (\*) y Zaragoza (\*)), con un ratio de decrecimiento medio para las 10 ciudades de +1,7%/año, y un incremento acumulado de un +13% desde 2004 a 2012. Este ligero incremento no se detecta a nivel de fondo regional (ver capítulo 6) y se atribuye a una disminución de los niveles de NO<sub>x</sub> (en especial de NO) que consume el O<sub>3</sub> en ambientes urbanos. La tendencia se caracteriza por un progresivo aumento hasta 2009 y un ligero descenso desde 2009 a 2012 (Figura 4.161).

**Tráfico** (14 ciudades): Rango de concentraciones en 2012 de entre 35 y 59  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (correspondientes a Bilbao y a Palma, respectivamente), y una excepción (Granada, con 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), con una media de 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se observa una tendencia creciente estadísticamente significativa) en Valencia (\*\*), Barcelona (\*\*), Zaragoza (\*\*), L'Hospitalet (\*), Madrid (+) y Las Palmas (+), con un ratio de decrecimiento medio para las 14 ciudades de +3.0%/año, y un incremento acumulado de un +24% desde 2004 a 2012. Como en el caso de fondo urbano, este incremento se debe probablemente al descenso de los niveles de NO, el cual consume O<sub>3</sub> en ambientes de tráfico. La tendencia se caracteriza por un progresivo aumento paralelo al descrito para fondo urbano (Figura 4.161).

**Industrial** (8 ciudades): Rango de concentraciones en 2012 entre de 35 y 52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (valores de A Coruña y Sevilla, respectivamente), con una media de 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se observa una tendencia creciente estadísticamente significativa en Las Palmas (\*\*\*) y Sevilla (\*\*\*), con un ratio de decrecimiento medio para las 8 ciudades de +1,2%/año, y un incremento acumulado de un +9% desde 2004 a 2012. Como en el caso de fondo urbano y tráfico este ligero incremento se debe probablemente al descenso de los niveles de NO, el cual consume O<sub>3</sub> en ambientes urbanos. La tendencia se caracteriza por un progresivo aumento paralelo al descrito para fondo urbano y tráfico (Figura 4.161).

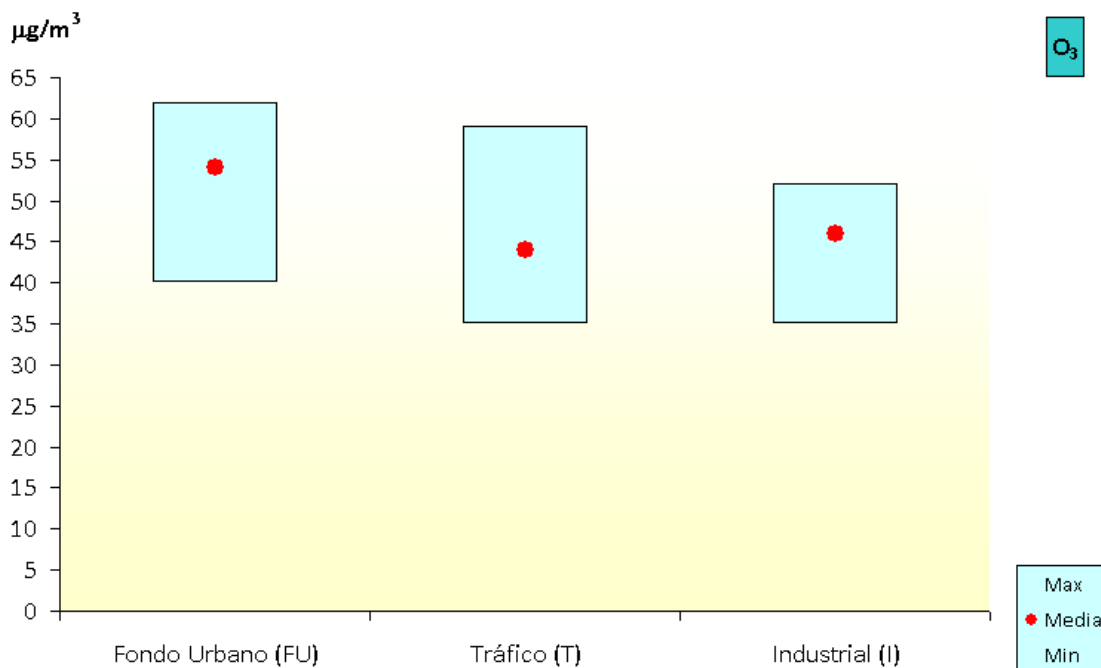


Figura 4.157. Rango de variación en 2012 de los valores de O<sub>3</sub> para los diferentes entornos en las ciudades de estudio.

#### 4.10.4 CO

**Fondo urbano:** Se dispone de datos para 7 ciudades, y éstas muestran un rango de concentraciones en 2012 de entre 0,2 y 0,6 mg/m<sup>3</sup> (correspondientes a Bilbao y Pamplona), con media de 0,3 mg/m<sup>3</sup>. Se observa una tendencia decreciente estadísticamente significativa en la mayoría de las ciudades (Zaragoza (\*\*\*) , Sevilla (\*\*\*) , Madrid (\*\*), Valencia (\*), Bilbao (\*) y Pamplona (+)), con un ratio de decrecimiento medio para las 7 ciudades de -3,8%/año, y una disminución acumulada de un -34% desde 2003 a 2012. Esta disminución puede deberse a la reducción de los niveles de CO del tráfico rodado debido a las normas EURO4 y EURO5, pero también a la progresiva dieselización del parque de vehículos, ya que los niveles de emisión de CO de los vehículos de gasolina son muy superiores a los de diésel. La tendencia se caracteriza por un paulatino descenso de los niveles en 2003-2009, y unos valores constantes para 2009-2012 (Figura 4.161).

**Tráfico** (13 ciudades): Rango de concentraciones en 2012 de entre 0,1 y 0,6 mg/m<sup>3</sup> (en Valladolid y Barcelona, respectivamente), con una media de 0,3 mg/m<sup>3</sup>. Se observa una tendencia decreciente estadísticamente significativa en la mayoría de las ciudades (Sevilla (\*\*\*) , Zaragoza (\*\*\*) , Alicante (\*\*), Valencia (\*\*), Granada (\*\*), Murcia (\*), Valladolid (\*), Madrid (\*), Bilbao (\*), L'Hospitalet (\*) y Las Palmas (+)), con un ratio de decrecimiento medio para las 13 ciudades de -6,4%/año, y una disminución acumulada de un -58% desde 2003 a 2012. La mayor disminución de CO en estaciones de tráfico respecto a las de fondo urbano corrobora el origen del tráfico y de las causas apuntadas anteriormente como principales motivos de su decrecimiento. La tendencia, al igual para las estaciones de fondo urbano, se caracteriza por un progresivo descenso de los niveles en 2003-2009, y un decrecimiento mucho menos marcado para 2009-2012 (Figura 4.161).

**Industrial** (4 ciudades): Rango de concentraciones en 2012 de entre 0,2 y 0,4 mg/m<sup>3</sup> (correspondientes a Gijón y Oviedo, en ese orden), con una media de 0,3 mg/m<sup>3</sup>. Se aprecia una tendencia decreciente estadísticamente significativa en la mayoría de las ciudades (como en Avilés (\*\*), Santa Cruz de Tenerife (\*) y Gijón (\*)), con un ratio de decrecimiento medio para las 4 ciudades de -5,1%/año, y una disminución acumulada de un -46% desde 2003 a 2012. Muchas de estas estaciones además de ser industriales tienen una alta influencia del tráfico. La tendencia se caracteriza por un progresivo descenso de los niveles en 2003-2008 y un estancamiento para 2008-2012 (Figura 4.161).

La Figura 4.158 resume todas estas variaciones en los rangos de concentración de CO, por tipo de ambiente.

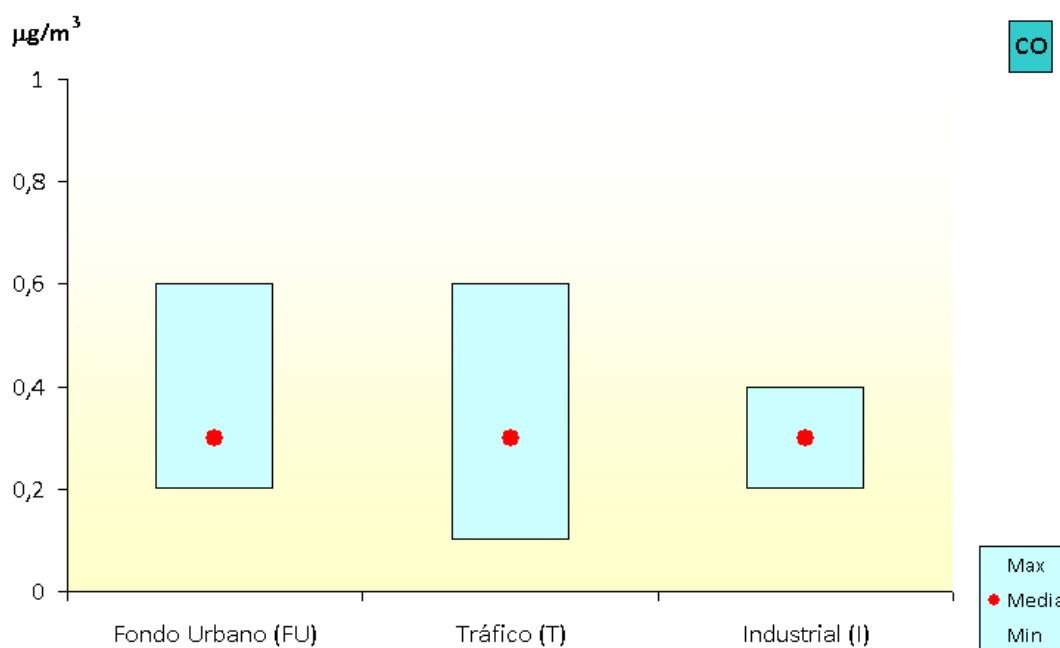


Figura 4.158. Rango de variación en 2012 de los valores de CO para los diferentes entornos en las ciudades de estudio.

#### 4.10.5 PM10

**Fondo urbano:** Se dispone de datos para 9 ciudades, y éstas muestran un rango de concentraciones en 2012 que varía entre 18 y 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (correspondientes a Palma y Bilbao, respectivamente), con media de 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se observa una tendencia decreciente estadísticamente significativa en Madrid (\*\*\*) , Barcelona (\*\*), Valencia (\*\*), Palma (\*) y Pamplona (\*), con un ratio de decrecimiento medio para las 9 ciudades de -1,9%/año, y un descenso acumulado de un -21% desde 2001 a 2012. Esta disminución ha sido progresiva desde 2007, mientras que en 2001-2007 los niveles se mantuvieron constantes (Figura 4.162).

**Tráfico** (12 ciudades): Rango de concentraciones en 2012 de entre 20 y 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  correspondientes respectivamente a Valladolid y a Granada, con una media de 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se observa una tendencia decreciente estadísticamente significativa en la mayoría de las ciudades (Las Palmas (\*\*\*) , L'Hospitalet (\*\*\*) , Madrid (\*\*), Valladolid (\*\*), Pamplona (\*), Palma (\*), Alicante (+)), con un ratio de decrecimiento medio para las 11 ciudades de -3,3%/año, y un descenso acumulado de un -36% desde 2001 a 2012. Esta disminución ha seguido la tendencia descrita para las estaciones de fondo urbano (Figura 4.162).

**Industrial** (7 ciudades): El rango de concentraciones en 2012 oscila entre 18 y 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valores correspondientes a Las Palmas y Avilés, respectivamente, con una media de 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se aprecia una tendencia decreciente estadísticamente significativa en Gijón (\*\*\*) , Avilés (\*\*\*) , Oviedo (\*\*), Las Palmas (\*) y Santa Cruz (+), con un ratio de decrecimiento medio para las 10 ciudades de -4,70%/año, y un descenso acumulado de un -52% desde 2001 a 2012. La tendencia media de las 7 estaciones se caracteriza por una drástica disminución 2001-2008 y unos niveles constantes para 2009-2012 (Figura 4.162).

La Figura 4.159 resume todas estas variaciones en los rangos de concentración de PM10, por tipo de ambiente.

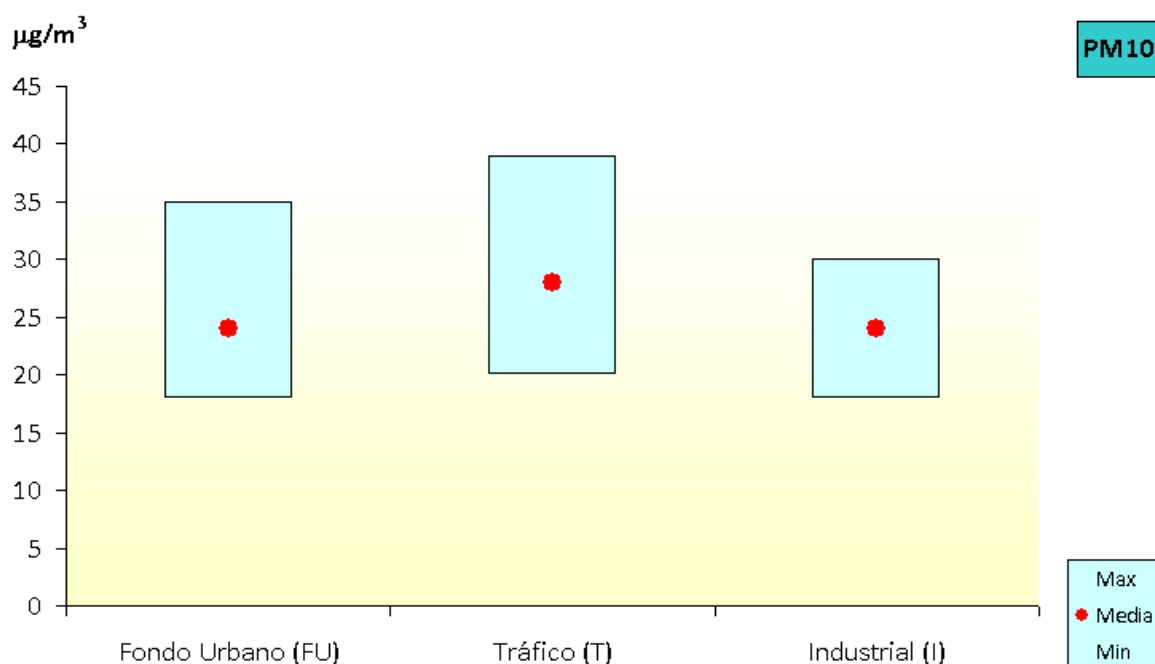


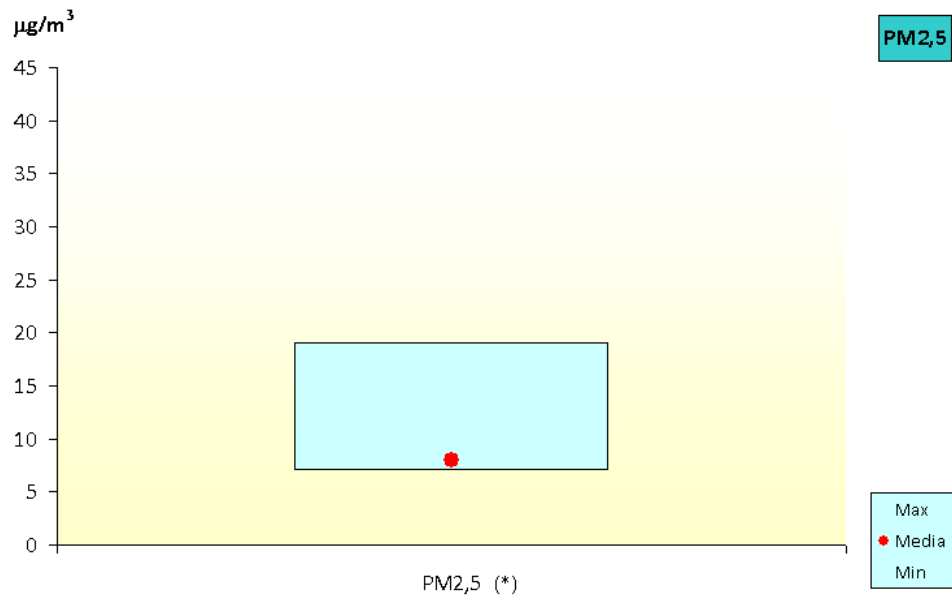
Figura 4.159. Rango de variación en 2012 de los valores de PM10 para los diferentes entornos en las ciudades de estudio.

#### 4.10.6 PM2,5

En el caso de las partículas PM2,5 sólo se dispone de series largas (2003-2012) de medida para únicamente 5 ciudades, por lo que el análisis se ha efectuado de forma conjunta, sin distinguir entre ambientes de fondo urbano, de tráfico o industriales. Las series muestran un rango de concentraciones en 2012 de entre 7 y 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , correspondientes a Santa Cruz y Barcelona (en ese orden), con una media de 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para las estaciones insulares canarias y de 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para las 3 estaciones urbanas peninsulares. Se observa una tendencia decreciente estadísticamente significativa en todas ellas (Las Palmas (\*\*\*) , Barcelona (\*), Madrid (+), Valencia (+) y Santa Cruz (+)), con un ratio de decrecimiento medio de -2,7%/año entre 2004 y 2012, y un descenso acumulado de -29% para estos 8 años. Esta disminución ha sido progresiva a lo largo del periodo estudiado (Figura 4.162).

La Figura 4.159 resume todas estas variaciones en los rangos de concentración de PM2,5.





(\*): Análisis conjunto, que no diferencia entre estaciones UF, T e I

Figura 4.160. Rango de variación en 2012 de los valores de PM<sub>2,5</sub> en las ciudades de estudio (el análisis se efectúa de manera conjunta, sin distinguir tipos de ambiente).

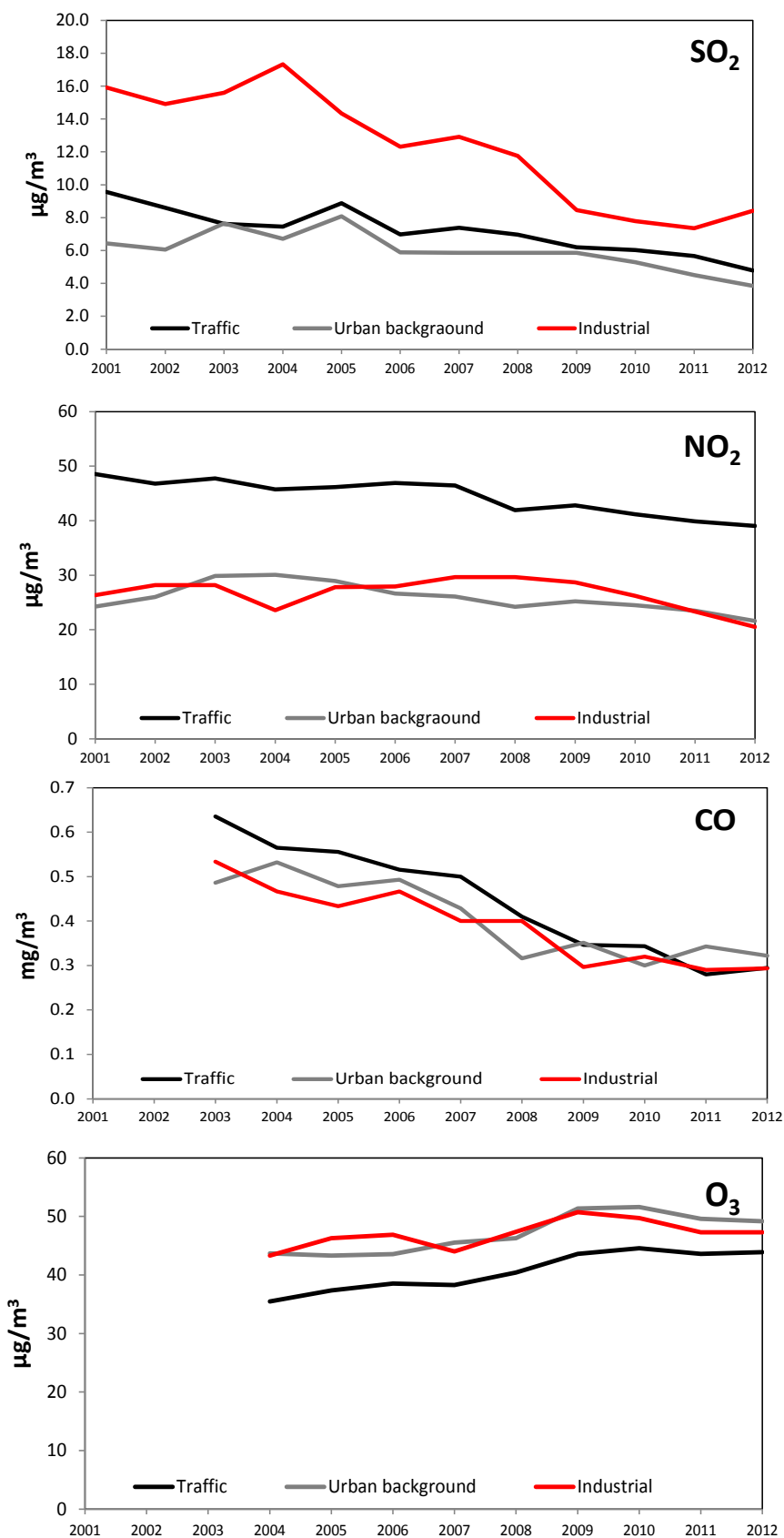


Figura 4.161. Tendencias 2001-2012 de niveles medios de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en ambientes de fondo urbano, tráfico e industriales en ciudades de España con población superior a 240.000 habitantes.

