

Calidad del aire en las ciudades

clave de sostenibilidad urbana



Observatorio de la Sostenibilidad en España

PORTADA

INTERIOR PORTADA

Calidad del aire en las ciudades españolas clave de sostenibilidad urbana



Sede Alcalá:

Observatorio de la Sostenibilidad en España. Universidad de Alcalá.
Plaza de San Diego s/n · 28801 Alcalá de Henares (Madrid)
Teléfono: +34 91 885 40 39 · Fax: +34 91 885 44 94
www.sostenibilidad-es.org · e-mail: ose@uah.es

Índice resumido

10	Autores y agradecimientos
11	Presentaciones
19	Evaluación Integrada
87	0. Introducción: Calidad del aire y sostenibilidad urbana
91	1. Objeto y estructura del informe
95	2. Metodología y aspectos básicos
111	3. Calidad del aire en las ciudades españolas
165	4. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud
193	5. Interacciones, actividades económicas y calidad del aire
223	6. España en el contexto europeo
275	7. Instrumentos aplicados para la mejora de la calidad del aire
301	8. Perspectivas futuras
325	9. Anexos
367	10. Bibliografía, acrónimos y abreviaturas

Índice

10	Autores y agradecimientos
11	Presentaciones
11	Ministra de Medio Ambiente, Cristina Narbona
13	Fundador y Presidente de Honor de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental, Benjamín Sánchez F. Murias
15	Director Ejecutivo del Observatorio de la Sostenibilidad en España, Luis Jiménez Herrero
19	EVALUACIÓN INTEGRADA
22	0. ¿A quién va dirigido este informe?
22	1. ¿Qué se entiende por calidad del aire?
26	2. ¿Cómo se analiza, se mide y se regula?: objetivos, legislación existente y valores límite
34	3. ¿Cómo nos afecta? ¿Por qué es importante para la salud, la calidad de vida y la economía?
42	4. ¿Qué calidad del aire tenemos en España?. ¿Cómo vamos?
63	5. ¿Cómo estamos en el contexto europeo?
65	6. ¿Cuáles son las interacciones en juego?
67	7. ¿Cómo se relaciona con la sostenibilidad urbana?
77	8. ¿Qué relación existe entre las emisiones de gases de efecto invernadero y la calidad del aire?
79	9. ¿Con qué mecanismos contamos para actuar y mejorar la situación?
83	10. Medidas preventivas y vigilancia
85	Glosario
87	0. INTRODUCCIÓN: CALIDAD DEL AIRE Y SOSTENIBILIDAD URBANA
91	1. OBJETO Y ESTRUCTURA DEL INFORME
92	1.1. Objeto del informe
93	1.2. Estructura del informe
95	2. METODOLOGÍA Y ASPECTOS BÁSICOS
96	2.1. Metodología del Informe
102	2.2. Aspectos básicos
103	2.2.1. Principales problemas relacionados con la contaminación atmosférica
103	2.2.2. Principales contaminantes e indicadores seleccionados
110	2.2.3. Valores límite y objetivos de la calidad del aire
111	3. CALIDAD DEL AIRE EN LAS CIUDADES ESPAÑOLAS
113	3.1. Situación general
118	3.2. Análisis por contaminantes
125	3.3. Análisis de ciudades
126	3.3.1. Andalucía
126	3.3.1.1. Algeciras
126	3.3.1.2. Almería
127	3.3.1.3. Cádiz
127	3.3.1.4. Córdoba
128	3.3.1.5. Dos Hermanas
128	3.3.1.6. Granada
129	3.3.1.7. Huelva
129	3.3.1.8. Jaén
130	3.3.1.9. Jerez de la Frontera
130	3.3.1.10. Málaga
131	3.3.1.11. Marbella
131	3.3.1.12. Sevilla
132	3.3.2. Aragón
132	3.3.2.1. Zaragoza
132	3.3.3. Principado de Asturias
132	3.3.3.1. Gijón
133	3.3.3.2. Oviedo
133	3.3.4. Illes Balears
133	3.3.4.1. Palma de Mallorca
134	3.3.5. Canarias
134	3.3.5.1. Palmas de Gran Canaria
134	3.3.5.2. Santa Cruz de Tenerife
135	3.3.6. Cantabria
135	3.3.6.1. Santander
135	3.3.7. Castilla y León
135	3.3.7.1. Burgos
136	3.3.7.2. León

136		3.3.7.3. Salamanca
137		3.3.7.4. Valladolid
137	3.3.8.	Castilla-La Mancha
137		3.3.8.1. Albacete
138	3.3.9.	Cataluña
138		3.3.9.1. Badalona
138		3.3.9.2. Barcelona
139		3.3.9.3. Hospitalet de Llobregat
139		3.3.9.4. Lleida
140		3.3.9.5. Mataró
140		3.3.9.6. Sabadell
141		3.3.9.7. Santa Coloma de Gramenet
141		3.3.9.8. Tarragona
142		3.3.9.9. Terrassa
142	3.3.10.	Extremadura
142		3.3.10.1. Badajoz
143	3.3.11.	Galicia
143		3.3.11.1. A Coruña
143		3.3.11.2. Vigo
144	3.3.12.	Comunidad de Madrid
144		3.3.12.1. Alcalá de Henares
144		3.3.12.2. Alcobendas
145		3.3.12.3. Alcorcón
145		3.3.12.4. Fuenlabrada
146		3.3.12.5. Getafe
146		3.3.12.6. Leganés
147		3.3.12.7. Madrid
147		3.3.12.8. Móstoles
148		3.3.12.9. Torrejón
148	3.3.13.	Región de Murcia
148		3.3.13.1. Cartagena
149		3.3.13.2. Murcia
149	3.3.14.	Comunidad Foral de Navarra
149		3.3.14.1. Pamplona
150	3.3.15.	País Vasco
150		3.3.15.1. Bilbao
150		3.3.15.2. Donostia–San Sebastián
151		3.3.15.3. Vitoria - Gasteiz
151	3.3.16.	La Rioja
151		3.3.16.1. Logroño
152	3.3.17.	Comunidad Valenciana
152		3.3.17.1. Alicante
152		3.3.17.2. Castellón de la Plana
153		3.3.17.3. Elche
153		3.3.17.4. Valencia
154	3.4.	Aplicaciones de los sistemas de modelización de la calidad del aire para la Península Ibérica y la Comunidad de Madrid
154		3.4.1. Valores medios estimados de todo el dominio y su evolución a lo largo del año (lineales) para el NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃ y SO ₂ en la Península Ibérica
156		3.4.2. Población estimada afectada por incumplimiento de la legislación y por superaciones de valores límite en la Península Ibérica
159		3.4.3. Índice de afección para ponderar estimativamente las concentraciones en la atmósfera en función de la población en la Península Ibérica
161		3.4.4. Valores medios estimados de todo el dominio y su evolución a lo largo del año (lineales) para el NO ₂ , PM ₁₀ y O ₂ en la Comunidad de Madrid
162		3.4.5. Población estimada afectada por incumplimiento de la legislación y por superaciones de valores límite en la Comunidad de Madrid.
163		3.4.6. Índice de afección para ponderar estimativamente las concentraciones en la atmósfera en función de la población en la Comunidad de Madrid
165	4.	EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SOBRE LA SALUD
168	4.1.	Población expuesta a elevados niveles de contaminación atmosférica
169		4.1.1 Colectivos más vulnerables: población infantil, mayores y enfermos con problemas cardiacos y respiratorios
171	4.2.	Efectos de la contaminación sobre la salud humana
173	4.3.	Evidencias empíricas sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud
173		4.3.1. Estudios en España
175		4.3.2. Estudios en Europa
176		4.3.3 Estudios de Intervención sobre la Calidad del Aire
177		4.3.4 Necesidades de investigación epidemiológica

178	4.4. Instrumentos para medir el impacto que las intervenciones dirigidas a reducir la contaminación del aire tienen sobre la salud de la población
178	4.4.1. Evaluación de Impacto en la Salud
178	4.4.2. Estudios de Evaluación de Impacto: <i>APHEIS</i> y <i>ENHIS</i>
179	4.4.2.1. Beneficios que reportaría la reducción de partículas en el aire para la salud de la población de 5 ciudades españolas (Barcelona, Bilbao, Madrid, Valencia y Sevilla).
179	4.4.2.2. Comparación de los Beneficios Potenciales que se obtendrían en los distintos escenarios en aquellas ciudades españolas para las que se han medido las mismas partículas.
187	4.5. Salud Pública y Nueva Directiva Europea de Calidad del Aire
189	4.6. Vigilancia en salud pública de la contaminación atmosférica
190	4.7. La percepción y actitudes de la población española sobre la contaminación atmosférica
193	5. INTERACCIONES, ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y CALIDAD DEL AIRE
195	5.1. Tráfico rodado en las ciudades y sector del transporte
195	5.1.1. Tráfico rodado en las ciudades
202	5.1.2. Sector del transporte
203	5.2. Sector doméstico y de servicios
204	5.3. Influencia de las industrias en la calidad del aire de las ciudades
205	5.3.1. Influencia de la industria en los diferentes entornos urbanos
206	5.3.2. Sector industrial
211	5.4. Sector energético
213	5.5. Sector agrario
215	5.6. Las emisiones en el entorno urbano
218	5.7. Mapas de emisiones en superficie
223	6. ESPAÑA EN EL CONTEXTO EUROPEO
225	6.1. Posición de España respecto a otros países de nuestro entorno en relación con las redes de medición
231	6.2. Posición de España respecto a los países de la Unión Europea en materia de calidad del aire
240	6.3. Población y superficies afectadas en Europa: aplicaciones de los sistemas de modelización de la calidad del aire
246	6.4. La Contaminación Atmosférica supone una amenaza para la salud pública en Europa.
270	6.5. Estimación del coste total de la contaminación del aire en Europa
275	7. INSTRUMENTOS APLICADOS PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE
277	7.1. Instrumentos e iniciativas comunitarias
280	7.1.1. Experiencias europeas de implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible
282	7.2. Instrumentos e iniciativas estatales
288	7.3. Instrumentos e iniciativas autonómicas
294	7.4. Instrumentos e iniciativas locales
299	7.5. Otros instrumentos aplicables
301	8. PERSPECTIVAS FUTURAS
302	8.1. Previsiones en Europa
302	8.1.1. Previsiones para 2020
308	8.1.2. Previsiones para 2030
309	8.2. Propuestas de la Unión Europea
317	8.3. Tendencias en España en materia de calidad del aire
322	8.4. Prioridades para la acción
325	9. ANEXOS
326	ANEXO I. Datos de calidad del aire del Ministerio de Medio Ambiente (1995-2005)
340	ANEXO II. Relación entre contaminación industrial y salud pública
352	ANEXO III. Crecimiento de las ciudades y calidad del aire urbano
359	ANEXO IV. Ecoeficiencia y calidad del aire en las ciudades
363	ANEXO V. Proyecto de ley de calidad del aire y protección de la atmósfera
367	10. BIBLIOGRAFÍA, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

Autores y agradecimientos

EQUIPO OSE

Dirección

Luis M. Jiménez Herrero

Asesoramiento

Domingo Jiménez Beltrán

Coordinadores Generales

Fernando Prieto

Noelia Guaita García

Coordinadora de Área

Ana María Ayuso Álvarez

Equipo Técnico

Lucía Landa Ortiz de Zárate

José Luis de la Cruz de Leiva

Alexandra Delgado Jiménez

Isidro López Hernández

Pilar Álvarez-Uría Tejero

Cristina Zamorano Chico

AUTORES-COLABORADORES

Aspectos de Salud Pública

Elena Boldo Pascua. Centro Nacional de Epidemiología.ISC III.
Ferrán Ballester Díez. Escuela Valenciana de Estudios de la Salud (EVES).

Modelización

Modelos de inmisiones y relación de la población con la contaminación atmosférica
Roberto San José. Catedrático de informática. Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA).
Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (GMSMA-FI-UPM).

Modelos de emisiones

José M^º Baldasano Recio. Director I+D Áreas de Ciencias de la Tierra.
Pedro Jiménez Guerrero
Eugenio López Vaño
Patricia Güereca Hernández
Oriol Jorba Casellas
Carlos Pérez García-Pando
Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación.

Análisis territorial y calidad del aire

Carolina de Carvalho Cantergiani
Carolina Rojas Quezada
Paloma Ruiz Benito

Aspectos de cambio climático y calidad del aire

Antonio Ruiz Elvira

Aspectos generales

Xavier Querol

Pablo Cotarelo

Carlos Rodríguez

Con la colaboración de CONSULNIMA, especialmente de Ana Blanco y Virginia Villa

AGRADECIMIENTOS

Ángeles Cristóbal

Santiago Jiménez

María Pallarés

Gonzalo Echagüe

Gonzalo López-Abente

Jordi Ortega

Manuel Álvarez-Uría

Almudena Checa

Ramón Franco Sierra (Fotografía principal de portada)

Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos (MMA)

COMITÉ EDITORIAL

José María Baldasano

Ferrán Ballester

Ana Blanco

Elena Boldo

Juan Contreras

Pablo Cotarelo

Ángeles Cristóbal

Gonzalo Echagüe

Domingo Jiménez

Santiago Jiménez

Luis Jiménez

Fernando Martín

Millán M. Millán

María Pallarés

Xavier Querol

Antonio Ruiz Elvira

Roberto San José

COMITÉ CIENTIFICO

Antonio Gómez Sal (Presidente)

Diego Azqueta Oyarzun

Emerit Bono Martínez

Joaquín Bosque Sendra

Antonio Cendrero Uceda

Francisco Díaz Pineda

Eladio Fernández-Galiano

Santiago González Alonso

Ana Justel Esusebio

José Manuel Naredo

Ignacio Pérez Arriaga

Narcís Prat i Fornells

Preámbulo

Es un placer y una responsabilidad prologar este nuevo informe del Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) que se suma, con planteamientos integradores y desde la perspectiva de una capacidad separada de la Administración, a los que viene publicando el Ministerio de Medio Ambiente sobre la calidad del aire en las ciudades.

Es, igualmente, un placer comprobar lo que puede dar de sí un proyecto como el OSE, cuya finalidad es simplemente producir la mejor información disponible y de uso directo para mejorar los procesos de información pública y de toma de decisiones en forma eficaz y participativa. Este informe es un vivo ejemplo de este cometido.

Y es una responsabilidad, porque este informe confirma lo que ya sabemos pero preferimos ignorar: la necesidad de que la sociedad y los mandatarios públicos asumamos urgentemente y eficazmente el reto de la calidad del aire muy ligado al del Cambio Climático, pues ambos exigen cambios inaplazables en nuestros modelos de producción y, donde más nos duele, en nuestros modelos de uso y consumo del territorio y de los recursos, vinculados a desarrollos urbanísticos y a pautas y sistemas energéticos, de transporte y movilidad insostenibles. Cambios inaplazables que no significan menos desarrollo sino diferente para finalmente mantener e incrementar la calidad de vida para una mayoría creciente de la población.

Este informe confirma de forma irrefutable que sabemos poco sobre la situación en materia de calidad del aire en nuestras ciudades y sus impactos, en particular, sobre la salud y sobre los grupos más vulnerables (niños, mayores, personas enfermas, embarazadas...). Pero que sabemos más que suficiente para una acción más decidida y eficaz con el concurso de la sociedad en general.

Sabemos, al menos, que de las tres cuartas partes de la población española que vive en entornos urbanos, un colectivo muy significativo se encuentra sometido a niveles no permitidos por la legislación en vigor y aun menos, por la más restrictiva en preparación a nivel comunitario y consecuentemente nacional. Me parece muy significativa, por lo llamativa, porque parecía un tema superado, la situación en materia de partículas, polvo, aerosoles y humos en el aire que respiramos en nuestras ciudades.

Es una llamada urgente a la acción decidida de la sociedad y de los poderes públicos observar que, sobre todo, debido al incremento e intensificación de uso del parque automovilístico, prácticamente todos los municipios españoles que están en la base de datos del Ministerio de Medio Ambiente superan los límites diarios para partículas finas (llamadas PM₁₀) pudiendo afectar a más del 70% de la población, y que aunque estas tiendan a la disminución se aprecia un aumento de las muy finas (las llamadas PM_{2,5}) que son las más perjudiciales y muy ligadas al incremento de vehículos con motores diesel.

Es interesante ver como el informe recoge que, mientras un aumento en los niveles diarios de las partículas finas de 10 microgramos por metro cúbico de aire (un 20% del límite) incrementa un 0,6% el riesgo de muerte, el mismo aumento de partículas muy finas multiplica este impacto por un factor diez. Una disminución de las partículas muy finas hasta el nivel de los 10 microgramos por metro cúbico de media anual, en ciudades como Barcelona, Bilbao, Madrid, Sevilla, como ha recomendado la OMS, supondría evitar casi cuatro mil muertes al año.

Esta preocupación de todos y obligada ocupación de los poderes públicos hay que extenderla a otros contaminantes también muy impulsados por el transporte y las formas de movilidad, y en general, por la quema de combustibles y carburantes, como son el dióxido de nitrógeno, cuyos niveles límite anuales se superan en trece grandes ciudades pudiendo afectar al casi 40% de la población, y el ozono, oxidante que como resultado de otros contaminantes, alcanza a los entornos de las ciudades, cuyos valores límite diarios se superan en más de los 25 días límite en la tercera parte de las ciudades, con niveles que afectan posiblemente y según cálculos con modelos, ya que no se suele medir donde están, a bastante más de la mitad de la población española.

Así que aunque nuestra situación, como analiza el informe, no sea peor en general que la de los países de la UE (con la excepción de Madrid y Barcelona la situación en nivel de partículas es mejor que la UE, aunque en lo referente al ozono sólo nos superan por lo alto Italia y Francia), el margen para mejorar es enorme y además, como recoge el informe, los costes anuales derivados de la contaminación atmosférica son tan elevados (entre 1,7% y 4,1% del PIB en el caso español) que los ahorros por las medidas previstas en la Estrategia Europea para reducir la contaminación atmosférica serían del orden de seis veces superiores a las inversiones, y lo que es aun más interesante y oportuno para España, si estas estrategias se combinan con las de mitigación del Cambio Climático dichas inversiones anuales se podría reducir según cálculos de la Agencia Europea de Medio Ambiente del orden de un 20%.

Y en cualquier caso, como también señala el informe, mientras se consiguen estos objetivos más ambiciosos que implicarán una disminución general de las emisiones, hay que extremar la información y las alertas preventivas a la población que con costes mínimos puede disminuir los tiempos de exposición de la población y que redundan en muy poco tiempo en consecuencias positivas para la salud.

Una vez más disponemos de la información suficiente para actuar y una vez más sabemos no sólo que el coste de no actuar es muy superior, no sólo en términos económicos, sino sobre todo en términos de salud y calidad de vida.

Y una vez más el desafío es no sólo político sino sociopolítico, institucional y económico; es un desafío y una oportunidad para la sociedad española.

Una oportunidad muy ligada también, como he señalado, al desafío ineludible del Cambio Climático y a la concienciación respecto a ambos temas de la sociedad española, de los agentes socioeconómicos y de todos los niveles de las Administraciones públicas, sin cuyo concurso no se podrán emprender los cambios necesarios y aplicar las medidas más eficaces que, en muchos casos, tendrán que ser necesariamente de tipo fiscal como las consideradas ahora dentro del proceso de aprobación de la nueva Ley de Calidad del Aire para gravar los vehículos en función de sus emisiones. ¿Podríamos conseguir que medidas de este tipo tuvieran un coste político positivo?

Espero que este informe contribuya a que los ciudadanos nos concienciamos de la situación y de que en estos momentos asumamos una responsabilidad directa, cuando muchas de las emisiones contaminantes ya no están sólo en los focos industriales (de los que se ocupará, entiendo, el OSE en un informe futuro) sino sobre todo en cuanto a incrementos tendenciales en nuestras propias emisiones, de nuestros vehículos, calefacciones, etc.

Y espero que este informe contribuya con su diagnosis, prognosis y hasta recetario a que todas las Administraciones públicas asumamos en aras de actuar más eficazmente esta responsabilidad compartida como es la de mejorar el aire que respiramos y, al mismo tiempo, mitigar el Cambio Climático.

Gracias al esforzado equipo del OSE y al extenso grupo de expertos colaboradores incluidos la comunidad científica y los de este Ministerio y de las CCAA y Ayuntamientos por este informe; gracias a ellos hoy sabemos más y podemos, si finalmente queremos, hacer las cosas mejor.

Cristina Narbona
Ministra de Medio Ambiente

Prólogo

Benjamín Sánchez F. Murias.

Fundador y presidente de honor de la Sociedad Española de Sanidad

El conocimiento de la influencia de las condiciones ambientales sobre la salud y el bienestar de las personas no es un hecho nuevo aunque en las últimas décadas debido fundamentalmente a problemas negativos que suscita el desarrollo incontrolado, se ha puesto de manifiesto la necesidad de profundizar en el conocimiento de sus efectos sobre la salud y en su prevención.

460 años A.J en el tratado del Corpus Hipocraticus sobre " Aires, Aguas y Lugares", manual práctico para los griegos que se asentaban en lugares desconocidos del Mediterráneo, se decía que las ciudades orientadas hacia el nacimiento del sol, son probablemente mas saludables que las que están expuestas a vientos cálidos o que miran al norte.

Galeno (años 125-129), "Es deseable respirar el mejor aire; esto vale para todas las edades de la vida. Considero que el aire de mejor calidad es el que es absolutamente puro y aire puro es el que no proviene de estanques, pantanos o pozos que desprendan un vapor perjudicial. También es tóxico el aire que viene de grandes ciudades y áreas densamente pobladas. Este aire es perjudicial para toda clase de personas."

En todas las Civilizaciones, en la Edad Moderna, por motivos prácticos, políticos o religiosos podemos comprobar mandatos, órdenes o indicaciones que nos dan cuenta del interés en remediar algún problema relacionado con el medio ambiente y la salud, adecuados a los conocimientos científicos de la época correspondiente.

En cualquier caso, es evidente, que en el momento actual la Salud Ambiental, dentro de la Salud Pública, es un elemento fundamental.

El smog de Londres en 1952 y sus repercusiones sobre la salud tuvo gran resonancia en los ámbitos sanitarios propiciando en 1959 la Primera Conferencia Europea sobre Contaminación Atmosférica que se celebró en Milán bajo el mandato de la OMS.

Posiblemente, porque el problema sanitario de la contaminación del agua era muy conocido, la aparición de un nuevo peligro para la salud a través del aire, llamó mucho la atención, máxime cuando también aparecían otros productos químicos ligados a prácticas agrícolas o lucha contra los vectores de enfermedades transmisibles.

En España, el estudio de la contaminación atmosférica como factor de posibles efectos sobre la salud y la necesidad de una identificación del origen y magnitud del problema, comienza como en otros países, bajo la óptica de la Salud Pública donde la creación de un Servicio de Sanidad Ambiental en 1964 y posteriormente una Subdirección General de Medicina Preventiva y Sanidad Ambiental, permitió, dentro de la precariedad de medios y personas, realizar en España el primer estudio de contaminación atmosférica en una ciudad, en este caso la de Madrid que fue publicado en la Revista de Higiene y Salud Pública, órgano técnico de la Dirección General de Sanidad en 1964.

Fruto sobre la concienciación del problema demostrado por este estudio, fue la colaboración de Industria y Sanidad que permitió redactar la Ley 38/1972 de 22 de Diciembre de Protección del Ambiente Atmosférico que fue, hasta la entrada de España en el Mercado Común, el instrumento que permitió empezar la lucha contra la contaminación Atmosférica y que dentro de las circunstancias económicas y políticas, demostró su eficacia actualmente superada por las nuevas disposiciones, mejores tecnologías y conocimientos más avanzados en Salud Pública y en el mecanismo de acción de los contaminantes sobre los sistemas biológicos del hombre y de otros seres vivos.

Conviene recordar estos esfuerzos pioneros para resaltar el avance dado y el interés creciente de la Administración y de la Población que ha permitido disminuir la contaminación y profundizar en el estudio de los posibles efectos sobre la salud como pone de manifiesto el estudio del Observatorio de la Sostenibilidad en España.

Las técnicas de reducción de emisiones, las tecnologías limpias, el desarrollo de servicios nacionales y autonómicos, la aplicación estricta de la legislación actual y en general la concienciación de la población entre otros factores, nos permiten hoy a los veteranos conocer y afirmar el avance extraordinario en la lucha contra la contaminación atmosférica y, por otro lado, conocer los nuevos estudios epidemiológicos y experimentales como se reflejan en el estudio del Observatorio de la Sostenibilidad en España que comentamos.

Además, los sistemas modernos permiten la detección precoz y en concentraciones mínimas de posibles agresores para la salud por lo que consideramos que tal como manifiesta el OSE, los sistemas de aviso o alarma basados en estas posibilidades deberían ser objeto de mayor atención.

Destacan algunos puntos del informe respecto a las diferentes circunstancias, que conviene conocer para abordar una reducción basada en la investigación objetiva tales como la comprobación del aumento o disminución de la contaminación, el estudio detallado de los modelos de emisión e inmisión, la continuidad y ampliación de los sistemas de vigilancia, la influencia relativa de las diferentes fuentes, la aplicación de las nuevas Directivas de la CEE con respecto a las partículas y los niveles umbrales de información a la población.

Además, el Informe resalta en primer plano los problemas sanitarios de la contaminación basados en los estudios epidemiológicos españoles e internacionales, que como todos los estudios probabilísticos, nos permiten inferir una relación de causa-efecto y coadyuvan a fijar nuevos límites y la posibilidad de asumir mínimos riesgos, valorando los costes económicos derivados de la degradación de la salud.

Como sanitario destaco la inclusión de esta faceta dentro del Informe, acostumbrado a ver divorciados excelentes trabajos de tecnología y magníficas investigaciones sobre la salud.

Destacamos que el informe no se limita a la mera descripción del problema actual, lo cual ya supone un mérito, sino que hace propuestas sobre investigación, estrategias, sistemas de alerta y otros aspectos que tienen consecuencias sobre la sostenibilidad.

Es importante profundizar en la investigación básica de los efectos sobre las estructuras y sistemas celulares para obtener indicadores precoces de agresión biológica antes que indicadores de efectos y estadísticas de mortalidad y morbilidad.

La publicación tiene la virtud de exponer todos y cada uno de los temas relacionados con la contaminación en el nivel de conocimientos avanzados y no solamente sobre la salud, sino también analizando la posibilidad de efectos globales e interactivos que intervienen en la degradación de medio ambiente como transporte, industria o prácticas agrícolas.

Los datos recopilados de las distintas fuentes permiten conocer los elementos fundamentales para la evaluación del riesgo en sus cuatro etapas: Identificación del peligro, Evaluación de la dosis-respuesta, Evaluación de la exposición y Caracterización de riesgo. Estos componentes nos permiten una eficaz gestión del riesgo para disminuirle o anularle.

La publicación sobre Calidad del Aire del Observatorio de la Sostenibilidad en España, será sin duda, una guía útil para todas las personas e Instituciones interesadas en el tema.

Benjamín Sánchez F. Murias

Fundador y Presidente de Honor de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental

Presentación del OSE

Luis M. Jiménez Herrero. Directivo Ejecutivo del OSE

El OSE, para cumplir la misión encomendada de “estimular el cambio social hacia la sostenibilidad proporcionando a la sociedad información relevante y fidedigna al respecto”, viene publicando informes genéricos sobre sostenibilidad en España (*Informe 2005 e Informe 2006*), así como otros informes temáticos en el ámbito del desarrollo sostenible. El primero de estos estuvo dedicado a los *Cambios de ocupación del suelo en España. Implicaciones para la sostenibilidad*, (2006). El segundo de estos informes se presenta ahora bajo el título *Calidad del aire en las ciudades españolas. Clave de sostenibilidad urbana*.

Sin duda, el tema que nos ocupa ahora es verdaderamente significativo para la sostenibilidad, especialmente en la dimensión urbana, toda vez que la calidad del aire es un componente esencial de la calidad de vida que condiciona la habitabilidad de las ciudades que aspiran a un desarrollo urbano más sostenible.

La mejora de la calidad de vida y los progresos hacia la sostenibilidad se van a decidir en el próximo futuro, fundamentalmente, en las ciudades. Y ello tendrá un impacto decisivo en la salud del planeta y el desarrollo sostenible global. Porque, si como dice J. Lerner, la ciudad es un “sueño colectivo y una estructura para el cambio con alma humana”, deberemos saber organizar sus formas de vida, gestionar su metabolismo y su movilidad para garantizar que la mala calidad del aire no perjudique la salud de la población, dañe al entorno y condicione la sostenibilidad urbana.

Y, precisamente, es en las ciudades donde la contaminación del aire supone una amenaza aguda, acumulativa y crónica para la salud humana, la calidad de vida y el medio ambiente natural y construido. Ciertamente, la exposición a la contaminación del aire puede ser detonante o agravante de afecciones respiratorias, cardíacas y otras varias, que resultan especialmente dañinas para colectivos sensibles como las personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, embarazadas, ancianos y niños. Y, a su vez, tiene repercusiones negativas sobre los ecosistemas, la agricultura y los materiales (como edificios y patrimonio cultural).

En cualquier caso, se puede asegurar que ante los perjuicios ocasionados por la contaminación atmosférica a la salud y al medio ambiente, la mejora de la calidad del aire es una necesidad crecientemente sentida por los ciudadanos que cada vez más exigen su derecho a respirar aire limpio.

Pero aunque todos los ciudadanos tengan derecho a respirar un aire limpio y sin riesgos para la salud y el entorno, sin embargo, en la actualidad, nos encontramos con que un amplio porcentaje de población urbana en España soporta concentraciones elevadas de contaminación atmosférica. Esta situación no es sostenible a corto, medio, ni largo plazo y tiene graves consecuencias tanto sociales (afectando a la salud de la totalidad de la población, pero especialmente a las capas más vulnerables), como ambientales (afectando a los ecosistemas, especialmente bosques, sistemas agrarios y superficies de agua y edificios), al igual que conllevan también importantes consecuencias económicas por el coste del daño producido.

Los resultados de la investigación ofrecidos en este informe son relevantes y de ello se desprende una lógica preocupación. Actualmente existen amplias capas de población expuestas a los perjuicios de la contaminación atmosférica que, además, no han sido prudentemente avisada de las posibles superaciones de valores umbrales de información y alerta. Para el año 2005, último año con datos verificados, se observa que la situación en España respecto al NO₂ y PM₁₀ es claramente insatisfactoria. Trece municipios de más de 100.000 habitantes, seis de ellos correspondientes a la Comunidad de Madrid, presentaban concentraciones medias anuales de NO₂ por encima del valor límite para la protección de la salud humana, fijado en 40 µg/m³ que entrará en vigor en 2010. Respecto a las PM₁₀, el 21,7% de los municipios de más de 100 000 habitantes superaba la concentración media anual establecida como límite a partir del 2005. El 75,7% incumplía el límite diario vigente también a partir de 2005, y el 32,4% alcanzó un valor por encima del doble de los días establecidos como límite máximo.

La evaluación de impacto de los daños producidos por la contaminación atmosférica y los beneficios derivados de su reducción, tiene una notable importancia a la hora de tomar decisiones políticas y promover cambios hacia un urbanismo sostenible.

Desde la perspectiva de los costes sociales y los potenciales beneficios del daño evitado, las cifras son elocuentes. Una estimación de la UE sobre la mortalidad debida a exposiciones a largo plazo debida a la contaminación de partículas en el aire por encima de los niveles permitidos en 124 ciudades europeas (con un total de 80 millones de habitantes), reflejaba que unas 60.000 muertes al año podían estar relacionadas con ello. En el seno de la Unión Europea se calcula que con datos referidos al año 2000, la exposición a las partículas se traduce en una disminución aproximada de nueve meses en la esperanza de vida estadística de los ciudadanos comunitarios, lo cual equivale a la pérdida de aproximadamente 3,6 millones de años de vida o a 348.000 muertes prematuras anuales. Una reducción de los niveles de partículas finas PM_{2,5} en la atmósfera hasta los 10 µg/m³, supondría evitar un total de 3.777 muertes al año en Madrid, Bilbao, Barcelona y Sevilla, siendo mayormente los grupos de población de bajos ingresos generalmente los mayores beneficiarios, dado que suelen ser los expuestos a los mayores niveles de contaminación atmosférica. Igualmente, en términos económicos, los costes derivados de la contaminación atmosférica en nuestro país, representan como mínimo un 1,7% y un máximo del 4,7% del PIB español, lo que equivale a un coste entre 413 y 1.125 euros por habitante y año, principalmente relacionados con la mortalidad asociada a la contaminación por partículas.

Ante estas cifras, la adopción de medidas estrictamente correctivas de acuerdo con la normativa constituye una opción necesaria pero no suficiente en el avance hacia una mayor sostenibilidad de las ciudades contaminadas, aunque el cumplimiento de límites más estrictos implicaría incuestionables beneficios sobre la salud e importantes ahorros anuales en materia de salud y medio ambiente.

La deficiente calidad del aire existente en gran parte de nuestras ciudades revela una planificación y gestión urbana faltas de coherencia y compromiso con los principios de un desarrollo urbano saludable y sostenible. Ahora mismo, se siguen produciendo fuertes presiones ambientales, mientras que, curiosamente, no se avanza en la ecoeficiencia de los procesos urbanos y siguen incrementándose los valores de la renta per capita. Es decir, aparentemente somos más ricos pero sigue habiendo problemas importantes sobre la salud generados por un modelo de desarrollo ambientalmente ineficiente. Este es un hecho que pone nuevamente de manifiesto que el crecimiento económico, por sí mismo, no garantiza mayores niveles de calidad de vida y bienestar para los ciudadanos cuando no se consigue disociar el crecimiento y el impacto ambiental con un tratamiento eficiente y equitativo de los costes externos de la contaminación.

Por eso, el problema es obligatorio estudiarlo en su conjunto, si bien en este informe del Observatorio de la Sostenibilidad en España se ha concentrado el análisis en el tema que hoy entendemos de mayor relevancia social, como es la *salud de las personas y las interacciones en el entramado urbano* (no se ha incluido la incidencia de la contaminación del aire sobre los ecosistemas y los materiales). En este ámbito de estudio se han considerado no sólo las inmisiones o concentraciones que respiramos, medidas como valores límite y como tiempos de exposición, sino también las emisiones y por ello, los sectores económicos que originan las mismas, tales como el sector del transporte, el industrial y el energético. Cabe resaltar que el modelo de transporte predominante basado en el automóvil privado, así como la influencia de industrias, centrales energéticas y actividades contaminantes, dentro y en el entorno de algunas

ciudades, son los mayores responsables de este fenómeno. Y, además, el aumento del transporte privado y la expansión del modelo urbanístico de baja densidad (que potencia el uso del automóvil) tienen un papel protagonista en la situación atmosférica de los sistemas urbanos.

Así, la ciudad difusa contribuye a sufrir formas de movilidad poco sostenibles, costosas y altamente contaminantes de la atmósfera de las ciudades españolas, lo cual sugiere tener especialmente en cuenta la calidad del aire a la hora de planificar las ciudades actuales y los nuevos desarrollos urbanísticos.

En España, además se ha doblado el número de turismos por habitante (en 1980 había 5 habitantes por vehículo y en el 2005 alcanzábamos 2,15 habitantes por turismo), sumando un total de 27,7 millones de vehículos, de los que 20,3 millones eran turismos (un 73,2% del total de vehículos) con un notable aumento de los vehículos diesel, que suponen el 41,6% del número total y que contribuyen a una mayor emisión de partículas finas, que son las más peligrosas para la salud. Por estas razones, y aunque ha mejorado la eficiencia de los vehículos respecto a la que había hace unas décadas y muchas industrias se han retirado de las ciudades, sigue sin reducirse la contaminación, entre otras cosas, debido al “efecto volumen” derivado del aumento de focos emisores que, finalmente, contrarresta la ganancia relativa de ecoeficiencia.

Ante este panorama, no cabe duda que habría que afrontar una estrategia de calidad del aire en la que se enmarca la actual iniciativa del *proyecto de Ley de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera*, basada en los principios de prevención, de corrección en la fuente y de quien contamina paga, cuyo objetivo es reducir las emisiones contaminantes, especialmente, las asociadas al transporte, en los núcleos urbanos (con atención expresa a los de más de 250.000 habitantes).

No son desdeñables, ni mucho menos, los esfuerzos que se han venido haciendo en el pasado desde las administraciones responsables para mejorar la calidad del aire. Pero a pesar de las considerables mejoras logradas en la reducción de los principales contaminantes, la contaminación atmosférica sigue implicando un elevado riesgo ambiental, humano y urbano que tiene que ser atajado con una perspectiva integral e integradora. Esto significa, en primer lugar, tratar de entender mejor las complejas interacciones entre las sustancias contaminantes, el cuerpo humano y los ecosistemas urbanos y naturales. Y, en segundo término, se requieren nuevos planteamientos con una visión de conjunto, un enfoque globalizador y un sentido de sostenibilidad a largo plazo.

Con independencia de las progresivas limitaciones que se impongan con ocasión de la revisión de la Directiva sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos y su grado de cumplimiento, el reto más evidente es poner en marcha estrategias con amplitud de miras donde se incluyan planes y programas que, a su vez, cuenten con los recursos económicos y humanos necesarios y, sobre todo, que contemplen la utilización de una extensa gama de instrumentos, tanto normativos, como de mercado para internalizar adecuadamente los costes externos de la contaminación, contando, asimismo, con acciones corresponsables y cooperativas de todas las partes interesadas. Más aún, se trata de establecer una gestión integrada no sólo del ambiente atmosférico y la calidad del aire, sino de abordar una estrategia de integración efectiva con otras políticas sectoriales (especialmente los sectores de agricultura, industria y transporte), tomando como referencia la prevención y la información al ciudadano, pero, sobre todo, teniendo en cuenta las múltiples interacciones socioeconómicas y ambientales de los complejos ecosistemas urbanos.

Por todo lo anterior, quizá, una de las cuestiones más significativa de la calidad del aire en relación con la sostenibilidad de las ciudades es abordar políticas de planificación urbana y ordenación del territorio, donde la movilidad y la organización de la ciudad ocupan posiciones prioritarias. En el fondo, se trata de paliar los actuales procesos de insostenibilidad de las ciudades con una perspectiva global de bienestar, salud y calidad ambiental, incidiendo, sobre todo, en el planeamiento urbano, el urbanismo racional y la gestión sostenible del territorio. Con ello se puede favorecer la implantación de formas más sostenibles de transporte, con menor consumo de energía y, al tiempo, evitar una ocupación innecesaria de suelo, con el objetivo final de lograr una mejora directa de calidad del aire que redunde en una mayor calidad de vida de los ciudadanos y que contribuya a un desarrollo urbano sostenible.

En especial, la implantación de nuevos modelos de transporte y movilidad, que vayan mucho más allá de la mejora del tráfico y la mayor eficiencia energética y ambiental de los vehículos, es uno de los principales retos de la sostenibilidad urbana por su responsabilidad no sólo sobre la calidad del aire y el cambio climático, sino por su incidencia en los aspectos de calidad de vida y salud física y psíquica de los ciudadanos. Los urbanitas comparten cotidianamente la contaminación del aire, los atascos, las aglomeraciones, las prisas, el ruido y otras tantas cosas que generan, en su conjunto, el llamado “estrés urbano”, como claro exponente del deterioro de la convivencia ciudadana y la “insoportabilidad” de las urbes. Y en todo ello, el coche tiene una responsabilidad incuestionable. El tráfico masivo de automóviles, ocupando una gran parte del espacio público, socava la esencia de la ciudad compleja, habitable y convivencial. Recientes encuestas (Fundación BBVA, *Conciencia y conducta medioambiental en España*), ponen de manifiesto que la contaminación de los coches se percibe como un problema grave tanto para el medio ambiente como para la salud de los indi-

viduos y sus familias. En una reciente encuesta del Eurobarómetro, un 89% de los encuestados expresaron su preocupación por las repercusiones potenciales del medio ambiente sobre su salud, aunque la encuesta Ecología y Medio Ambiente desarrollada por el CIS afirma que aún existe un 24% de la población española que no está dispuesta a dejar de utilizar su coche para mejorar la calidad del aire.

La magnitud de esos efectos es demasiado grande como para no abordar el problema en extensión y profundidad desde una perspectiva integral y limitarse a aplicar la legislación vigente en materia de contaminación atmosférica. Pero también hay que exigir el cumplimiento estricto de la normativa y redoblar los esfuerzos para facilitar la información necesaria a fin de evaluar las repercusiones ambientales *globales* sobre la salud humana y el entorno urbano. Así se deben incluir sistemas de aviso y alerta a la población, sensibilizando y formando a la ciudadanía. Para que sea consciente de las repercusiones de sus actuaciones. Y, a la vez, hay que aumentar la capacidad de responder rápidamente y de forma coordinada a las diferentes amenazas, promoviendo medidas preventivas y actuando sobre los factores determinantes en todas las políticas y actividades relacionadas.

Si conseguimos avanzar en esta dirección, las generaciones futuras y nosotros mismos lo agradeceremos en muy poco tiempo.

Luis M. Jiménez Herrero
Director Ejecutivo del OSE

Evaluación integrada

0. ¿A quién va dirigido este informe?

Un reto decisivo para la sostenibilidad urbana...

1. ¿Qué se entiende por calidad del aire?
2. ¿Cómo se analiza, se mide y se regula?: objetivos, legislación existente y valores límite.

...que tiene profundos efectos sobre la salud pública...

3. ¿Cómo nos afecta? ¿Por qué es importante para la salud, la calidad de vida y la economía?
4. ¿Qué calidad del aire tenemos en España? ¿Cómo vamos?
5. ¿Cómo estamos en el contexto europeo?

...y que presenta intensas interacciones con el sistema económico y social del entramado urbano...

6. ¿Cuáles son las interacciones en juego?
7. ¿Cómo se relaciona con la sostenibilidad urbana?

...además de un importante efecto global por su relación con el cambio climático...

8. ¿Qué relación existe entre las emisiones de gases de efecto invernadero y la calidad del aire?

...que requiere una aproximación radicalmente nueva que integre a autoridades, empresas y ciudadanos...

9. ¿Con qué mecanismos contamos para actuar y mejorar la situación?

...y que se traduzca en actuaciones concretas.

10. Medidas preventivas y vigilancia.

Glosario

0. ¿A quién va dirigido este informe?

Este informe se pretende que sirva tanto para informar al ciudadano directamente afectado por la calidad del aire que respira, como de base para una toma de decisiones eficaz y participativa por parte de los planificadores y administraciones públicas responsables de la calidad del aire en nuestras ciudades.

Un reto decisivo para la sostenibilidad urbana...

1. ¿Qué se entiende por calidad del aire?

Respirar aire limpio y sin riesgos para la salud es un derecho inalienable de todo ser humano.

La calidad del aire, o mejor dicho su degradación o contaminación, es el resultado de fenómenos complejos derivados de una pluralidad de causas y efectos asociados, en general, a la actividad humana y a la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Teniendo en cuenta sus importantes efectos en la salud y el medio ambiente, un aire limpio se ha convertido en un objetivo prioritario de la política ambiental y de las estrategias de desarrollo sostenible, ya que es un factor determinante de la calidad de vida y que se percibe como una demanda social creciente.

La composición llamada de fondo (previa sobre todo a la época industrial) de la atmósfera, es consecuencia de una coevolución de miles de años entre los ecosistemas vivos con complicados procesos geoquímicos, que determinaron una composición de la atmósfera idónea para la vida humana y los ecosistemas naturales.

Como consecuencia, sobre todo, de las actividades humanas en particular a partir de la revolución industrial, de la quema de combustibles fósiles, de las emisiones industriales y de los sistemas de transporte y del crecimiento desordenado de las ciudades, se han iniciado cambios muy profundos en la composición de la atmósfera y una contaminación de la misma que afecta directamente a la salud de las personas y a los ecosistemas.

La contaminación del aire, además de perjudicar la salud, también afecta negativamente a los ecosistemas y a los materiales.

La contaminación atmosférica se define, según la Directiva 84/360/CEE, de 28 de junio de 1984, relativa a la lucha contra la contaminación atmosférica procedente de las instalaciones industriales, como: *“La introducción en la atmósfera, directa o indirectamente, por el hombre, de sustancias o de energía que tengan una acción nociva de tal naturaleza que ponga en peligro la salud del hombre, que cause daños a los recursos biológicos y a los ecosistemas, que deteriore los bienes materiales y que dañe o perjudique las actividades recreativas y otras utilizaciones legítimas del medio ambiente”.*

Para que se de un proceso de contaminación es necesario que se produzca una emisión al seno de la atmósfera de una cantidad dada de contaminante desde un foco contaminante o fuente de emisión.

El aire lo respiramos unas 13 veces por minuto y al contrario que otros recursos básicos, como el agua por ejemplo, no se puede elegir su calidad sin que medie un desplazamiento de lugar.

La mala calidad del aire urbano es un problema con una importante vertiente local, pero también de magnitud transfronteriza y planetaria, algunos contaminantes pueden viajar largas distancias con efectos como lluvia ácida y eutrofización, mientras que otros afectan directamente al clima y a su vez sus impactos se agravan por el resultante cambio climático.

Relación con la sostenibilidad urbana

Los contaminantes atmosféricos más significativos para la calidad del aire urbano son las partículas, los compuestos de nitrógeno, el monóxido de carbono, los compuestos de azufre y el ozono troposférico.

Uno de los grandes desafíos al que se enfrenta la sostenibilidad urbana es el de los cambios e impactos cuantitativos y cualitativos no deseados que surgen dentro de las ciudades así como los problemas causados por éstas en otros entornos distantes y todos ellos derivados o asociados a los modos de vida urbano. Esto exige la puesta en práctica de políticas integradas innovadoras pues han de incidir no sólo en los elementos estructurales de la ciudad, sino en la forma de vivirla de los ciudadanos, comenzando por transformar los procesos urbanos insostenibles, incidiendo especialmente en los patrones de planificación urbanística y de movilidad, a fin de que no sigan aumentando los parámetros actuales de motorización, uso de los vehículos y la consiguiente contaminación atmosférica, con impactos que afectan a la calidad de la vida urbana en las tres dimensiones básicas de la sostenibilidad:

- a Impactos ambientales: por empeoramiento de la calidad del aire urbano, por aumento de las emisiones contaminantes y contribución de algunos de éstos y del CO₂ emitido al cambio climático.
- b Impactos sociales: asociados al riesgo de padecer enfermedades, aumento de la morbilidad y mortalidad por contaminación del aire, y a las pérdidas o degradación de los ecosistemas.
- c Impactos económicos: asociados tanto a los impactos sociales mencionados, y que a veces se denominan externalidades por no estar internalizados como costes, como los directamente resultantes de pérdidas de productividad y degradación de espacios, materiales y del patrimonio cultural.

El Consejo Internacional de Iniciativas Ambientales Locales (ICLEI) relaciona la sostenibilidad en las ciudades o sistemas urbanos, con un conjunto de servicios ambientales, sociales y económicos básicos a todos los miembros de una comunidad sin poner en peligro la viabilidad de los entornos naturales, construidos y sociales de los que depende el ofrecimiento de estos servicios.

Los contaminantes atmosféricos más significativos para la calidad del aire urbano son las partículas, los compuestos de nitrógeno, el monóxido de carbono, los compuestos de azufre y el ozono troposférico.

Finalidad, alcance y limitaciones del informe

Este informe se centra en un número limitado de contaminantes atmosféricos que se consideran los más determinantes de la contaminación urbana: las partículas (finas y muy finas), los compuestos de nitrógeno (dióxido de nitrógeno en particular), el monóxido de carbono, los compuestos de azufre y el ozono troposférico (ligado éste básicamente a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y de óxidos de nitrógeno en general).

Existen multitud de otros contaminantes y moléculas que tanto por si solas como por reacciones con otros contaminantes se forman en el entorno urbano y afectan decisivamente a la salud de las personas. Compuestos tales como metales pesados, dioxinas, furanos, compuestos orgánicos volátiles, benceno, y en general Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, etc., son muy perjudiciales para la salud, en algunas ocasiones carcinógenos y en otras se desconoce el alcance que pueden llegar a tener.

Todo ello sin olvidar que la mayor contribución de las ciudades al cambio climático está asociada a las emisiones de CO₂, que no se considera un contaminante en el medio urbano y de algunos de los compuestos de nitrógeno (óxido nítrico en particular) y del metano que son los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Para el informe sólo se han utilizado los datos validados por el Ministerio de Medio Ambiente (que son los que se remiten a la Comisión Europea). Existen otros datos procedentes de ayuntamientos o empresas que no se han analizado. Y solo se han considerado las ciudades de más de 100.000 habitantes, a pesar de que en otras ciudades más pequeñas también pueden encontrarse problemas notables de contaminación atmosférica.

Este informe se centra en los impactos de la pérdida de calidad del aire en la salud, y no se tratan específicamente los efectos en los ecosistemas que se producen por diferentes efectos tóxicos para la fauna y la flora derivados de contaminantes específicos, así como otros procesos de acidificación y la eutrofización que afectan especialmente a las masas de agua, los ecosistemas forestales, los materiales y al patrimonio. Tampoco se trata el tema de las radiaciones ionizantes de origen natural (radom) o asociadas a las centrales e industria nuclear.

No se han cubierto las zonas específicas en el entorno de grandes industrias (cementeras, papeleras, refinerías, ...) o centrales térmicas que, en general, disponen de sus redes de control específicas, y que si se identifican cuando se hacen los mapas de inmisión con la utilización de modelos basados en las emisiones.

En la Tabla 1 se recogen los contaminantes atmosféricos analizados indicando sus principales fuentes de emisión.

■ **Tabla 1.** Principales contaminantes atmosféricos químicos.

Contaminante	Formación	Estado físico	Fuentes
Partículas en suspensión menores de diez micras (PM ₁₀), y menores de 2,5 micras (PM _{2,5}) y Humos negros	Primaria y secundaria	Sólido líquido	Vehículos (sobre todo diesel), tanto de motor como de abrasión, demolición y construcción. Centrales térmicas y hogares de combustión. Procesos industriales. Humo del tabaco.
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Primaria	Gas	Centrales térmicas y hogares de combustión. Procesos industriales. Vehículos.
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Primaria	Gas	Centrales térmicas y hogares de combustión. Vehículos. Estufas y cocinas de gas.
Monóxido de carbono (CO)	Primaria	Gas	Centrales térmicas y hogares de combustión incompleta. Vehículos. Procesos industriales. Humo del tabaco.
Compuestos orgánicos volátiles (VOCs)	Primaria y secundaria	Gas	Centrales térmicas y hogares de combustión. Vehículos (secundario por foto-oxidación de NO _x y compuestos orgánicos volátiles).
Ozono (O ₃)	Secundaria	Gas	Centrales térmicas y hogares de combustión. Vehículos (secundario por foto-oxidación de NO _x y compuestos orgánicos volátiles).

• Fuente: *Salud Ambiental y Calidad de vida urbana: Ayuntamiento de Madrid 2005.*

La contaminación atmosférica de los ambientes interiores tampoco se analiza explícitamente en este informe, aunque este fenómeno también representa un riesgo importante para la salud de las personas. Debido a un mayor tiempo de exposición y a que la contaminación en ambientes interiores está menos controlada –a excepción de los lugares de trabajo– y a que los niveles pueden llegar incluso a ser superiores a los que se dan en el ambiente exterior. La actual Ley Antitabaco, se puede presentar como ejemplo de medida adoptada por el gobierno español a favor de ambientes interiores “limpios”. No obstante aún se hacen necesarias medidas complementarias, como una legislación para el control y vigilancia de ambientes interiores, tanto en los centros de trabajo y ocio como en las viviendas particulares.

1. ¿QUÉ SE ENTIENDE POR CALIDAD DEL AIRE?

Existen otros contaminantes como metales pesados, hidrocarburos policíclicos, bencenos, dioxinas, furanos, etc., que aunque no se contemplan en este informe, también tienen una influencia notable sobre la salud.

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

Irritación de ojos, nariz y garganta:

- Sequedad,
- Irritación
- Cambio de voz

Irritación de la piel:

- Enrojecimiento
- Irritación
- Sequedad

Efectos que afectan al sentido del olfato:

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

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

Los contaminantes habituales pueden tener un origen exterior, interior o mixto:

- De origen exterior: Dióxido de azufre (SO₂), polen, ozono (O₃), hidrocarburos.
- De origen propiamente interior: Humo de Tabaco, disolventes, legionella, hongos, etc.
- De origen mixto: Monóxido de carbono (CO), Compuestos orgánico volátiles (COV), partículas, dióxido de nitrógeno (NO₂), esporas.

Las fuentes de estos contaminantes son muy diversas y las interacciones en muchas ocasiones complejas.

2. ¿Cómo se analiza, se mide, y se regula?: Objetivos, legislación existente y valores límite.

Para el análisis y evaluación de la calidad del aire y sus efectos sobre el medio urbano se ha seguido la **metodología** propuesta por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), utilizando el esquema F-P-E-I-R "Fuerzas motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta" propuesto en forma más simple, P-E-R "Presión-Estado-Respuesta", por primera vez por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Las etapas del análisis siguen un proceso secuencial verificando cómo las distintas fuerzas motrices (transporte, industria, producción de energía, agricultura, sector doméstico, etc.) inducen la generación de presiones o emisión de contaminantes al medio atmosférico que modifican su estado, situación y calidad provocando determinados impactos en la salud y el medio urbano que, finalmente, reclaman respuestas sociales adecuadas para contrarrestar los efectos negativos producidos.

Figura 1. Calidad del aire en el medio urbano. Esquema FPEIR



• Fuente: Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2007.

Medición y fuentes de información

La calidad del aire se mide directamente a través de estaciones localizadas en diferentes partes de las ciudades y también se puede estimar a partir de modelos. La salud de la población en relación con la calidad del aire se determina a partir de datos, estudios epidemiológicos y toxicológicos.

De acuerdo con el enfoque metodológico utilizado, el estudio de la calidad del aire se ha evaluado utilizando tanto fuentes de información directa, con datos procedente de mediciones de emisiones y de inmisiones, así como de fuentes indirectas, con datos resultantes de la aplicación de modelos dinámicos avanzados.

Los datos de emisiones proceden del Inventario Nacional de Emisiones del Ministerio de Medio Ambiente y de otros inventarios más detallados existentes en algunas ciudades para las que existen estudios más específicos y que albergan un porcentaje importante de población como Madrid. Estas estimaciones permiten establecer un inventario general de fuentes de contaminación atmosférica en entornos urbanos y por sectores involucrados, considerando tanto las fuentes difusas como las fuentes fijas.

Los datos de inmisiones proceden de los distintos tipos de redes de sensores de Ayuntamientos y Comunidades Autónomas (CCAA), y que son validados por cada

2. ¿CÓMO SE ANALIZA, SE MIDE, Y SE REGULA?: OBJETIVOS, LEGISLACIÓN EXISTENTE Y VALORES LÍMITE.

La utilización de modelos permite generalizar los datos disponibles por medición de las inmisiones a superficies más amplias y estimar las poblaciones afectadas por los diversos niveles de contaminación.

CCAA, que posteriormente se vuelven a validar por el Ministerio de Medio Ambiente para finalmente remitirlos a la Comisión Europea.

Para las simulaciones o realización de estimaciones de interés tanto en emisiones como inmisiones, se ha recurrido a distintos modelos:

- **Modelo de emisiones (HERMES)** desarrollado en el Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) que contemplan la estimación de las emisiones atmosféricas provenientes de la vegetación, tráfico vehicular, actividades industriales, puertos, aeropuertos, consumo de disolventes y emisiones del sector doméstico y comercial en España.
- **Modelo de inmisiones (MM5-CMAQ-EMIMO)** utilizado por el Grupo de Modelos y Software de Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (GMSMA-UPM) que incorpora las emisiones antropogénicas procedentes del tráfico, la industria, sector residencia (o domésticas) y sector terciario (o de servicios) con 1 km. y 1 hora de resolución espacial y temporal respectivamente.

En este informe se han utilizado las que se consideran mejores fuentes disponibles de información tanto españolas como europeas (Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Sanidad, CSIC, AEMA, EPA, los datos recopilados por el Programa comunitario CAFÉ), y para su procesado y evaluación se ha recurrido a expertos españoles reconocidos en esta materia.

Legislación existente: marco normativo presente y futuro

La normativa vigente en España sobre calidad del aire se inicia con la Ley de Lucha contra la Contaminación atmosférica de 1972 anterior a la Constitución española que señala en el artículo 45 el derecho de todos los españoles a disfrutar de un medio ambiente sano, incluyendo, naturalmente el medio atmosférico.

En general, puede considerarse una normativa bastante obsoleta aunque se han ido incluyendo actualizaciones para ir incorporando a nuestro ordenamiento jurídico las directivas que se han ido promulgando en la Unión Europea. La necesidad de una nueva ley básica que contemplase una más amplia gama de instrumentos parecía ineludible para una recuperación eficaz de la calidad del aire de las ciudades españolas. El Ministerio de Medio Ambiente ha impulsado una nueva legislación en línea con la moderna normativa comunitaria que se aplicará en los próximos meses en España (Proyecto de Ley de Calidad del Aire y Protección Atmosférica).

La Unión Europea inició en los años 90 un desarrollo legislativo tendente a mejorar la calidad del aire en las ciudades europeas:

- La Directiva 96/62/CE (denominada Directiva Marco) establecía los contaminantes a medir, los sistemas para realizar estas mediciones, y la obligación de designar autoridades responsables de asegurar la calidad del aire y de informar al público.
- De la Directiva Marco surgieron las nombradas como "directivas hijas" (entre ellas las directivas 1999/30/CE, 2000/69/CE, 2002/3/CE), que fijaban los límites de los distintos contaminantes a considerar.

Artículo 45

1. Todos tienen el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo.
2. Los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida y defender y restaurar el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva.
3. Para quienes violen lo dispuesto en el apartado anterior, en los términos que la ley fije se establecerán sanciones penales o, en su caso, administrativas, así como la obligación de reparar el daño causado.