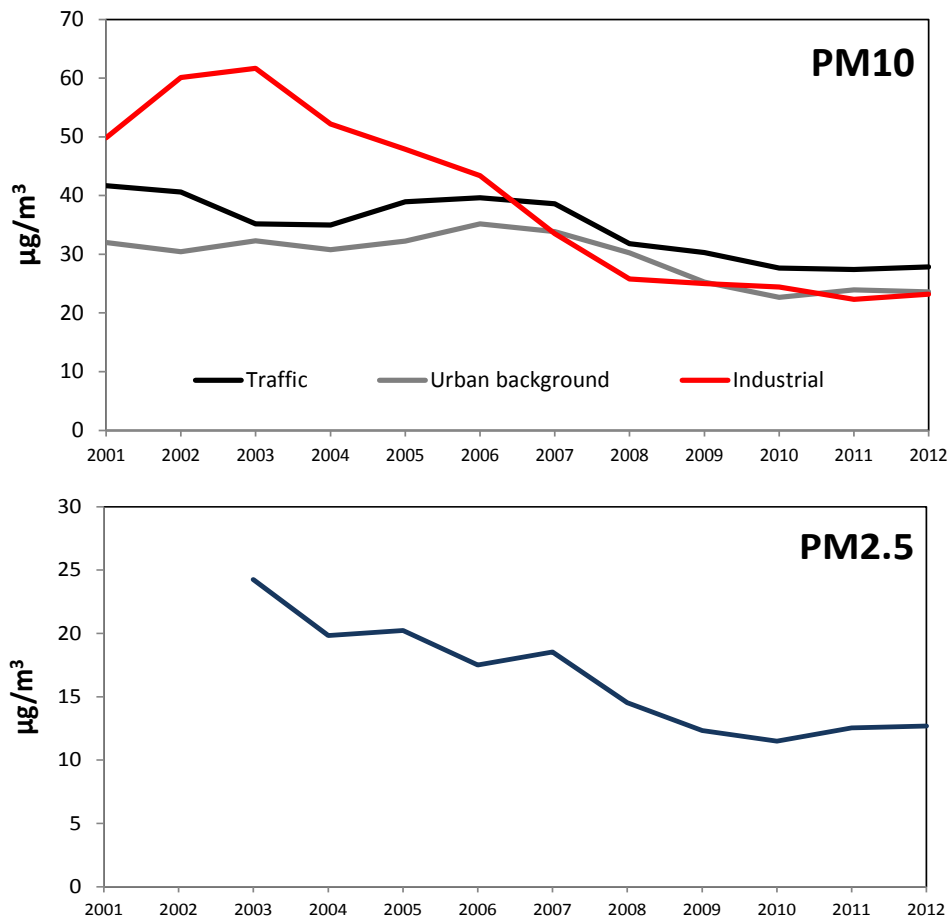


Figura 4.162. Tendencias 2001-2012 de niveles medios de PM10 y PM2,5 en ambientes de fondo urbano, tráfico e industriales en ciudades de España con población superior a 240.000 habitantes (sólo se distingue por tipo de ambiente en el caso de PM10).

#### 4.10.7 Conclusiones

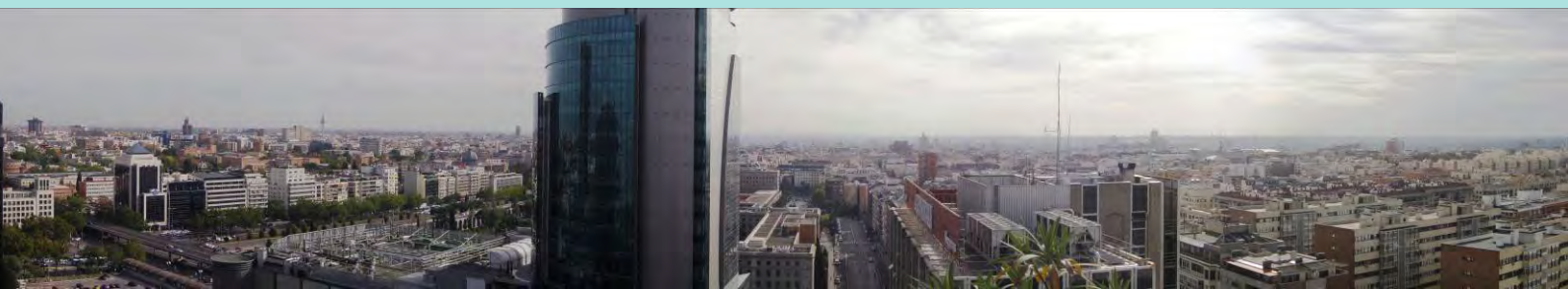
A modo de resumen de lo expuesto se destacan las siguientes tendencias:

1. Los niveles de  $\text{SO}_2$ , CO, PM10 y PM2,5 han descendido marcadamente en los últimos 12 años, tanto en entornos rurales, urbanos, como industriales de España, como consecuencia de las políticas ambientales aplicadas sobre las emisiones de fuentes fijas, móviles y difusas. Se destaca especialmente el efecto de las normas EURO en cuanto a emisiones de PM y CO de los vehículos, de las Directivas IPPC y de grandes instalaciones de combustión (GIC), así como de aquellas que han hecho reducir el contenido en azufre de los combustibles en lo que respecta al  $\text{SO}_2$ .
2. En  $\text{NO}_2$  se ha registrado un descenso mucho menos marcado, debido al bajo efecto de las normas EURO de los vehículos en el caso de este contaminante, y al hecho de que las emisiones industriales de  $\text{NO}_x$  en España han disminuido mucho menos que las de otros contaminantes como  $\text{SO}_2$  y PM. No obstante, la disminución de las emisiones de  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) ha sido mucho más marcada para el NO que para  $\text{NO}_2$ .
3. Esta ligera disminución de  $\text{NO}_x$ , y en especial del NO causa un claro incremento de los niveles de  $\text{O}_3$  urbanos, debido a que el NO es un contaminante primario que consume  $\text{O}_3$ . Al reducirse el primero, el consumo de  $\text{O}_3$  es menor. La disminución del NO cesó hace unos pocos años y desde entonces el  $\text{O}_3$  se mantiene constantemente más elevado que al

principio del periodo de estudio. Es de esperar que si en los años venideros se actúa drásticamente sobre los niveles de NO<sub>2</sub>, los niveles de O<sub>3</sub> se volverán a reducir.

4. En entornos rurales los niveles de O<sub>3</sub>, permanecen constantemente elevados a lo largo de estos últimos 12 años.

Los resultados demuestran pues un claro efecto **positivo** y **beneficioso** de las políticas ambientales seguidas en calidad del aire en los últimos años. Sin embargo, para cumplir los niveles guía de la **OMS** quedan aún importantes actuaciones para realizar en la próxima década.



## **5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN 2012: CONTAMINANTES PRINCIPALES CON VALORES LEGISLADOS**





## 5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN 2012: CONTAMINANTES PRINCIPALES CON VALORES LEGISLADOS

En síntesis, en el año 2012 se han incumplido los valores legales que establece la normativa vigente en el número de zonas indicado en la Tabla 5.1, según contaminante.

Tabla 5.1. Número de zonas con incumplimientos de los valores legales (2012).

Contaminante		Total Zonas evaluadas	Zonas > Valor Límite (VL)	Zonas > Valor Objetivo (VO)
SO <sub>2</sub>	Horario	132	0	--
	Diario	132	0	--
NO <sub>2</sub>	Horario	134	2	--
	Anual	134	4(3) <sup>3</sup>	--
PM10	Diario	135	9(11) <sup>4</sup>	--
	Anual	135	1	--
PM2,5	Salud	135	0 <sup>1</sup>	0 <sup>2</sup>
O <sub>3</sub>	Salud	135	--	51
CO		128	0	--
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>		122	0	--
Pb		81	0	--
As		82	--	0
Cd		82	--	0
Ni		82	--	1
B(a)P		82	--	0






(1): Valor límite para la protección de la salud (fecha de cumplimiento: 01/01/2015)

(2): Valor objetivo para la protección de la salud (fecha de cumplimiento: 01/01/2010)

(3): Con otras tres zonas >VL pero ≤VL+MdT (por prórroga)

(4): Zonas que dejan de superar tras descuento de intrusiones

En la Tabla 5.2 se resumen los resultados de la evaluación 2012<sup>1</sup> para todo el territorio español, si bien hay que tener en cuenta que hay zonas específicas por contaminante (es decir, no todas las zonas evalúan todos los contaminantes). La clave de color utilizada significa lo siguiente:

	La zona no evalúa el contaminante
	Por debajo de los valores legislados, ya se trate de valor límite (VL) o de valor objetivo (VO)
	Entre el valor objetivo (VO) y el valor objetivo a largo plazo (VOLP)
	Por encima de los valores legislados ya se trate de valor límite (VL) o de valor objetivo (VO)
	Deja de superar los valores legislados tras el descuento de intrusiones.

Y con la siguiente leyenda:

(H): Horario

(D): Diario

(A): Anual

(S): Salud

<sup>1</sup> El informe completo "Avance de la Evaluación de la Calidad del Aire en España 2012" se puede encontrar en la dirección:

[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Informe\\_evaluaci%C3%B3n\\_calidad\\_aire\\_Espa%C3%B1a\\_2012\\_final\\_tcm7-294484.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Informe_evaluaci%C3%B3n_calidad_aire_Espa%C3%B1a_2012_final_tcm7-294484.pdf)

Tabla 5.2. Contaminantes evaluados por zonas (2012).

Comunidad Autónoma	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub> (H)	SO <sub>2</sub> (D)	NO <sub>2</sub> (H)	NO <sub>2</sub> (A)	PM10 (D)	PM10 (A)	Pb (A)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (A)	CO (A)	O <sub>3</sub> (S)	As (A)	Cd (A)	Ni (A)	B(a)P (A)	PM2,5 (A)		
Andalucía	Zona Industrial de Bahía de Algeciras	ES0104																	
	Zona Industrial de Bailén	ES0108																	
	Córdoba	ES0111																	
	Zona Industrial de Carboneras	ES0116																	
	Granada y Área Metropolitana	ES0118																	
	Málaga y Costa del Sol	ES0119																	
	Nueva Zona Industrial de Huelva	ES0121																	
	Nueva Zona de Núcleos de 50.000 a 250.000 Habitantes	ES0122																	
	Nueva Zonas Rurales	ES0123																	
	Nueva Zona de la Bahía de Cádiz	ES0124																	
	Nueva Zona Sevilla y Área Metropolitana	ES0125																	
	Nueva Zona Industrial de Puente Nuevo	ES0127																	
	Aragón	Pirineos	ES0201																
		Valle del Ebro	ES0202																
		Bajo Aragón	ES0203																
Cordillera Ibérica		ES0204																	
Zaragoza		ES0205																	
Asturias (Principado de)	Aragón (sin Aglomeraciones)	ES0206																	
	Asturias Occidental	ES0301																	
Asturias (Principado de)	Asturias Central	ES0302																	
	Asturias Oriental	ES0303																	
	Gijón	ES0304																	
Asturias	ES0305																		

Tabla 5.2. Contaminantes evaluados por zonas (2012).

Comunidad Autónoma	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub> (H)	SO <sub>2</sub> (D)	NO <sub>2</sub> (H)	NO <sub>2</sub> (A)	PM <sub>10</sub> (D)	PM <sub>10</sub> (A)	Pb (A)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (A)	CO (A)	O <sub>3</sub> (S)	As (A)	Cd (A)	Ni (A)	B(a)P (A)	PM <sub>2,5</sub> (A)
Balears (Illes)	Palma	ES0401															
	Sierra de Tramuntana	ES0402															
	Menorca-Maó-es Castell	ES0409															
	Resto Menorca	ES0410															
	Eivissa	ES0411															
	Resto Eivissa-Formentera	ES0412															
	Resto Mallorca	ES0413															
	Las Palmas de Gran Canaria	ES0501															
	Fuerteventura y Lanzarote	ES0504															
Canarias	La Palma, la Gomera y el Hierro	ES0508															
	Norte de Gran Canaria	ES0509															
	Sur de Gran Canaria	ES0510															
	Sta. Cruz de Tenerife-S. Cristóbal de la Laguna	ES0511															
	Norte de Tenerife	ES0512															
	Sur de Tenerife	ES0513															
	Bahía de Santander	ES0601															
	Comarca de Torrelavega	ES0602															
	Cantabria Zona Litoral	ES0603															
Castilla-La Mancha	Cantabria Zona Interior	ES0604															
	Comarca de Puertollano	ES0705															
	Zona Industrial del Norte	ES0706															
	Castilla-La Mancha	ES0709															
	Resto de Castilla-La Mancha 1	ES0710															
	Resto de Castilla-La Mancha 2	ES0711															
	Resto de Castilla-La Mancha 3	ES0712															

Tabla 5.2. Contaminantes evaluados por zonas (2012).

Comunidad Autónoma	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub> (H)	SO <sub>2</sub> (D)	NO <sub>2</sub> (H)	NO <sub>2</sub> (A)	PM10 (D)	PM10 (A)	Pb (A)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (A)	CO (A)	O <sub>3</sub> (S)	As (A)	Cd (A)	Ni (A)	B(e)P (A)	PM2.5 (A)
Castilla-La Mancha (sigue)	Resto de Castilla-La Mancha 4	ES0713															
	Corredor del Henares	ES0714															
	Cuenca	ES0715															
	Montes de Guadalaajara	ES0716															
	Montes de Toledo	ES0717															
	Aglomeración Burgos	ES0801															
	Aglomeración León	ES0802															
Castilla y León	Aglomeración Salamanca	ES0803															
	Aglomeración Valladolid	ES0804															
	Territorio de Cyl	ES0815															
	Municipios Industriales de Cyl	ES0816															
	Cerrato	ES0817															
	Municipios Medianos de Cyl	ES0818															
	Montañas del Noroeste de Cyl	ES0819															
	Bierzo	ES0820															
	Meseta Central de Cyl	ES0821															
	Cuenca del Ebro de Cyl	ES0822															
	Duero Norte de Cyl	ES0823															
	Duero sur de Cyl	ES0824															
	Montaña Norte de Cyl	ES0825															
	Montaña Sur de Cyl	ES0826															
	Valle del Tiétar y Alberche	ES0827															
Soria y Demanda	ES0828																

Tabla 5.2. Contaminantes evaluados por zonas (2012).

Comunidad Autónoma	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub> (H)	SO <sub>2</sub> (D)	NO <sub>2</sub> (H)	NO <sub>2</sub> (A)	PM10 (D)	PM10 (A)	Pb (A)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (A)	CO (A)	O <sub>3</sub> (S)	As (A)	Cd (A)	Ni (A)	B(g)P (A)	PM2,5 (A)		
Cataluña	Área de Barcelona	ES0901																	
	Vallès-Baix Llobregat	ES0902																	
	Penedès - Garraf	ES0903																	
	Camp de Tarragona	ES0904																	
	Catalunya Central	ES0905																	
	Plana de Vic	ES0906																	
	Maresme	ES0907																	
	Comarques de Girona	ES0908																	
	Empordà	ES0909																	
	Alt Llobregat	ES0910																	
	Pirineu Oriental	ES0911																	
	Pirineu Occidental	ES0912																	
	Prepirineu	ES0913																	
	Terres de Ponent	ES0914																	
	Terres de L'Ebre	ES0915																	
Comunidad Valenciana	Cervol-Els Ports. Área Costera	ES1001																	
	Cervol-Els ports. Área Interior	ES1002																	
	Mijares-Peñagolosa . Área Costera	ES1003																	
	Mijares-Peñagolosa. Área Interior	ES1004																	
	Palancia-Javalambre. Área Costera	ES1005																	
	Palancia-Javalambre. Área Interior	ES1006																	
	Turia. Área Costera	ES1007																	
	Turia. Área Interior	ES1008																	
	Jucar-Cabriel. Área Costera	ES1009																	
	Jucar-Cabriel. Área Interior	ES1010																	

Tabla 5.2. Contaminantes evaluados por zonas (2012).

Comunidad Autónoma	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub> (H)	SO <sub>2</sub> (D)	NO <sub>2</sub> (H)	NO <sub>2</sub> (A)	PM10 (D)	PM10 (A)	Pb (A)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (A)	CO (A)	O <sub>3</sub> (S)	As (A)	Cd (A)	Ni (A)	B(a)P (A)	PM2,5 (A)			
Comunidad Valenciana (sigue)	Bética-Serpis. Área Costera	ES1011																		
	Bética-Serpis. Área Interior	ES1012																		
	Segura-Vinalopó. Área Costera	ES1013																		
	Segura-vinalopo. Área interior	ES1014																		
	Castelló	ES1015																		
	L'Horta	ES1016																		
	Alacant	ES1017																		
	Eix	ES1018																		
	Cáceres	ES1101																		
	Badajoz	ES1102																		
	Núcleos de Población de más de 20.000 Habitantes	ES1103																		
	Extremadura Rural	ES1104																		
	A Coruña	ES1201																		
	Ferrol	ES1202																		
Santiago	ES1203																			
Lugo	ES1204																			
Ourense	ES1205																			
Pontevedra	ES1206																			
Vigo	ES1207																			
A (Ferrolterra-Ortegal)	ES1208																			
C (Terra Chá)	ES1210																			
D (Valdeorras)	ES1211																			
E (a Limia-Miño)	ES1212																			
F (sur das rías Baixas)	ES1213																			
G (Franja Fisterra-Santiago)	ES1214																			
Extremadura																				
Galicia																				



Tabla 5.2. Contaminantes evaluados por zonas (2012).