Las directivas europeas marcan unos valores límite que no deben superarse, así como, unos plazos determinados a partir de los cuales su cumplimiento es obligatorio.

- En el marco de la Estrategia sobre la contaminación atmosférica, la Unión Europea ha preparado una propuesta de *Directiva sobre calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia en Europa* (COM (2005) 447). Esta propuesta tiene como objeto simplificar la legislación actualmente vigente en materia de calidad del aire, fusionando en un solo acto la Directiva marco 96/62/CE y tres de sus directivas de desarrollo (1999/30/CE; 2000/69/CE y 2002/3/CE), así como la Decisión 97/101/CE relativa al intercambio de información respecto a la contaminación atmosférica.
- El estado español aprobó el Real Decreto 1073/2002 (de 18 de octubre) en el que se recogen las obligaciones establecidas por las dos primeras directivas hijas. Según el citado RD son las Comunidades Autónomas las administraciones encargadas de velar por la calidad del aire en el conjunto del territorio, si bien hay excepciones para ciudades que ya tenían una red de medición de calidad del aire anterior a la normativa europea. En estas la administración responsable es el ayuntamiento. Tal es el caso, por ejemplo, de Madrid.

Estas directivas europeas marcan unos **valores límite u objetivo que no deben superarse**, y marcan unos plazos determinados a partir de los cuales su cumplimiento es obligatorio. Hasta la entrada en vigor del límite obligatorio, las directivas van marcando unos márgenes de tolerancia que son cada vez menores a medida que se aproxima la fecha de cumplimiento.

El proyecto de ley de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera, aprobado el 19 de enero del año 2007, es un gran avance para la modernización normativa de la calidad del aire que está basado en los principios de prevención, de corrección en la fuente y "quien contamina paga".

El proyecto de Ley de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera, aprobado el 19 de enero del año 2007 por el Consejo de Ministros, se enmarca en la Estrategia Española de Calidad del Aire. Esta ley está basada en los principios de prevención, de corrección en la fuente y de quien contamina paga. Su principal objetivo es reducir las emisiones contaminantes en los núcleos urbanos, especialmente las asociadas al transporte.

Como principales aspectos positivos hay que destacar:

- Las CCAA y ciudades tomarán medidas para garantizar una calidad mínima del aire, de tal forma que cuando se superen determinados límites se podrán paralizar o crear limitaciones a ciertas actividades contaminantes, como el tráfico automovilístico o las emisiones de diversas industrias o centrales eléctricas. Todas las ciudades españolas de más de 250.000 habitantes deberán aprobar planes para reducir la contaminación y mejorar la calidad del aire e informar a la población sobre los niveles de contaminación.
- La estructura de las ciudades puede contribuir de manera decisiva a la solución del problema de la contaminación. La ley obligará a Ayuntamientos y CCAA a tener en cuenta la contaminación atmosférica para aprobar nuevos planes urbanísticos y de ordenación del territorio, de modo que si estos planes contradicen a los planes de calidad del aire, la decisión deberá motivarse y hacerse pública.

Además la aplicación de los techos nacionales de emisión impuestos a España, especialmente el de los óxidos de nitrógeno, contribuirá a asegurar que no se superen los límites de contaminación que entrarán en vigor en 2010.

2. ¿CÓMO SE ANALIZA, SE MIDE, Y SE REGULA?: OBJETIVOS, LEGISLACIÓN EXISTENTE Y VALORES LÍMITE.

En la Tabla 2, se detalla la legislación actualmente vigente por tipo de contaminante:

■ **Tabla 2.** Valores límite y objetivo para la calidad del aire fijados por el Real Decreto 1073/2002 (para el NO₂, SO₂, O₃ y PM₁₀), Real Decreto 1796/2003 (para el ozono) y Directiva 107/2004/CE.

Compuesto	Valor límite/ objetivo/ umbral de alerta	Concentración	Nº superaciones máximas (más de)	Año de aplicación
PM ₁₀	Media anual	40 µg/m ³	35 días/año	2005
	Media diaria	50 µg/m ³		
PM _{2,5}	Media anual	25 µg/m ³		2010 (objetivo) 2015 (límite) media trienal 2008- 2010 a 2018-2020
	Media anual	25 µg/m ³		
	Índice de reducción de exposición	Reducir un 20% en esta- ciones de fondo urbano		
SO ₂	Media diaria	125 µg/m ³	3 días/año	2005
	Media horaria	350 µg/m ³	24 horas/año	
	Umbral de alerta (3 horas consecutivas en área representativa de 100 Km. o zona de aglomeración entera)	500 µg/m ³		
NO ₂	Media anual	40 µg/m ³	18 horas/año	2010
	Media horaria	200 µg/m ³		
Pb*	Media anual	0,5 µg/m ³		2005
CO	Media octohoraria	10 mg/m ³		2005
C ₆ H ₆	Media anual	5 µg/m ³		2010
O ₃	Media octohoraria	120 µg/m ³	25 días/año	2010
	Umbral de información	180 µg/m ³		En vigor
	Umbral de alerta	240 µg/m ³		En vigor
As*	Media anual	6 ng/m ³		A partir 12/2012
C*	Media anual	5 ng/m ³		A partir 12/2012
Ni*	Media anual	20 ng/m ³		A partir 12/2012

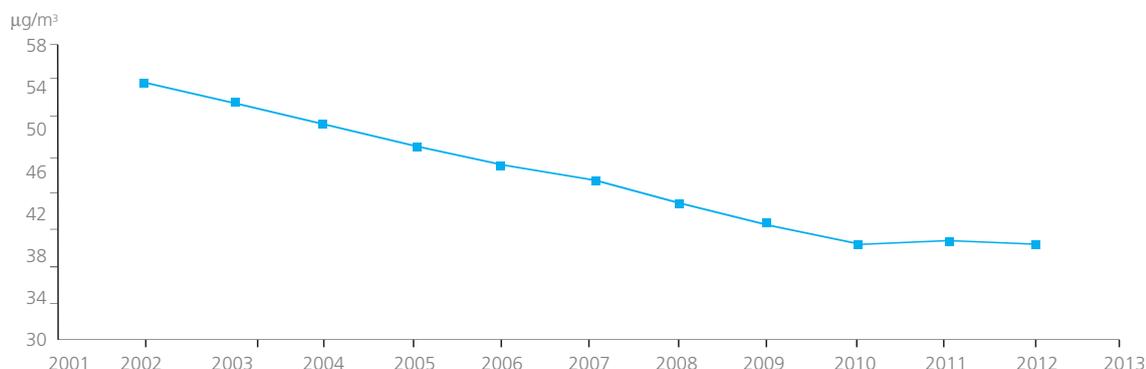
• Fuente: *Elaboración propia y Ministerio de Medio Ambiente, 2007.*

* Estos contaminantes no son tratados en este informe a pesar de su importancia para la calidad del aire de las ciudades.

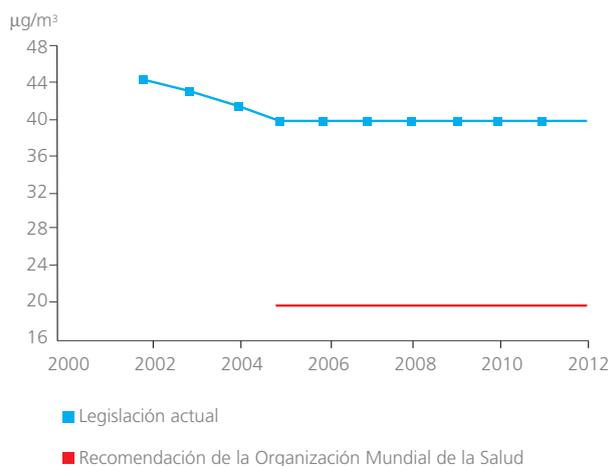
Valores límite, evolución en el tiempo

La legislación establece valores límites cada vez más rigurosos en el tiempo, tanto para los valores umbrales como para el número de superaciones. Estos mayores niveles de exigencia legal vienen a dar la razón a los epidemiólogos, confirmando que ninguna concentración de contaminantes se puede considerar segura para la salud, por lo que se precisa de un control cada vez más riguroso.

Esta reducción en los valores límite se aprecia al seguir la evolución con los años de los valores límites anuales para los principales contaminantes, como se indica en las siguientes figuras (2-6).

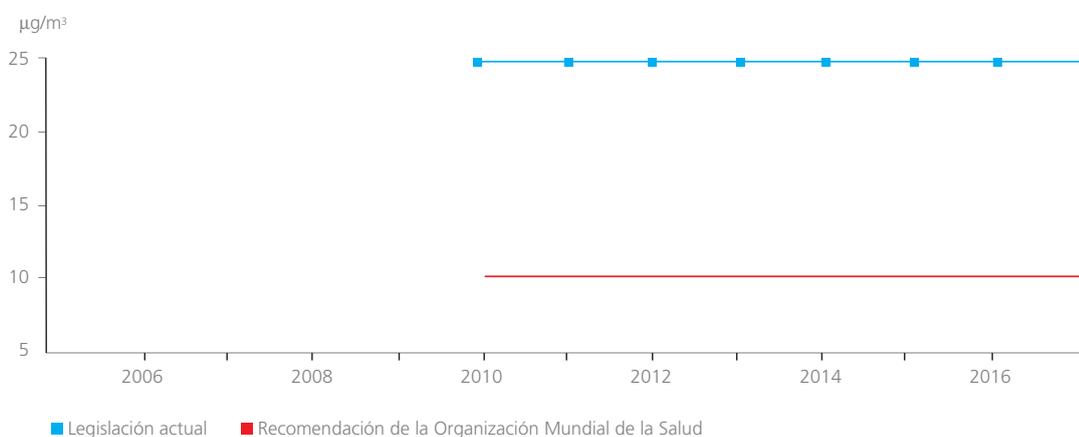
Figura 2. Valor límite anual para el dióxido de nitrógeno (NO₂)

A partir del 1 de enero de 2010 no se podrá superar la media anual de 40 µg/m³ para el Dióxido de Nitrógeno (NO₂). Anteriormente, se está utilizando un margen de tolerancia de 16 µg/m³ a partir del 1 de enero de 2003, que va disminuyendo anualmente 2 µg/m³, hasta alcanzar el objetivo de 40 µg/m³. Por ejemplo, para el año 2007 no se puede superar el valor medio anual de 46 µg/m³ de NO₂ (Figura 2).

Figura 3. Valor límite anual para las partículas menores de diez micras (PM₁₀)

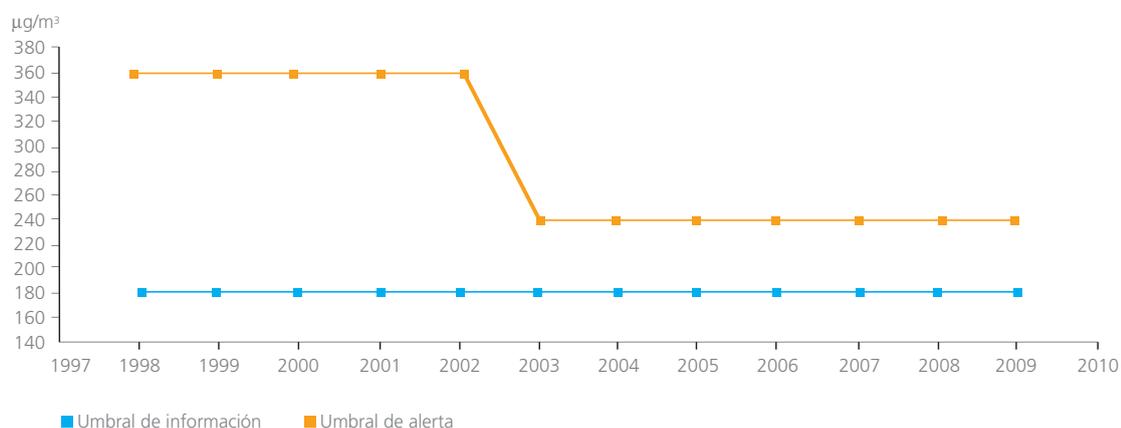
A partir del 1 de enero de 2005 el valor límite anual para PM₁₀ se fija en una concentración de 40 µg/m³ como media anual. Así mismo se fija un valor límite diario de 50 µg/m³ que no podrá superarse en más de 35 días/año desde 2005. Anteriormente, se utilizó un margen de tolerancia de 4,8 mg/m³ a partir del 1 de enero de 2003, que fue disminuyendo anualmente 1,6 mg/m³, hasta alcanzar el objetivo de 40 mg/m³.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda, para que no se produzcan daños a la salud humana, un Valor Límite Anual de 20 µg/m³ (Figura 3).

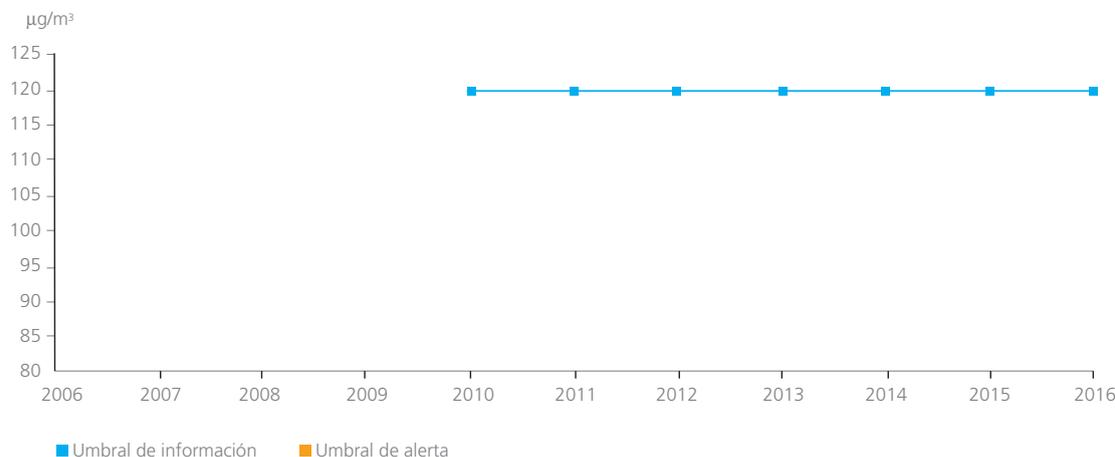
Figura 4. Valor límite anual para las partículas menores de 2,5 micras (PM_{2,5}).

En el proceso de revisión de la Directiva Europea de Calidad del Aire que se está llevando a cabo, y en el que se pretenden unificar todos los textos legislativos en uno solo, se fija un valor objetivo anual de 25 µg/m³ para las partículas menores de 2,5 micras, como media anual para 2010, que a partir de 2015 se convierte en valores límite y por ello obligatorio. Así mismo se fija un índice de **reducción de la exposición** con el objetivo de reducir la media de las concentraciones trienales de PM_{2,5} registradas en las estaciones de fondo urbano entre 2008-2010 y 2018-2020.

Por su parte, la OMS recomienda, para que no se produzcan daños a la salud humana, que este límite sea de 10 mg/m³ (Figura 4).

Figura 5. Umbrales de información y alerta de ozono (O₃)

En cuanto al ozono troposférico las Comunidades Autónomas y los Entes locales deben informar a la población cuando se superen estos umbrales o cuando se prevea que se van a superar. La información debe contener: valor de la superación, zona, evolución prevista, grupos de riesgo y medidas preventivas. Para el O₃ el umbral de información permanece en 180 µg/m³ y el umbral de alerta desciende hasta 240 µg/m³ (Figura 5).

Figura 6. Valor objetivo del ozono troposférico (O₃)

La legislación establece en el tiempo límites cada vez más rigurosos tanto para los valores umbrales como para el número de superaciones.

La legislación actual (Real Decreto 1796/2003) establece que el valor objetivo en cuanto al ozono para la protección de la salud humana deberá alcanzarse a más tardar en el trienio que empieza en 2010. Este valor objetivo consiste en que no se puede superar más de 25 veces al año el valor de 120 µg/m³ (Figura 6) como media octohoraria del día, como promedio del periodo trianual. Es decir, cada día se calcula la máxima media octohoraria, si este valor es superior a 120 µg/m³, entonces incurre en superación. En un periodo de tres años el promedio no debe ser superior a 25 veces por año.

Aunque algunos valores límite/objetivo son más estrictos en la directivas de calidad del aire de EEUU que en la UE, hay que destacar que la legislación Europea exige que dichos valores se cumplan en 'todo el territorio europeo', incluyendo puntos negros de tráfico e industriales.

En el caso de EEUU, la ubicación de las estaciones de medida de calidad del aire se centra exclusivamente en estaciones de fondo urbano ó industrial, relativamente alejadas de los puntos negros de contaminación.

...que tiene profundos efectos sobre la salud pública...

3. ¿Cómo nos afecta? ¿Porqué es importante para la salud, la calidad de vida y la economía?

El aire es un bien común indispensable para la vida y que por tanto debe estar sujeto a normas que garanticen una calidad necesaria para el desarrollo normal de los seres vivos, y la conservación del patrimonio natural y cultural de la humanidad. Todos los ciudadanos tienen derecho a respirar aire limpio y sin riesgos para la salud. Sin embargo en la actualidad nos encontramos un amplio porcentaje de población urbana que soporta concentraciones elevadas de contaminación atmosférica.

Se estima que más de tres cuartas partes de la población española vive en entornos urbanos y una parte importante de la misma se encuentra sometida a elevadas concentraciones de contaminantes.

Existe una demanda creciente de información sobre la calidad del aire por parte de los ciudadanos interesados en su salud.

Una población urbana seriamente afectada

La contaminación del aire libre y de espacios interiores es un importante problema ambiental urbano por:

- **Las afecciones a la salud y los costes sociales que implica.** En la actualidad determinadas enfermedades y alergias son cada vez más frecuentes, además se puede reducir la esperanza de vida de una manera significativa en los entornos más contaminados.
- **La escasa información pública de que se dispone:** La población, en general, carece de información y conocimiento suficiente sobre los efectos que dicha contaminación tiene para su salud, especialmente entre los grupos más vulnerables (niños, mayores de 65 años, mujeres embarazadas y enfermos con problemas cardiopulmonares). Así como las fuentes que lo generan y su contribución asociada a ciertos hábitos y estilos de vida.
- **Los altos costes económicos derivados de sus efectos y los escasos recursos disponibles para paliar sus efectos y reducir la contaminación.**
- Su falta de vinculación o integración con las políticas para el desarrollo urbano e incluso para la mejora de la calidad de vida y la sostenibilidad urbana.

Para estimar los efectos de la calidad del aire urbano sobre la salud humana es necesario un enfoque nuevo que considere no sólo las inmisiones o concentraciones que respiramos medidas como valores límite, sino, en general, los tiempos de exposición reales de una persona que se mueve por diferentes zonas de una ciudad a lo largo de un día además de estar expuesta a los ambientes laborales y el propio del interior de las viviendas.

En la figura 7 se muestra un esquema del ciclo de exposiciones diarias durante una jornada de trabajo. Este patrón de horas cambia los fines de semana y en los periodos vacacionales. También cambia según las distintas ocupaciones y actividades con la mayor o menor exposición al aire libre, como es al caso de los trabajadores urbanos que realizan la totalidad de su actividad en el exterior, los niños que pasan amplios periodos de tiempo en parques y jardines, o las personas que realizan actividades físicas al aire libre.

Figura 7. Exposición Media de una persona a lo largo de un día de trabajo.



• Fuente: *Elaboración propia, 2007.*

Colectivos más vulnerables

La mala calidad del aire, afecta a toda la población pero muy especialmente a grupos de riesgo como niños, mujeres embarazadas, enfermos y personas mayores de 65 años que habitan en ciudades contaminadas, reduciendo su esperanza de vida, alergias, las enfermedades cardiovasculares y las que afectan al aparato respiratorio.

Los distintos colectivos presentan diferentes grados de vulnerabilidad a la exposición, en función de:

La superación de los valores límite marcados por la Unión Europea debe ser objeto de preocupación tanto por parte de las autoridades como de los ciudadanos.

- 1 **La Edad:** los niños y los mayores de 65 años son mucho más vulnerables que otros grupos sociales.

En Europa entre un 1,8% y un 6,4% de las muertes en niños de 0 a 4 años son debidas a la contaminación atmosférica en ambiente exterior y un 3,6% a la contaminación atmosférica interior. La UE ha puesto en marcha la estrategia SCALE con el fin de prevenir las amenazas que sufre este colectivo derivadas de la contaminación ambiental.

- 2 **Su estado de salud:** las personas que padecen algún tipo de enfermedad cardiovascular o respiratoria y las mujeres en periodo de gestación son más sensibles y vulnerables.

- 3 **Su situación Socio-económica:** las ciudades están fragmentadas en diferentes espacios ocupados, con distinto grado de homogeneidad, por grupos con distintos niveles de ingresos económicos o poder adquisitivo. Cada uno de estos espacios sociales y urbanos diferenciados se ven afectados de manera diferente por los distintos agentes contaminantes:

-En el centro de las ciudades las densidades de población suelen ser muy altas y se observan en ellas elevadas concentraciones de NO₂ y de partículas asociadas al tráfico. En estas zonas, en los últimos años, se ha producido, una mayor ocupación por inmigrantes y personas con menor poder adquisitivo.

-En las urbanizaciones de algunas periferias de las ciudades suelen vivir grupos de mayor poder adquisitivo. Estas zonas con menor contaminación, en general se distinguen muchas veces por mayores concentraciones de ozono especialmente en los meses de verano.

3. ¿CÓMO NOS AFECTA? ¿PORQUÉ ES IMPORTANTE PARA LA SALUD, LA CALIDAD DE VIDA Y LA ECONOMÍA?

Sin embargo las elevadas concentraciones de partículas, en ocasiones asociadas a intrusiones saharianas afectan a todos por igual. Y debido a los procesos de recirculación y de resuspensión de los contaminantes, toda la población, incluso la existente a varias decenas o cientos de kilómetros puede verse afectada por la mala calidad del aire.

Estudiar cómo afecta la contaminación atmosférica a los distintos grupos de población, teniendo en cuenta su estado de salud y su situación socioeconómica son nuevas líneas de investigación propuestas por la UE.

Incidencia de los contaminantes en la salud de los ciudadanos

Un aumento de 10 µg/m³ de los niveles diarios de las partículas menores de diez micras y humos negros (PM₁₀ y HN) suponen un incremento en 0,6% del riesgo de muerte.

Estudios publicados relativos a la calidad del aire en las ciudades concluyen que:

- La Contaminación atmosférica es responsable del 1,4% de las muertes mundiales (Informe Organización Mundial de la Salud, 2002). En Europa la mitad de dicho impacto podría ser causado por las emisiones de los vehículos a motor y en tan solo tres países europeos (Austria, Alemania y Francia) entre 19.000 y 44.000 personas fallecieron al año por causa de los efectos de la contaminación (Kunzli et al, 2002).
- La contaminación atmosférica supone un incremento de los índices de mortalidad y movilidad, contribuyendo a la aparición de ataques de asma, bronquitis, ataques de corazón y otras enfermedades pulmonares y cardiovasculares crónicas, además de perjudicar al desarrollo de la capacidad pulmonar de los niños.
- A pesar de la mejora en la calidad del aire, básicamente como consecuencia de las distintas regulaciones legislativas que se están adoptando, la contaminación atmosférica sigue representando un riesgo para la salud, ya que aún sin superar los niveles de contaminación del aire considerados en la legislación no existen umbrales de niveles de contaminación para los que no existan algunos efectos nocivos para la salud.
- Y que dicho impacto es debido en gran medida a la exposición crónica a la contaminación y no sólo al efecto de episodios aislados de concentraciones elevadas de contaminantes.

Asimismo, numerosos estudios epidemiológicos y toxicológicos realizados en los últimos años revelan que existen contaminantes de los que poco o nada se sabe sobre sus efectos específicos, adicionales o sinergias, lo que implica que los límites de tolerancia establecidos para determinados contaminantes (en especial partículas) pueden no ser los adecuados y que habría que establecer límites más restrictivos.

La Estrategia Europea de Medio Ambiente y Salud reconoce que aunque se ha avanzado mucho en el campo normativo en aspectos asociados a la salud y la prevención y control de la contaminación del aire, no se conoce casi nada sobre las consecuencias de una exposición global y continuada en el tiempo a una determinada sustancia o a una mezcla de varias, aunque los niveles que se presenten en el ambiente no rebasen los límites de tolerancia vigentes. En general, se desconoce en qué medida afectan los efectos sinérgicos de la exposición a varias sustancias presentes en el medio, tanto para los seres humanos como el medio ambiente.

Existen sobradas evidencias que muestran la incidencia negativa de una deficiente calidad del aire en la salud de las personas, los ecosistemas y el patrimonio. La contaminación atmosférica incide y agrava procesos asociados a enfermedades respiratorias, vasculares y a diversos tipos de cáncer. En este sentido, el objetivo de mejora de la calidad del aire debería recibir mayor atención, dedicación y prioridad por parte de las administraciones competentes, por ser un problema generalizado que incide directamente en la salud de los ciudadanos (en especial niños y mayores de 65 años) y en su calidad de vida, intervenciones que además de eficaces responderían a una demanda creciente de los ciudadanos y a la necesidad de evitar los altos costes económicos y riesgos para la calidad de vida, todos ellos aspectos claves para la sostenibilidad urbana.

3. ¿CÓMO NOS AFECTA? ¿PORQUÉ ES IMPORTANTE PARA LA SALUD, LA CALIDAD DE VIDA Y LA ECONOMÍA?

Los efectos observados en los estudios epidemiológicos no pueden ser atribuidos a la acción aislada de un solo contaminante, sino más bien a la mezcla que contiene la atmósfera. No obstante, los contaminantes que parecen más problemáticos actualmente para la salud de la población, tanto en España como en la Unión Europea, son las partículas (PM), los óxidos de nitrógeno (NOx) y el ozono troposférico (O₃). Siendo las PM para las que existen mayores evidencias.

Los niveles diarios de PM₁₀ por encima de 50 µg/m³ en Bilbao, Madrid y Sevilla son responsables de aproximadamente 1,4 muertes prematuras anuales por 100.000 habitantes debido a sus efectos a corto plazo y de 2,8 muertes prematuras anuales por 100.000 habitantes en un periodo de hasta 40 días tras la exposición.

A largo plazo, el número de muertes prematuras atribuibles a la contaminación media anual de PM₁₀ por encima de 20 µg/m³ es de 68 por 100.000 habitantes, lo que significa en términos absolutos que cerca de 3000 muertes podrían evitarse al año en las tres ciudades citadas (Alonso et al, 2005).

Cada aumento de 10 microgramos en las partículas PM_{2,5} por metro cúbico en los niveles atmosféricos incrementa un 4% el riesgo de morir por cualquier causa, un 6% el fallecimiento por enfermedades del aparato circulatorio y un 8% el riesgo de morir por cáncer de pulmón.

Los estudios que evidencian las relaciones entre contaminación del aire y sus efectos nocivos en la salud se han desarrollado básicamente en EEUU, pero también en Europa (Apeha) y en España (EMECAS).

En la segunda fase del proyecto Apeha participaron 34 ciudades europeas, entre las que se encontraban: Barcelona, Madrid, Valencia y Bilbao. Tenía como objetivo valorar el impacto a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población europea. Los resultados obtenidos mostraron que:

- Un aumento en 10 µg/m³ de los niveles diarios de las partículas (PM₁₀ y Humos Negros) suponen un incremento en 0,6% del riesgo de muerte (Katsouyanni et al, 2001). Relación que se incrementa en las ciudades con altos niveles de NO₂ (principalmente generados por las emisiones de vehículos a motor) y en las ciudades con climas más cálidos.
- En términos de morbilidad, este incremento supondría un aumento del 1% en el número de ingresos respiratorios y del sistema cardiovascular, (Atkinson et al, 2001, y Le Tertre et al, 2002).

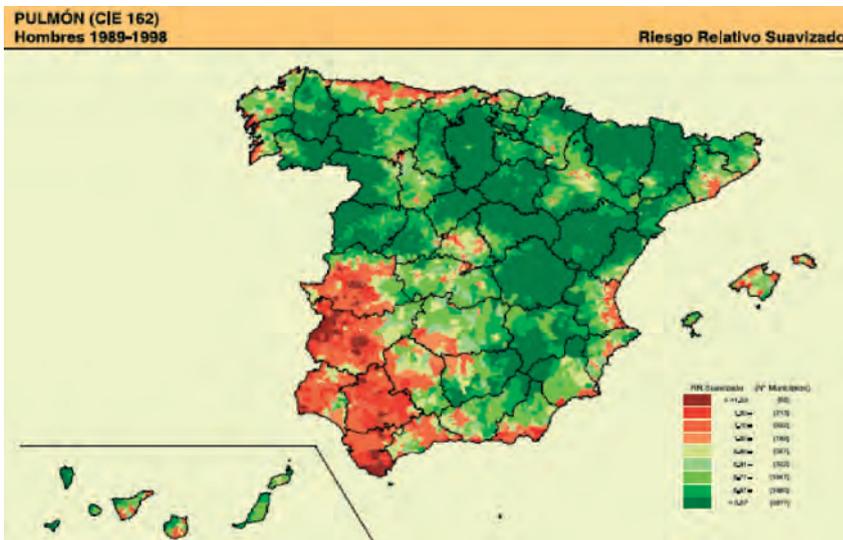
La contaminación atmosférica supone un incremento de los índices de mortalidad y morbilidad, contribuye a la aparición de ataques de asma, bronquitis, ataques de corazón y otras enfermedades pulmonares y cardiovasculares crónicas.