Comunidad Autónoma	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub> (H)	SO <sub>2</sub> (D)	NO <sub>2</sub> (H)	NO <sub>2</sub> (A)	PM10 (D)	PM10 (A)	Pb (A)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (A)	CO (A)	O <sub>3</sub> (S)	As (A)	Cd (A)	Ni (A)	B(a)P (A)	PM2,5 (A)	
Galicia (sigue)	H (a Mariña)	ES1215																
	B2 (Franja Órdes-Eume II)	ES1216																
	I (Arteixo)	ES1217																
	Galicia	ES1218																
Madrid (Comunidad de)	Madrid	ES1301																
	Corredor del Henares	ES1308																
	Urbana Sur	ES1309																
	Urbana Noroeste	ES1310																
	Sierra Norte	ES1311																
	Cuenca del Alberche	ES1312																
Madrid (Comunidad de) (sigue)	Cuenca del Tajuña	ES1313																
	Comunidad de Madrid	ES1314																
	Comunidad de Murcia Norte	ES1401																
	Comunidad de Murcia Centro	ES1402																
Murcia (Región de)	Valle de Escombreras	ES1404																
	Cartagena	ES1406																
	Ciudad de Murcia	ES1407																
	Litoral-Mar Menor	ES1408																
	Región de Murcia	ES1409																
	Montaña de la Comunidad de Navarra	ES1501																
Navarra (Comunidad Foral de)	Zona Media de la Comunidad de Navarra	ES1502																
	Ribera de la Comunidad de Navarra	ES1503																
	Comarca de Pamplona	ES1504																
	Comunidad de Navarra	ES1505																

Tabla 5.2. Contaminantes evaluados por zonas (2012).

Comunidad Autónoma	Nombre de la Zona	Código	SO <sub>2</sub> (H)	SO <sub>2</sub> (D)	NO <sub>2</sub> (H)	NO <sub>2</sub> (A)	PM10 (D)	PM10 (A)	Pb (A)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (A)	CO (A)	O <sub>3</sub> (S)	As (A)	Cd (A)	Ni (A)	B(p)P (A)	PM2,5 (A)	
País Vasco	Encartaciones - Alto Nervión	ES1601																
	Bajo Nervión	ES1602																
	Kostaldea	ES1603																
	Donostialdea	ES1604																
	Alto Ibaizabal - Alto Deba	ES1605																
	Goierri	ES1606																
	Llanada Alavesa	ES1607																
	País Vasco Ribera	ES1608																
	País Vasco	ES1609																
	Logroño	ES1704																
Rioja (La)	La Rioja	ES1705																

Es decir, en 2012 se cumplieron todos los parámetros legislados en calidad del aire respecto a **SO<sub>2</sub>**, **CO**, **PM<sub>2,5</sub>**, **C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>**, **Pb**, **As**, **Cd** y **B(a)P**.

En el caso del **Ni** (Figura 5.1), se produjo la superación del valor objetivo de 20 ng/m<sup>3</sup> anual en la Zona Industrial de Bahía de Algeciras (ES0104), probablemente debido a las emisiones de los buques que acceden al puerto o atraviesan el estrecho (80.000 al año en este último caso) y a las emisiones de empresas metalúrgicas de la zona.



Figura 5.1. Zona industrial de Bahía de Algeciras.

En el caso del **NO<sub>2</sub>**, se registraron las superaciones en diversas zonas de calidad del aire:

- 1) Se superó el **valor límite horario** de NO<sub>2</sub> (Figuras 5.2 y 5.3) en dos zonas de las 134 existentes para este contaminante, ambas en el área metropolitana de Madrid (Madrid ES1301 y Urbana Sur ES1309)
- 2) Y se superó el **valor límite anual** (Figuras 5.4 y 5.5) en cuatro zonas (Área de Barcelona ES0901, Madrid ES1301, Vallès-Baix Llobregat ES0902 y Ciudad de Murcia ES1407), si bien existen otras tres más (Granada y Área Metropolitana ES0118, Corredor del Henares ES1308 y Madrid Urbana Sur ES1309) que tienen concedida una prórroga de cumplimiento y que superan dicho valor límite anual, aunque no el valor límite anual más su margen de tolerancia.

Así pues, las superaciones se producen mayoritariamente en zonas metropolitanas, sin que se observe una distribución geográfica definida. En estas zonas concretas se aduce al tráfico rodado como la principal causa de las superaciones de los valores límite de NO<sub>2</sub> de protección de la salud.



Figura 5.2. Cumplimiento (por estaciones) en zonas por encima del valor límite horario de NO<sub>2</sub> para la protección de la salud.

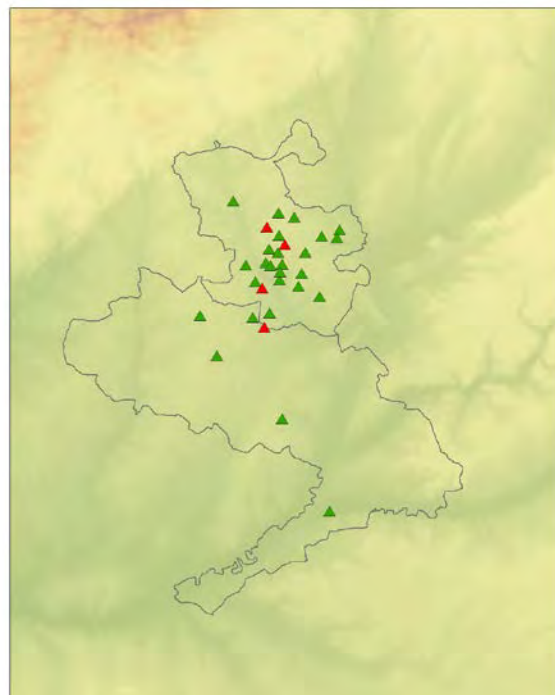


Figura 5.3. Cumplimiento (por estaciones) en zonas por encima del valor límite horario de NO<sub>2</sub> para la protección de la salud.- Detalle Zonas Madrid y Urbana Sur.



Figura 5.4. Cumplimiento (por estaciones) en zonas por encima del valor límite anual de NO<sub>2</sub> para la protección de la salud.

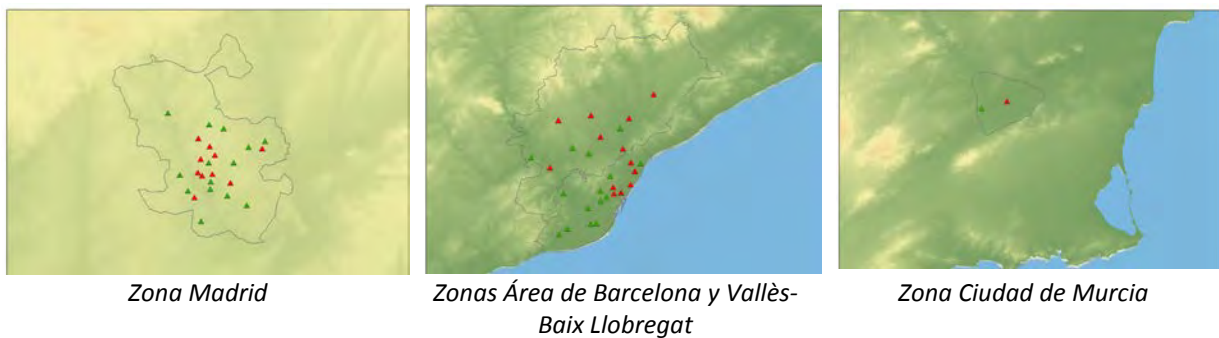


Figura 5.5. Cumplimiento (por estaciones) en zonas por encima del valor límite anual de NO<sub>2</sub> para la protección de la salud.- Detalles.

En el caso de las partículas **PM10** se registraron también superaciones en diversas zonas de calidad del aire. El **valor límite anual** de PM10 se superó únicamente en una zona (Figura 5.6), concretamente en la región industrial existente en torno a Avilés (denominada “Asturias Central”, ES0302). Esta superación se debe principalmente a los aportes industriales, ya que otras zonas con estaciones afectadas por el tráfico rodado en mayor intensidad no registran superaciones de dicho valor límite anual.



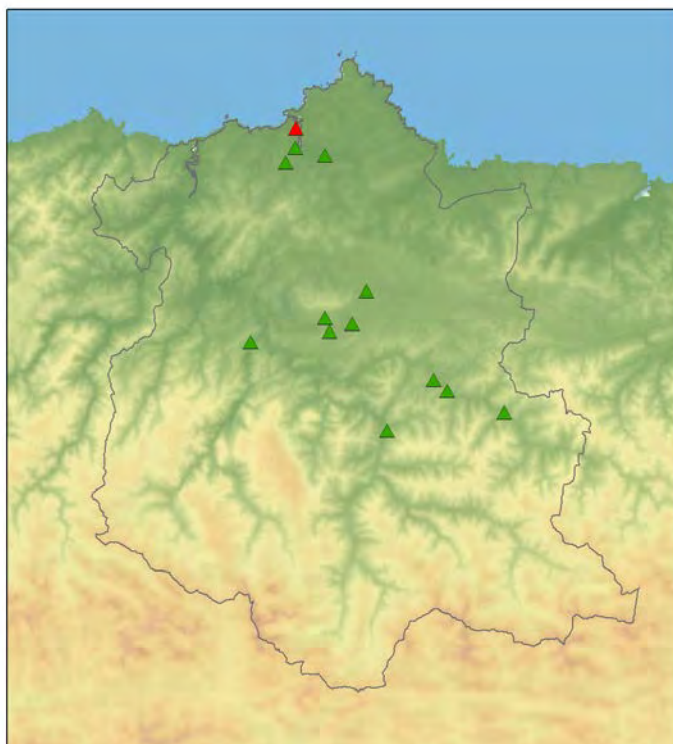


Figura 5.6. Cumplimiento (por estaciones) en zonas por encima del valor límite anual de PM10 para la protección de la salud.- detalle de la Zona "Asturias Central".

Las superaciones son más numerosas si lo que se considera es el cumplimiento del **valor límite diario** de PM10, ya que este límite es más restrictivo que el anual (Figuras 5.7 y 5.8).

En total se identifican 20 zonas (de las 135 existentes para PM10) con superaciones del valor límite diario, si bien 11 de ellas dejaron de superar tras tener en cuenta los episodios de aportes de partículas naturales de polvo africano.

- Las 9 que siguen superando se corresponden con: Nueva Zonas Rurales Andalucía ES0123; Asturias Central ES0302; Gijón ES0304; Área de Barcelona ES0901; Vallès-Baix Llobregat ES0902; Plana de Vic ES0906; Comarques de Girona ES0908; Terres de L'Ebre ES0915; y Bajo Nervión ES1602.
- Mientras que las 11 que dejaron de superar son: Zona Industrial de Bailén ES0108; Córdoba ES0111; Granada y Área Metropolitana ES0118; Málaga y Costa del Sol ES0119; Nueva Zona de Núcleos de 50.000 a 250.000 habitantes ES0122; Nueva Zona Sevilla y Área Metropolitana ES0125; Fuerteventura y Lanzarote ES0504; Sur de Gran Canaria ES0510; Sur de Tenerife ES0513; Comarca de Puertollano ES0705; y Mijares-Peñagolosa Área Costera ES1003.

Una gran parte de estas superaciones se deben a las contribuciones del tráfico rodado, pero la industria puede ser la principal causa en algunos casos. En este caso se observa una clara tendencia geográfica, con una mayor concentración de superaciones en zonas industriales (Avilés-Gijón y Puertollano), así como en zonas de Andalucía, Canarias, Cataluña y del Bajo Nervión.





Figura 5.7. Cumplimiento (por estaciones) en zonas por encima del valor límite diario de PM10.

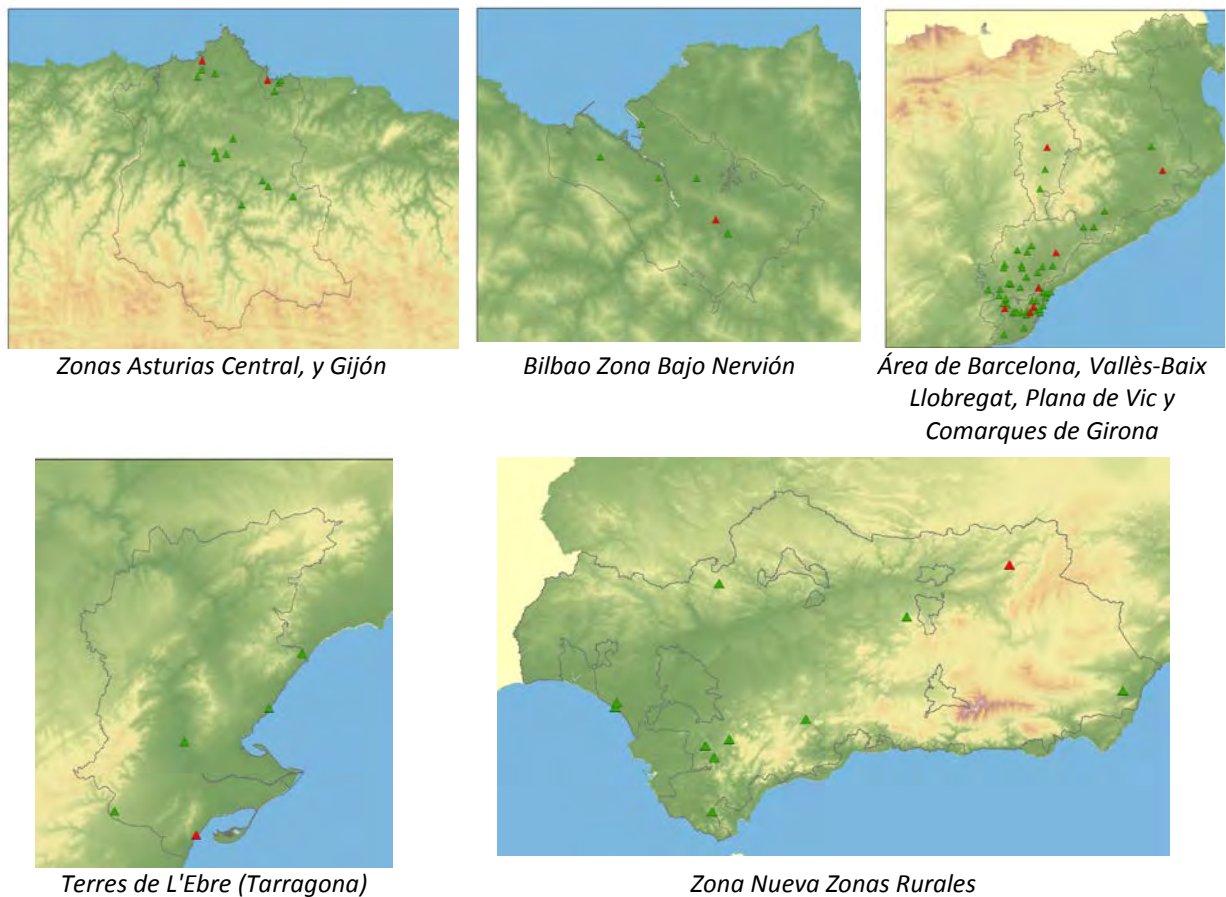


Figura 5.8. Cumplimiento (por estaciones) en zonas por encima del valor límite diario de PM10.- Detalles.

Aunque las superaciones de NO<sub>2</sub> y PM10 se producen en un número reducido de zonas, en ellas habita una gran parte de la población española, por encontrarse entre las más pobladas. Sin embargo, en el caso del O<sub>3</sub> la situación es diferente.

En 2012 se registraron 51 superaciones del **valor objetivo** de protección de la salud (y otras 56 superaciones del valor objetivo de protección de la vegetación), entre un total de 135 zonas existentes. No obstante, hay que destacar que esta situación de superaciones generalizadas se mantiene desde hace años y no solamente en España, sino también en la mayoría de los países del sur de Europa.

Como se ha indicado anteriormente, el O<sub>3</sub> es un contaminante secundario que se forma en la atmósfera a partir de contaminantes gaseoso precursores, tanto de tipo antropogénico (NO<sub>x</sub>, COV<sub>s</sub>, CO) como naturales (COV<sub>s</sub> biogénicos), y su generación se ve muy favorecida por la alta radiación solar y los episodios de estancamiento atmosférico, típicos de la zona mediterránea. Las Figuras 5.9 y 5.10 muestran la distribución espacial en Europa para 2011 de las superaciones de los valores legislados de O<sub>3</sub>, PM10 y NO<sub>2</sub>, y en ellas se pueden observar los rasgos espaciales descritos para la distribución geográfica de las superaciones.

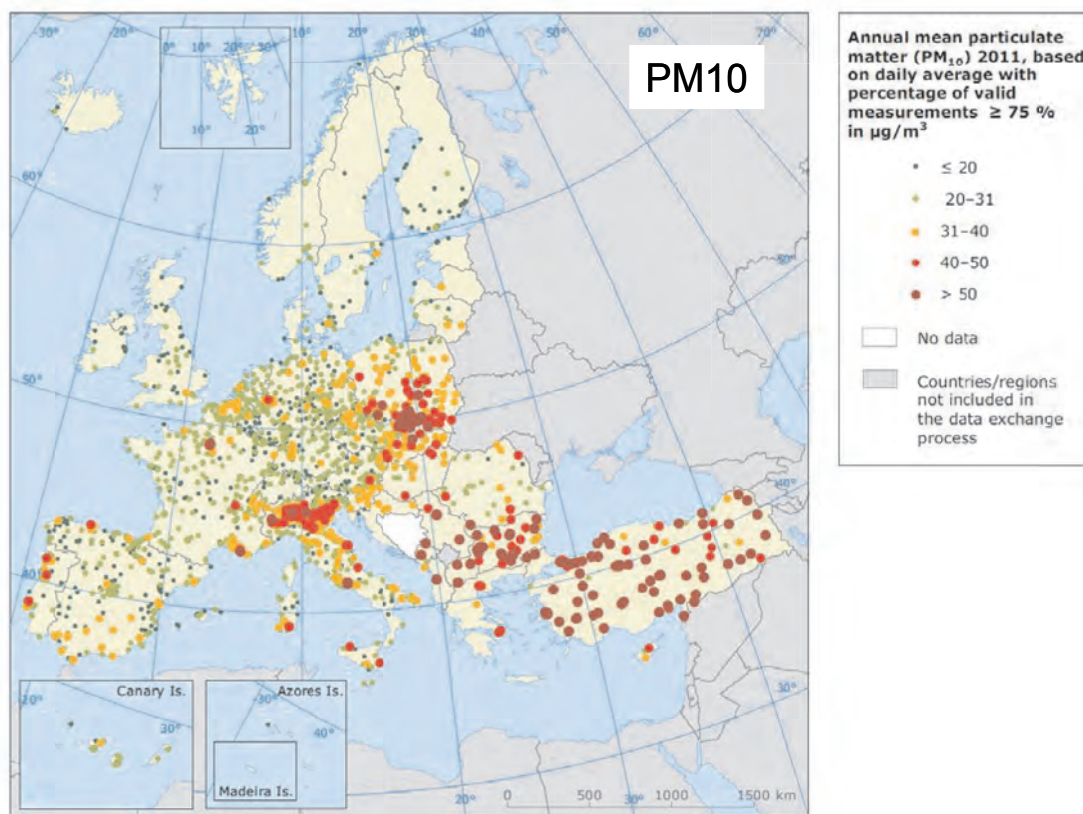


Figura 5.9. Distribución espacial en de las superaciones de los valores normalizados de PM10 en Europa para 2011. Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente: Air Quality in Europe- 2013 report (<http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>).



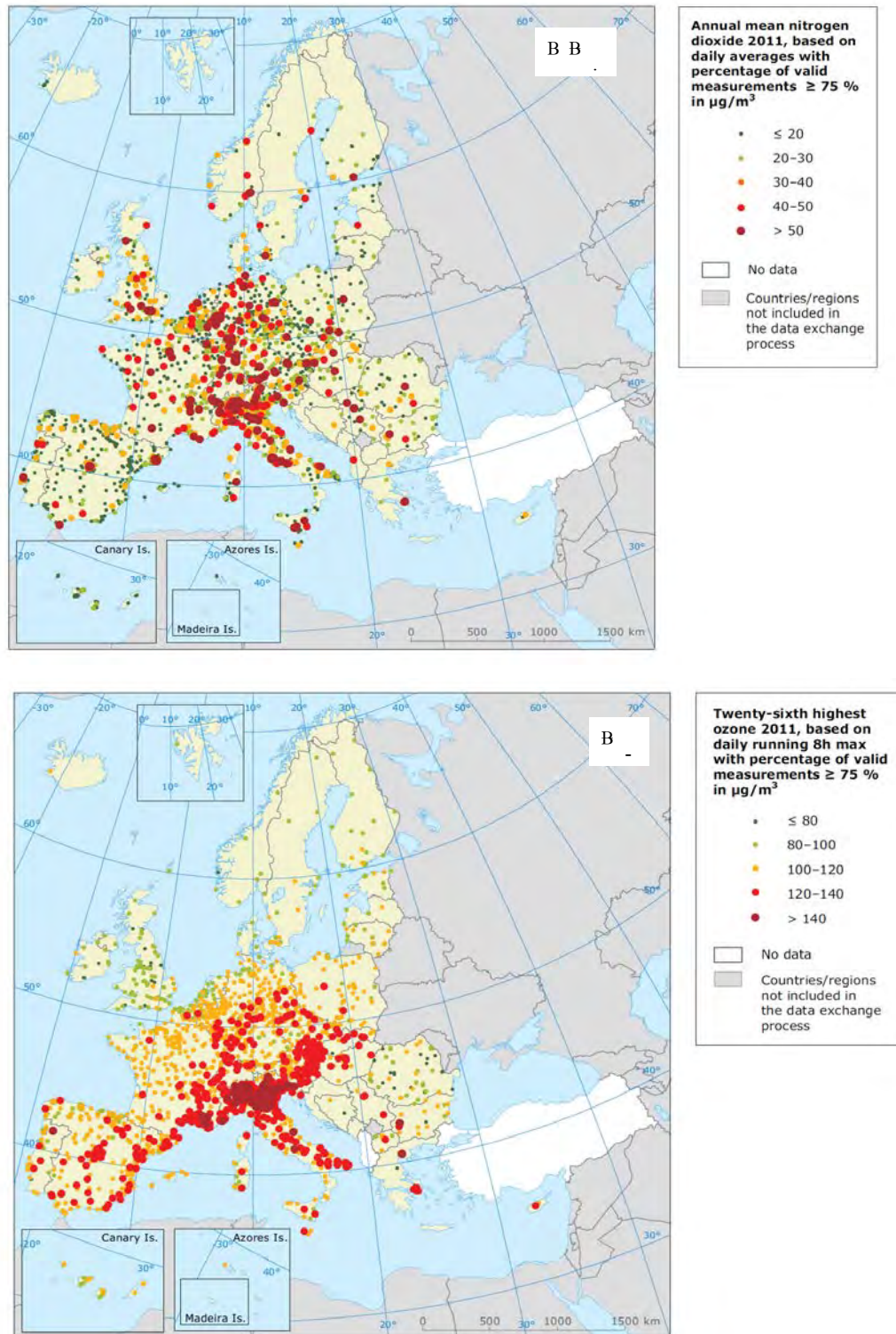


Figura 5.10. Distribución espacial en de las superaciones de los valores normalizados de  $\text{O}_3$  y  $\text{NO}_2$  en Europa para 2011. Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente: Air Quality in Europe- 2013 report (<http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>).

Hay que resaltar que los valores límite de la UE tienen implicaciones legales y se fijan en función de que puedan ser cumplidos por los Estados Miembros, forzando la aplicación de las mejores técnicas disponibles. Por ello pueden variar a lo largo del tiempo hasta confluir en los valores guía de la OMS, enfocados exclusivamente a la salvaguarda de la salud humana y, por tanto, más estrictos en la protección de los ciudadanos frente a la contaminación.

Así pues, los valores guía de la OMS (2006) se convierten en los objetivos a perseguir (Tabla 5.3). Incluso en muchos informes de la Agencia Europea de Medio Ambiente o de la Dirección General de Medio Ambiente de la UE se usan estos valores para mostrar el porcentaje de la población que está expuesta a valores por encima de lo que se considera perjudicial para la salud. En algunos contaminantes (Pb, CO y NO<sub>2</sub> anual) los valores guía de la OMS y los valores límite de la UE coinciden, pero en otros (como SO<sub>2</sub> diario, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, PM10, PM2,5 y O<sub>3</sub>) los valores guía de la OMS son menores.

Tabla 5.3. Comparación entre valores límite y objetivos de la Directiva Europea de Calidad del Aire y los valores guía de la OMS.

Valor legislado	Valor de referencia UE	OMS (2006)
SO <sub>2</sub> horario	350 µg/m <sup>3</sup> (>3 veces/año)	--
SO <sub>2</sub> diario	125 µg/m <sup>3</sup> (>3 veces/año)	20 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub> horario	200 µg/m <sup>3</sup> (>18 veces/año)	--
NO <sub>2</sub> anual	40 µg/m <sup>3</sup>	Coincide con el valor UE
PM10 diario	50 µg/m <sup>3</sup> (> 35 veces/año)	20 µg/m <sup>3</sup>
PM10 anual	40 µg/m <sup>3</sup>	--
PM2,5	25 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	120 µg/m <sup>3</sup> (> 25 veces en promedio 3 años)	100 µg/m <sup>3</sup>
CO	10 mg/m <sup>3</sup>	Coincide con el valor UE
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	5 µg/m <sup>3</sup>	1,7 µg/m <sup>3</sup>
Pb	0, 5 µg/m <sup>3</sup>	Coincide con el valor UE



## **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 .....	263
6.1	Descripción.....	263
6.2	Estaciones de la red EMEP/VAG/CAMP .....	264
6.3	Programa de mediciones .....	266
6.4	Datos por contaminantes (valores registrados en 2012).....	267
6.4.1	Contaminantes gaseosos (datos automáticos) .....	267
6.4.2	Aerosoles y gases + aerosoles .....	269
6.4.3	Especiación de partículas (PM10 y PM2,5) .....	272
6.4.4	Carbono en partículas .....	276
6.4.5	Análisis de la precipitación .....	277
6.4.6	Metales.....	281
6.4.7	Mercurio gaseoso .....	285
6.4.8	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs).....	286
6.4.9	Amoníaco.....	290
6.4.10	Compuestos foto-oxidantes (orgánicos y carbonílicos) .....	292
6.5	Análisis de tendencias temporales (2001-2012) de los principales contaminantes en el Fondo Regional de España.....	295



## 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 (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>). También se realizan mediciones de PM<sub>10</sub> 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**: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en PM<sub>10</sub> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en PM<sub>10</sub>, todos los días
  - **Gases + aerosoles**: HNO<sub>3</sub>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, todos los días
  - **Especiación de partículas**: determinación de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>: 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<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en las estaciones de Campisábalos y San Pablo de los Montes.
  - **Agua de lluvia**: pH, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, H<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> 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 PM<sub>10</sub>, un día a la semana en las estaciones de Niembro y Campisábalos. También se han realizado medidas indicativas (campaña de 52 días) en campañas para el cumplimiento del RD 102/2011 en otras estaciones.
    - En precipitación, en ambas estaciones, a partir de muestras semanales (en la estación de Niembro también se analiza el Hg en precipitación).
    - En depósito total. Se han realizado medidas indicativas en campañas<sup>1</sup> para el cumplimiento del RD 102/2011 en varias estaciones.

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



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

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

### 6.4.1 Contaminantes gaseosos (datos automáticos)

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

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



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



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

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

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

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

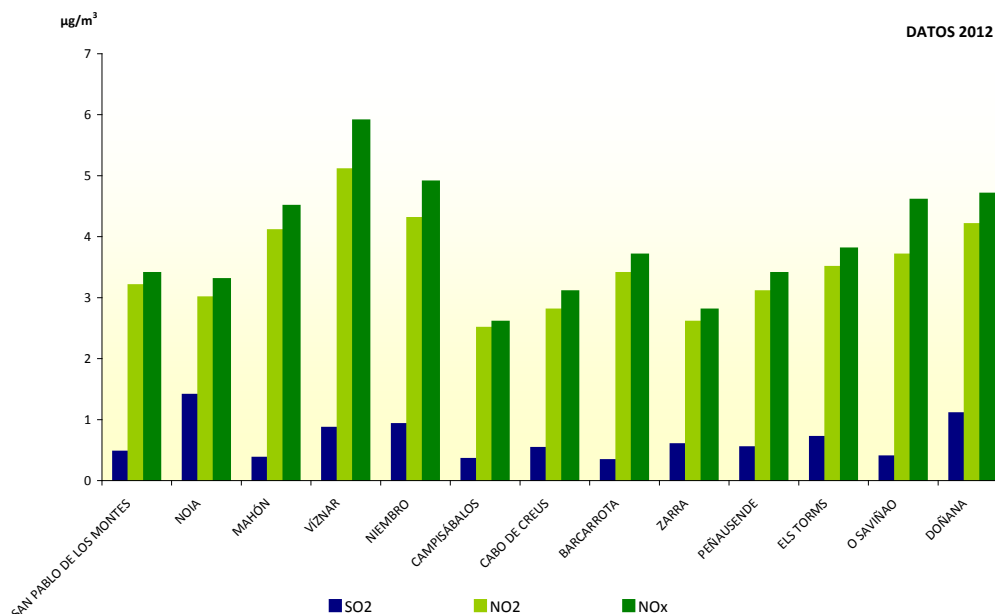


Figura 6.3. Datos de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> en el año 2012.

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

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

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

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

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

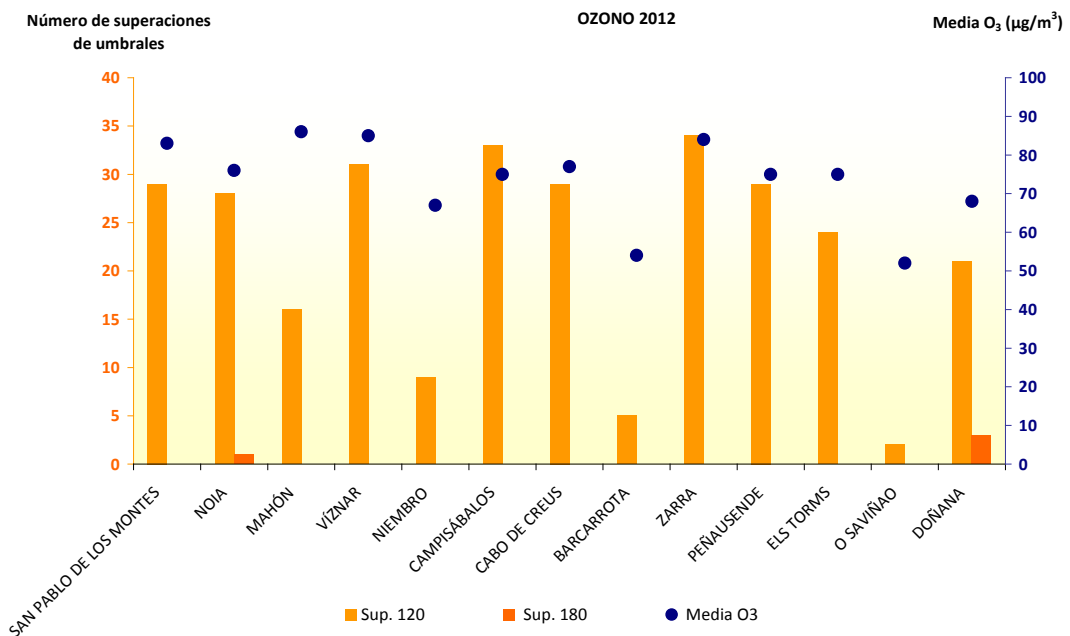


Figura 6.4. Media anual de O<sub>3</sub>, número de superaciones del máximo diario móvil octohorario de 120 µg/m<sup>3</sup> y del umbral de información de 180 µg/m<sup>3</sup>.

#### 6.4.2 Aerosoles y gases + aerosoles

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

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

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



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

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

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

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

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

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



Captador de partículas



Equipos para la obtención de los datos de nitratos y amonios

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

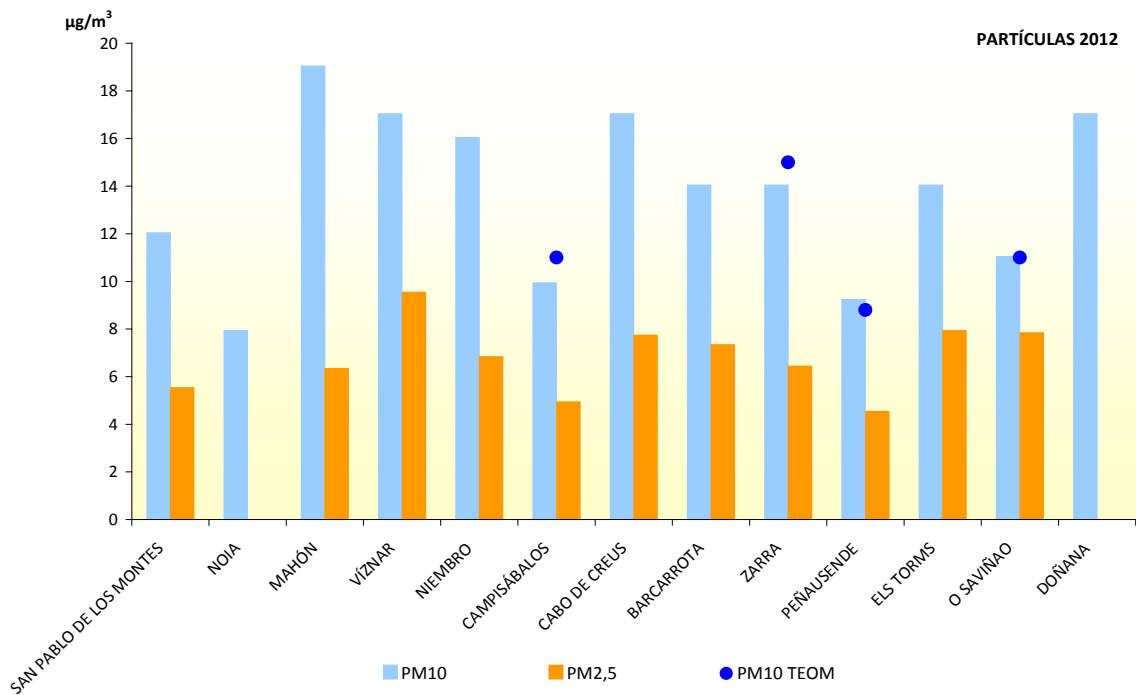


Figura 6.6. Datos medios anuales de partículas en 2012.

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

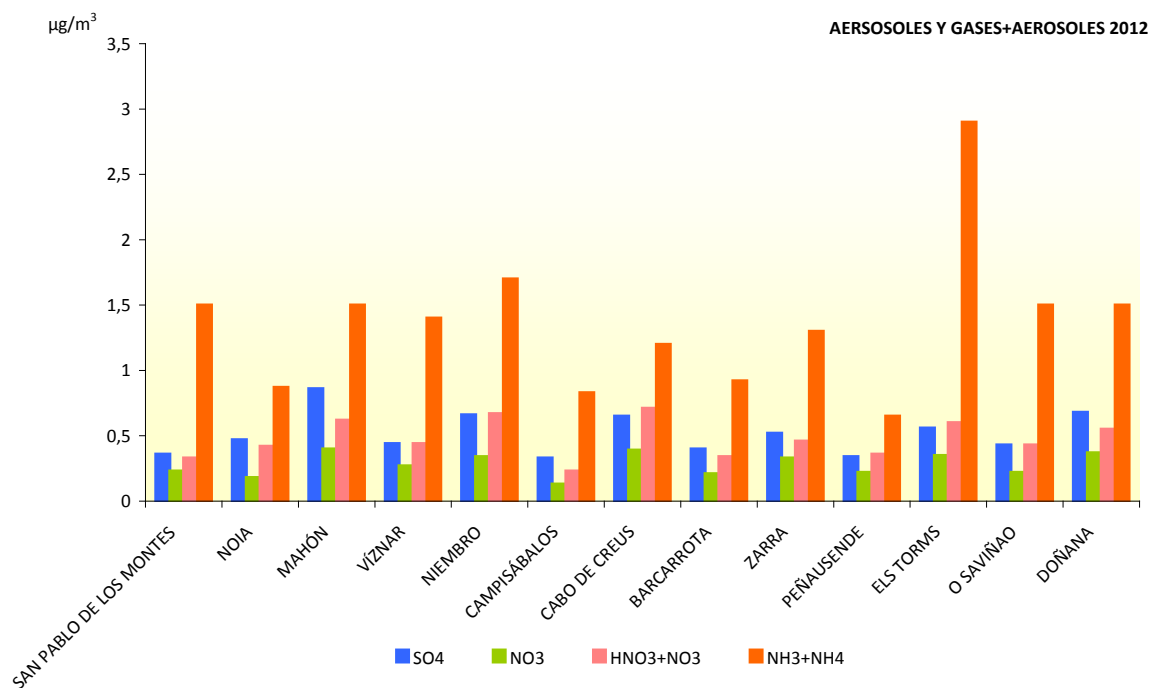


Figura 6.7. Datos medios anuales de aerosoles y gases + aerosoles en 2012.

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

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

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

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

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





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

Donde:

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

Tabla 6.4. Datos de especiación de PM10 en 2012.

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

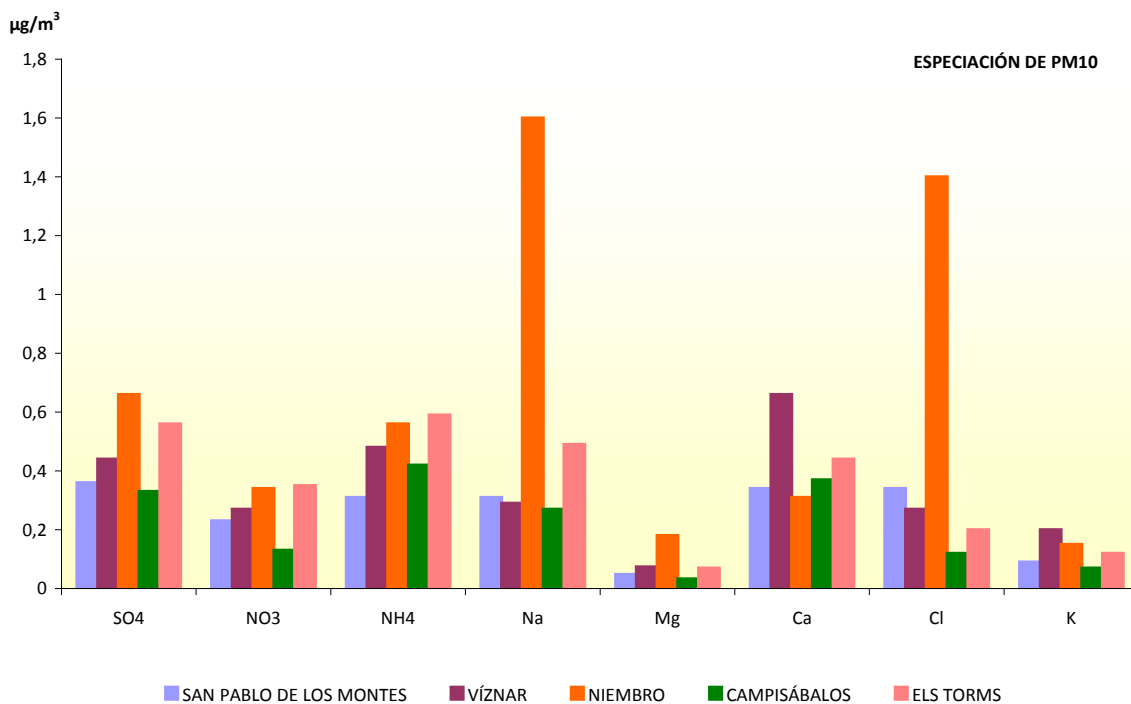


Figura 6.9. : Datos medios anuales de especiación de PM10 en 2012.