El proyecto EMECAS (Estudio Multicéntrico Español de los Efectos a Corto Plazo de la Contaminación Atmosférica en la Salud), refleja los efectos a corto plazo de la contaminación ambiental sobre la salud. Se investigó la calidad del aire de 13 ciudades españolas (Barcelona, Bilbao, Cartagena, Castellón, Gijón, Huelva, Madrid, Oviedo, Sevilla, Valencia, Vitoria, Vigo y Zaragoza), y se demostró que las partículas finas -de menos de 2,5 micras producidas por la combustión en centrales de energía, refinerías, vehículos diesel- y los óxidos de azufre están asociadas con una mayor mortalidad en enfermedades del aparato circulatorio y por cáncer de pulmón. Cada aumento de 10 microgramos de estas partículas por metro cúbico en los niveles atmosféricos incrementa en un 4% del riesgo de morir por cualquier causa y en un 6% el fallecimiento por enfermedades del aparato circulatorio y un 8% el riesgo de morir por cáncer de pulmón. Dos días de altos niveles de contaminación bastaban para elevar la mortalidad en las poblaciones hasta un 1,5%. Los registros se obtuvieron en un amplio abanico de municipios, cada uno con sus particulares condiciones sociodemográficas, climáticas y ambientales.

En estudio de EEUU, editado en una publicación de la Asociación Médica Americana, concluía que las personas que viven en las áreas metropolitanas más contaminadas de Estados Unidos tienen un 12% más de riesgo de morir de cáncer de pulmón que quienes residen en zonas con ambientes más limpios, lo que aportó las más sólidas evidencias de la relación entre contaminación ambiental y cáncer de pulmón. Otros estudios han determinado que la contaminación en las ciudades estadounidenses causaba el doble de muertes por infarto que por cáncer de pulmón y otros problemas respiratorios. Ya en Europa, los Países Bajos, llegaron a la misma conclusión. En España, el Centro Nacional de Epidemiología también ha relacionado zonas de alto riesgo de padecer Cáncer de pulmón con zonas donde se ubican fuertes emisiones de contaminación industrial (Ver Anexo II).

3. ¿CÓMO NOS AFECTA? ¿PORQUÉ ES IMPORTANTE PARA LA SALUD, LA CALIDAD DE VIDA Y LA ECONOMÍA?

Distribución geográfica de los riesgos a padecer cáncer de pulmón entre la población masculina



Las CCAA que concentran mayor contaminación industrial son Andalucía, Cataluña y País Vasco. Contaminación emitida al aire y al agua. En donde se ubican industrias de combustión, minerales, químicas, de gestión de residuos y de transformación de materiales. Emisoras del benceno, arsénico, cadmio, cromo, hidrocorteno y diclorometano. Todos ellos calificados por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer como cancerígenos al emitirse al aire.

• Fuente: Fuente: López-Abente G, Ramis R, Pollán M, Aragonés N, Pérez-Gómez B, Gómez-Barroso D, Carrasco JM, Lope V, García-Pérez J, Boldo E, García-Mendizábal MJ. Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España, 1989-1998.

A raíz de estas evidencias se han reforzado las legislaciones para controlar la calidad del aire, y con ellas los estudios de evaluación de los resultados o impacto de las intervenciones de las administraciones públicas para mejora de la calidad del aire. A nivel europeo cabe destacar los proyectos Apehis y Enhis, que a través de las Evaluaciones de Impacto en la Salud, muestran los beneficios potenciales que para la salud pública supondrían intervenciones encaminadas a la reducción de los niveles de contaminantes.

Para estimar los efectos de la calidad del aire urbano es necesario un enfoque nuevo que considere los tiempos de exposición reales de una persona a lo largo de un día.

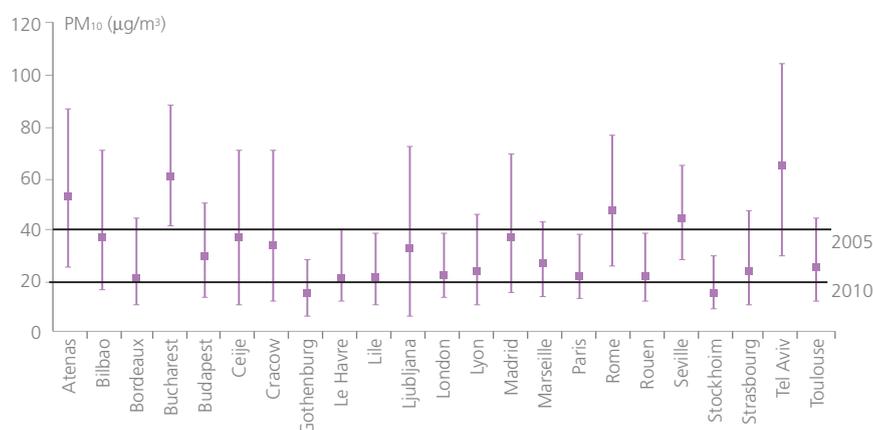
Beneficios potenciales para la salud pública de las intervenciones dirigidas a reducir los niveles de contaminación atmosférica.

Teniendo en cuenta el grado de conocimiento que tenemos sobre la materia, los beneficios potenciales de la intervención y los elevados costes que supone la no intervención, así como la demanda ciudadana de mayor información y transparencia es difícil de explicar que no se tomen medidas más drásticas para reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera así como los efectos que producen. En parte, se explicaría porque en estos momentos existen una predominancia creciente de la contribución de fuentes difusas, y en particular, del transporte, lo que esto exige es cambios en la planificación urbana y en los modelos de producción y consumo que parecen difíciles de asumir por los ciudadanos y que, a veces se considera que pueden tener un alto coste político.

Aunque las condiciones geográficas y meteorológicas pueden influir, lo cierto es que la problemática de la contaminación del aire es similar en los países de la UE incluida España, y los efectos sobre la salud humana también equiparables, por lo que, de la misma manera, los beneficios potenciales derivados de actuaciones para reducir la contaminación atmosférica son igualmente similares e importantes en todos los casos.

Las ciudades españolas están expuestas a niveles de contaminantes similares al resto de otras ciudades europeas, con impactos equivalentes sobre la salud. La figura 8, muestra que los niveles medios de contaminación por PM₁₀ para el periodo 2000-2001, son similares en las ciudades europeas, y que la mayoría de las ciudades presentan valores máximos superiores a los permitidos en la legislación vigente en el año 2005.

3. ¿CÓMO NOS AFECTA? ¿PORQUÉ ES IMPORTANTE PARA LA SALUD, LA CALIDAD DE VIDA Y LA ECONOMÍA?

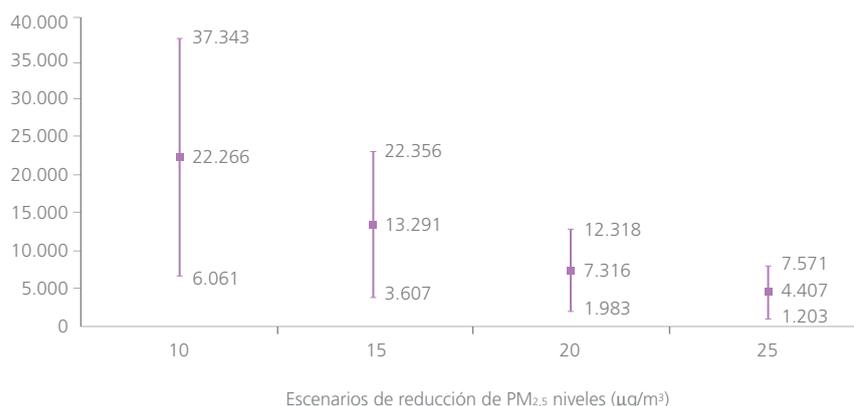
Figura 8. Niveles medios de PM₁₀ para las 23 ciudades europeas (2000-2001).

• Fuente: *Elaboración propia a partir de los datos de Apehis-3*

Las estimaciones realizadas para las ciudades españolas afirman que una reducción de los niveles de PM_{2,5} en la atmósfera hasta los 10 µg/m³ supondría evitar un total de 3.777 muertes al año en Madrid, Bilbao, Barcelona y Sevilla.

Los programas Apehis y Enhis utilizando las Evaluaciones de impacto sobre la salud (EIS) han estimado los beneficios potenciales que supondría la reducción de los niveles de contaminantes en términos de número de muertes evitables y años de vida ganados para 26 ciudades europeas¹.

Dado que son las partículas en suspensión, para las que existen más evidencias sobre los efectos nocivos que provocan en la salud y en concreto las PM_{2,5} la fracción considerada más peligrosas, se ha optado por representar gráficamente los beneficios que las distintas intervenciones supondrían para la salud pública. En el escenario más restrictivo, que supone reducir los niveles de PM_{2,5} hasta niveles inferiores a 10 µg/m³ estima que entre 37.342 y 6.061 muertes al año podría evitarse para el conjunto de las 23 ciudades europeas analizadas, el número de muertes evitables por exposiciones a las PM_{2,5} se va reduciendo a medida que aumentamos el nivel admisible de exposición. El escenario más permisivo es aquel en donde el nivel de PM_{2,5} es inferior a 25 µg/m³ la franja de muertes evitables al año oscila entre las 7571 y los 1203 (Figura 9).

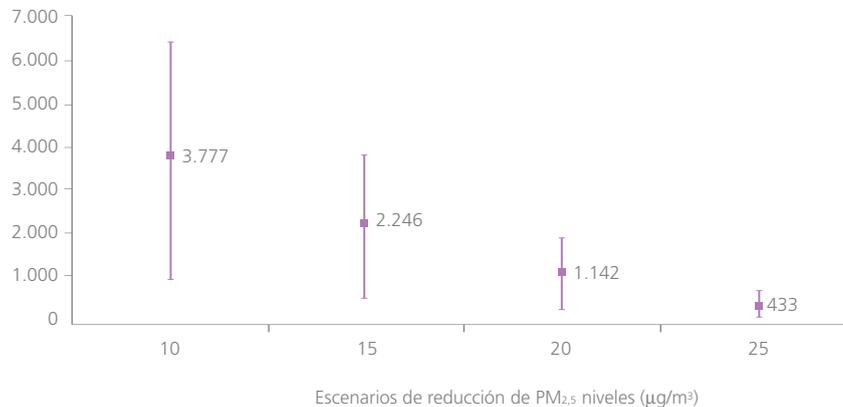
Figura 9. Número de muertes prevenibles por la reducción de niveles de PM_{2,5} al año entre la población de más de 30 años para las 23 ciudades europeas.

• Fuente: *Ballester F et al. ISEE-ISEA*

Intervenciones más moderadas, muestran que seguirían teniendo un efecto positivo en la salud pública, aunque su impacto sería menor. Una reducción de los niveles de PM_{2,5} hasta los 25 µg/m³ supondría evitar 433 muertes al año para las mismas ciudades (1/9 parte de lo que supondría la primera intervención).

¹ Para las PM_{2,5} se realizaron estimaciones para 23 ciudades europeas.

3. ¿CÓMO NOS AFECTA? ¿PORQUÉ ES IMPORTANTE PARA LA SALUD, LA CALIDAD DE VIDA Y LA ECONOMÍA?

Figura 10. Número de muertes prevenibles por la reducción de niveles de PM_{2.5} al año entre la población de más de 30 años para las 23 ciudades europeas.

• Fuente: Ballester F et al. ISEE-ISEA

En Madrid, Bilbao y Sevilla se podrían evitar como media aproximada de 3777 muertes anuales relacionadas con la mala calidad del aire.

Los resultados obtenidos en las EIS han demostrado que incluso pequeñas reducciones en los niveles de partículas del aire, como 5 µg/m³, pueden suponer un gran beneficio sobre la mortalidad y la morbilidad (relacionados con la contaminación atmosférica).

Vivir en ciudades con altos niveles de contaminación, reduce la esperanza de vida en una franja que puede ir desde unos meses hasta los dos años, además de incrementar el riesgo de enfermedades del aparato respiratorio.

En las ciudades de Barcelona, Bilbao y Valencia, un descenso en los niveles de HN en 5 µg/m³ supondría evitar un total de 69 muertes al año, 81 admisiones hospitalarias urgentes por causas cardíacas y 30 por respiratorias al año. Este mismo escenario para las PM₁₀ supondría para Bilbao, Madrid y Sevilla evitar 772 muertes prematuras al año, para las PM_{2.5} el mismo escenario implica evitar un total de 504 muertes al año de origen cardiopulmonar y 92 por cáncer de pulmón.

De todo ello se deduce que las intervenciones dirigidas a reducir los niveles de contaminación obtienen beneficios enormes para la salud pública, beneficios que son mayores cuando dichas intervenciones se dirigen a reducir los tiempos de exposición que cuando se dirigen a reducir los niveles altos de contaminación, línea en la que están trabajando la UE, y que ha resultado en la Directiva 1999/30/CE.

A los efectos, ya demostrados que tiene la contaminación del aire sobre la salud pública -pérdida de años de vida, aumento de la morbilidad y mortalidad- se suma la percepción que la población española tiene sobre la contaminación urbana, considerada el segundo problema ambiental más grave al que se enfrenta (Encuesta de Ecología y Medio Ambiente. CIS, 2005). A pesar de reconocer el problema, la ciudadanía española, no parece dispuesta a cambiar sus hábitos de vida y comportamientos (por ejemplo el uso del vehículo privado, de la calefacción y el aire acondicionado, etc.) y no parece responsabilizarse de la situación a diferencia del resto de los ciudadanos europeos: Habría que analizar si esta falta de compromiso ciudadano se debe a la falta de información, de educación ambiental y de cauces para estar más comprometidos y ser más participativos en lo que a la toma de decisiones se refiere.

Importancia de los costes económicos de la contaminación atmosférica.

La contaminación del aire origina importantes impactos sobre la salud humana, el medio ambiente, la agricultura, los edificios, los materiales y sobre el patrimonio cultural. Los daños provocados (externalidades negativas) suponen unos costes económicos inducidos por los sectores responsables de la emisión de los contaminantes, tal como se indica en la Tabla 3. Las externalidades negativas son los costes que recaen sobre la sociedad y el medio ambiente como consecuencia de una actividad económica y que no están introducidos en la estructura de precios del producto del sector que las ocasiona.

3. ¿CÓMO NOS AFECTA? ¿PORQUÉ ES IMPORTANTE PARA LA SALUD, LA CALIDAD DE VIDA Y LA ECONOMÍA?

■ **Tabla 3.** Principales daños y costes asociados causados por la contaminación atmosférica.

Area afectada			
Salud de la población	Ecosistemas	Agricultura	Materiales
Afecciones respiratorias y cardíacas Ingresos hospitalarios Consultas médicas Medicación Bajas laborales Restricción actividades Fallecimientos Número de meses de vida perdidos	Afecciones a masas forestales, ríos, lagos y suelos Pérdida de biodiversidad (espacios/especies) Cambios en los ecosistemas	Daños visibles en las cosechas Reducción en el rendimiento de las cosechas Disminución de las producciones ganaderas	Corrosión ácida de piedras, metales y pinturas en edificios e infraestructuras Ataque del ozono a revestimientos plásticos y polímeros

• Fuente: *Elaboración propia*

Se estima que la estrategia europea para reducir la contaminación costará más de 7.000 millones de euros al año a partir del 2020 que es cuando todas las medidas tienen que estar ya en vigor, aunque a partir del 2010 una buena proporción de las mismas ya debe estar en pleno funcionamiento. El ahorro en coste por las mejoras de la salud se evalúa en 42.000 millones de euros al año, seis veces mayor que la cantidad de dinero invertida, porque se evitarán, a nivel europeo, 140.000 muertes prematuras por la exposición a estos gases contaminantes y además, se reducirán las bajas por enfermedad y el gasto farmacéutico ligado al tratamiento de dolencias respiratorias, ahorrándose 42.000 millones de euros al año.

El cálculo de los costes de la contaminación atmosférica para la mayoría de sus impactos, se ha basado en la adaptación de estudios ya realizados para el conjunto de la UE, de acuerdo con la metodología de evaluación de externalidades basadas en funciones dosis-respuestas².

En España, los costes derivados de la contaminación atmosférica representan entre un 1,7% y un 4,7% del PIB español.

La estimación de los costes externos derivados de la contaminación atmosférica se realiza en base a una metodología compleja que sólo puede ofrecer resultados orientativos a efectos del impacto total producido. Cabe señalar que no existen estimaciones específicas y actualizadas para el caso de España, si bien se pueden considerar significativas para nuestro país algunos cálculos derivados del programa CAFÉ de la UE.

En España, según el programa CAFÉ, la contaminación atmosférica, genera unos costes anuales de al menos 16.839 millones de euros aunque, según las estimaciones realizadas, la cifra podría llegar a cerca de 46.000 millones (45.838). Ello supone que los costes derivados de la contaminación atmosférica representan como mínimo un 1,7% y un máximo del 4,7% del PIB español, y entre 413 y 1.125 euros por habitante y año. Al igual que en el resto de Europa, los mayores costes están relacionados con la mortalidad crónica asociada a la contaminación por partículas.

² La valoración de los costes económicos de los daños provocados por la contaminación atmosférica en la Unión Europea ha sido realizada en el marco del Programa Clean Air for Europe (CAFE). Para la cuantificación de las externalidades se utilizan métodos basados en funciones dosis-respuesta en las cuales se determina la relación entre las emisiones y la calidad del aire, la calidad del aire y las exposiciones, las exposiciones y los daños físicos y entre los daños físicos y el valor monetario (Delucchi, 2000; Delucchi, et al, 2001). Estas funciones relacionan un incremento en los niveles de concentración de los contaminantes (dosis), con un daño o beneficio en un receptor (respuesta). El receptor es cualquiera que está percibiendo la externalidad, es decir, que es afectado por los cambios en los niveles de la contaminación del aire. En la metodología descrita en el programa CAFE se muestra como la cuantificación de los costes económicos siguen un proceso metodológico que consta de cuatro fases: (i) identificación de las fuentes y cuantificación de las emisiones (ii) cálculo de la dispersión y la concentración, (iii) aplicación de las funciones dosis-respuesta y (iv) valoración de los costes. Se han considerado en el análisis, el impacto directo producido por la emisión de los contaminantes SO₂, PM, NO_x, NH₃, COV, sobre la salud de la población, ecosistemas, agricultura y materiales.

3. ¿CÓMO NOS AFECTA? ¿PORQUÉ ES IMPORTANTE PARA LA SALUD, LA CALIDAD DE VIDA Y LA ECONOMÍA?

■ **Tabla 4.** Costes económicos anuales derivados de la contaminación atmosférica en España. Año 2000. Estimación de menor y de mayor coste.

Contaminante	Causa	Coste (miles de euros al año)
Ozono	Mortalidad aguda	106.326 – 238.662
	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias (todas las edades)	3.133
	Días con restricción parcial de actividades (personas de 15-64 años)	225.905
	Utilización de medicamentos para enfermedades respiratorias (niños de 5 a 14 años)	2.137
	Utilización de medicamentos para enfermedades respiratorias (adultos mayores de 20 años)	906
	Tos y síntomas de insuficiencia respiratoria (niños de 0-14 años)	394.354
Partículas (PM)	Mortalidad crónica (pérdida de años de vida)	11.355.733-25.489.347
	Mortalidad crónica (muertes prematuras)	19.525.457-40.171.993
	Mortalidad infantil (muertes prematuras)	50.628-101.255
	Bronquitis crónica (personas de más de 27 años)	1.859.817
	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias (todas las edades)	7.468
	Ingresos hospitalarios por causas cardíacas (todas las edades)	4.606
	Días con restricción de actividades (personas de 15-64 años)	1.775.406
	Utilización de medicamentos para enfermedades respiratorias (niños de 5 a 14 años)	220
	Utilización de medicamentos para enfermedades respiratorias (adultos de más de 20 años)	1.607
	Síntomas de insuficiencia respiratoria (niños de 5 a 14 años)	373.210
Insuficiencia respiratoria en adultos (personas de más de 15 años)	677.161	
Coste total		16.838.614-45.837.838

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

Nota: En el caso de los costes correspondientes a la categoría "mortalidad crónica" se exponen los resultados de los dos métodos de valoración utilizados: pérdida de años de vida y muertes prematuras. Para estimar el coste económico total, se abre una horquilla entre el valor más bajo y más alto que ofrecen los dos métodos tomados en conjunto: (11.355.733- 40.171.933).

Ante la escasa información disponible en España sobre los costes del daño de la contaminación atmosférica sería recomendable hacer un mayor esfuerzo de investigación en esta dirección para facilitar información más precisa para la toma de decisiones de los poderes públicos y el conocimiento de la sociedad sobre este importante aspecto de la calidad de vida urbana.

4. ¿Qué calidad del aire tenemos en España? ¿Cómo vamos?

En España, 13 ciudades presentaban concentraciones medias anuales de NO₂ superiores al valor límite anual para la protección de la salud humana que entrará en vigor en 2010.

En general, en España, hay importantes capas de población en las ciudades sometidas a elevadas niveles de contaminación atmosférica, motivado en general por el aumento del transporte privado y la existencia de industrias en la cercanía de las ciudades.

Niveles de contaminación en las ciudades españolas en el año 2005.

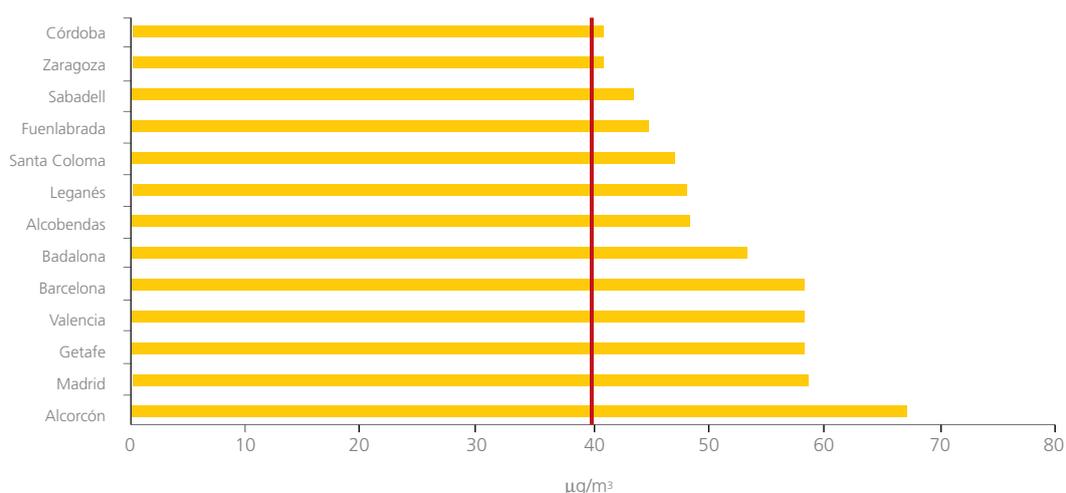
Los indicadores de algunos contaminantes reflejan que la situación y tendencia en materia de calidad del aire en muchas ciudades españolas, no es satisfactoria y constituye una preocupación para la población por su incidencia en la salud.

Para el año 2005, último para el que se poseen datos validados y verificados, se observa que la situación en España respecto al NO₂, PM₁₀ y O₃ es claramente insatisfactoria.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂): el principal problema que se plantea en relación con el NO₂ es la superación del valor límite de concentración media anual para la protección de la salud humana (40 µg/m³) que entrará en vigor en el año 2010.

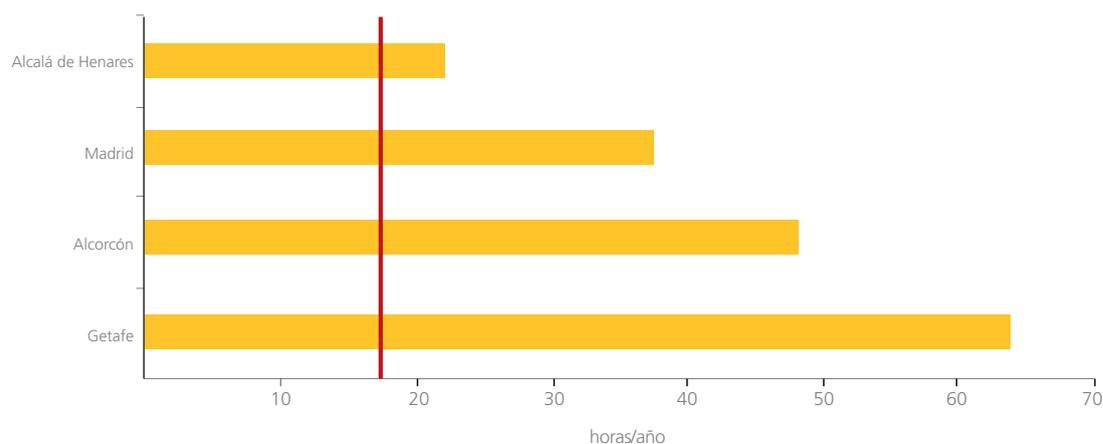
- En 2005, 13 ciudades presentaban concentraciones medias anuales superiores al valor límite anual para la protección de la salud humana que entrará en vigor en 2010, encontrándose por encima de 55 µg/m³ Valencia, Barcelona, Getafe, Madrid y Alcorcón, cuya concentración media anual alcanzaba 67 µg/m³ (Figura 11).
- Cuatro ciudades, todas ellas pertenecientes a la Comunidad de Madrid, superaron durante más de 18 horas/año la concentración de 200 µg de NO₂/m³, valor límite horario que entrará en vigor para el 2010. Estas ciudades eran Getafe (64 horas/año), Alcorcón (48 horas/año), Alcalá de Henares (22 horas/año) todas ellas con un número de habitantes entre 100.000 y 250.000, y Madrid (38 horas/año), con más de tres millones de habitantes (Figura 12).

Figura 11. Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de NO₂. Año 2005.



• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Figura 12. Municipios españoles que superan el valor límite horario (18 horas/año en que se superan 200 µg/m³) de NO₂. Año 2005.



• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

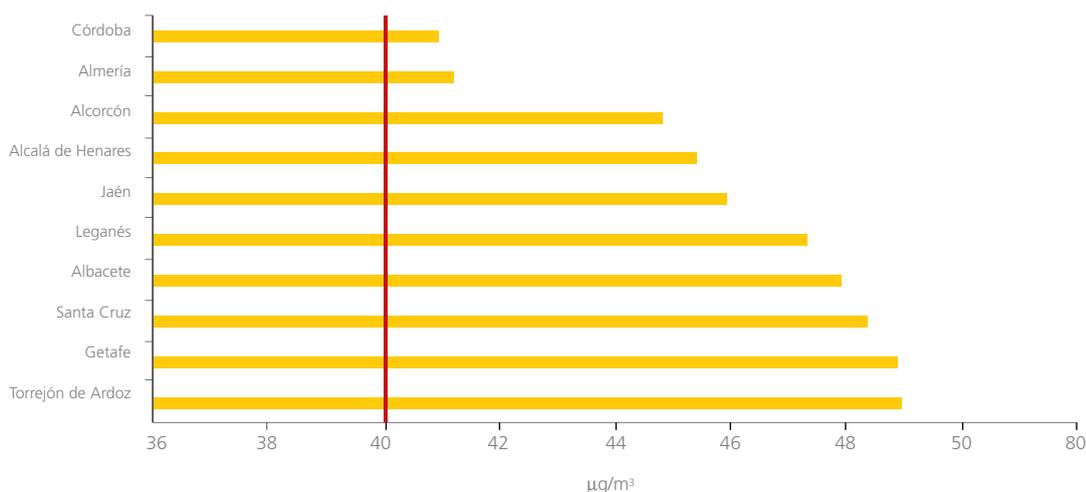
El 75,7% de los municipios españoles incumple el límite diario vigente, a partir de 2005, para partículas menores de diez micras (PM₁₀).

La Comunidad Autónoma de Madrid es la que presenta mayor número de municipios que superan la concentración límite anual establecida para partículas.

Partículas en suspensión (PM₁₀): la contaminación por PM₁₀ es especialmente preocupante en España. Teniendo en cuenta el último dato disponible, en el año 2005 el 21,7% de los municipios para los que se dispone de mediciones, superan la concentración media anual de PM₁₀ establecida como límite a partir de 2005. Nada más y nada menos que el 75,7% incumple el límite diario vigente también a partir de 2005 y, el 32,4% ha alcanzado un valor por encima del doble de los días establecidos como límite máximo.