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

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

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



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

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

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

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

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

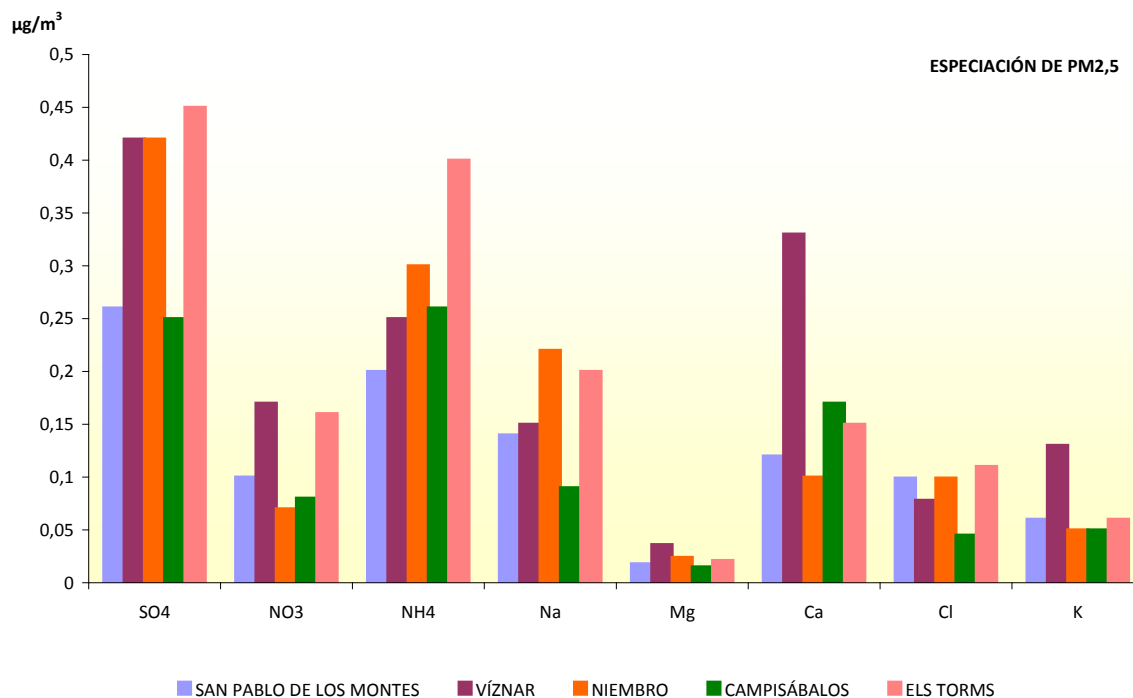


Figura 6.11. Datos medios anuales de especiación de PM2,5 en 2012.

#### 6.4.4 Carbono en partículas

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

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



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

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

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

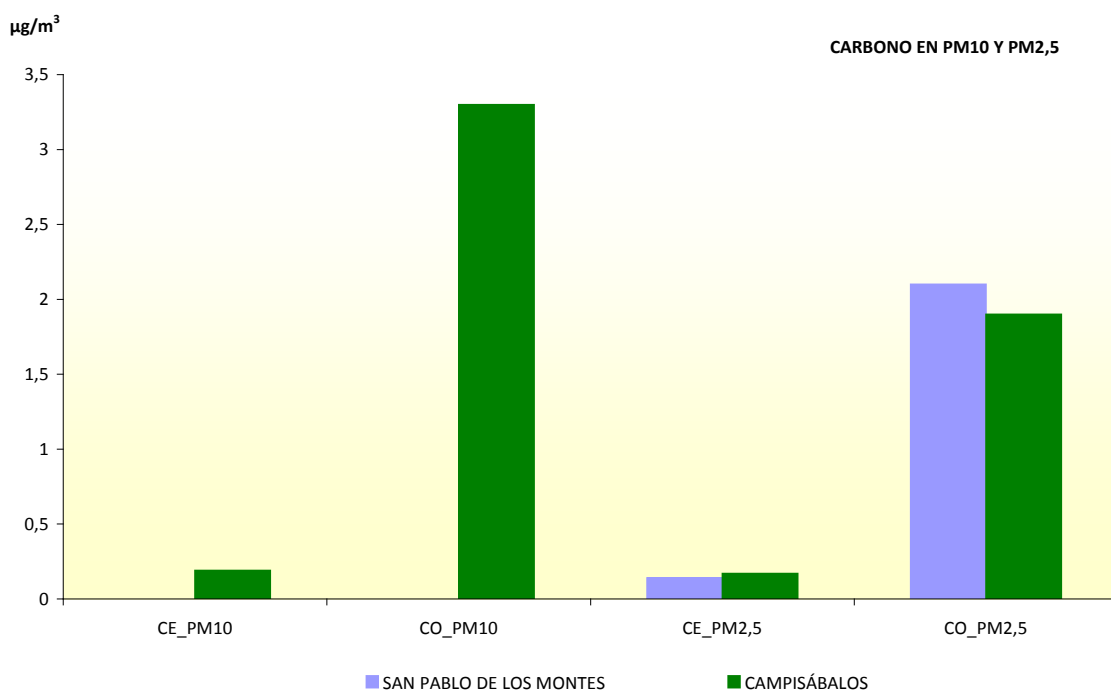


Figura 6.12. : Datos medios anuales de carbono en PM10 y PM2,5 en 2012

#### 6.4.5 Análisis de la precipitación

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

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

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





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

Donde:

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



Equipos de recogida de agua de lluvia



Equipo de lluvia diaria



Equipo de recogida de lluvia para determinación de mercurio

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



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

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

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

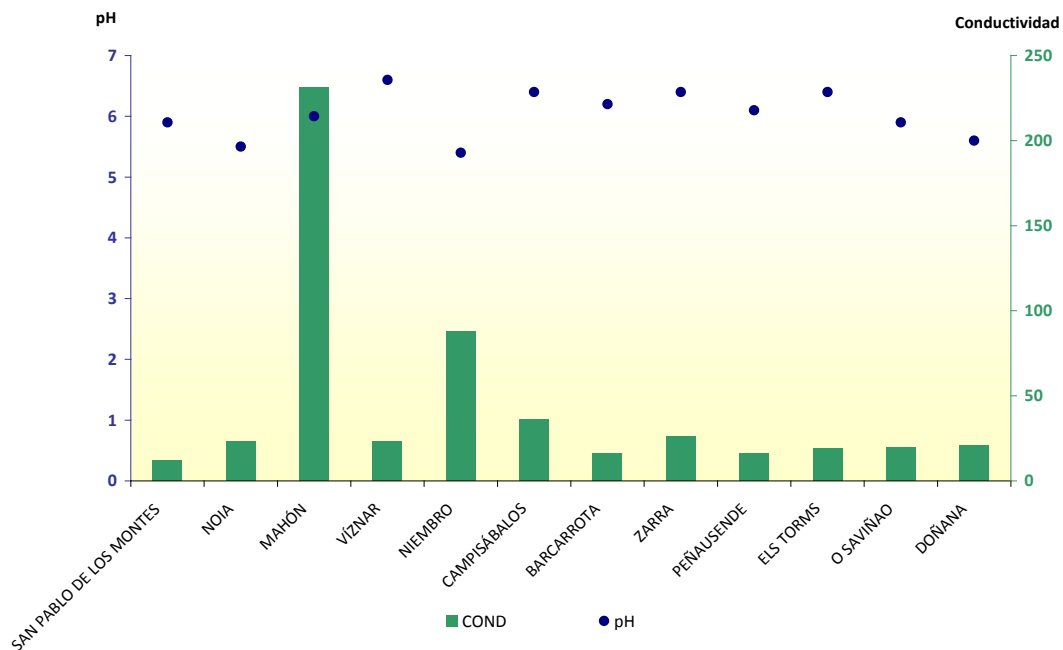


Figura 6.14. Media anual de pH y de conductividad en el año 2012.

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

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

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

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

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

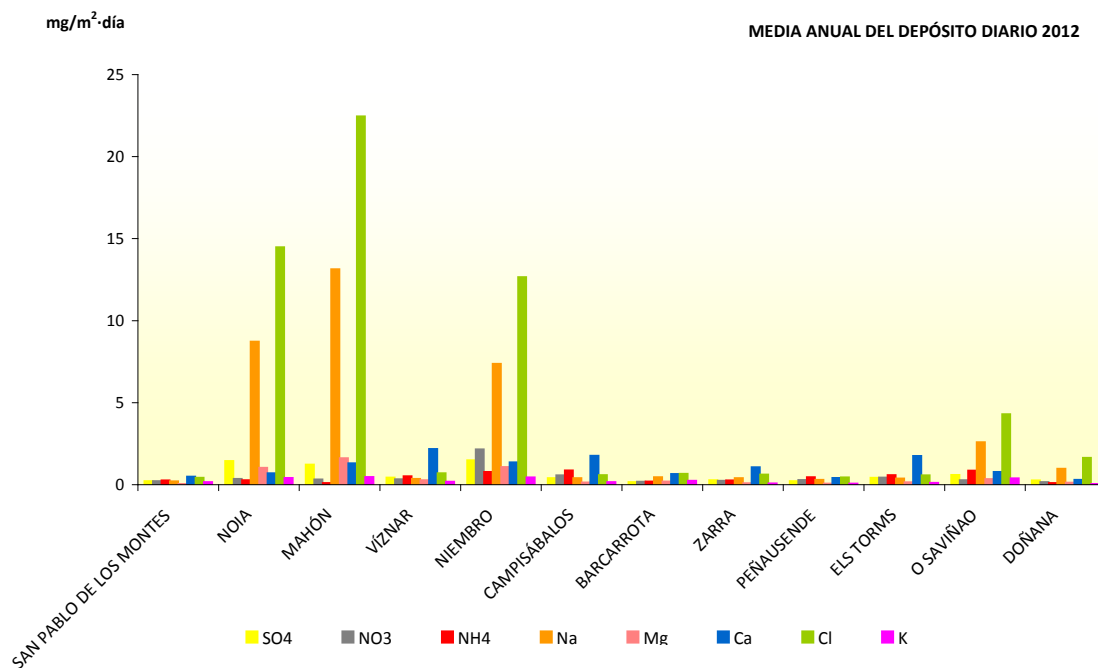


Figura 6.15. : Datos de compuestos en precipitación en el año 2012.

#### 6.4.6 Metales

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

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

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

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



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

Donde:

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

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

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

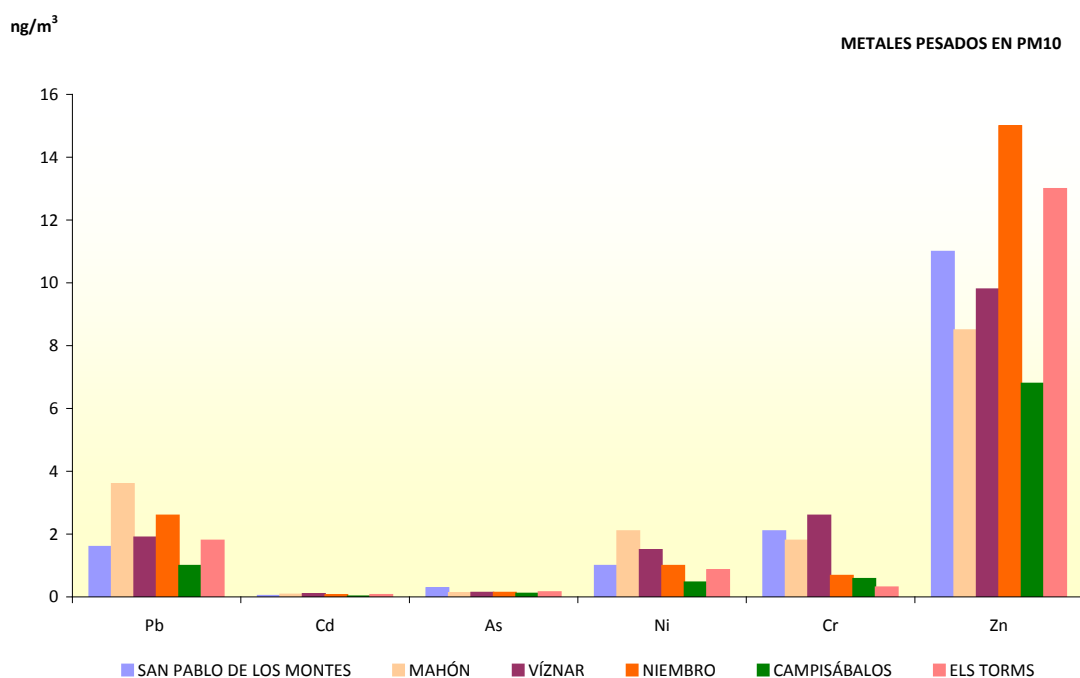


Figura 6.17. Metales en PM10 en la red EMEP/VAG/CAMP en el año 2012.

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

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

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

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

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

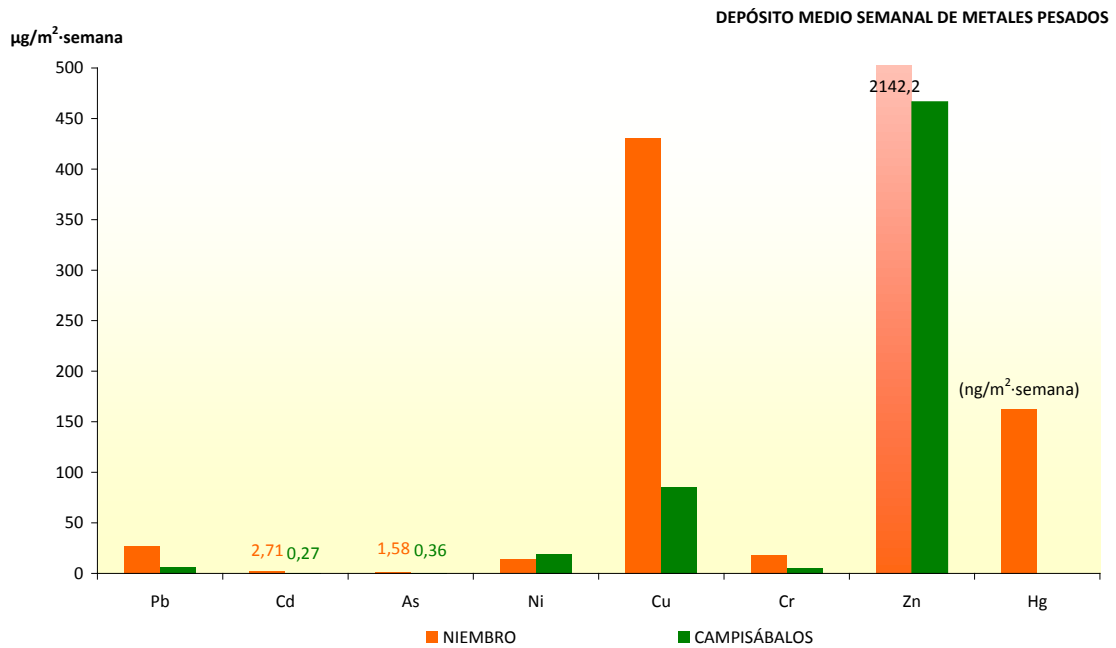


Figura 6.18. Depósito húmedo semanal de metales durante el año 2012.

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



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





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

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

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

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

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



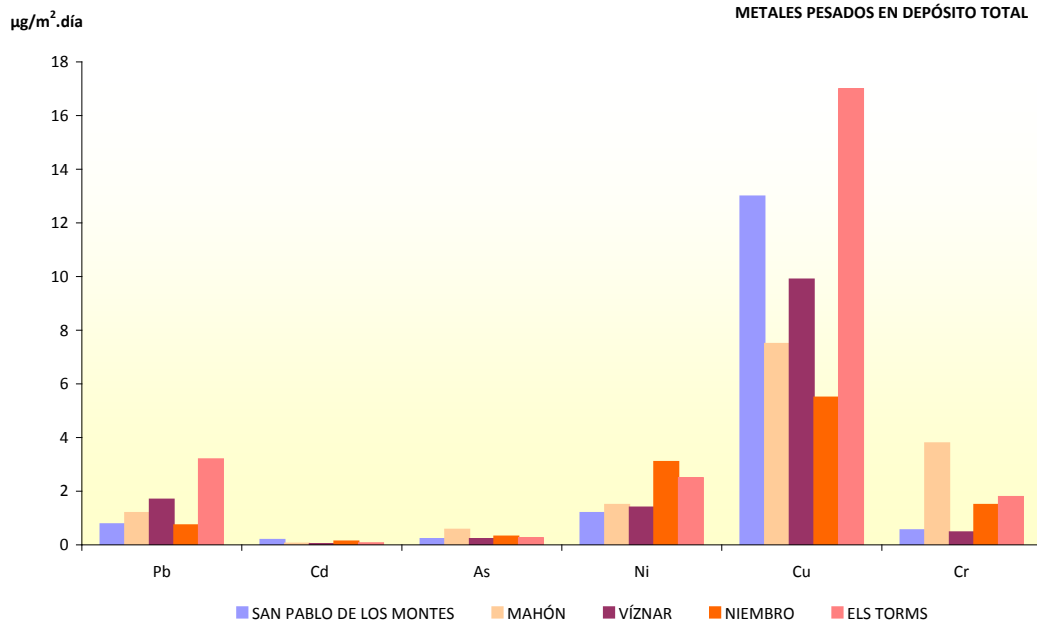


Figura 6.20. Datos de metales en depósito total en 2012.

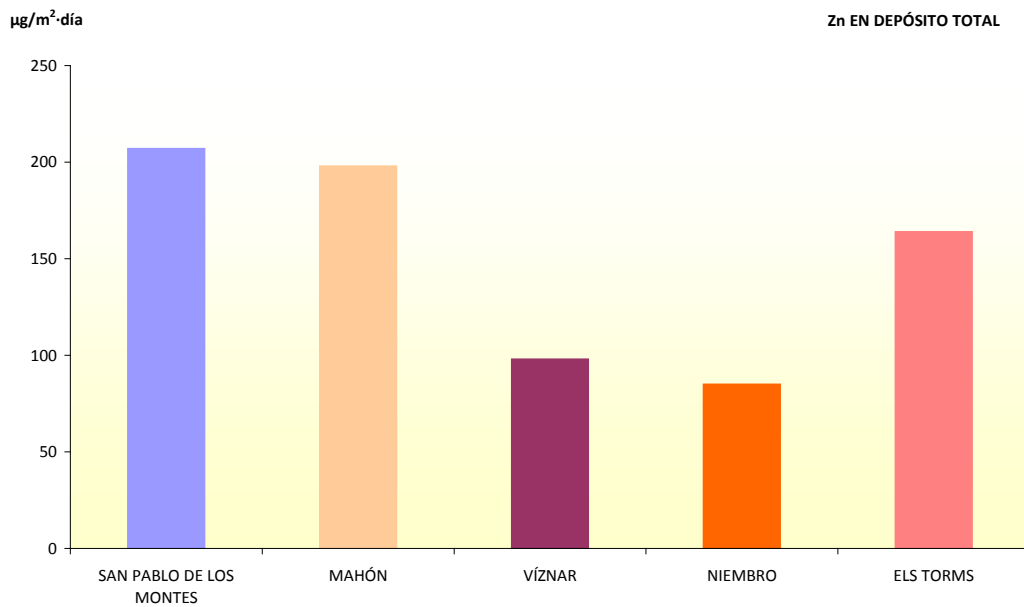


Figura 6.21. Datos de zinc en depósito total en 2012.

#### 6.4.7 Mercurio gaseoso

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

Tabla 6.12. Datos de mercurio gaseoso total en 2012.

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

#### 6.4.8 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)

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

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

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



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

Donde:

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

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

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

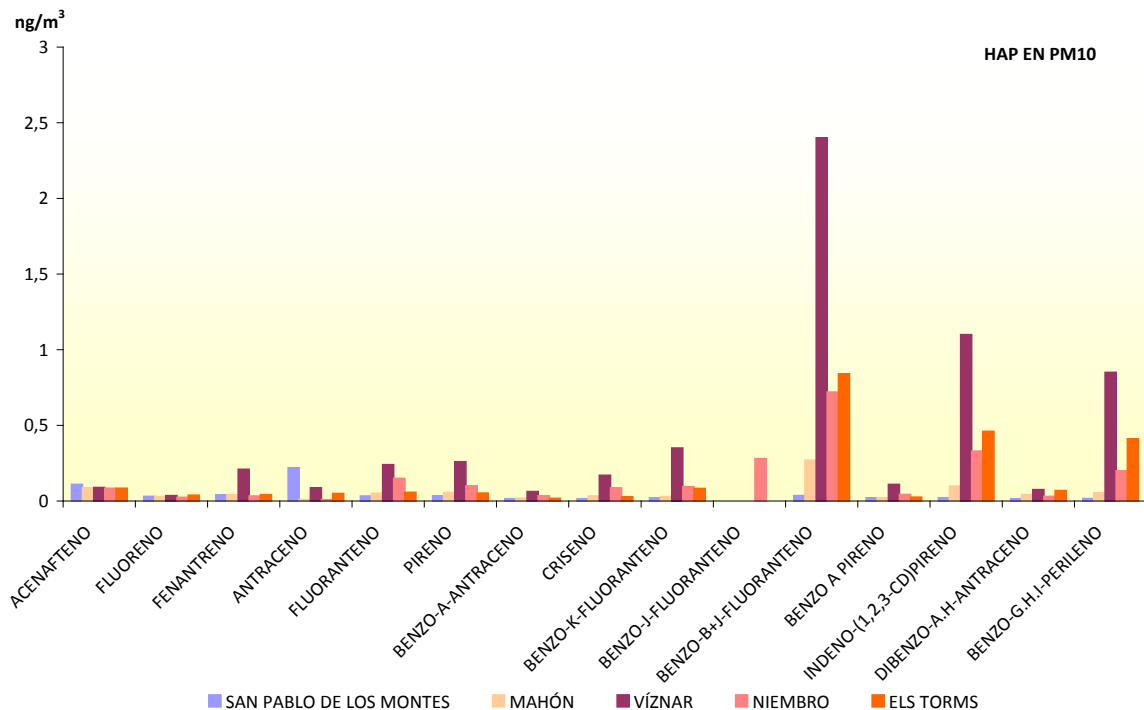


Figura 6.23. : Datos de HAP en PM10 en el año 2012.



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

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

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

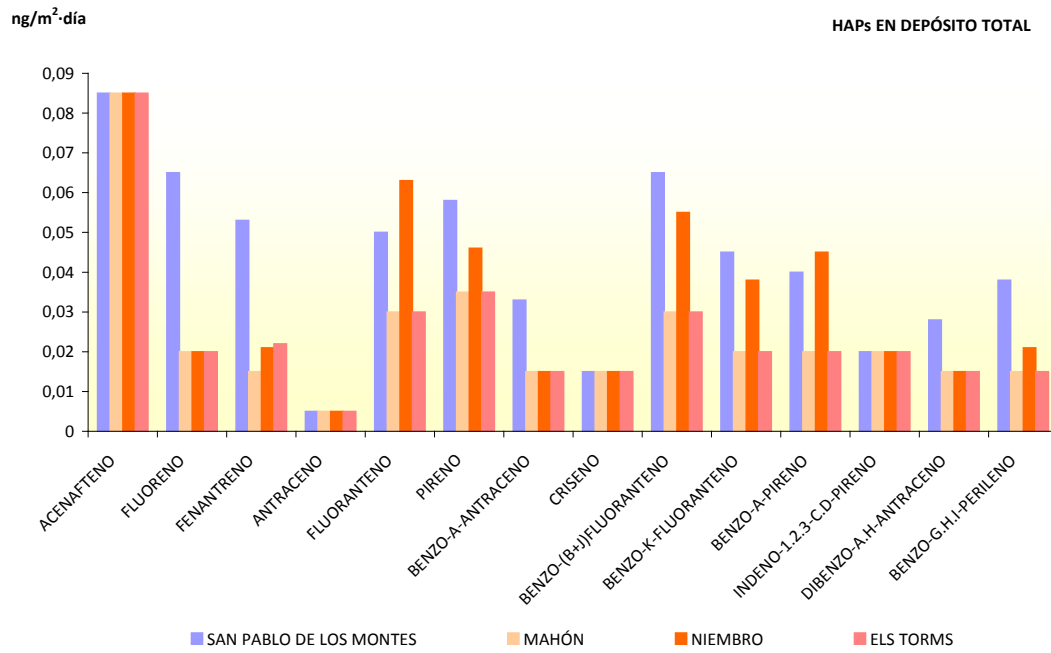


Figura 6.25. Datos de HAP en depósito total en el año 2012.

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

#### 6.4.9 Amoníaco

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



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





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

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

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

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

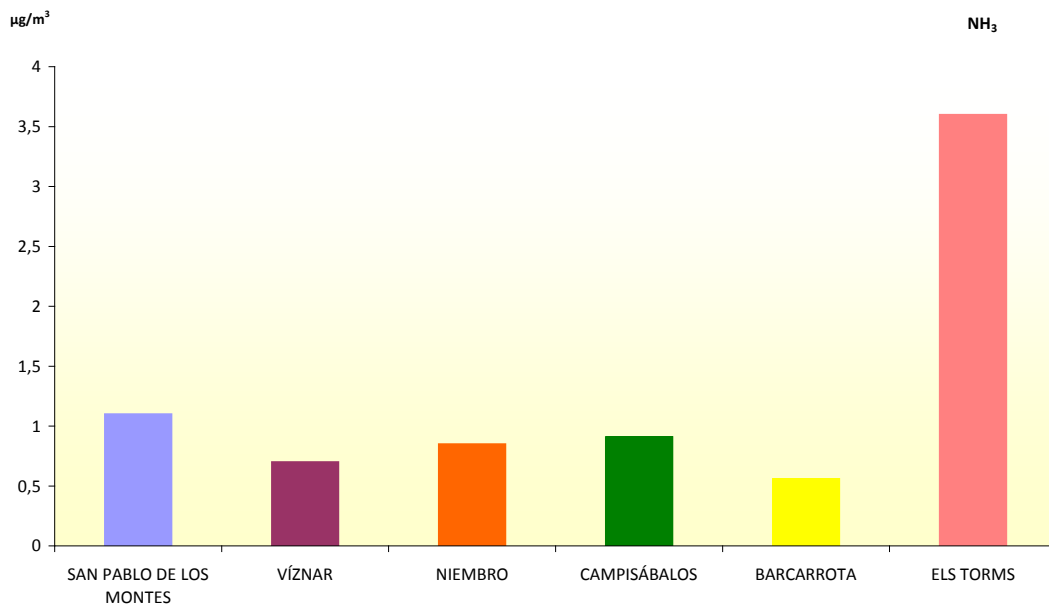


Figura 6.27. : Datos de amoniaco en el año 2012

6.4.10 Compuestos foto-oxidantes (orgánicos y carbonílicos)



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

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

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



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

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

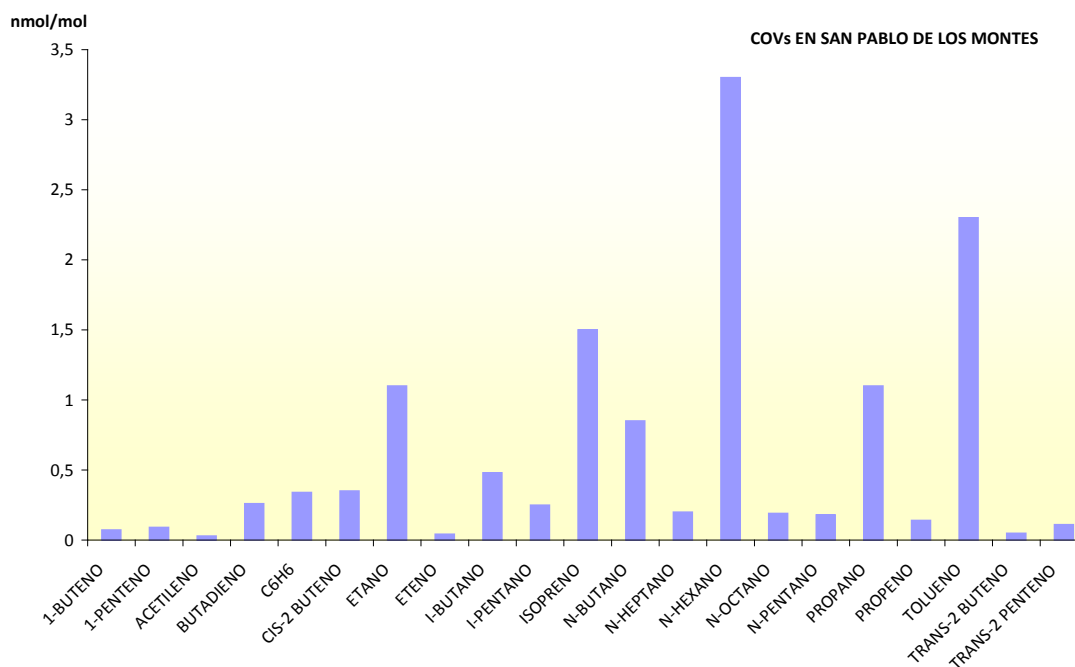


Figura 6.29. Datos de COV en el año 2012.

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

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

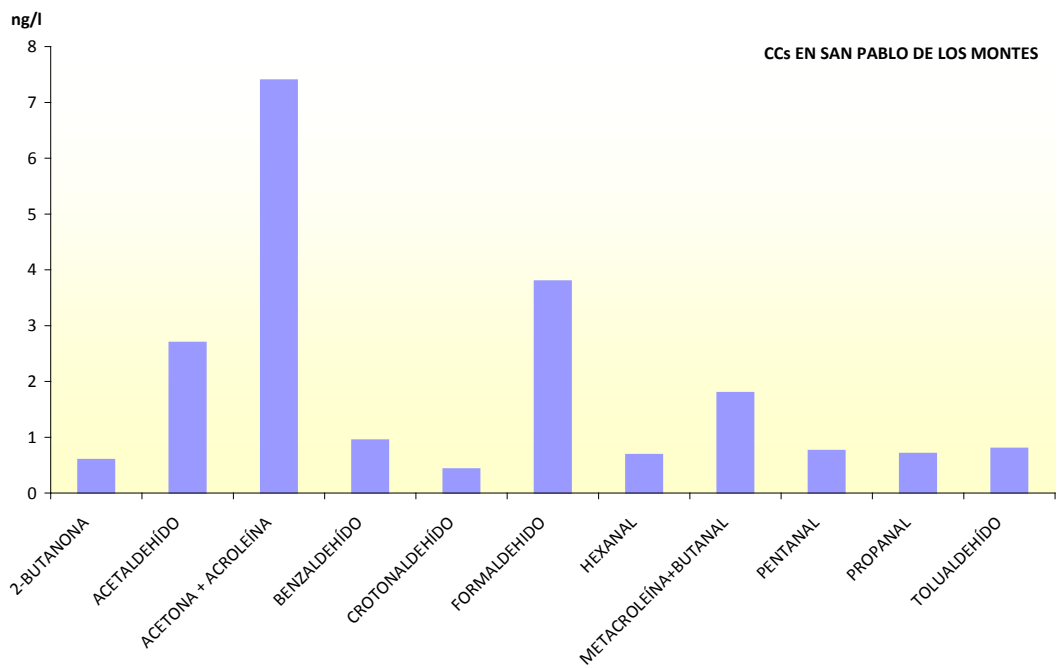


Figura 6.30. Datos de CC en el año 2012.

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

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

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

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

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

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

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

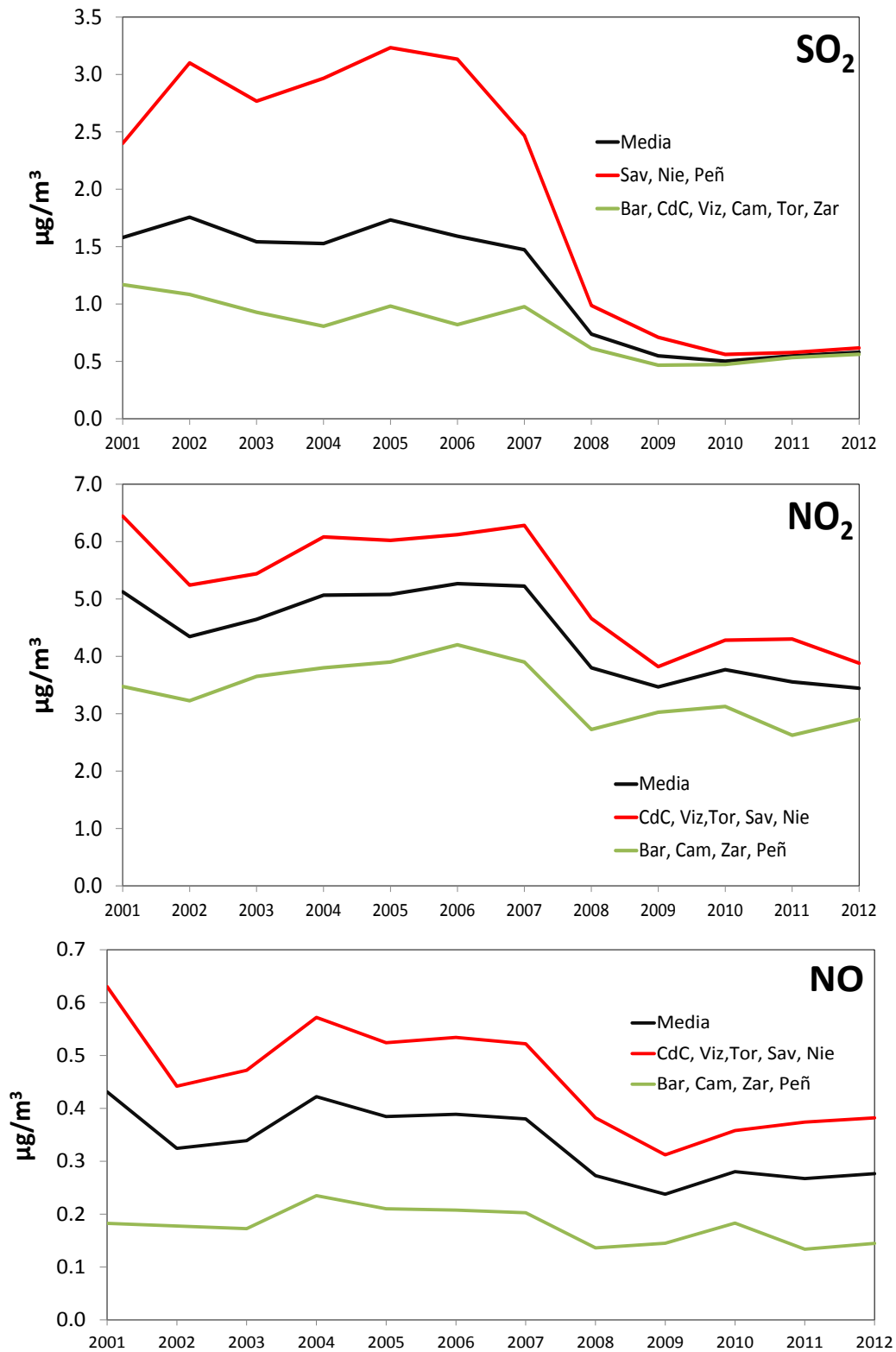


Figura 6.31. Variación temporal: Evolución de los niveles medios anuales de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y NO.



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

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

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

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

La Figura 6.32 también muestra la tendencia temporal 2001-2012 de los niveles de **PM2,5** y **PM10**. En el caso de las partículas **PM2,5** se evidencian una vez más dos grupos de estaciones: Barcarrota, Cabo de Creus, Víznar y Els Torms, con mayores niveles; y Campisábalos, O Saviñao,

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

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

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

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

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

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

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

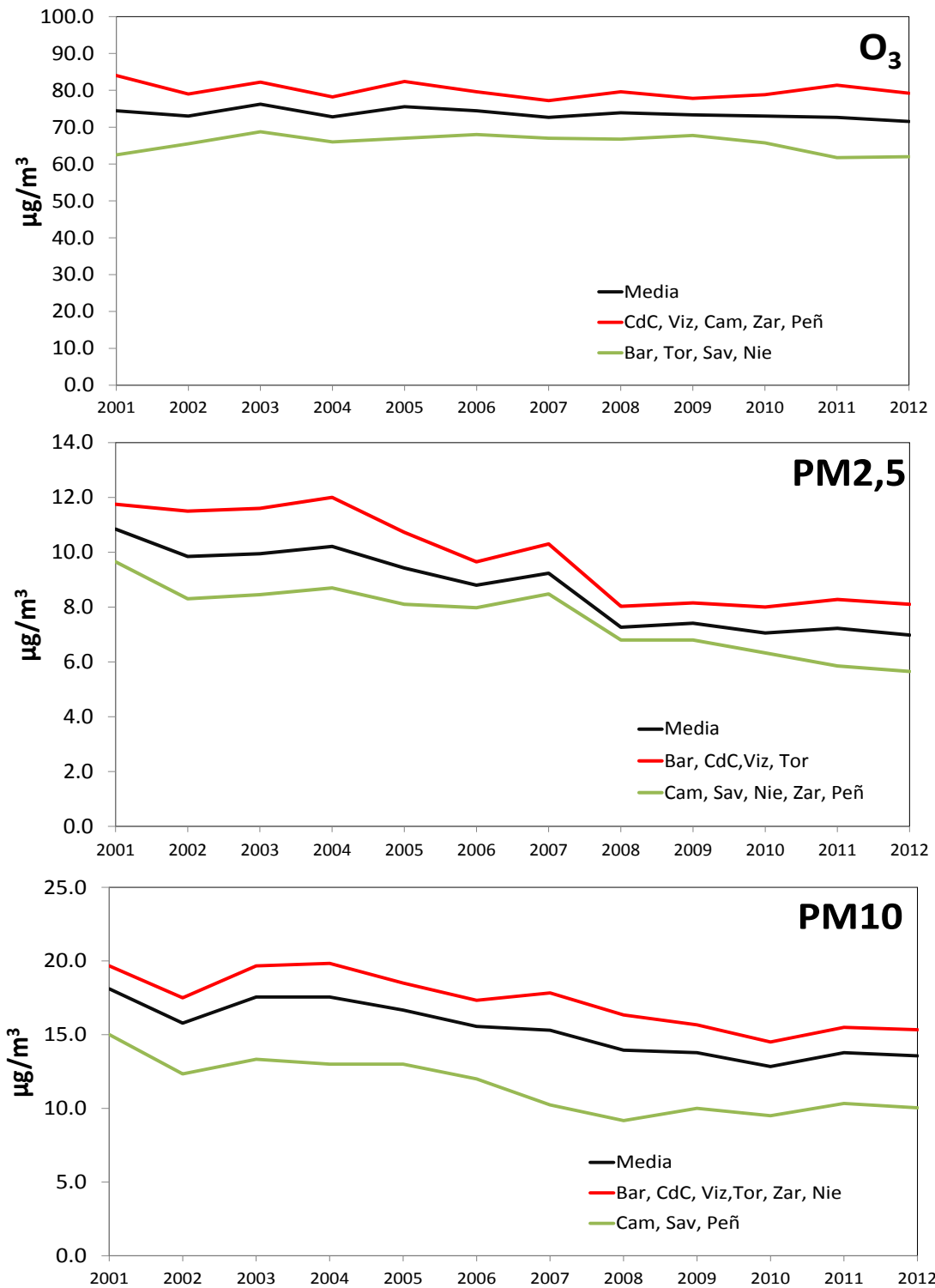


Figura 6.32. Variación temporal: Evolución de los niveles medios anuales de O<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>.