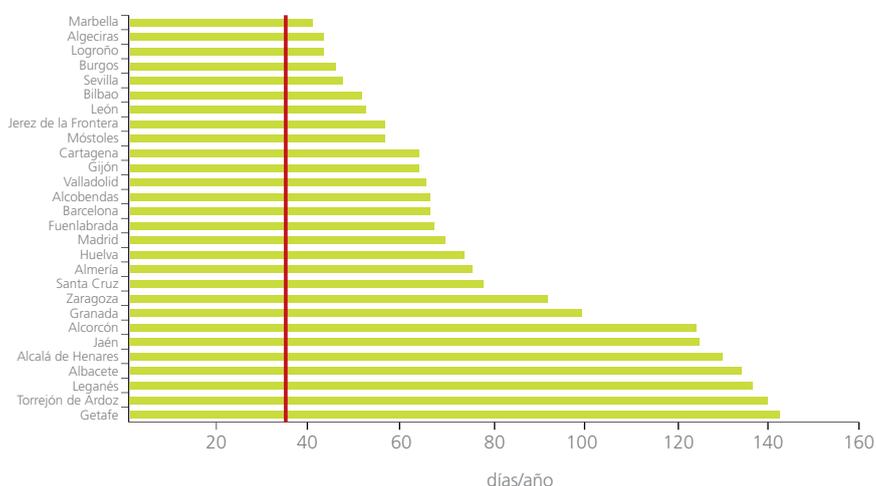
- Getafe con una concentración media anual de 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 142 superaciones del límite diario, es el municipio que presenta una peor situación, seguido de Torrejón de Ardoz (49 y 140), Albacete (48 y 134), Leganés (47 y 136), Alcalá de Henares (46 y 130), Jaén (46 y 125) y Alcorcón (45 y 124). Los valores más bajos se obtuvieron en Badajoz (17 y 7), Salamanca (21 y 5), Vitoria (22 y 14) y Pamplona (23 y 8) (Figura 13).
- La Comunidad Autónoma de Madrid es la que presenta mayor número de municipios que superan la concentración límite anual establecida para partículas, como Torrejón de Ardoz, Getafe, Leganés, Alcalá de Henares y Alcorcón. En cuanto al valor límite diario, son Comunidad de Madrid, Andalucía y Castilla y León las que presentan mayor número de municipios con incumplimientos, aunque también se registran en Aragón, Canarias, Cataluña, Principado de Asturias, Región de Murcia, País Vasco y La Rioja (Figura 14).
- Por número de habitantes, Zaragoza, Sevilla, Barcelona y Madrid, que superan en todos los casos los 500.000 habitantes, registraron superaciones de los límites diarios. En Gijón, Valladolid y Bilbao, municipios con más de 250.000 habitantes, también se incumplieron los límites diarios. De los 31 municipios entre los 100.000 y los 250.000 habitantes de los que se dispone de datos, en 9 de ellos se superó la concentración límite anual y de los 28 municipios de los que se dispone de datos para 2005, en 21 se superó el valor límite diario durante más de 35 días/año (Figura 14).
- En determinados momentos del año las **partículas procedentes del Sahara** (intrusiones saharianas) han aumentando la contaminación de fondo, afectando a máximos diarios pero no a medias anuales. En algunas zonas y en determinados momentos episódicos, las partículas procedentes del Sahara son un problema a considerar aunque no en el conjunto de España ni en los datos medios del año.

Figura 13. Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM₁₀. Año 2005.



• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Figura 14. Municipios españoles que superan el valor límite diario (35 días/año en que se superan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM_{10} . Año 2005.

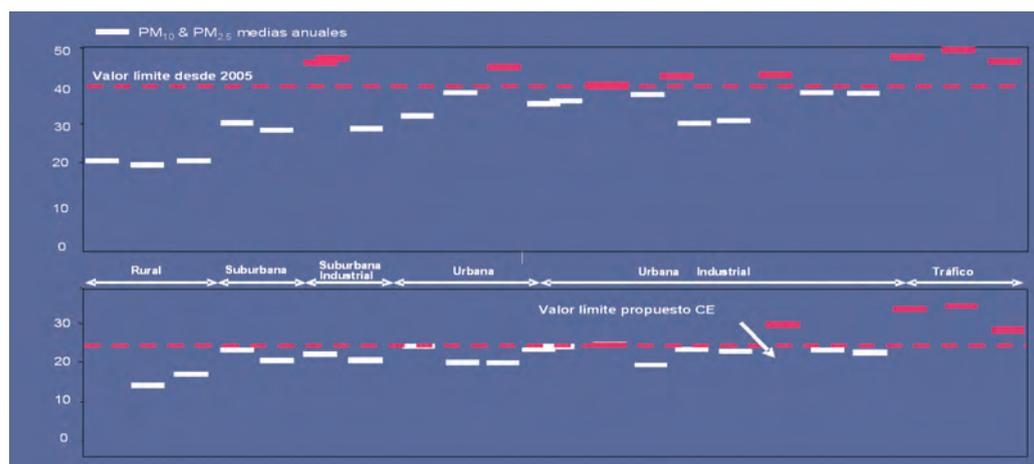


• Fuente: *Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.*

Partículas en suspensión ($\text{PM}_{2.5}$): La contaminación por $\text{PM}_{2.5}$ es también preocupante en España. Teniendo en cuenta los datos disponibles para el periodo 2000-2006 que se recogen en un informe coordinado por el CSIC para el MMA 2006, la mayor parte de las estaciones urbanas cercanas al tráfico y algunas industriales superarían el valor objetivo/límite de la propuesta de directiva CAFÉ de la CE.

Es muy interesante señalar los niveles medios de partículas en diferentes zonas rurales urbanas e industriales. Se observan los elevados niveles existentes actualmente sobre todo en zonas sometidas a tráfico pero también en zonas urbanas e industriales (Figura 15).

Figura 15. Niveles medios anuales de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ registrados en diferentes emplazamientos rurales, urbanos e industriales de España desde 2000 a 2006, utilizando el método de referencia de la CE.



• Fuente: *Informe coordinado por el CSIC para el MMA (Querol y colaboradores, 2006).*

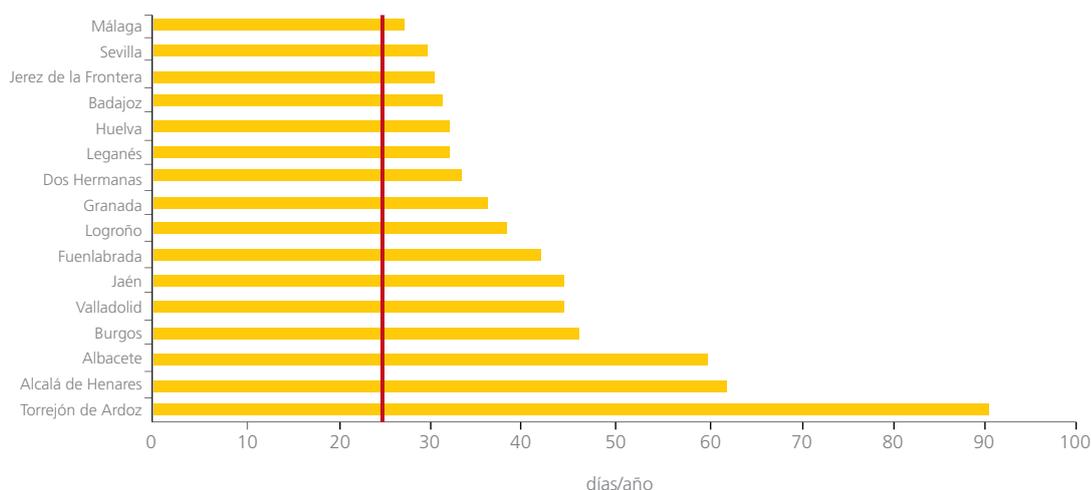
4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

16 municipios registraron concentraciones medias octohorarias de ozono troposférico, máximas del día, por encima de los 25 días/año.

Ozono (O₃): es un contaminante secundario que se manifiesta más fuera de las zonas de emisión de sus precursores (óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles), muy asociados al tráfico y las combustiones. **Al aumentar el parque móvil, así como la población que vive en conurbaciones y urbanizaciones difusas en los alrededores de las ciudades, las concentraciones de ozono, y la población expuesta, se han incrementado.**

- De los 47 municipios españoles de los que se dispone de datos para el O₃, 16 registraron concentraciones medias octohorarias de ozono troposférico, máximas del día, por encima de los 25 días/año, siete de los cuales se encontraban en la Comunidad Autónoma de Andalucía, cuatro en la Comunidad de Madrid, dos en Castilla y León, uno en Castilla-La Mancha, La Rioja y Extremadura (Figura 16).
- El caso más grave es el de Torrejón de Ardoz (Madrid), con 90 superaciones en 2005, seguido de Alcalá de Henares (62) y Albacete (60) (Figura 16).
- De todas estas ciudades solo Sevilla y Málaga tienen más de 500.000 habitantes. El resto de los municipios, a excepción de Valladolid, que, de estar vigente, superarían el valor objetivo para 2010, se encuentran en la franja que va desde los 100.000 a los 250.000 habitantes (Figura 16).

Figura 16. Municipios españoles que superan el valor objetivo de la concentración media octohoraria (25 días/año en que se superan 120 µg/m³) de O₃. Año 2005.



• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Dióxido de azufre (SO₂): ya no representa un problema en el conjunto de las ciudades españolas, aunque persiste en las que hay contaminación procedente de centrales térmicas o con procesos industriales cercanos.

- En 2005 sólo en el entorno de Oviedo y La Coruña/Arteixo se registraron concentraciones diarias de SO₂ por encima de los 125 µg/m³, número máximo permitido por la normativa y que entraba en vigor en enero de 2005.

Evaluación de la calidad del aire en las principales ciudades españolas.

A continuación, en la tabla 5, se detalla el estado de la calidad del aire de las 56 ciudades españolas mayores de 100 mil habitantes (excepto La Laguna de Tenerife), con los datos de medición de las estaciones de las redes de vigilancia y control de la contaminación atmosférica validados por las CCAA y el MMA.

El periodo de análisis corresponde a la media de los años 2001-2005, por ser el periodo en el que el número de estaciones así como su distribución espacial en las distintas CCAA es más homogéneo, y porque es a partir del año 2001 cuando se hace la evaluación de la calidad del aire de acuerdo a la nueva legislación de la calidad del aire marcada por la Directiva Marco (mucho más restrictiva).

Solo se han utilizado los datos de estaciones con mas del 85% de cobertura de datos anuales para el cálculo del número de horas o días en los que se supera una determinada concentración establecida como límite u objetivo para la salud humana por la legislación vigente, o los de las estaciones con más del 50% de cobertura para calcular los promedios anuales de cada municipio para los que también existen valores límite.

Con el objeto de una mayor simplificación para conocer el estado de la calidad del aire de cada ciudad, se ha adoptado el criterio de asignar a cada contaminante (PM₁₀, NO₂ y O₃) una de las tres caras según el nivel de contaminación, caracterizando la evaluación a través de los siguientes símbolos:

-  Incumplimiento de la legislación.
-  Cumplimiento de la legislación.
-  Estado neutro o no evaluado.

■ **Tabla 4.** Evaluación de la calidad del aire en las principales ciudades españolas. Periodo 2001-2005.

Municipios	Población 2005	PM ₁₀ anual	PM ₁₀ diario	NO ₂ anual	NO ₂ horario	Ozono
MADRID	3.155.359					
BARCELONA	1.593.075					
VALENCIA	796.549					
SEVILLA	704.154					
ZARAGOZA	647.373					
MÁLAGA	558.287					
MURCIA	409.810					
PALMAS DE GRAN CANARIA	378.628					
PALMA DE MALLORCA	375.773					
BILBAO	353.173					
CÓRDOBA	321.164					
VALLADOLID	321.001					
ALICANTE	319.380					
VIGO	293.725					
GIJÓN	273.931					
HOSPITALET	252.884					
CORUÑA (A)	243.349					

4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

Municipios	2005	Pm ₁₀ anual	Pm ₁₀ diario	NO ₂ anual	NO ₂ horario	Ozono
GRANADA	236.982	😞	😞	😞	😊	😊
VITORIA-GASTEIZ	226.490	😊	😊	😞	😊	😊
SANTA CRUZ	221.567	😞	😞	😊	😊	😊
ELCHE/ELX	215.137	😊		😊	😊	😊
OVIEDO	212.174	😞	😊	😊	😊	😊
MÓSTOLES	204.463	😊	😞	😊	😊	😞
CARTAGENA	203.945	😊	😊	😊	😊	😊
ALCALÁ DE HENARES	197.804	😞	😞	😞	😊	😞
SABADELL	196.971			😞	😊	😊
JEREZ DE LA FRONTERA	196.275	😞	😞	😊	😊	😊
FUENLABRADA	195.131	😊	😞	😞	😊	😞
TERRASA	194.947	😞	😞	😞	😊	😊
PAMPLONA	193.328	😊	😊	😊	😊	😊
SANTANDER	183.955	😊	😞	😊	😊	😊
DOMOSTIA-SA	182.930	😊	😊	😞	😊	😊
ALMERÍA	181.702	😞	😞	😞	😊	😊
LEGANÉS	181.248	😞	😞	😞	😊	😞
BURGOS	172.421	😞	😞	😞	😊	😞
CASTELLÓN DE LA PLANA	167.455	😞	😞	😊	😊	😊
ALCORCÓN	162.524	😊	😞	😞	😞	😊
SALAMANCA	160.331	😊	😞	😞	😊	😊
ALBACETE	159.518	😞	😞	😊	😊	😞
GETAFE	157.397	😞	😞	😞	😞	😊
HUELVA	145.150	😞	😞	😊	😊	😊
LOGROÑO	144.935	😞	😞	😊	😊	😞
BADAJOS	143.019	😊	😊	😊	😊	😞
LEÓN	136.414	😞	😞	😞	😊	😊
CÁDIZ	131.813					😊
TARRAGONA	128.152			😊	😊	😊
LLEIDA	124.709			😊	😊	😊
MARBELLA	124.333	😞	😞	😊	😊	😞
SANTA COLOMA	118.129			😞	😊	😊
MATARÓ	116.698	😞		😊	😊	😊
JAÉN	116.540	😞	😞	😊	😊	😞
ALGECIRAS	111.283	😞	😞	😊	😊	
TORREJÓN DE ARDOZ	109.483	😞	😞	😞	😊	😊
ALCOBENDAS	103.149	😊	😞	😞	😊	😞
DOS HERMANAS	112.273			😊	😊	😞
BADALONA	218.553			😞	😊	😊

• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de Datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente, 2007.

Notas: Dato en blanco: o bien no hay estaciones o si hay, ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos.

Dato sin descontar intrusiones naturales (SAHARA).

El ozono, al ser un contaminante secundario, no se forma en la mayoría de las ocasiones en el centro de las ciudades donde se encuentran las estaciones pero sí en las cercanías, en zonas de urbanizaciones difusas, zonas ajardinadas.

¿Vamos a mejor o a peor?

Hace unas décadas había, sobre todo, problemas en zonas industriales como Bilbao o los polos químicos de Tarragona, Huelva, así como en los entornos de las grandes industrias existentes en Algeciras, Pontevedra y Puertollano o de las grandes centrales químicas. También en zonas urbanas como Madrid donde la calidad del aire estaba muy determinada por el uso del carbón en las calefacciones, existían problemas de contaminación atmosférica. En la situación actual, es el transporte privado y algunas industrias los factores que siguen teniendo una gran importancia en el total de la contaminación atmosférica que soportan los ciudadanos.

Patrones de contaminación por ciudades según tamaños de ciudad

Con el objeto de observar la evolución en el tiempo de los niveles de contaminación en las ciudades en relación con la población, se han representado los niveles de contaminación recogidos por las redes de inmisión de las ciudades relacionándolos con la población de las mismas, observándose cómo importantes capas de población siguen y están sometidas a niveles elevados de contaminación. También se refleja la relación de estos niveles con los valores límite permitidos legalmente, excepto para el caso del ozono que son valores objetivos (sobre los que posteriormente habrá legislación obligatoria).

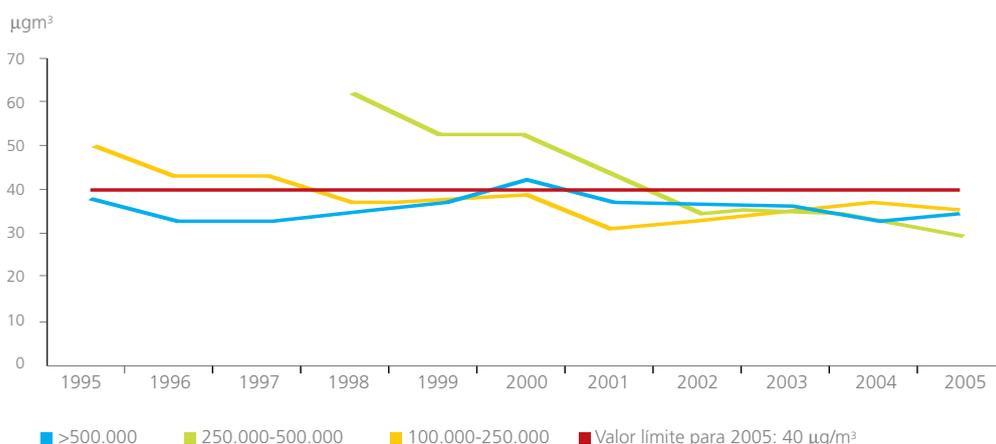
Las partículas muy finas (PM_{2,5}) han aumentado como consecuencia de los motores diesel y representan un importante riesgo para la salud.

Estas figuras difieren de las presentadas en diversos informes del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) ya que en ellas se relaciona la contaminación con el número de ciudades y no con la población expuesta a cada nivel de contaminación.

Seguidamente se expone la evolución por tamaño de municipio de las concentraciones de los principales contaminantes objeto del informe, partículas (Figuras 17 y 18), dióxido de nitrógeno (NO₂) (Figuras 19, 20 y 21), ozono (O₃) (Figura 22), monóxido de carbono (CO) (Figura 23) y dióxido de azufre (SO₂) (Figura 24).

En las partículas finas (PM₁₀), se puede apreciar una ligera tendencia a la disminución de los niveles máximos obtenidos, aunque los valores no son concluyentes ni permiten asegurar un cumplimiento generalizado de los valores límite a corto plazo (2005) (Figura 17). Es probable que esto no haya sucedido para las partículas muy finas (PM_{2,5}).

Figura 17. Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, 40 µg/m³ de PM₁₀, en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



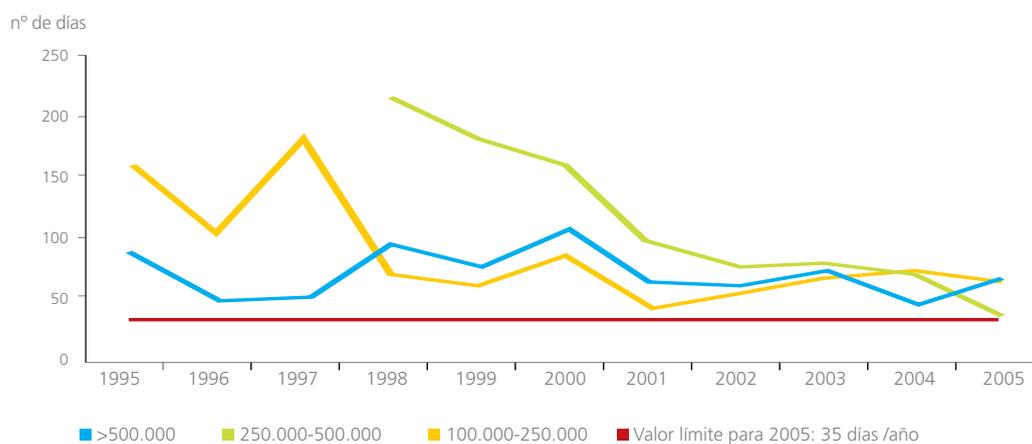
• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

Considerando el límite de días en que se puede superar el valor máximo permitido, la tendencia general es la de rebasar los límites impuestos para 2005, lo que anticipa la imposibilidad práctica de su cumplimiento en gran parte de las poblaciones analizadas con límites previstos más estrictos (Figura 18).

Todos los municipios de la Base de datos del MMA superan el valor máximo permitido que se resume en no superar una concentración de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en más de 35 días, si bien la tendencia en el tiempo es hacia la mejora, especialmente en el rango de población de las ciudades entre 250.000-500.000 (Figura 18).

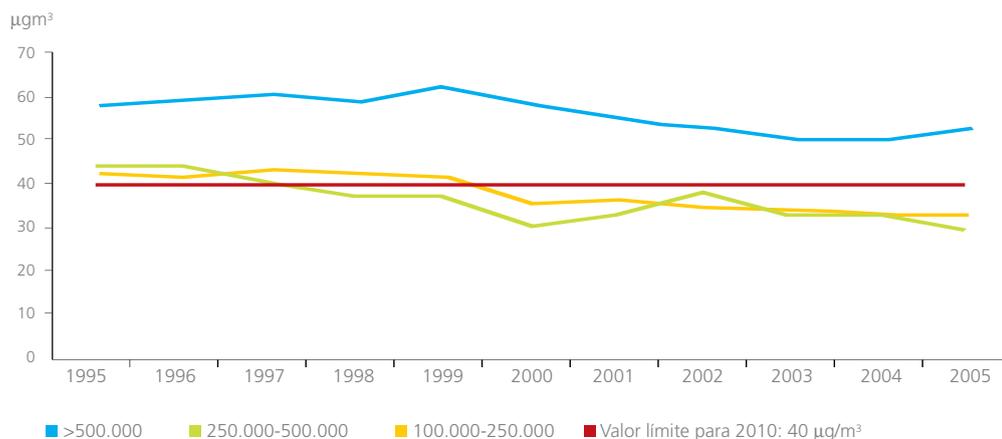
Figura 18. N° de días en que se supera la concentración de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas (PM_{10}) en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• Fuente: *Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.*

El principal problema que se plantea en relación con el NO_2 es la superación del valor límite de concentración media anual para la protección de la salud humana ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que entrará en vigor en el año 2010. Analizando los datos por tamaño de municipio, se observa que todas las ciudades con más de 500.000 habitantes superaron el valor límite (Figura 19).

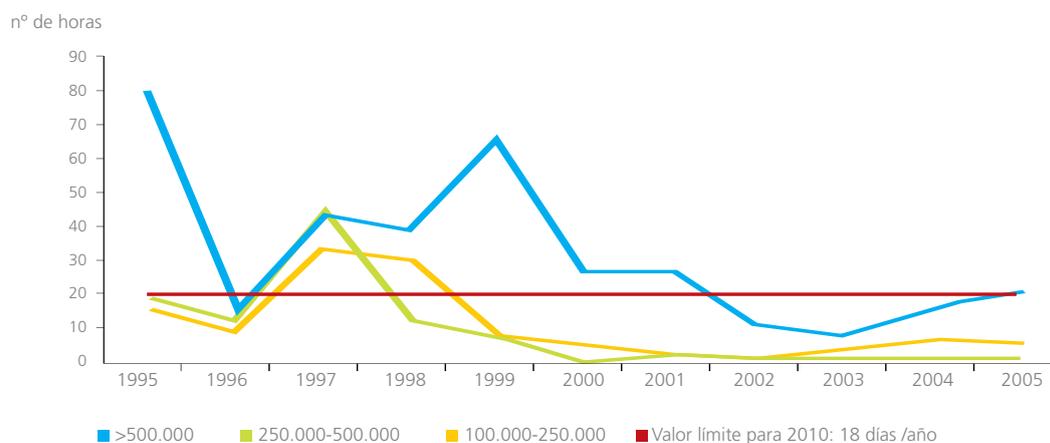
Figura 19. Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 , en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• Fuente: *Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.*

En cuanto al número de horas en que se supera la concentración de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 en los municipios españoles, se puede apreciar una ligera tendencia a la disminución de los niveles máximos obtenidos entre 1995-2003. Desde 2003 se observa una tendencia al alza en municipios entre 100.000 y 250.000 y en los mayores de 500.000 habitantes, rebasando en este último caso, y para el año 2005, el valor límite que entrará en vigor en el año 2010 (Figura 20).

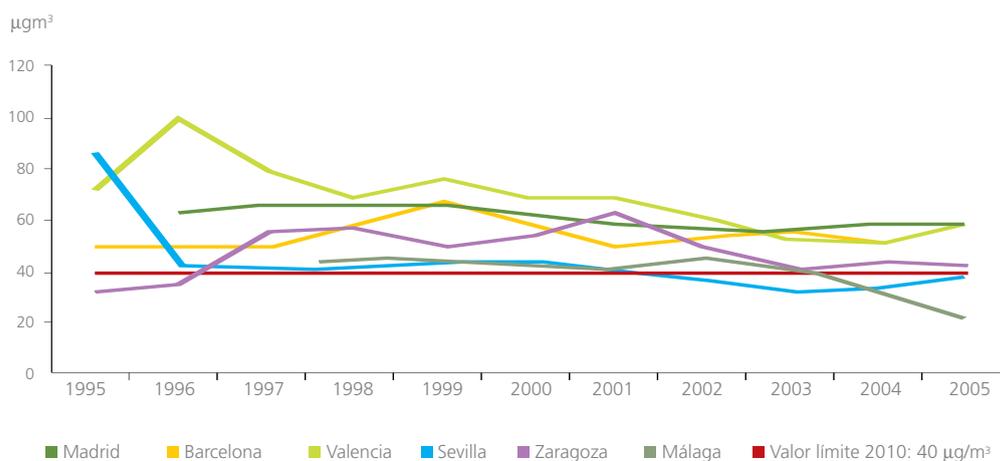
Figura 20. N° de horas en que se supera la concentración de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Las mayores ciudades de España incumplen sistemáticamente las concentraciones medias anuales permitidas por la legislación, lo cual supone afecciones para la salud de los ciudadanos (Figura 21).

Figura 21. Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 , en las grandes ciudades españolas. Evolución 1995-2005.

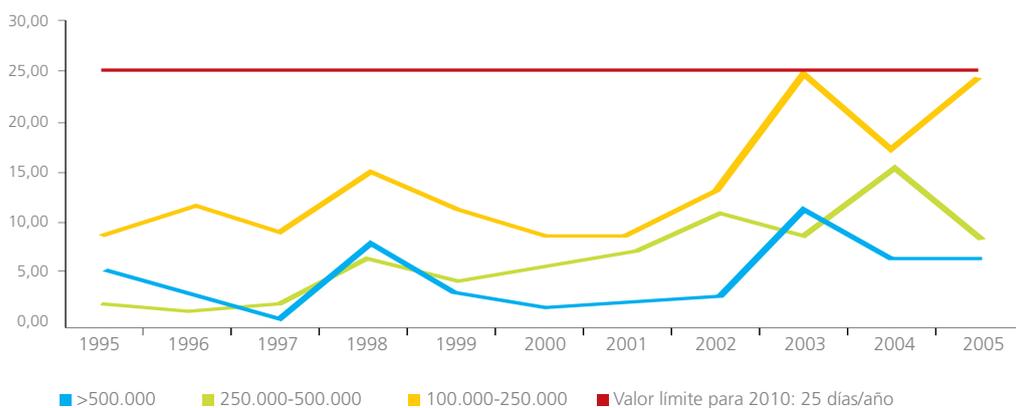


• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

La tendencia observada en España en cuanto al ozono es preocupante. Las condiciones climáticas del país, especialmente durante el verano, favorecen su formación en las capas bajas de la atmósfera a partir de otros contaminantes y la información disponible refleja un progresivo aumento del número de días en que se supera el valor objetivo de protección de la salud humana de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, previsto para el año 2010 (Figura 22).

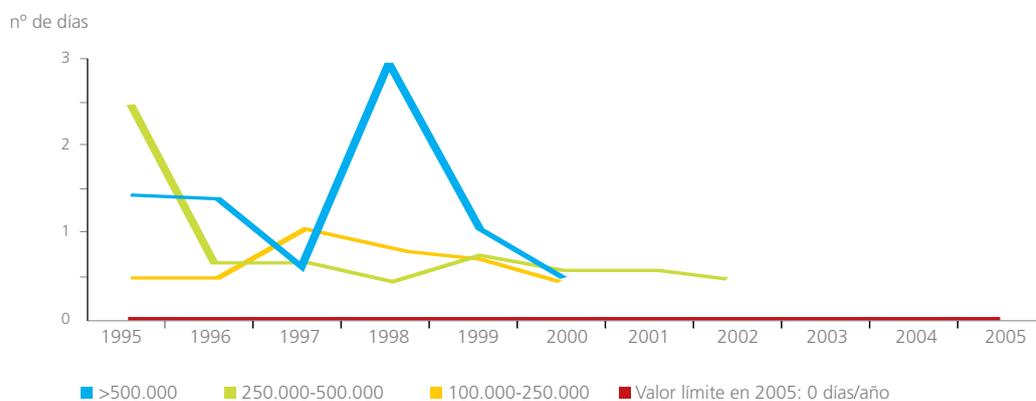
Figura 22. Nº de días en que se supera la concentración octohoraria de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• Fuente: *Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.*

La presencia de monóxido de carbono (CO) en el aire de nuestras ciudades se ha ido reduciendo en los últimos años. Así, desde el año 2002, en ninguna ciudad española se han producido superaciones del valor límite establecido para el año 2005. Tan solo una ciudad entre 100.000 y 250.000 habitantes tuvo dos días de superación en el último año (Figura 23).

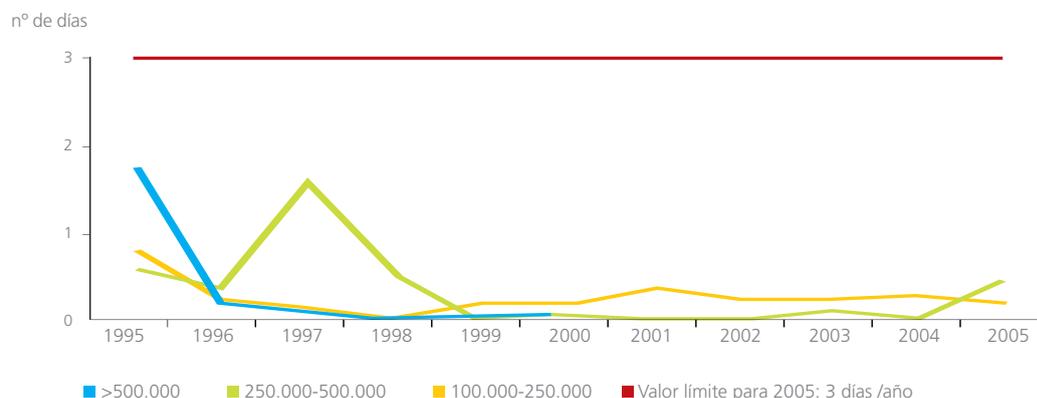
Figura 23. Nº de días en que se supera la concentración de $10 \text{mg}/\text{m}^3$ de CO en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• Fuente: *Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.*

La situación de la calidad del aire, desde la perspectiva de la concentración de dióxido de azufre (SO_2), ha evolucionado muy positivamente en España y la tendencia es hacia una continua disminución de las emisiones de SO_2 . Sin embargo, quedan puntos en nuestra geografía próximos a grandes instalaciones de combustión, con niveles de concentración que superan los previstos por la legislación de cumplimiento desde 2005 (Figura 24).

Figura 24. N° de días en que se supera la concentración de 125 µg/m³ de SO₂ en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• Fuente: *Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.*

A pesar de algunas mejoras obtenidas, las tendencias previstas en general de acuerdo con la evolución de las concentraciones de contaminantes atmosféricos, no pueden ser optimistas. La superación de los valores límite para los niveles de concentración de los principales contaminantes analizados es notable (a excepción del SO₂) para las ciudades españolas más habitadas.

Se comprueba que hoy en día, los valores límite y de alerta son continuamente sobrepasados en un gran número de ciudades de España y lo que es peor, se observa el mantenimiento de valores altos y continuados, de alta contaminación que afectan a capas importantes de población.

Tendencias de contaminantes

- Las **partículas** más gruesas (PM₁₀) han disminuido, como consecuencia del mayor control de procesos de combustión en las ciudades y del cambio de combustibles (menos carbón y más uso del gas natural) y las más finas (PM_{2,5}), **que son las más peligrosas**, han aumentado como consecuencia del aumento del parque automovilístico diesel. En 2005 el 41,6% de los vehículos existentes en España eran automóviles diesel frente al 58,35% que empleaban gasolina. La situación en 1977 era muy distinta: 18,35% gasóleo/81,65% gasolina.
- El NO₂ ha aumentado probablemente debido al incremento en general del parque nacional de vehículo. A 31 de diciembre de 2005 el parque automovilístico español constaba de 27,7 millones de vehículos, de los que 20,3 millones eran turismos (73,2% del total de vehículos).
- El O₃ es un contaminante secundario, procedente de la foto-oxidación de NOx y compuestos orgánicos volátiles procedentes de la combustión y de las emisiones de vehículos; las exposiciones a este contaminante acompañan al incremento del parque automovilístico. Este contaminante todavía no se mide en gran parte del territorio y dado su carácter secundario se producen picos en zonas donde no suele haber estaciones, es decir en zonas alejadas de los centros de las ciudades, donde las condiciones climáticas de España, especialmente durante el verano, favorecen su formación en las capas bajas de la atmósfera a partir de otros contaminantes y la información disponible refleja un progresivo aumento del número de días en que se supera el valor objetivo de protección de la salud humana de 120 µg/m³, previsto para el año 2010.
- El SO₂, ha evolucionado muy positivamente en España y la tendencia es hacia una continua disminución de sus emisiones. El SO₂ ha dejado de ser un problema en gran parte de ciudades de España como consecuencia del cambio a combustibles con un menor contenido en azufre en las calefacciones y en las Centrales Térmicas. Sin embargo, quedan puntos en nuestra geografía, que suelen estar próximos a grandes instalaciones de combustión, con niveles de concentración que superan los previstos por la legislación para 2005.

4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

Ciclos anuales de los contaminantes

Además del riesgo derivado del sobrepasamiento de los valores límites, hay que tener en cuenta otras consideraciones relacionadas con la evolución cíclica de cada tipo de contaminante a lo largo del año y, en consecuencia, los potenciales perjuicios en cada época del ciclo anual.

Cada contaminante presenta un ciclo anual en el que aumentan o disminuyen las concentraciones dependiendo de las emisiones y de las características meteorológicas en los emplazamientos de las estaciones.

En las figuras 25-30 se muestran las imágenes correspondientes a una serie temporal que refleja los valores medios diarios de los valores horarios obtenidos promediando el valor de cada celdilla en el dominio correspondiente a toda la Península Ibérica para los contaminantes: CO, NO₂, SO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2,5}.

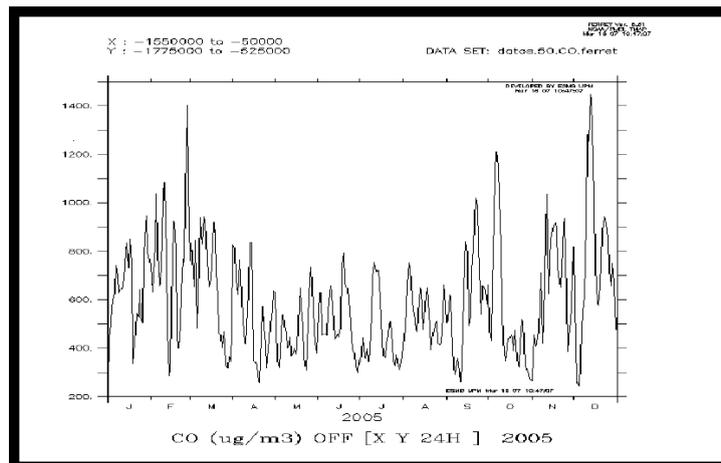
CO, NO₂ y SO₂: en zonas urbanas, las mayores concentraciones se alcanzan en los meses de invierno (debido al estancamiento atmosférico predominante) con los mínimos en el periodo estival. En zonas industriales estas tendencias pueden no cumplirse.

O₃: las mayores concentraciones se alcanzan en los meses de verano - debido sin duda a la mayor actividad fotoquímica- con los mínimos en los meses de invierno.

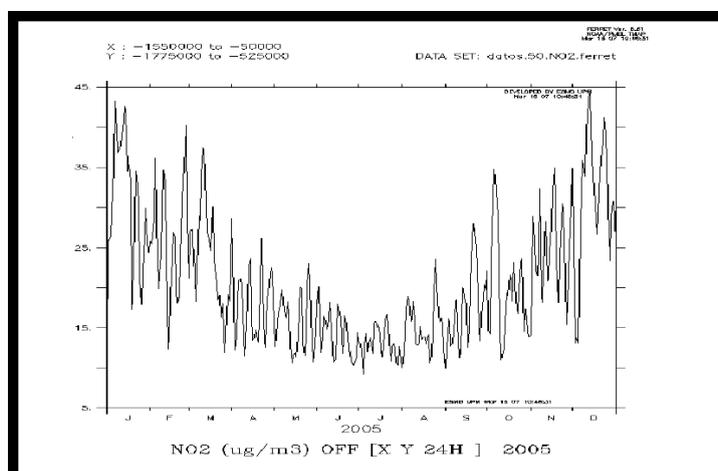
PM₁₀ y PM_{2,5}: se observa que en estaciones de fondo rural y algunas urbanas las mayores concentraciones se obtienen en verano (Junio a Septiembre), mientras que en estaciones urbanas en zonas bastante contaminadas no suelen registrarse tendencias estacionales, y de registrarse suelen presentar niveles superiores en invierno debido al mayor estancamiento atmosférico.

Cada contaminante presenta un ciclo anual en el que aumentan o disminuyen las concentraciones.

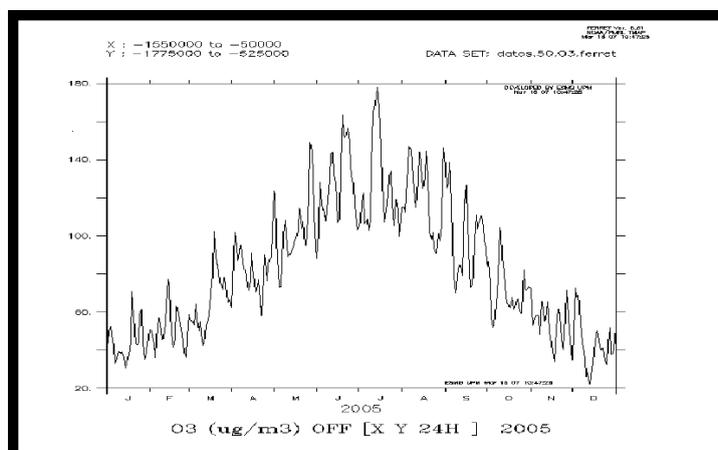
Figura 25. Ciclo anual de concentración de CO



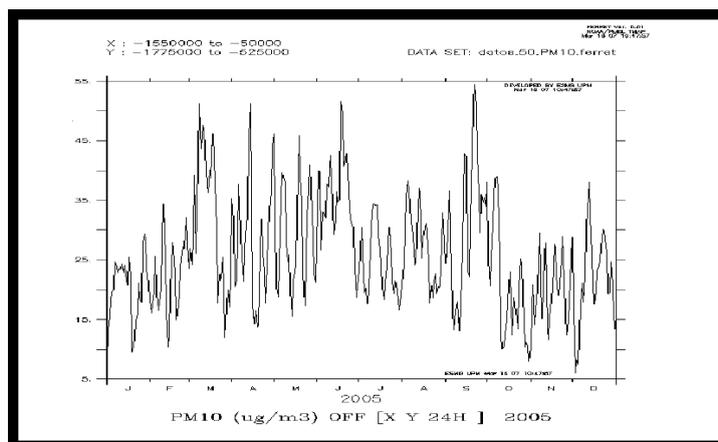
• Fuente: *Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.*

Figura 26. Ciclo anual de concentración de NO₂

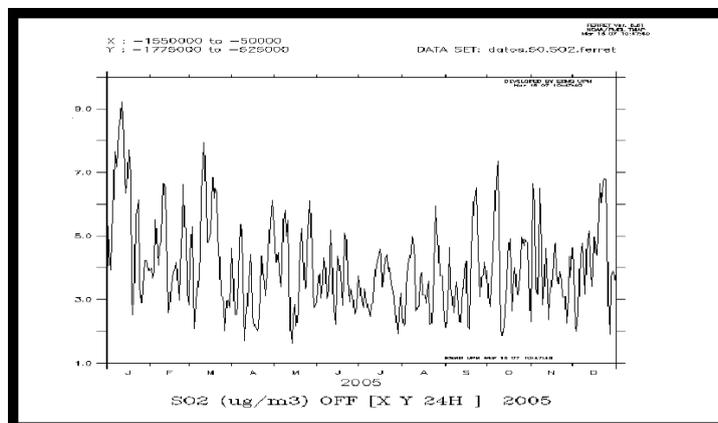
• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

Figura 27. Ciclo anual de concentración de SO₂

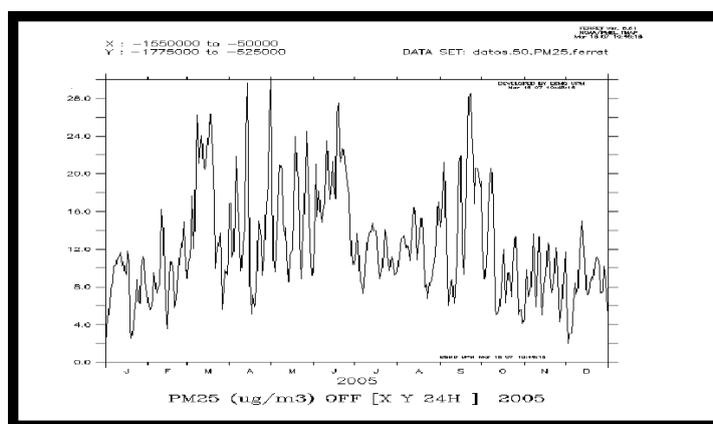
• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

Figura 28. Ciclo anual de concentración de O₃

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

Figura 29. Ciclo anual de concentración de PM₁₀

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

Figura 30. Ciclo anual de concentración de PM_{2,5}

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

Aplicaciones de los sistemas de modelización de la calidad del aire para la Península Ibérica y la Comunidad de Madrid

Los Modelos de Calidad del Aire son una herramienta importante y complementaria de los sistemas de medición existentes, ya que permiten investigar el impacto de fuentes específicas sobre los niveles de contaminación atmosférica en distintas zonas, ofreciendo una mayor aproximación cualitativa y cuantitativa a la situación y a los posibles escenarios por cambio en las emisiones.

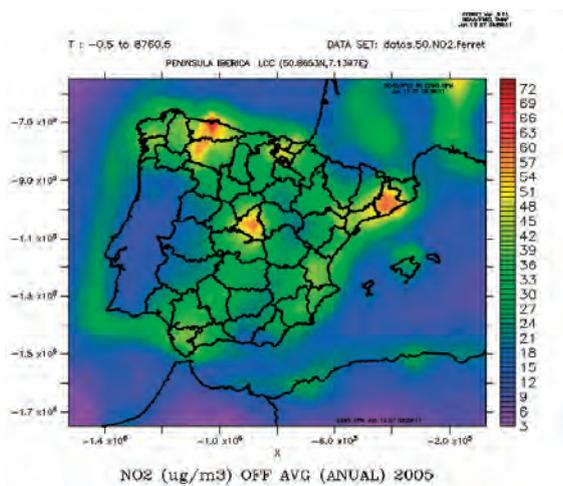
A continuación se presentan los resultados obtenidos por la aplicación del modelo MMA-CMAQ-EMIMO (OPANA)³, descrito en el capítulo 2 de metodología, para toda la Península Ibérica y finalmente para el área de la Comunidad de Madrid puesto que alberga un porcentaje importante de población. Estos resultados hacen referencia a:

³ El sistema es ejecutado sobre 12 capas en altura y con 50 km de resolución coincidentes con la resolución de las emisiones EMEP de 2004 a nivel nacional, y con 9 km de resolución para la Comunidad de Madrid. La resolución temporal de las emisiones producidas por EMIMO es 1 hora.

- Valores medios anuales estimados de concentración de los contaminantes NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃ y SO₂, para la Península Ibérica (Figuras 31-35) y Comunidad de Madrid (Figuras 40-42).
- Población estimada afectada por incumplimiento de la legislación y por superaciones de valores límite/objetivo en la Península Ibérica (Tabla 6) y Comunidad de Madrid.
- El llamado “Índice de afección” para ponderar estimativamente las concentraciones en la atmósfera en función de la población en la Península Ibérica (Figuras 36-39) y Comunidad de Madrid.

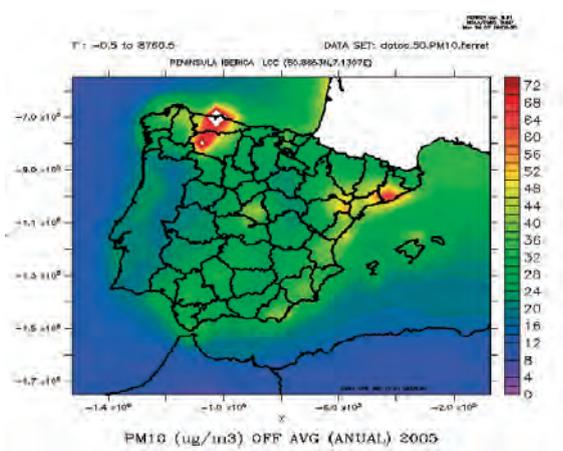
Los mapas que se presentan a continuación han sido desarrollados por el Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid y se corresponden con una visión interpolada de los resultados por cuadrículas 50 x 50 Km. de resolución espacial en la Península Ibérica. Éstos describen las concentraciones medias anuales de los contaminantes: NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃ y SO₂ que se habrían alcanzado en la Península Ibérica según las estimaciones de los modelos para el año 2005.

Figura 31. Concentración media anual de dióxido de nitrógeno (NO₂)



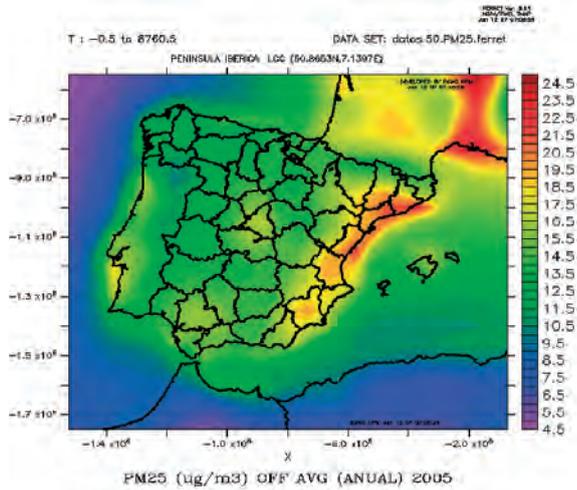
- El valor límite para la protección de la salud humana que entrará en vigor en el año 2010 es de 40 µg/m³ de NO₂.
- Las zonas de mayor densidad de población y emisiones industriales de NO₂ ofrecen los niveles mayores de este contaminante.

Figura 32. Concentración media anual de partículas menores de 10 micras (PM₁₀)

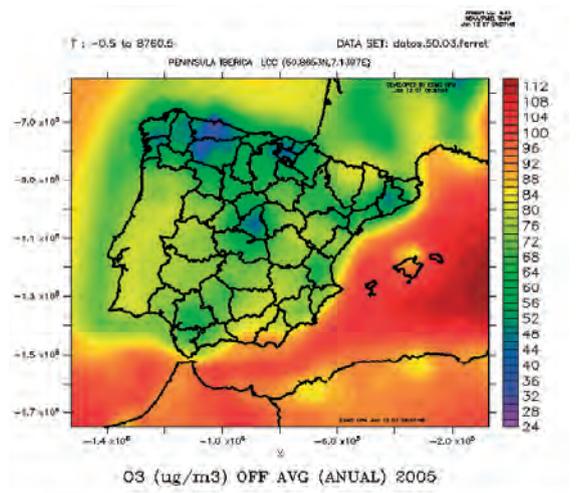


- El valor límite para las PM₁₀ se fija en una concentración de 40 µg/m³ como media anual. Así mismo se fija una valor límite diario de 50 µg/m³ que no podrá superarse en más de 35 días/año desde 2005.
- Las áreas de mayor industrialización o densidad de población aparecen con los mayores niveles de PM₁₀. El tráfico es la principal fuente de emisión en el ámbito urbano y la combustión de combustibles fósiles (carbón especialmente) en el ámbito industrial.

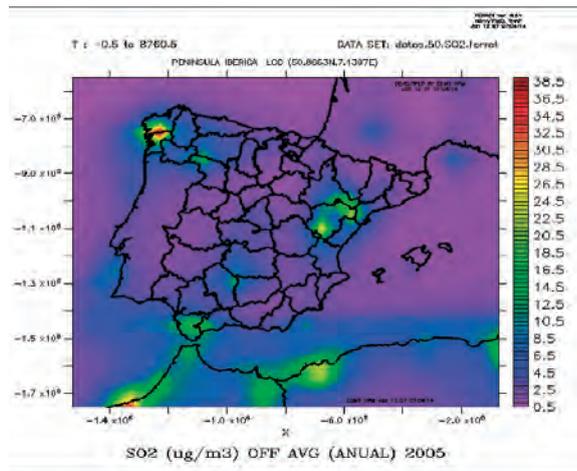
4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

Figura 33. Concentración media anual de partículas menores de 2,5 micras (PM_{2,5})

- En el proceso de revisión de la Directiva Europea de Calidad del Aire que se está llevando a cabo, se fija un valor objetivo anual de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para las partículas menores de 2,5 micras, como media anual para 2010, que a partir de 2015 se convierta en valores límite y por ello obligatorio.
- Las áreas del este de la Península Ibérica y sobre todo de la zona norte del Mediterráneo presentan los mayores niveles de PM_{2,5}.

Figura 34. Concentración media anual de ozono (O₃)

- El valor objetivo para la protección de la salud, previsto para 2010, es de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de O₃, como media máxima octohoraria a no superar más de 25 días al año. No existe valor objetivo en la legislación actual.
- Esta molécula, altamente reactiva, tiende a descomponerse en las zonas en las que existe una alta concentración de NO. Esto explica porqué su presencia en el centro de las grandes ciudades (como Madrid y Barcelona) suele ser más baja que en los cinturones metropolitanos y en las áreas rurales circundantes.

Figura 35. Concentración media anual de dióxido de azufre (SO₂)

- El valor límite para la protección de los ecosistemas es de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO₂.
- Las áreas de mayores concentraciones en la atmósfera de SO₂ se encuentran donde existen centrales térmicas importantes.

Población estimada afectada por incumplimiento de la legislación por superaciones de valores límite en la Península Ibérica.

Para poder determinar la población afectada estimada que hay sometida a niveles de contaminación que incumplen la legislación, se han elaborado unos mapas que relacionan la población, con los valores de la contaminación atmosférica para cada contaminante.

Para esta primera estimación se ha recurrido al uso de los mejores modelos disponibles que combinando las informaciones referenciadas en el espacio mediante sistemas de información geográfica permiten calcular la población afectada por los diferentes niveles de contaminación. Los resultados de la población expuesta, son por ello, aproximaciones derivadas de los propios modelos utilizados.

Existen limitaciones derivadas de la información de partida de los datos de emisión y de la resolución espacial de los modelos:

- Se han cruzado los valores de la población española del año 2000 (38,960.364 habitantes), con los valores de la contaminación atmosférica para el año 2004.
- No se han podido utilizar datos de población más recientes debido a las dificultades metodológicas y al propio alcance del estudio.
- Los datos de Canarias no se han incluido por dificultades de comportamiento de las masas de aire en esa zona.

Como resultado de la metodología aplicada, susceptible de mejora en el futuro, se obtienen los resultados indicados en la Tabla 6.

■ **Tabla 6.** Estimación de la población afectada por niveles de contaminación.

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

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

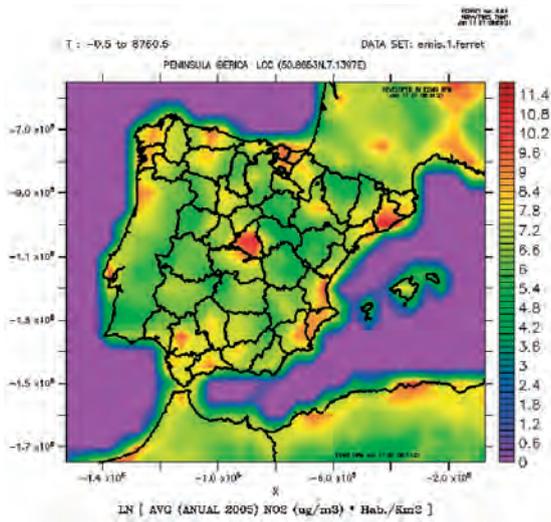
A pesar de las limitaciones existentes en la elaboración de los resultados se observan los grandes porcentajes de población afectada en España por incumplimientos de alertas y superaciones anuales y diarias.

Índice de afección para ponderar estimativamente las concentraciones en la atmósfera en función de la población en la Península Ibérica

Para poder ponderar los niveles de contaminación de una zona en función de la densidad de la población de dicha zona afectada, se han elaborado unos mapas que relacionan mediante una formulación matemática (Logaritmo neperiano del producto de la concentración de contaminante por la densidad de población. Ver capítulo 2) la densidad de población con los valores de la contaminación atmosférica o concentración en la atmósfera para cada contaminante y cada zona.

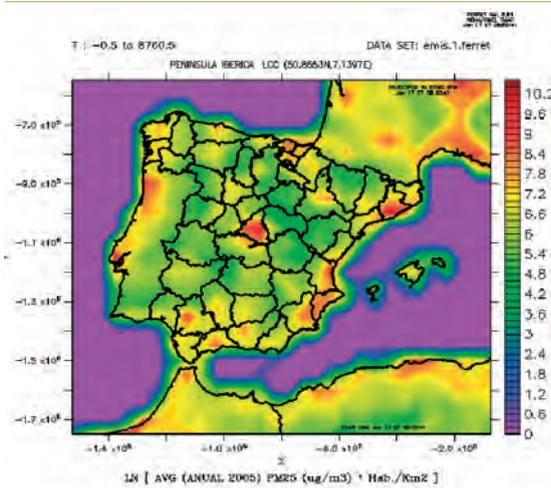
4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

Figura 36. Índice de afectación de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para NO₂.



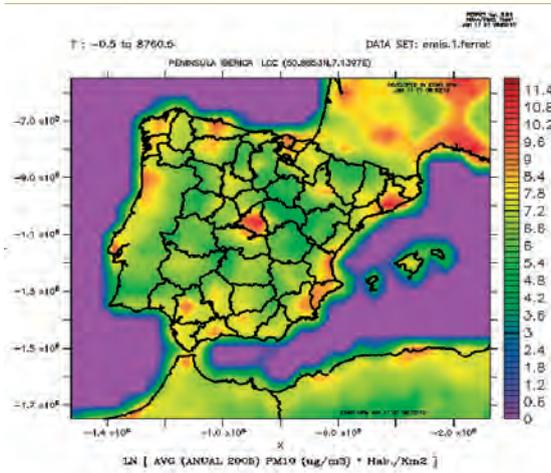
- Se observa como áreas que en el mapa anterior (concentración media anual de NO₂ en µg/m³) aparecen con valores relativos inferiores a los máximos, como es el caso de las provincias de Valencia, Alicante, Murcia, Sevilla y Málaga, entre otras, en este mapa tienen un índice de afectación alto debido a su elevada densidad de población.

Figura 37. Índice de afectación de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para PM_{2,5}.



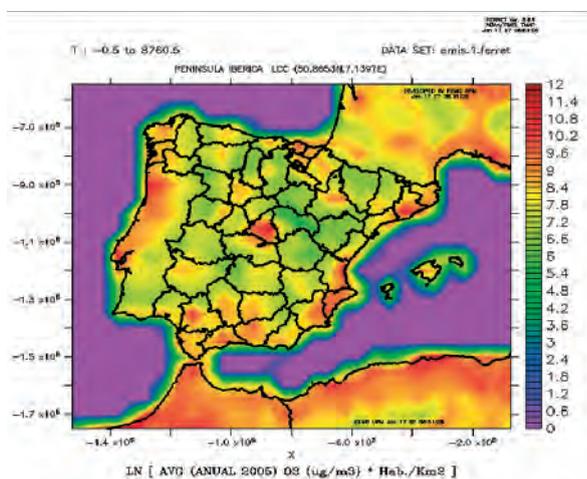
- El mapa muestra las áreas donde existe un mayor índice de afectación sobre la población de la concentración de PM_{2,5}. Éstas corresponden a las zonas de Madrid, Barcelona, Valencia, Alicante, Murcia, Sevilla, Málaga y País Vasco.

Figura 38. Índice de afectación de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para PM₁₀.



- De igual forma se observa como áreas que en el mapa anterior (concentración media anual de PM₁₀ en µg/m³) aparecen con valores relativos inferiores a los máximos, en este mapa muestran un alto índice de afectación debido a su elevada densidad de población.

Figura 39. Índice de afectación de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para Ozono.



- Se observa que en la zona centro de Madrid, litoral mediterráneo, Principado de Asturias, País Vasco, así como algunas provincias andaluzas, a pesar de ofrecer valores bajos de las concentraciones de ozono, al correlacionarlos con la población aparecen con índices elevados.

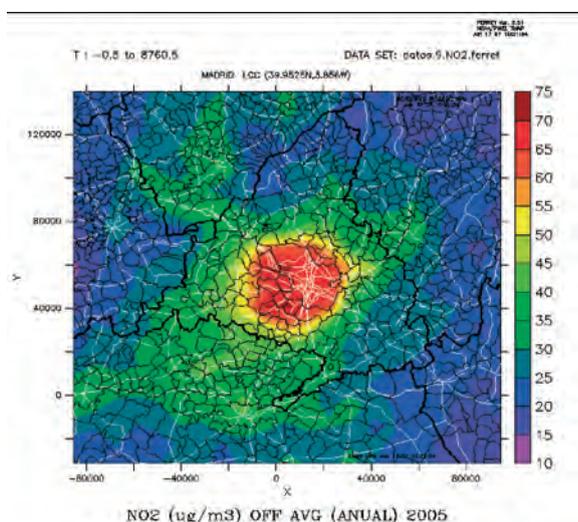
• Fuente figuras 36-39: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente. Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

Valores medios estimados de todo el dominio y su evolución a lo largo del año (lineales) para el NO₂, PM₁₀ y O₃ en la Comunidad de Madrid.