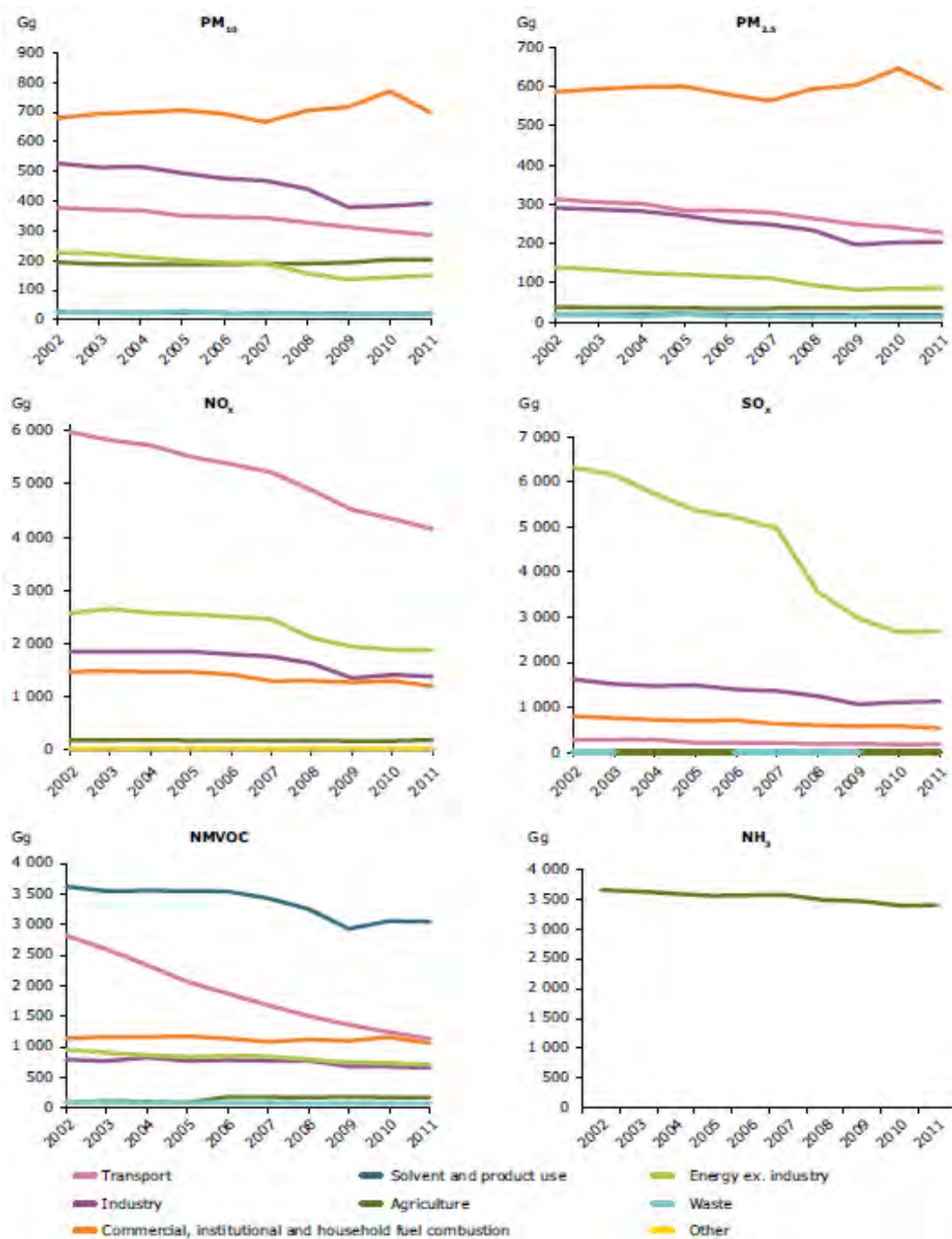


Figura 6.33. Variación temporal de las emisiones en PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, COVNM y NH<sub>3</sub> en la UE. Valores en Giga gramos/año (1000 toneladas/año). Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente: Air Quality in Europe- 2013 report.

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

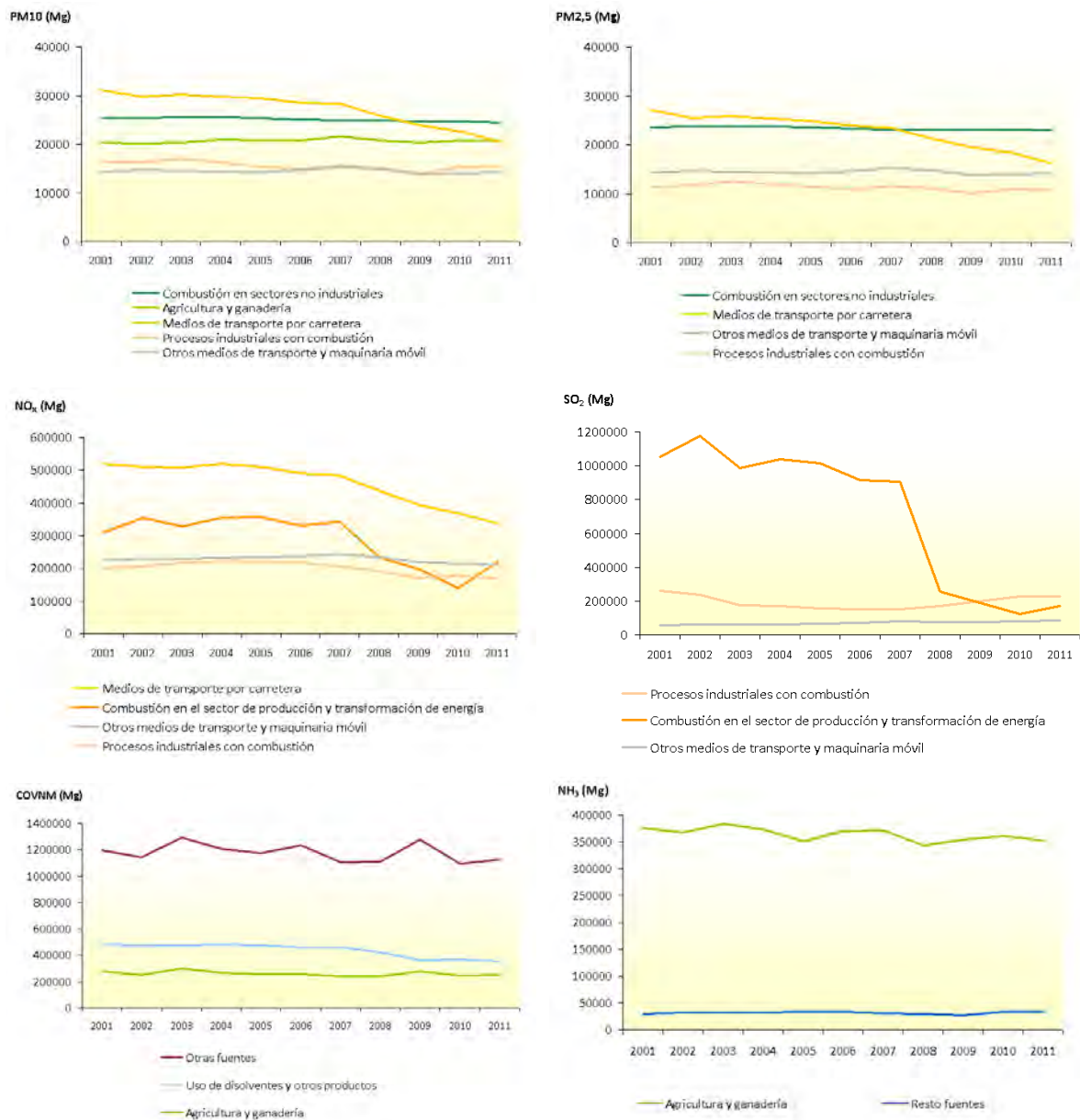


Figura 6.34. Variación temporal de las emisiones en PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, COVNM y NH<sub>3</sub> en España, en el año 2011. Valores en Mega gramos/año (toneladas/año). Fuente: Base de Datos de Calidad del Aire. MAGRAMA.

Tabla 6.19. Descenso medio anual (en %/año y en  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{año}$ ) de niveles  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$  registrado en 2001-2012, con indicación del grado de significación estadística (P-value, \*\*\*: mayor significación; \*\*: media significación; \* y +: menor significación; sin símbolo: sin significación estadística).

$\text{O}_3$	Periodo	Nivel inicial ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Descenso anual en %			Descenso anual en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Significación estadística (P-value)
			%/año	% min	% max	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ año	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ min	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ max	
Cabo de Creus	2001-2012	94	-1.8	-2.7	-0.80	-1.6	-2.5	-0.70	**
O Saviñao	2001-2012	68	-1.9	-2.7	-0.70	-1.3	-2.0	-0.50	**
Zarra	2001-2012	80	0.40	0.00	0.90	0.30	0.00	0.70	+
Barcarrota	2001-2012	57	-0.90	-2.5	1.0	-0.60	-1.8	0.60	
Peñausende	2001-2012	82	-0.40	-1.2	0.30	-0.30	-1.0	0.20	
Els Torms	2001-2012	66	-0.30	-1.2	2.1	-0.30	-1.0	1.4	
Campisábalos	2001-2012	85	0.00	-1.2	1.4	0.00	-1.0	1.0	
Niembro	2001-2012	59	0.80	0.00	2.6	0.50	0.00	1.5	
Víznar	2001-2012	79	0.80	-0.90	1.7	0.70	-0.80	1.3	
<b>PM<sub>10</sub></b>									
O Saviñao	2001-2012	16	-3.4	-6.3	-2.0	-0.54	-1.0	-0.32	***
Els Torms	2001-2012	19	-3.2	-5.3	-0.90	-0.61	-1.0	-0.17	**
Víznar	2001-2012	24	-2.8	-4.2	-1.8	-0.68	-1.0	-0.44	**
Cabo de Creus	2001-2012	20	-2.5	-5.0	-1.1	-0.50	-1.0	-0.22	**
Peñausende	2001-2012	15	-3.3	-4.7	-1.9	-0.50	-0.70	-0.28	**
Barcarrota	2001-2012	19	-1.7	-3.5	0.00	-0.33	-0.67	0.00	*
Campisábalos	2001-2012	14	-2.4	-3.6	0.00	-0.33	-0.50	0.00	*
Zarra	2001-2012	16	-2.1	-3.1	0.00	-0.33	-0.50	0.00	*
Niembro	2001-2012	20	-1.3	-2.5	0.00	-0.25	-0.50	0.00	
<b>PM<sub>2,5</sub></b>									
Els Torms	2001-2012	12	-3.9	-5.7	-2.8	-0.47	-0.68	-0.33	***
Campisábalos	2001-2012	9	-4.1	-5.1	-2.2	-0.37	-0.46	-0.20	**
Cabo de Creus	2001-2012	12	-5.1	-8.3	-3.3	-0.61	-1.0	-0.39	**
Peñausende	2001-2012	10	-4.2	-5.6	-3.1	-0.42	-0.56	-0.31	**
Barcarrota	2001-2012	11	-3.6	-6.8	-1.0	-0.40	-0.75	-0.11	*
O Saviñao	2001-2012	12	-2.7	-5.3	-0.50	-0.32	-0.64	-0.06	*
Zarra	2001-2012	9	-3.0	-4.4	0.00	-0.27	-0.40	0.00	+
Niembro	2001-2012	11	-2.7	-4.1	0.00	-0.30	-0.45	0.00	+
Víznar	2001-2012	12	-1.7	-2.6	0.00	-0.20	-0.31	0.00	+

## Conclusiones

Se evidencia una clara y generalizada mejora de la calidad del aire de fondo regional en España, demostrada por la disminución de los niveles de  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{SO}_2$ , así como un descenso de los niveles de  $\text{NO}_2$ , pero menos marcado y restringido a algunas estaciones sitas en zonas con elevadas emisiones antrópicas.

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

Parece evidente el descenso gradual de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$  en el periodo estudiado, pero se observa también una disminución abrupta de 2007 a 2008, y una mayor ralentización o incluso



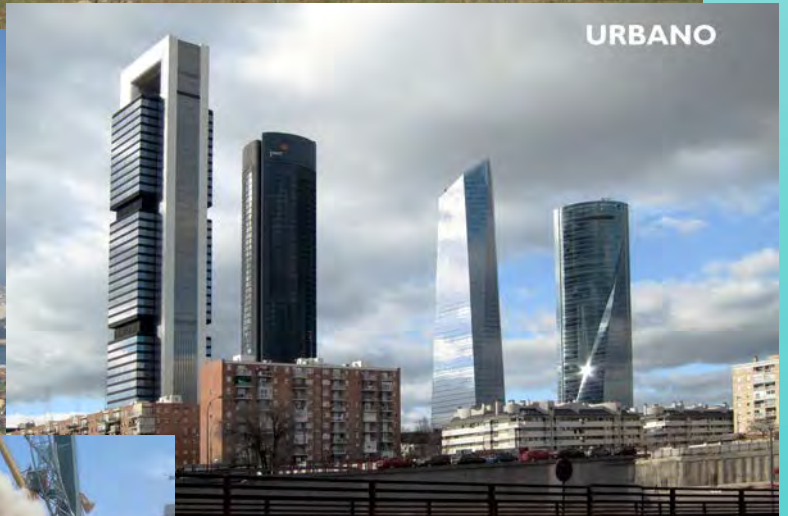
desaparición de las tendencias decrecientes desde 2008 a 2012. Estas tendencias pueden explicarse conforme a los siguientes factores:

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

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

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





# 7. GLOSARIO DE TÉRMINOS



## 7. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- *Actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera*: Aquellas que por su propia naturaleza, ubicación o por los procesos tecnológicos utilizados constituyan una fuente de contaminación cuyas características pueden requerir que sean sometidas a un régimen de control y seguimiento más estricto.
- *Aglomeración*: conurbación de población superior a 250.000 habitantes o bien, cuando la población sea igual o inferior a 250.000 habitantes, con una densidad de población por km<sup>2</sup> que determine la Administración competente y justifique que se evalúe y controle la calidad del aire ambiente.
- *Aire ambiente*: el aire exterior de la baja troposfera, excluidos los lugares de trabajo.
- *Amenaza inminente de daño*: Una probabilidad suficiente de que se produzcan daños para la salud humana o el medio ambiente en un futuro próximo.
- *Aportaciones procedentes de fuentes naturales*: emisiones de contaminantes no causadas directa ni indirectamente por actividades humanas, incluyendo fenómenos naturales como las erupciones volcánicas, las actividades sísmicas o geotérmicas, los incendios forestales no intencionados, los fuertes vientos, los aerosoles marinos, la resuspensión atmosférica y el transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas.
- «*Arsénico*»: niveles en aire ambiente de este elemento en la fracción PM10.
- *Autorización administrativa*: Es la resolución del órgano competente que determine la comunidad autónoma en la que se ubique la instalación por la que se permite, con el objeto de prevenir, vigilar y reducir la contaminación atmosférica, explotar la totalidad o parte de una instalación bajo determinadas condiciones, destinada a garantizar que la misma cumple el objeto y las disposiciones de esta ley. Tal autorización podrá ser válida para una o más instalaciones que tengan la misma ubicación y sean explotadas por el mismo titular.
- «*Benzo(a)pireno*»: niveles en aire ambiente de este elemento en la fracción PM10.
- «*Cadmio*»: niveles en aire ambiente de este elemento en la fracción PM10.
- *CAMP (Programa Integral de Control Atmosférico)*: es fruto del convenio Oslo-París para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste. Tiene por objeto conocer los aportes atmosféricos a esta región atlántica y estudiar sus efectos sobre el medio marino.
- *Compuestos orgánicos volátiles (COV)*: todos los compuestos orgánicos procedentes de fuentes antropogénicas y biogénicas, distintos del metano, que puedan producir oxidantes fotoquímicos por reacción con óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar.
- *Contaminación atmosférica*: La presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.
- *Contaminante*: cualquier sustancia presente en el aire ambiente que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.
- *Depósito total*: la masa total de un contaminante transferida de la atmósfera a las superficies como, por ejemplo, suelos, vegetación, agua, edificios, etc., en un área determinada y durante un periodo determinado.



- *Entidades Locales*: Son entidades locales territoriales el Municipio, la Provincia y la Isla (en los archipiélagos balear y canario). Gozan, asimismo, de la condición de Entidades locales, las Entidades de ámbito territorial inferior al municipal, instituidas o reconocidas por las comunidades autónomas; las comarcas u otras Entidades que agrupen varios municipios, instituidas por las Comunidades Autónomas; las áreas metropolitanas; y las Mancomunidades de municipios.
- *EMEP (Programa Concertado de Vigilancia y Evaluación del Transporte a Larga Distancia de los Contaminantes Atmosféricos en Europa)*: Impulsado por el Convenio de Ginebra sobre contaminación transfronteriza, para proporcionar a los países miembros información sobre la concentración y depósito de contaminantes atmosféricos, así como del transporte de los mismos y de los flujos a través de las fronteras nacionales.
- *Emisión*: Descarga a la atmósfera continua o discontinua de materias, sustancias o formas de energía procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente susceptible de producir contaminación atmosférica.
- *Emisiones procedentes de fuentes naturales*: Emisiones de contaminantes no producidos directa o indirectamente por actividades humanas, incluyendo fenómenos naturales tales como erupciones volcánicas, actividades sísmicas, actividades geotérmicas, incendios no intencionados en la naturaleza, vientos fuertes, sales marinas o la resuspensión atmosférica o el transporte de partículas naturales de regiones áridas.
- *Evaluación*: cualquier método utilizado para medir, calcular, predecir o estimar el nivel de un contaminante en el aire ambiente o sus efectos.
- *Hidrocarburos aromáticos policíclicos*: compuestos orgánicos formados por al menos dos anillos condensados aromáticos constituidos en su totalidad por carbono e hidrógeno.
- *Indicador medio de exposición*: nivel medio, determinado a partir de las mediciones efectuadas en ubicaciones de fondo urbano de todo el territorio nacional, que refleja la exposición de la población; se emplea para calcular el objetivo nacional de reducción de la exposición y la obligación en materia de concentración de la exposición.
- *Margen de tolerancia*: porcentaje del valor límite o cantidad en que éste puede sobrepasarse con arreglo a las condiciones establecidas.
- *Mediciones fijas*: las mediciones de contaminantes realizadas en lugares fijos, ya sea de forma continua o aleatoria, siendo el número de mediciones suficiente para determinar los niveles observados de conformidad con los objetivos de calidad de los datos.
- *Mediciones indicativas*: mediciones cuyos objetivos de calidad de los datos en cuanto a cobertura temporal mínima son menos estrictos que los exigidos para las mediciones fijas.
- *Mejores técnicas disponibles*: la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea posible, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente y de la salud de las personas. A estos efectos, se entenderá por: "*Técnicas*": la tecnología utilizada, junto con la forma en que la instalación esté diseñada, construida, mantenida, explotada o paralizada; "*Disponibles*": las técnicas desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el contexto del correspondiente sector industrial, en condiciones económicas y técnicamente viables, tomando en consideración los costes y los beneficios, tanto si las técnicas se utilizan o producen en



España, como si no, siempre que el titular pueda tener acceso a ellas en condiciones razonables; "*Mejores*": las técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto y de la salud de las personas.

- *Mercurio gaseoso total*: el vapor de mercurio elemental,  $Hg^0$ , y el mercurio gaseoso reactivo o divalente,  $Hg^{2+}$ , es decir, las especies de mercurio solubles en agua con una presión de vapor suficientemente elevada para existir en fase gaseosa.
- «*Níquel*»: niveles en aire ambiente de este elemento en la fracción PM10.
- *Nivel*: la concentración de un contaminante en el aire ambiente o su depósito en superficies en un momento determinado.
- *Nivel crítico*: nivel fijado con arreglo a conocimientos científicos por encima del cual pueden producirse efectos nocivos para algunos receptores como las plantas, árboles o ecosistemas naturales pero no para el hombre.
- *Objetivo de calidad del aire*: nivel de cada contaminante, aisladamente o asociado con otros, cuyo establecimiento conlleva obligaciones conforme las condiciones que se determinen para cada uno de ellos.
- *Objetivo a largo plazo*: nivel de un contaminante que debe alcanzarse a largo plazo, salvo cuando ello no sea posible con el uso de medidas proporcionadas, con el objetivo de proteger eficazmente la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.
- *Obligación en materia de concentración de la exposición*: nivel fijado sobre la base del indicador medio de exposición, con el fin de reducir los efectos nocivos para la salud humana que debe alcanzarse en un período determinado.
- *Objetivo nacional de reducción de la exposición*: porcentaje de reducción del indicador medio de exposición de la población nacional establecido para el año de referencia con el fin de reducir los efectos nocivos para la salud humana, que debe alcanzarse, en la medida de lo posible, en un período determinado.
- *Objetivo de calidad del aire*: La cuantía de cada contaminante en la atmósfera, aisladamente o asociado con otros, cuyo establecimiento conlleva obligaciones conforme las condiciones que se determinen para cada uno de ellos.
- *Óxidos de nitrógeno*: la suma, en partes por mil millones en volumen de monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno, expresada como concentración másica de dióxido de nitrógeno en microgramos por metro cúbico,  $\mu g/m^3$ .
- *Plan Aire*: Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016, elaborado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, cuyo principal objetivo es el de impulsar medidas (con la colaboración de las administraciones autonómicas y locales implicadas) que actúen ante los problemas de calidad del aire más generalizados en España, de forma que se respeten los valores legalmente establecidos, a fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente. También constituye un objetivo prioritario del Plan AIRE el cumplimiento de la Directiva 2001/81/CE, sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos.
- *Planes de calidad del aire*: planes que contienen medidas para mejorar la calidad del aire de forma que los niveles de los contaminantes estén por debajo de los valores límite o los valores objetivo.