Las estimaciones para la Comunidad de Madrid son relevantes, no sólo a efectos de los valores medios de todo el dominio y su evolución a lo largo del año (lineales)⁴ para el NO₂, PM₁₀ y O₃ en Madrid, sino también para mostrar el potencial de estos modelos y su posible aplicación en otras áreas.

En la figura 40 se muestra cómo en la corona metropolitana de la ciudad de Madrid, en particular en la zona oeste, se encontrarían valores para el NO₂ sensiblemente superiores al valor límite que entrará en vigor en 2010 (40 µg/m³ de NO₂).

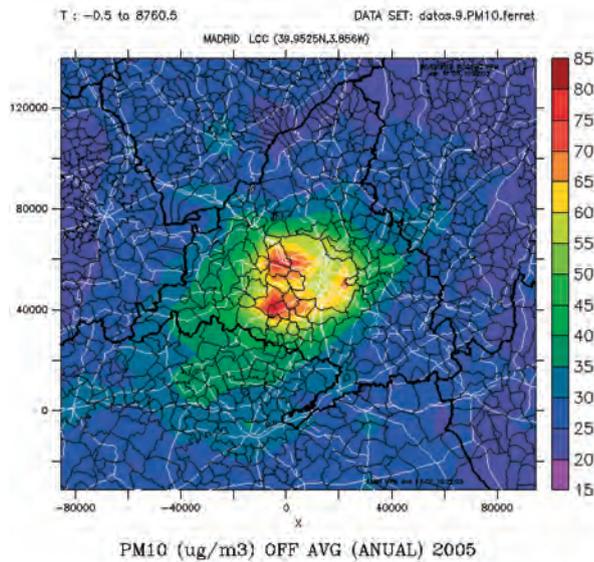
Figura 40. Concentración media anual de NO₂ en µg/m³ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.



- El valor límite para la protección de la salud humana que entrará en vigor en el año 2010 es de 40 µg/m³ de NO₂.
- Importantes áreas de la zona metropolitana de Madrid y alrededores, en particular en la zona oeste, se encontrarían con valores sensiblemente superiores a ese límite.

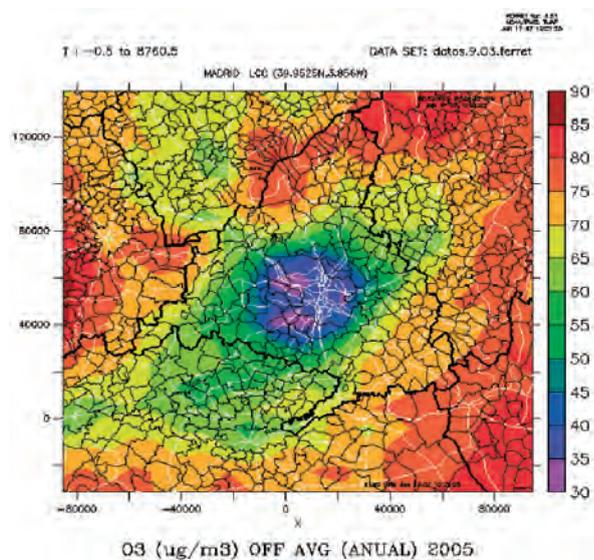
⁴ Las siguientes imágenes muestran un área específica después de ejecutar el sistema OPANA V3 (MM5-CMAQ-EMIMO) sobre un dominio de 400 x 400 km con 9 km de resolución (dominio superior al área mostrada en las imágenes que cubre un área de 160 x 160 km aproximadamente, obsérvese que la proyección Lambert Conformal en que se muestran las imágenes es prácticamente la UTM con un error inferior a un 1 %, por lo que de forma rápida los valores de las coordenadas podemos asociarlos a metros con un error despreciable al ojo humano).

4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

Figura 41. Concentración media anual de PM₁₀ en µg/m³ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.

- El valor límite para las PM₁₀ se fija en una concentración de 40 µg/m³ como media anual. Así mismo se fija un valor límite diario de 50 µg/m³ que no podrá superarse en más de 35 días/año desde 2005.
- Este valor se superaría ampliamente en el área metropolitana de Madrid y alrededores, en particular en la zona oeste.

En el caso del ozono también el modelo indica, según refleja la figura 42, valores medios altos en las zonas periféricas de la Comunidad de Madrid y valores bajos en el centro metropolitano.

Figura 42. Concentración media anual de O₃ en µg/m³ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.

- El valor objetivo para la protección de la salud, previsto para 2010, es de 120 µg/m³ de O₃ como media máxima octohoraria a no superar más de 25 días al año. No existe valor objetivo en la legislación actual.
- El mapa indica que la zona centro metropolitana ofrece valores medios bajos, aunque es la zona donde se producen las emisiones de NO_x y de los COV producidas principalmente por el tráfico rodado y precursoras del ozono, que se manifiesta en los alrededores y no tanto en el centro ya que al mismo tiempo estas emisiones "consumen" el ozono.

• Fuente figuras 40-42: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente. Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

5. ¿Cómo estamos en el contexto europeo?

En España, las evaluaciones de la calidad del aire, tanto las procedentes de los datos de inmisión como de la aplicación de los modelos existentes, muestran que los principales problemas son similares a los de otros países europeos, es decir, contaminación por partículas, óxidos de nitrógeno y ozono, pero en algunos casos estas situaciones están agravadas por las especiales condiciones meteorológicas (mayor radiación solar que favorece las reacciones fotoquímicas y por tanto la formación de ozono, la resuspensión de partículas por escasez de lluvia, la recirculación de contaminantes, etc.) y geográficas (episodios de intrusiones de partículas de origen sahariano) de España.

En la comparación de España con otros países de Europa, en relación a las características de las redes de medición existentes y el nivel de cumplimiento de los distintos valores límite u objetivo para los contaminantes NO₂, SO₂, CO, PM₁₀ y O₃ establecidos por las "directivas hijas", se puede señalar:

Redes de medición

- España era en 2003 el país de la UE con el mayor número de **zonas designadas** (143), seguida de Italia (139) y Alemania (129), aunque España a diferencia de la mayoría de países de la UE, no ha designado sus zonas en función de un contaminante o de un objetivo de protección concreto. Es el cuarto país de la UE-15 en **número de estaciones** de vigilancia de la calidad del aire (352), siguiendo a Francia (707), Italia (483) y Alemania (457).
- En la UE-15 el porcentaje de estaciones de fondo en el año 2003 era del 46%, las destinadas principalmente a la medición de la contaminación originada por el tráfico era del 28% y por las industrias del 17%. En España, existían 71 estaciones de fondo, mientras que se disponía de 142 y 136 estaciones para vigilancia de industrias y de tráfico respectivamente. Existe un claro desequilibrio entre el número de estaciones de tráfico y el número de estaciones urbanas de fondo.
- El 41% de las estaciones de la UE-15 eran urbanas, el 28% suburbanas y el 17% rurales. En España: el 36% de las estaciones eran urbanas, el 33% suburbanas y el 30% restante se clasifican como rurales. En la medición de los valores objetivo para el O₃, en 2003, prácticamente la mitad de las estaciones de ozono en UE-15 eran urbanas. Las estaciones suburbanas y las rurales representaban el 27% y 18 % del total.

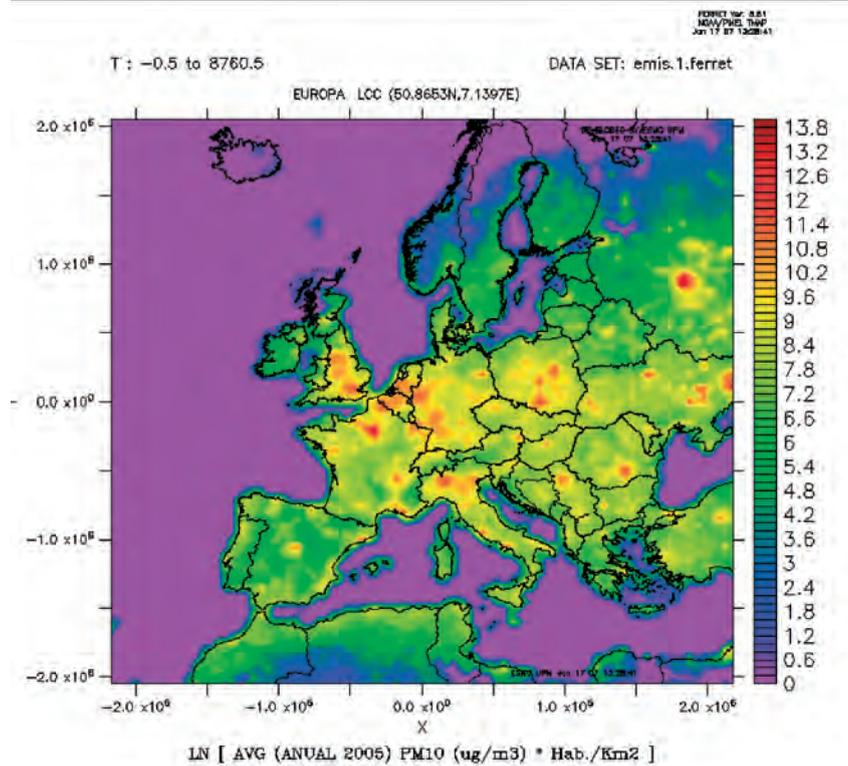
Niveles de cumplimiento.

Los contaminantes NO₂ y PM₁₀ son los que presentaron un peor comportamiento a nivel europeo.

- **NO₂**: la concentración anual se encontraba en general por encima del valor límite para la protección de la salud humana más el margen de tolerancia en el 22% de las zonas. La contaminación por NO₂ era especialmente importante en Reino Unido, Italia y Alemania, muy por encima de España. La concentración horaria de NO₂ presenta un mejor comportamiento tanto a nivel europeo como español.
- **PM₁₀**: el principal problema de calidad del aire en la UE-15 lo constituyen las partículas (PM₁₀). Sólo Luxemburgo no presenta ninguna zona que supere los valores medios anuales y diarios de PM₁₀, mientras que en Finlandia e Irlanda no se supera el valor límite anual. La mayoría de las zonas que superan ambos valores son aglomeraciones. El hecho de que las superaciones también ocurran en otras zonas indica que la contaminación por PM₁₀ no es sólo un problema de las grandes ciudades.

La situación en España en relación a la contaminación por partículas en relación a la población es relativamente más favorable que en la mayoría de los países europeos analizados por el modelo, a excepción de Madrid y Barcelona (Figura 43).

Figura 43. MAPA DE EUROPA DE LOS NIVELES DE PM₁₀. Media anual en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en relación con la concentración de la población en el año 2005.



- **SO₂**: durante el año 2003, sólo 10 zonas en toda la UE-15 registraron concentraciones horarias por encima de los 410 mg/m^3 (valor límite más el margen de tolerancia correspondiente) y 5 se encontraban entre esta concentración y el valor límite de 350 mg/m^3 . Las superaciones de los límites para el SO₂ son mayoritarias en las estaciones destinadas a la medición de la contaminación industrial y se dan tanto en áreas urbanas, como suburbanas y rurales.
- **CO**: en la UE-15 sólo Italia presenta dos zonas que superan el valor límite más el correspondiente margen de tolerancia (10 + 4 mg/m^3).
- **O₃**: los últimos datos en Europa corresponden al verano de 2005. España fue el tercer país europeo, después de Francia e Italia, con un mayor número de superaciones del valor objetivo a largo plazo. Las concentración de ozono han disminuido en general y este descenso ha sido perceptible, también, en los países mediterráneos.

Situación general: en el año 2003 el 62% de las zonas de la UE-15, se encontraban en general por debajo de los valores límite más el margen de tolerancia asignado. El 38% de las zonas habían desarrollado un plan o programa, para al menos un contaminante, con el objetivo de asegurar que no sobrepasará el valor límite en el plazo establecido para cada contaminante, según el artículo 3.8 de la Directiva 1999/30/CE de calidad del aire. Los límites que se superan en más zonas son, por este orden, PM₁₀ diario, NO₂ anual, PM₁₀ anual, NO₂ horario, SO₂ horario, SO₂ diario, SO₂ ecosistemas y CO.

Tipos de estaciones en las que se superan los valores límite

Las superaciones de los límites para el NO₂ ocurren principalmente en las estaciones de vigilancia del tráfico y en áreas rurales, mientras que el límite de NO_x para la protección de la vegetación se supera principalmente en las estaciones de fondo, y en áreas tanto suburbanas como rurales, aunque también en estaciones destinadas a la medición de la contami-

nación por el tráfico. Las superaciones de los límites de PM₁₀ se dan principalmente en las estaciones de vigilancia del tráfico y de fondo y en áreas rurales y suburbanas.

Causas de las superaciones de los valores límite

SO₂: la inmensa mayoría de las superaciones son debidas a la industria local y a la generación de energía, y, en menor medida a emisiones industriales accidentales.

NO₂ y los NO_x: el tráfico rodado es la principal causa de las superaciones de los valores límite. También se ha señalado como fuente de emisión “la calefacción doméstica” pero siempre en combinación con el tráfico rodado y con las emisiones industriales producidas de forma accidental.

PM₁₀: el tráfico local fue la causa principal, seguido de la industria local, generación de energía y la construcción y demolición. No obstante, las calefacciones domésticas, las fuentes naturales y las emisiones industriales accidentales tuvieron una acción notable. Por el contrario solo una pequeña parte de las superaciones se produjeron por efectos del transporte a larga distancia.

Para el conjunto de los contaminantes, el 80% de las causas de las superaciones de los valores límite eran locales, lo que sugiere que la solución está sobre todo en decisiones a nivel local.

...y que presenta intensas interacciones con el sistema económico y social del entramado urbano,...

6. ¿Cuáles son las interacciones del juego?

La mala calidad del aire en las ciudades está directamente relacionada con la movilidad y las actividades productivas de los sectores económicos.

Las emisiones de agentes contaminantes no son un problema aislado al que se pueda dar respuesta desde una determinada política sectorial sino que tienen su origen en todo un entramado de relaciones entre distintos aspectos de nuestros modelos de producción y consumo, en general, y urbanización y movilidad, en particular. Para un diagnóstico completo de las causas de la mala calidad del aire en las ciudades hay que situar las fuentes inmediatas de contaminación, los coches o determinadas industrias, dentro del marco de procesos metabólicos más amplios y más complejos que caracterizan la sostenibilidad del desarrollo urbano.

El impacto de los sectores económicos

Los cambios en el medio ambiente, en general, y en el atmosférico, en particular, son consecuencia de una serie de actuaciones de fuerzas motrices que inciden sobre el estado del entorno mediante impactos asociados. Así, las fuerzas impulsoras del cambio se relacionan con un variado número de factores de desarrollo demográfico, económico, sociocultural, tecnológico y político, los cuales, además, están directa o indirectamente vinculados entre sí por múltiples lazos y relaciones de causa-efecto, algunas de ellas directas, pero otras muchas indirectas, menos visibles y complejas.

El aumento de la población, el crecimiento económico o el cambio en las preferencias sociales y hábitos más consumistas, suelen generar presiones ambientales adicionales, a menos que se puedan contrarrestar mediante mejoras tecnológicas, ganancia neta de ecoeficiencia productiva (para disociar el crecimiento del impacto ambiental) o cambios de conducta más responsables para un consumo más racional.

Además, hay que tener en cuenta que aparte de los vínculos entre las fuerzas motrices y los impactos, los mismos cambios ambientales suelen interactuar entre sí y también repercuten en las propias fuerzas motrices. Por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero, que originan el cambio climático y muy vinculadas al sector energético, pueden ver mayorado su impacto o incluso reducido por otras emisiones de las mismas fuentes como las partículas y el dióxido de azufre.

6. ¿CUÁLES SON LAS INTERACCIONES DEL JUEGO?

El creciente uso del automóvil privado está impulsado por el nuevo modelo de ciudad difusa y los déficit en materia de transporte público que conlleva el uso incontrolado del territorio.

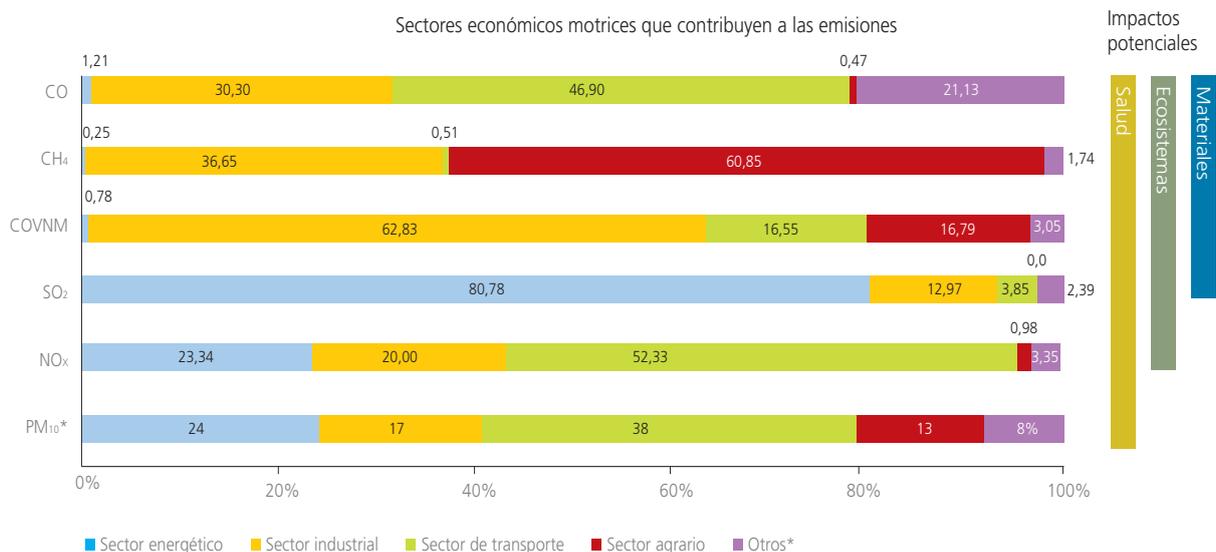
Una cuestión clave para mejorar la calidad de vida y los procesos de sostenibilidad urbana es comprender con mayor precisión las interacciones entre las fuerzas motrices que originan las emisiones de contaminantes a la atmósfera y cómo se pueden aplicar políticas efectivas de mitigación de emisiones en la fuente mediante instrumentos legales, económicos y de corresponsabilidad social.

Las fuerzas motrices que se consideran más relevantes para la contaminación atmosférica (ver capítulo 5), además de la población y el sector residencial, son el sector del transporte y el tráfico, así como la industria, la energía y el sector agrario.

El sector transporte tiene un papel protagonista en las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes en general, al igual que resulta clave para atender las necesidades sociales crecientes y facilitar modelos de movilidad sostenible mediante su reestructuración estratégica. Por otro lado, las infraestructuras de transporte inciden notablemente en el uso de suelo produciendo una fragmentación del territorio que puede repercutir negativamente en la pérdida de biodiversidad y determinadas actividades agrarias, que a su vez repercuten en la emisión de gases de efecto invernadero. El transporte es una de las fuerzas motrices más relevantes relacionadas con la calidad del aire.

El impacto relativo y la contribución de los diversos sectores económicos a la emisión de los contaminantes a la atmósfera van cambiando a lo largo del tiempo e inciden de una forma diferente, según los contaminantes emitidos, sobre la salud (son clave PM₁₀, PM_{2,5}, ozono troposférico, NO₂, SO₂), los ecosistemas (según el potencial acidificante, potencial eutrofizante, de formación de ozono troposférico, siendo clave el SO₂, NO_x) y los materiales (son clave el SO₂, Ozono). Tal como se refleja en la figura 44, existen determinadas zonas de confluencia entre los contaminantes y los campos de impacto, así vemos como los contaminantes que afectan a los materiales influyen sobre la salud y los ecosistemas.

Figura 44. Contribución de los sectores económicos al total de emisiones de España en 2005 y UE 1999* de los contaminantes considerados (%).



• Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007. Para PM₁₀ estimaciones adaptadas de AEMA "Calidad del Aire en Europa. Situación y Tendencias 1990-1999".

* Para SO₂, NO_x, COVNM, CH₄ y CO los datos de Otros se refieren al Sector doméstico y Servicios (España - 2005), mientras que para PM₁₀ los datos de Otros se refieren a Residuos, Emisiones por Fugas y Otros (UE - 1999).

Desde la aparición en el siglo XIX de los primeros signos de contaminación industrial y de afecciones a la salud en las ciudades, la mala calidad del aire de las ciudades estuvo directamente relacionada con las **actividades productivas de los sectores económicos**, y en general, con lo que se conocía como focos puntuales de contaminación con fácil identificación y clara titularidad y responsabilidad. Sin embargo, hoy en día crece continuamente la predominancia de las llamadas fuentes múltiples y difusas muy ligadas a las actividades domésticas, del transporte y de los servicios, más difíciles de identificar por su profusión y con titularidad y responsabilidad distribuida, aunque subsiste un peso relevante de fuentes puntuales ligadas sobre todo al sector energético e industrial en menor grado.

Hoy sin duda la mayor amenaza para la buena calidad del aire y la salud pública por volumen de emisiones y exposición de la ciudadanía es el automóvil. El uso del automóvil en las ciudades forma parte de los **patrones privados de movilidad y consumo** y determina los propios modelos de urbanización.

Para completar adecuadamente el análisis de las causas de la mala calidad del aire en España y de sus impactos sobre la salud humana es necesario relacionar el creciente uso del automóvil privado con el **nuevo modelo de ciudad difusa** y los déficit en materia de transporte público que conlleva la expansión incontrolada del uso del territorio.

En un nivel más general, este conjunto de relaciones entre los patrones de consumo y producción y la calidad del aire se puede reducir a la relación no siempre directa entre crecimiento económico y mejora generalizada de la calidad de vida. En España se ha registrado un profundo ciclo expansivo de la economía reflejado en los incrementos del PIB. Sin embargo, a la luz de los datos expuestos en este informe acerca de la calidad del aire en las ciudades y, sobre todo, de sus impactos sobre la salud humana, se puede concluir que este fuerte aumento de renta no se ha traducido en políticas activas y responsables para favorecer una mejor calidad del aire y, con ello, una mayor calidad de vida para las ciudades y sus habitantes. Y lo curioso es que los ciudadanos difícilmente asociamos nuestras reclamaciones de mayor calidad del aire urbano con el cambio en nuestro comportamientos y modelos de movilidad y de consumo.

7. ¿Cómo se relaciona la sostenibilidad urbana?

El nuevo modelo de urbanización y uso del suelo ocupa fragmentariamente espacios cada vez más distanciados, incrementan la longitud de los viajes y consumos de energía y contribuye a liberar grandes cantidades de contaminantes.

El fenómeno de la contaminación atmosférica y el deterioro de calidad del aire urbano depende de determinadas dinámicas espaciales y sectoriales que se relacionan con la morfología de las ciudades y sus procesos de desarrollo urbano más o menos sostenibles.

La dinámica del desarrollo urbano

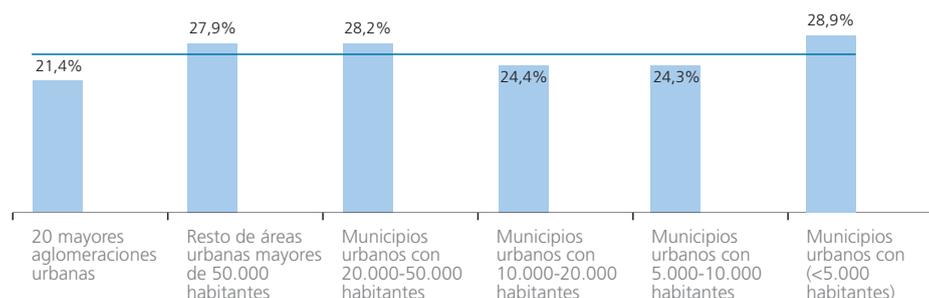
La distribución de las zonas urbanas en España presenta grandes desequilibrios territoriales debidos, fundamentalmente, a la concentración de la mayor parte de la población en grandes aglomeraciones urbanas, localizadas sobre todo en torno a Madrid y en el arco mediterráneo. Los datos indican que en el 12% de los municipios españoles, que suponen el 19% de la superficie del territorio de España, reside el 79% de la población y se localiza el 78% de las viviendas principales (Atlas estadístico de las Áreas urbanas de España 2004, ed. Ministerio de la Vivienda, 2005).

Figura 45. Distribución espacial de las superficies artificiales en España, 2000.

• Fuente: OSE (2006), *Cambios de ocupación del suelo en España: implicaciones para la Sostenibilidad*.

Además, en las últimas décadas esta tendencia se ha mantenido e incluso se está viendo acrecentada en España por un intenso proceso de urbanización, que ha provocado el aumento de casi un 30% del suelo artificial a lo largo del periodo 1987-2000, el cual no guarda relación con el crecimiento experimentado por la población, que en el período 1991-2001 fue de casi 5%, proceso que además se ha agudizado a partir del 2001 (Fuente, *Cambios de Ocupación del suelo en España*. OSE, 2006).

Este elevado incremento de superficie de suelo artificial tiene relación directa con un proceso de declive de la ciudad tradicional, densa y compacta, en favor de la *ciudad difusa*, que va progresivamente extendiéndose y ocupa ya casi la misma superficie que la primera (figura 46). La influencia de este proceso en la calidad del aire urbano es enorme ya que tiene importantes implicaciones para la intensificación de ciertas fuerzas motrices como el transporte y la energía y en general para potenciar los procesos de contaminación atmosférica.

Figura 46. Porcentaje de incremento de superficie urbana discontinua según tipo de área urbana. 1987-2000

• Fuente: *Cambios de ocupación del suelo en España*. OSE, 2006
Nota: la línea horizontal corresponde a la media nacional.

A partir de los datos del proyecto Corine Land Cover se ha podido cuantificar la evolución de las zonas urbanas compactas y difusas en el periodo 1987-2000:

- En el año 2000, la superficie de tejido urbano continuo era de 340.882 hectáreas en el conjunto del el estado español (51,5% de la superficie urbana total), con un crecimiento del 4,1% respecto a 1987.
- La superficie de tejido urbano discontinuo en 2000 alcanzaba las 320.428 hectáreas (48,5%), habiendo experimentado un incremento del 26,4% a lo largo del periodo 1987-2000.
- Este crecimiento se ha producido en todos los tamaños de municipios, aunque ha sido más intenso en los de menos de 5.000 habitantes y en los de más de 20.000 habitantes, exceptuando las veinte mayores aglomeraciones urbanas.

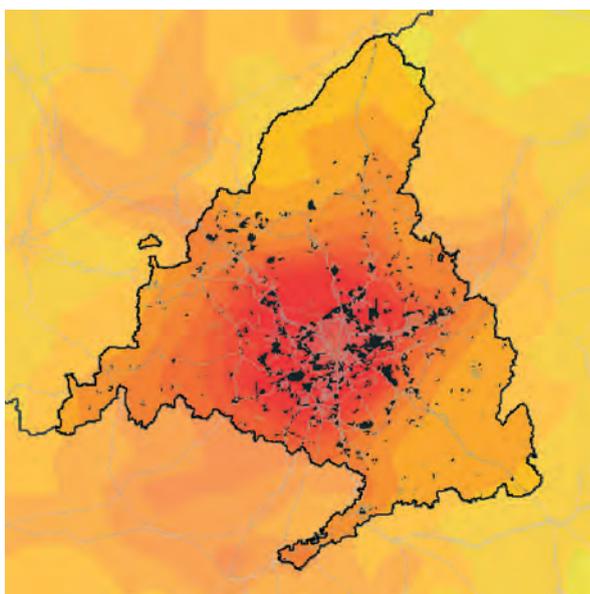
Este nuevo modelo de urbanización y uso del suelo, consistentes en grandes comunidades exclusivamente residenciales esparcidas en extensas áreas y en servicios comerciales concentrados en puntos específicos y alejados de aquellas, ocupan fragmentariamente espacios cada vez más distanciados, incrementan la longitud de los viajes y consumos de energía, liberan grandes cantidades de contaminantes, al tiempo que exigen nuevas aportaciones de recursos naturales, especialmente agua. En el caso concreto de la contaminación atmosférica, obligan a la población al uso intensivo del automóvil, en detrimento del transporte público que no es capaz de atender de forma eficaz a urbanizaciones con escasa densidad de población, con el consiguiente aumento de las emisiones asociadas al tráfico.

Dentro de este modelo de crecimiento urbano como *ciudad difusa*, **las emisiones de los automóviles y de los medios de transporte de personas y mercancías en general, constituyen la mayor fuente de contaminación atmosférica en la actualidad**, directamente por sus emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, plomo, partículas y compuestos orgánicos volátiles (sin olvidar los ruidos) e indirectamente por emitir los precursores (NOX y COV) del ozono.