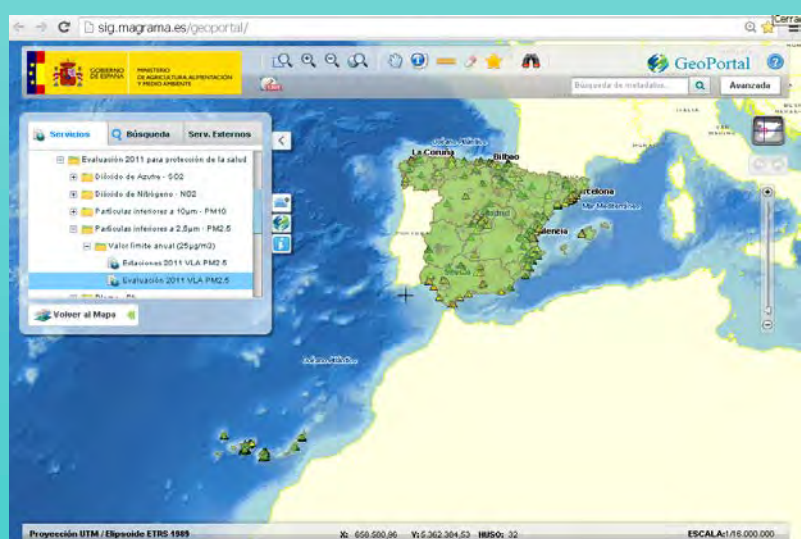
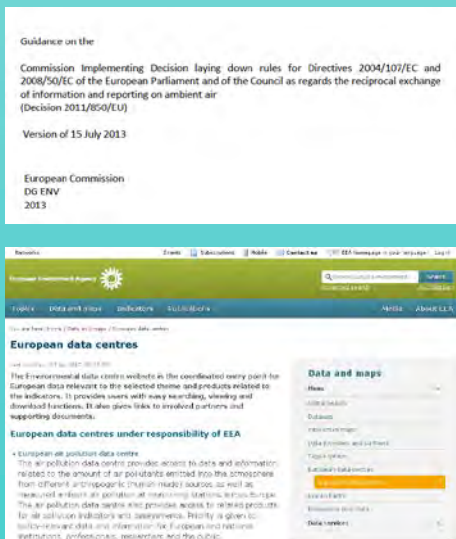
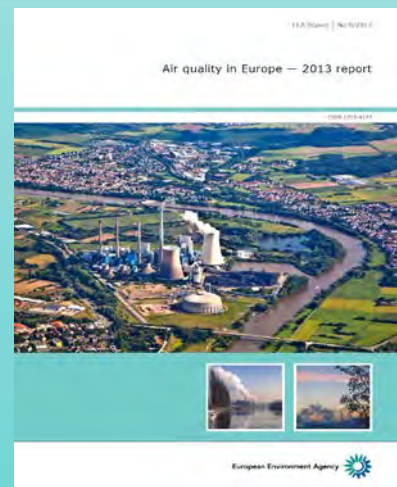
- **PM10:** partículas que pasan a través del cabezal de tamaño selectivo, definido en el método de referencia para el muestreo y la medición de PM10 de la norma UNE-EN 12341, para un diámetro aerodinámico de 10 µm con una eficiencia de corte del 50 %.
- **PM2,5:** partículas que pasan a través del cabezal de tamaño selectivo, definido en el método de referencia para el muestreo y la medición de PM2,5 de la norma UNE-EN 14907, para un diámetro aerodinámico de 2,5 µm con una eficiencia de corte del 50 %.
- **SNAP 97:** Nomenclatura utilizada en el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera, que efectúa el análisis por actividades emisoras agrupadas en las siguientes categorías o grupos:
  - **01 Combustión en el sector de producción y transformación de la energía:** Centrales térmicas de uso público; plantas generadoras de calor para distritos urbanos; plantas de refino de petróleo; plantas de transformación de combustibles sólidos; minería de carbón, extracción de petróleo y gas, compresores y redes de transporte por tubería.
  - **02 Plantas de combustión no industrial:** Instalaciones de combustión de capacidades térmicas relativamente bajas, destinadas principalmente a la generación de calor y, en menor proporción, de calor y electricidad (cogeneración) para uso individualizado en los edificios residenciales y de servicios y en los establecimientos agro-ganaderos en los que se localizan.
  - **03 Combustión industrial:** no específica (la que tiene lugar en los centros industriales pero que no es específica de ninguna rama industrial particular), en hornos sin contacto (la combustión que se realiza en hornos, que difieren normalmente de unas ramas industriales a otras, en los que ni las llamas ni los gases de combustión entran en contacto directo con las materias tratadas en el horno) y procesos de combustión industrial con contacto (la combustión se produce en hornos donde bien las llamas, bien los gases de combustión sí entran en contacto con las materias tratadas en el horno).
  - **04 Procesos industriales:** no relacionados con la combustión (refino de petróleo; industria del hierro y el acero y en las coquerías; industria no férrea; industria química inorgánica; industria química orgánica; procesos en los sectores de pasta de papel, madera, alimentación y varios; y producción de hidrocarburos halogenados y hexafluoruro de azufre).
  - **05 Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica:** Extracción y primer tratamiento de combustibles fósiles sólidos; extracción, primer tratamiento y carga de combustibles fósiles líquidos; extracción, primer tratamiento y carga de combustibles fósiles gaseosos; distribución de combustibles líquidos (excluida la distribución de gasolina); distribución de gasolina; redes de distribución de gas; extracción de energía geotérmica).
  - **06 Uso de disolventes y otros productos:** Incluye las emisiones procedentes de una gran variedad de procesos de producción y consumo en los que se aplican disolventes orgánicos, o se utilizan HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O o NH<sub>3</sub>. (aplicación de pintura; limpieza en seco, desengrasado y electrónica; fabricación y tratamiento de productos químicos; otras actividades en las que se usan disolventes; uso de HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O o NH<sub>3</sub>).
  - **07 Transporte por carretera:** Emisiones de contaminantes debidas al tráfico de vehículos automóviles cuya finalidad principal es el transporte de viajeros o mercancías.
  - **08 Otros vehículos y maquinaria móvil:** actividades del parque de vehículos y maquinaria móvil automotriz que no figuran en el capítulo anterior (tráfico ferroviario;

tráfico marítimo mercante y de las actividades pesqueras; tráfico aéreo -que incluye las operaciones de aeronaves en sus ciclos de aterrizaje-despegue hasta los 1000 metros de altura, la navegación de crucero por encima de dicha cota y, teóricamente, el conjunto de las operaciones en tierra de los aviones y del material terrestre de apoyo a las operaciones de la flota aérea-; y tráfico de los vehículos y maquinaria móvil terrestre no ferroviaria y que no circula habitualmente por carretera ni vías urbanas – dedicada a tareas agrícolas, forestales, mineras, a la construcción y obras públicas, e industriales en espacio abierto).

- 09 Tratamiento y eliminación de residuos: incineración de residuos; vertederos; cremación; otros tratamientos de residuos.
  - 10 Agricultura: Cultivos con fertilizantes; cultivos sin fertilizantes; quema en campo abierto de rastrojos; ganadería (fermentación entérica); gestión de estiércoles con referencia a compuestos orgánicos; uso de pesticidas y piedra caliza; y gestión de estiércoles con referencia a compuestos nitrogenados.
  - 11 Otras fuentes y sumideros (naturaleza): Fuentes y sumideros de tipo natural, si bien se incluyen tanto fenómenos puramente naturales como procesos influidos en mayor o menor medida por el hombre (emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metánicos procedentes de la vegetación; emisiones de NOX de los suelos; incendios forestales; zonas húmedas y espacios acuáticos; fauna libre y seres humanos; volcanes; depósitos cuasi-superficiales de gas natural; rayos; intercambios de biomasa en los bosques y en otros depósitos de biomasa leñosa; reconversión de bosques y pastizales; abandono de tierras cultivadas, y emisiones o captaciones de CO<sub>2</sub> en suelos; entre otros).
- *Sustancias precursoras del ozono*: sustancias que contribuyen a la formación de ozono en la baja atmósfera.
  - *Ubicaciones de fondo urbano*: lugares situados en zonas urbanas cuyos niveles sean representativos de la exposición de la población urbana en general.
  - *Umbral de alerta*: un nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana que afecta al conjunto de la población y requiere la adopción de medidas inmediatas por parte de las Administraciones competentes.
  - *Umbral inferior de evaluación*: el nivel por debajo del cual es posible limitarse al empleo de técnicas de modelización para evaluar la calidad del aire ambiente.
  - *Umbral de información*: nivel de un contaminante a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana de los grupos de población especialmente vulnerables y las Administraciones competentes deben suministrar una información inmediata y apropiada.
  - *Umbral superior de evaluación*: el nivel por debajo del cual puede utilizarse una combinación de mediciones fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas para evaluar la calidad del aire ambiente.
  - *VAG (Programa de Vigilancia Atmosférica Global)*: instituido para comprender los cambios naturales y antropogénicos de la atmósfera, conocer las interacciones entre la atmósfera, el océano y la biosfera y para facilitar información científicamente fiable para el desarrollo de políticas medioambientales nacionales e internacionales. Se encuentra dentro del PIAMA (Programa de Investigación de la Atmósfera y el Medio Ambiente – AREP).

- *Valor límite*: un nivel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza que debe alcanzarse en un período determinado y no superarse una vez alcanzado.
- *Valor límite de emisión*: Cuantía de uno o más contaminantes en emisión que no debe sobrepasarse dentro de uno o varios períodos y condiciones determinados, con el fin de prevenir o reducir los efectos de la contaminación atmosférica.
- *Valor objetivo*: nivel de un contaminante que deberá alcanzarse, en la medida de lo posible, en un momento determinado para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.
- *Zona*: porción de territorio delimitada por la Administración competente y utilizada para evaluación y gestión de la calidad del aire.





# 8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA





## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

### INDICE DEL CAPÍTULO

8.	REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	317
8.1	Referencias .....	317
8.2	Bibliografía.....	317
8.3	Vínculos .....	318



## 8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

### 8.1 Referencias

- Carslaw, D.C. and K. Ropkins, (2012). openair — an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61.
- Carslaw, D.C. (2013). The openair manual — open-source tools for analysing air pollution data. Manual for version 0.8-0, King's College London.

### 8.2 Bibliografía

- **Bases científico-técnicas para un Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire**  
X. Querol, M. Viana, T. Moreno, A. Alastuey (eds.). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Informes CSIC (2012).  
[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/CALIDAD\\_AIRE\\_\(alta\)\\_tcm7-306363.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/CALIDAD_AIRE_(alta)_tcm7-306363.pdf)
- **Estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por ozono troposférico en España (INF FIN/O3/2009).**  
Autores: Diéguez Rodríguez, J.J.; Millán Muñoz, M.; Padilla Gómez, L.; Palau Aloy, J.L. (2009).  
Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino; y Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo CEAM.  
[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/8\\_A\\_Informe\\_final\\_ozono-ceam\\_Julio\\_2009\\_tcm7-152609.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/8_A_Informe_final_ozono-ceam_Julio_2009_tcm7-152609.pdf)
- **Episodios Naturales de Partículas 2012.**  
Coordinadores: Pey, J.; Querol, X.; Jiménez, S.; Moral, A.; Pallarés, M.; González Ortiz, A.  
CSIC, AEMeT, CIEMAT, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial (Mayo 2013).
- **Guideline to Questionnaire laying down a questionnaire to be used for annual reporting on ambient air quality assessment under Council Directives 96/62/EC, 1999/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC, 2004/107/EC and 2008/50/EC**  
European Commission Pilot Template; June-2009.  
<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/guideline.pdf>
- **Niveles, composición y fuentes de PM10 y PM2,5 en España: Aragón, Asturias, Castilla la Mancha y Madrid**  
Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, IDÆA-CSIC; CIEMAT; Instituto de Salud Carlos III; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (S.D.G. de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial). Abril de 2013.  
Coordinación: Xavier Querol, María del Mar Viana, Andrés Alastuey, Teresa Moreno. (Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua.- IDAEA-CSIC); Alberto González, María Pallarés, Santiago Jiménez (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial).

[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Informe%2Bniveles%2Bquimica\\_entregado2013%5B1%5D\\_tcm7-289194.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Informe%2Bniveles%2Bquimica_entregado2013%5B1%5D_tcm7-289194.pdf)

- ***Niveles, composición y fuentes de PM10, PM2,5 Y PM1 en España: Cantabria, Castilla León, Madrid y Melilla***

Coordinación: Querol, X.; Viana, M.M.; Alastuey, A.; Moreno, T. (Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua IDAEA-CSIC), González, A.; Pallarés, M.; Jiménez, S. (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial) (2009).

Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, IDAEA-CSIC; Centro de Investigaciones, Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT); Instituto de Salud Carlos III; Universidad de Huelva ; Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, S.D.G. de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial.

[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Informe\\_completo2007\\_CSIC\\_tcm7-152607.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Informe_completo2007_CSIC_tcm7-152607.pdf)

- ***El ozono troposférico en el sur de Europa: aspectos dinámicos documentados en proyectos europeos***

Autor: Millán Muñoz, M. (2009).

Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino; y Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo CEAM.

[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Ozono\\_Troposf%C3%A9rico\\_en\\_el\\_sur\\_de\\_Europa-Actualizacion-2009\\_tcm7-152611.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Ozono_Troposf%C3%A9rico_en_el_sur_de_Europa-Actualizacion-2009_tcm7-152611.pdf)

- ***El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación***

Dirección: Larka Abellán, M.B. (MARM); coordinación: González Ortiz, A. (MARM); elaboración y redacción (CIEMAT, Unidad de Contaminación Atmosférica): Bermejo Bermejo, V.; Alonso del Amo, R.; Elvira Cozar, S.; Rábago Juan-Aracil, I.; García Vivanco, M. (2010).

Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM) y el Centro de Investigaciones, Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Ozono\\_tcm7-152613.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Ozono_tcm7-152613.pdf)

- ***Plan nacional de calidad del aire y protección de la atmósfera, 2013-2016, Plan AIRE***

Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural; Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial (abril 2013).

[http://www.magrama.gob.es/imagenes/es/PLAN%20AIRE%202013-2016\\_tcm7-271018.pdf](http://www.magrama.gob.es/imagenes/es/PLAN%20AIRE%202013-2016_tcm7-271018.pdf)

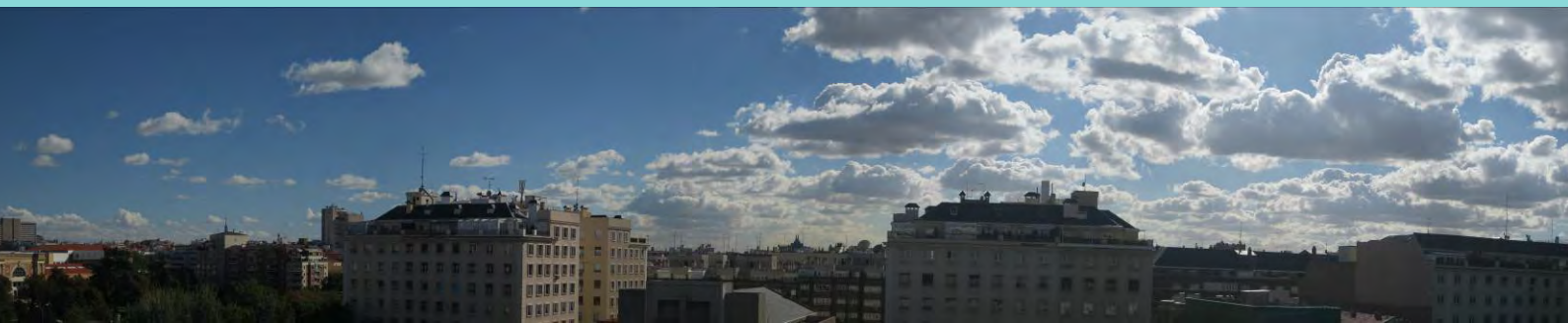
### 8.3 Vínculos

- Agencia Europea de Medio Ambiente:  
<http://www.eea.europa.eu/es>

- Legislación de calidad del aire de la Comisión Europea:  
<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/reporting.htm>
- Obligaciones de información de los EEMM a la Comisión Europea:  
<http://cdr.eionet.europa.eu/es/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS):  
<http://www.who.int/es/>
- Padrón. Cifras Oficiales de Población de los Municipios Españoles: Revisión del Padrón Municipal:  
<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft20%2Fe260&file=inebase&L=0>
- Perfil ambiental de España 2012. Informe basado en indicadores:  
[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/perfil\\_ambiental\\_2012.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/perfil_ambiental_2012.aspx)
- Planes de mejora de la calidad del aire:  
<http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/gestion/planes.aspx>
- Políticas medioambientales de UNECE (United Nations Economic Commission for Europe):  
<http://www.unece.org/env/welcome.html>
- Programa EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme):  
<http://www.emep.int/>
- Questionnaire 2012, mapas y contribución de fuentes naturales a PM10:  
<http://cdr.eionet.europa.eu/es/eu/annualair/colukwawa>
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes:  
<http://www.prtr-es.es/>
- RETEMCA; Red Temática de Modelización de la Contaminación Atmosférica:  
<http://mca-retemca.ciemat.es/MCAportal/>
- Tratados sobre contaminación atmosférica UNECE (United Nations Economic Commission for Europe):  
<http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>
- Zonificación de la calidad del aire en España 2012:  
[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Zonificaci%C3%B3n\\_2012\\_tcm7-299047.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Zonificaci%C3%B3n_2012_tcm7-299047.pdf)

- Legislación de calidad del aire de la Comisión Europea:  
<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/reporting.htm>
- Obligaciones de información de los EEMM a la Comisión Europea:  
<http://cdr.eionet.europa.eu/es/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS):  
<http://www.who.int/es/>
- Padrón. Cifras Oficiales de Población de los Municipios Españoles: Revisión del Padrón Municipal:  
<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft20%2Fe260&file=inebase&L=0>
- Perfil ambiental de España 2012. Informe basado en indicadores:  
[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/perfil\\_ambiental\\_2012.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/perfil_ambiental_2012.aspx)
- Planes de mejora de la calidad del aire:  
<http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/gestion/planes.aspx>
- Políticas medioambientales de UNECE (United Nations Economic Commission for Europe):  
<http://www.unece.org/env/welcome.html>
- Programa EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme):  
<http://www.emep.int/>
- Questionnaire 2012, mapas y contribución de fuentes naturales a PM10:  
<http://cdr.eionet.europa.eu/es/eu/annualair/colukwawa>
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes:  
<http://www.prtr-es.es/>
- RETEMCA; Red Temática de Modelización de la Contaminación Atmosférica:  
<http://mca-retemca.ciemat.es/MCAportal/>
- Tratados sobre contaminación atmosférica UNECE (United Nations Economic Commission for Europe):  
<http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>
- Zonificación de la calidad del aire en España 2012:  
[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Zonificaci%C3%B3n\\_2012\\_tcm7-299047.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Zonificaci%C3%B3n_2012_tcm7-299047.pdf)





## 9. AGRADECIMIENTOS



9. AGRADECIMIENTOS





**GOBIERNO DE EXTREMADURA**