El caso de Madrid

Los datos y mapas de Madrid, una de las comunidades donde más ha crecido el tejido urbano difuso y peor calidad del aire se ha registrado en los últimos años, tienen gran utilidad como estudio de caso, tal como se refleja en la figura 47, 48 y 49, para NO₂, O₃ y partículas respectivamente.

Figura 47. Concentraciones de NO₂ y aumento de superficie artificial en la Comunidad de Madrid.



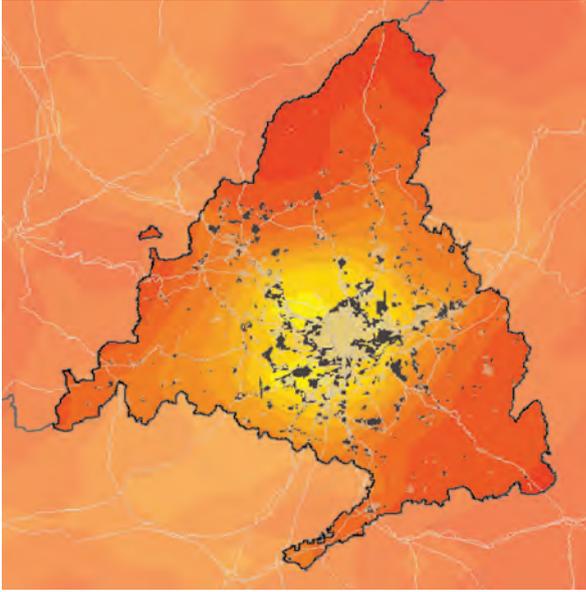
- De un total de 53.934,34 ha de incremento de área artificial (1987-2000), solamente 18,43% se encuentra en áreas con nivel de inmisión de NO₂ aceptables, limitados a 40 µg/m³ como media anual. Los restantes 81,57% se encuentra en situación de mala calidad del aire respecto a niveles de inmisión de NO₂.
- La distribución de la contaminación por NO₂ en la Comunidad Autónoma de Madrid se presenta de forma graduada disminuyendo a medida en que se aleja de la zona central, donde se concentra la ocupación urbana.

• Fuente: *Elaboración propia desde datos del Proyecto Corine Land Cover para España – Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional (Incremento de Zonas Artificiales, 1987-2000); Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente. Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007. Infraestructura de Datos Espaciales de España (Vías de Comunicación, 2005).*

7. ¿CÓMO SE RELACIONA LA SOSTENIBILIDAD URBANA?

Los valores del gráfico y la distribución espacial de las zonas artificiales sobre los distintos niveles de NO_2 muestran que éstos no son considerados como limitantes frente a la expansión de las áreas artificiales sobre el territorio y sobre todo que no se tiene en cuenta los niveles de contaminación a la hora de planificar los nuevos desarrollos urbanísticos.

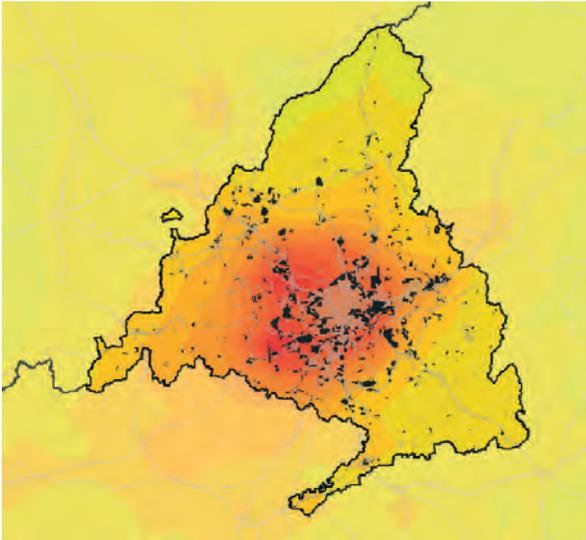
Figura 48. Concentraciones de ozono y aumento de superficie artificial en la Comunidad de Madrid



- Contradiendo el pensamiento tradicional de que los peores niveles de calidad del aire se encuentran sobre los núcleos urbanos, y decrecen a medida que uno se aleja del centro, se nota que los mayores niveles de inmisión de Ozono se encuentran en la periferia de las zonas urbanizadas.
- Las nuevas zonas urbanas más intensas en transporte contribuirán a potenciar nuevas áreas afectadas por el ozono.

• Fuente: *Elaboración propia desde datos del Proyecto Corine Land Cover para España – Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional (Incremento de Zonas Artificiales, 1987-2000); Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente. Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007. Infraestructura de Datos Espaciales de España (Vías de Comunicación, 2005).*

Figura 49. Concentraciones de partículas y aumento de superficie artificial en la Comunidad de Madrid



- Los niveles más altos de PM_{10} están al oeste del núcleo central, probablemente por el régimen meteorológico. El aumento más significativo de zonas artificiales se concentra en las áreas donde el rango de niveles de inmisión de PM_{10} está entre 60 y 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, es decir con muy elevadas concentraciones. En estas zonas de elevada contaminación se han producido incrementos de superficie artificial de unas 19 mil ha.

• Fuente: *Elaboración propia desde datos del Proyecto Corine Land Cover para España – Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional (Incremento de Zonas Artificiales, 1987-2000); Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente. Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007. Infraestructura de Datos Espaciales de España (Vías de Comunicación, 2005).*

Los mayores niveles de inmisión de Ozono se encuentran en la periferia de las zonas urbanas.

El crecimiento descontrolado de las ciudades provoca, también como resultado del metabolismo urbano un incremento de residuos cuya gestión y tratamiento es la causa de un aumento de emisiones, cuya mayor o menor magnitud dependerá de los sistemas de gestión que se apliquen.

Es importante destacar que la atmósfera al actuar como medio difusor provoca la dispersión de la contaminación del aire de las ciudades hacia el medio rural, convirtiendo la contaminación atmosférica en un problema también periurbano y rural.

El número de turistas por cada mil habitantes en España ha pasado de 384 en 1997 a 459 en 2005.

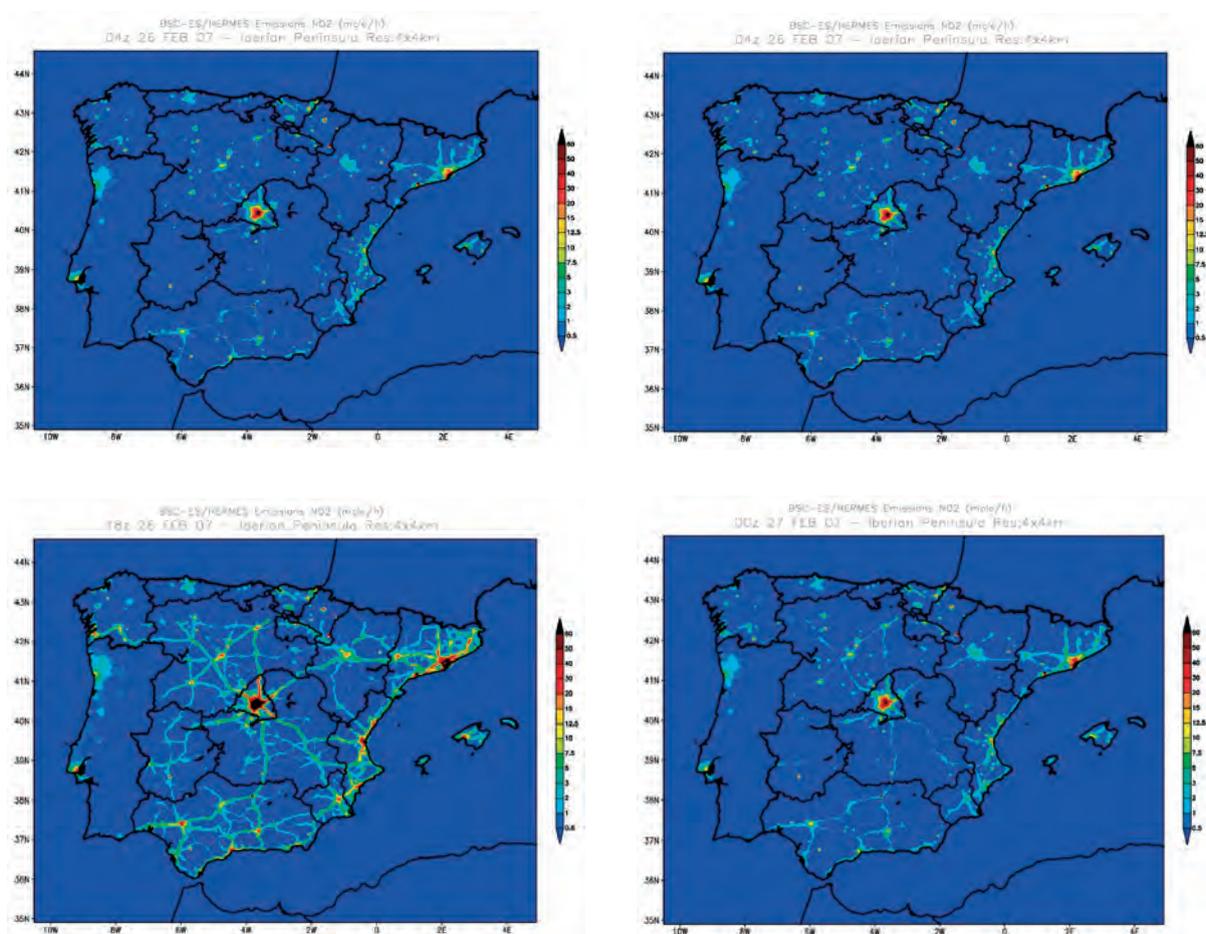
Movilidad urbana, modelos de transporte y calidad del aire

Los resultados de este informe también permiten detectar la relación existente entre el aumento del tejido urbano difuso y las emisiones de agentes contaminantes.

Se presentan los resultados del modelo Hermes, realizado por el Barcelona Super Computing Center-Centro Nacional de Supercomputación en el que se observan los patrones diarios de las emisiones de dióxido de nitrógeno. A modo de ejemplo se comprueba como las emisiones que están totalmente relacionadas con el tráfico diario que se incrementa a lo largo del día, tiene dos picos diarios y posteriormente vuelve a decrecer. Estas herramientas son muy útiles para poder realizar predicciones. Estos interesantes resultados se describen con mayor detalle en el capítulo 5 y la metodología en el capítulo 2.

La distribución de las emisiones de dióxido de nitrógeno (NO_2) a lo largo del día presenta variaciones notables, y se debe fundamentalmente a los medios de transporte. Como ejemplo, en la secuencia de mapas recogidos en la figura 50, se presenta la evolución de NO_2 obtenido mediante el Modelo Hermes para los días 26 y 27 de febrero de 2006, con dominio centrado en la Península Ibérica, y una resolución de 4km x 4km. Los horarios de representación son: 4h, 8h, 18h y 24h.

Figura 50. Estimación de las emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno (NO_2 , mol/h) en la Península Ibérica.



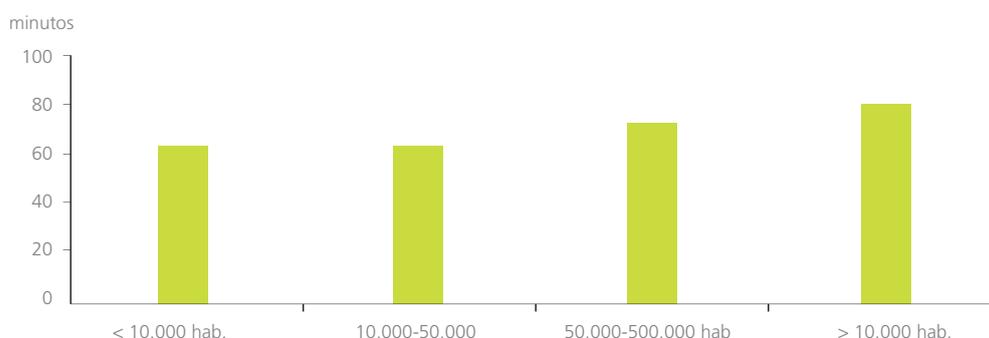
• Fuente: Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), 2007.

En estos mapas se muestran como en las áreas de mayor densidad de población (Madrid, Barcelona y Valencia), y coincidiendo con las horas punta, se alcanzan las mayores emisiones de NO₂, cuya fuente principal de emisión son los automóviles (sector transporte).

Transporte y calidad de vida

Casi dos tercios de la población realizan al menos un desplazamiento en un día laborable. El desplazamiento al lugar de trabajo es el principal motivo de movilidad, siendo, por tanto, las personas ocupadas y los estudiantes los que realizan un mayor número de desplazamientos. Estos desplazamientos, además, son más frecuentes a medida que aumenta el tamaño del municipio, especialmente en las áreas metropolitanas, como se puede apreciar en la figura 51.

Figura 51. Tiempo de desplazamiento por persona y día en función del tamaño de los municipios. Año 2003.



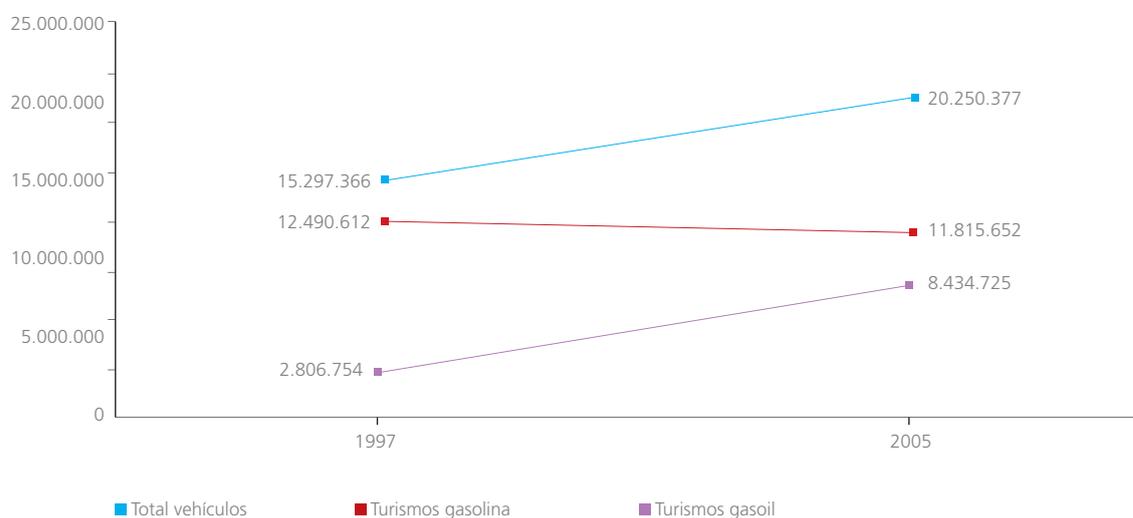
• Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM). Informe 2003.

El sistema de movilidad basado en el transporte privado tiene un gran impacto ambiental, que repercute especialmente en la calidad del aire urbano.

- El coche constituye el principal medio de transporte de los españoles, tanto por motivos laborales como por ocio. En día laborable, casi la mitad de los desplazamientos se realizan en coche, porcentaje que asciende al 56% cuando el motivo del desplazamiento es ir al lugar de trabajo o estudio. En fines de semana, la utilización del coche es aún mayor, ya que representa en torno al 60% de los desplazamientos.
- El parque automovilístico español a 31 de diciembre de 2005 constaba de 27,7 millones de vehículos, de los que 20,3 millones eran turismos (73,2% del total de vehículos). El número total de vehículos se ha incrementado durante el periodo 1997-2005 en más de 7,3 millones y el de turismos en 4,95 millones, lo que representa un crecimiento del 36,3% y 32,4%, respectivamente (Figura 52). Se observa el decremento de los turismos de gasolina y el fuerte aumento de los turismos diesel. Este crecimiento ha sido muy superior al experimentado por la población española, que durante el mismo periodo aumentó un 10,7%. Como consecuencia, el número de turismos por cada mil habitantes en España ha pasado de 384 en 1997 a 459 en 2005.

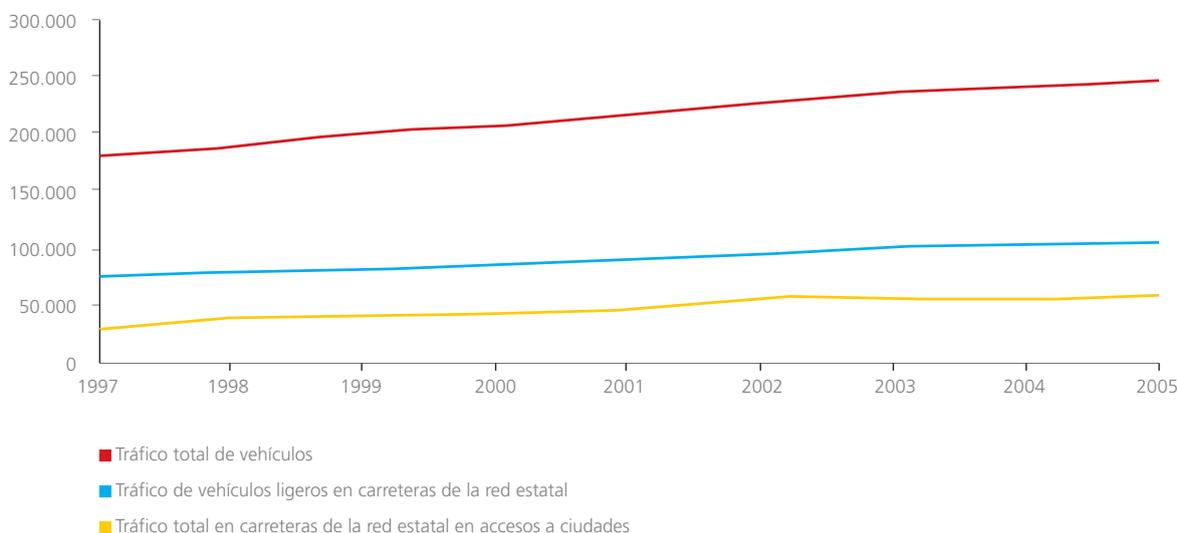
- Durante el periodo 1997-2005 el tráfico total de vehículos, expresado en vehículos-Km., se ha incrementado en un 36,5%, cifra que no considera el tráfico de la red de carreteras gestionadas por los Ayuntamientos. Considerando sólo el tráfico de vehículos ligeros en la red estatal, el crecimiento experimentado ha sido más elevado (39%). Se observa, sin embargo, un incremento muy importante en el tráfico correspondiente a los accesos a ciudades, que durante el mismo periodo, en la red estatal, ha aumentado un 90,5% (Figura 53).
- Se observa el importante aumento del número de vehículos tanto en el área metropolitana de Barcelona como en el área metropolitana de Madrid (Figura 54).

Figura 52. Evolución del número de turismos. 1997-2005.



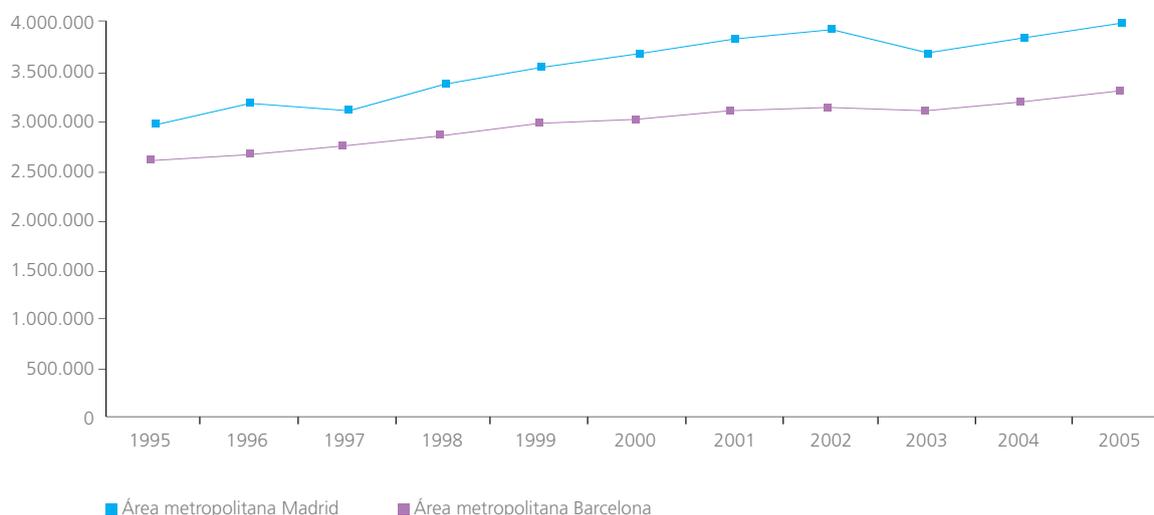
• Fuente: Dirección General de Tráfico.

Figura 53. Evolución del tráfico de vehículos. Millones de vehículos-km. 1997-2005.



• Fuente: Anuario Estadístico. Ministerio de Fomento.

Notas: No se incluye en el tráfico total la red de carreteras interurbanas gestionadas por los Ayuntamientos. La longitud de la Red de Carreteras del Estado era a 31/12/04 de 25.155 km. Desde 2002 se ha revisado la zona de acceso a ciudades, ampliándose su ámbito.

Figura 54. N° de turismos en las áreas metropolitanas de Barcelona y Madrid. Año 2005

• Fuente: *Elaboración propia a partir de datos del Instituto de Estadística de Madrid y el Instituto de Estadística de Cataluña.*

Un estudio reciente del Ministerio de Medio Ambiente, coordinado por el CSIC, ha diagnosticado que entre un 40% y un 60% de la contaminación debida a partículas en las ciudades españolas se debe al tráfico.

Adicionalmente a lo anterior, hay que tener en cuenta además otros factores importantes a la hora de valorar la incidencia del tráfico sobre la calidad del aire, como son los relacionados con las características del parque automovilístico, entre los que se pueden destacar:

- El crecimiento del **parque automovilístico**, consecuencia de los actuales patrones de consumo y de urbanismo y de la reducción de los precios reales de los desplazamientos en este medio de transporte.
- La **antigüedad de los vehículos**, ya que durante los últimos años se han incorporado mejoras tecnológicas que han reducido notablemente sus emisiones atmosféricas.
- El **tipo de carburante** utilizado, gasóleo o gasolina, debido a que los motores diesel, aunque más eficientes, son muy contaminantes en cuanto a partículas, especialmente finas y muy finas.
- El **aumento de la demanda de modelos de vehículos más potentes y de mayor cilindrada**; y el **incremento de la intensidad circulatoria**.

Además del crecimiento de los desplazamientos privados, es importante hacer notar el crecimiento del sector transporte en los últimos años. La fuerte ampliación del número de vías de gran capacidad junto con las necesidades de transporte que ha impuesto la deslocalización de la industria que se viene registrando desde finales de los años ochenta ha venido acompañada del crecimiento en número e importancia económica de las zonas logísticas y comerciales dentro del territorio nacional.

Las grandes ciudades son polo de atracción de grandes cantidades de mercancías transportadas por carretera. A los impactos en términos de contaminación y fragmentación del territorio de esta forma de transporte se suman a los que provocan los desplazamientos en vehículo privado desde las nuevas periferias difusas a los centros de trabajo y consumo.

Planificación, ecoeficiencia y modos de transporte más sostenibles.

Aún sabiendo que no existen modelos urbanos perfectos que puedan alterar radicalmente las tendencias mostradas anteriormente, si existen medidas que pueden paliar la actual insostenibilidad de las ciudades incidiendo sobre todo en el planeamiento urbano, el urbanismo y la ordenación del territorio de forma que se pueda favorecer la implantación de formas más sostenibles de transporte, consumo de energía y ocupación innecesaria de suelo, que redunden en una mejora directa de calidad del aire y por lo tanto de la calidad de vida de los ciudadanos.

- La planificación efectiva del transporte requiere una perspectiva de previsión a largo plazo de las necesidades de infraestructura y vehículos, de incentivos para promover un transporte público de gran calidad, el uso de la bicicleta o los desplazamientos a pie y de coordinación con los usos del suelo en los niveles administrativos adecuados.
- Esta planificación ha de realizarse en función de otras estrategias como la lucha frente al cambio climático dado que en coordinación con los planes de transporte urbano sostenible, supondrá el uso de vehículos de bajo índice de emisiones de CO₂ y de bajo consumo energético, contribuirá a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes que les acompañan a nivel local y los efectos negativos que para la salud estos conllevan.
- Estas políticas deberían ser sinérgicas con métodos sostenibles de planificación urbana y de construcción limitando las repercusiones negativas no solo de cara al interior de los edificios (eficiencia energética de los edificios), sino de cara al exterior dado que la limitación de la movilidad horizontal, reduciría las repercusiones negativas de la contaminación interior y exterior en la salud.
- Los principios de sostenibilidad asumen que la gestión urbana sostenible exigen una estrategia integrada de cierre de los ciclos de recursos naturales, energía y residuos además de la gestión urbana tradicional, basada en políticas de zonificación y de usos mixtos en las ciudades y planificación integrada de los transportes y usos del suelo.

Además de la planificación con un sentido integral, la ecoeficiencia de los procesos urbanos es un requisito básico para la calidad de vida y la sostenibilidad de las ciudades. Una aproximación a la sostenibilidad del desarrollo urbano atendiendo a la contaminación del aire de las ciudades se puede apreciar midiendo la ecoeficiencia de determinados procesos urbanos de acuerdo con el grado de disociación entre las fuerzas motrices socioeconómicas (población y crecimiento económico) y las presiones de la contaminación atmosférica (NO₂ y PM₁₀, por ejemplo). Ver anexo IV.

Lo deseable sería que ante variables relacionadas con el crecimiento de la población y de la actividad económica disminuyeran las emisiones de contaminantes atmosféricos de forma no sólo relativa, sino absoluta, para favorecer la dinámica socioeconómica de sistema urbano con una menor degradación del ambiente, especialmente el atmosférico, logrando una verdadera disociación entre las mejoras de la calidad de vida y la contaminación. Aunque las mediciones de ecoeficiencia en las ciudades no son sencillas por la falta de datos detallados, algunas estimaciones sobre las grandes ciudades vienen a indicar que las ganancias netas de ecoeficiencia urbana son modestas, por lo que a pesar de la mejora de la renta y el nivel económico, en la mayoría de los casos, los efectos de la contaminación siguen persistiendo.

Para que las ganancias de ecoeficiencia redunden en una mayor sostenibilidad urbana hay que contemplar los posibles efectos de "rebote" y de "volumen", que finalmente pueden contrarrestar los mejores rendimientos conseguidos. Por ejemplo, el aumento de la eficiencia en los procesos de combustión de los automóviles y la existencia de filtros o catalizadores para determinados gases no compensa el incremento del volumen del parque móvil, su potencia y baja densidad de uso. Por ello sigue habiendo importantes poblaciones expuestas a concentraciones de Ozono, NO₂ y partículas, como consecuencia de este aumento del tráfico urbano en las ciudades.

Todo esto motiva que se deba tener especialmente en cuenta la calidad del aire en los desarrollos de conurbaciones y ciudades actuales y en los nuevos desarrollos urbanísticos. Por ello, la disminución de las concentraciones de NO₂ y partículas en los núcleos urbanos españoles, especialmente los de mayor tamaño, y de ozono alrededor de las grandes ciudades, pasa ineludiblemente por la adopción de medidas relacionadas con la gestión del tráfico urbano, el desarrollo urbanístico y el fomento del transporte público.

Influencia de la industria en la calidad del aire

La industria sigue teniendo una responsabilidad importante en la mala calidad del aire en las ciudades.

Las industrias siguen siendo relevantes para la calidad del aire de las ciudades. La industria influye directamente en la calidad del aire en las ciudades españolas con la emisión fundamentalmente de CO, NO_x, COV, SO₂ y partículas. A lo que hay que sumar las emisiones de algunos servicios, verdaderas instalaciones industriales como los incineradores de lodos de depuradoras de aguas residuales, o de basuras urbanas que sino se controla bien la composición de las basuras y las emisiones pueden emitir además de los contaminantes propios de la combustión, furanos y dioxinas considerados muy tóxicos.

Además de los contaminantes básicos, la industria emite normalmente o en situaciones accidentales una serie de compuestos directamente relacionados con el tipo de producción como son plomo, cadmio, cromo y metales pesados en general, flúor y otros compuestos químicos específicos considerados muy tóxicos aun en pequeñas dosis (caso de los disruptores endocrinos). La emisión de estos compuestos incide de manera significativa en el grado de nocividad del aire que se respira en las ciudades ya que la inhalación de estos compuestos se ha relacionado con graves afecciones para la salud (afecciones cardíacas, hipertensión arterial, arteriosclerosis, anormalidades en los huesos y afecciones en los riñones, envejecimiento de los pulmones, pérdida de capacidad pulmonar, desarrollo asma, bronquitis, enfisema y posiblemente cáncer).

Más de dos millones de personas de pequeños y medianos municipios residen junto a focos industriales con emisiones altamente nocivas.

En España aún hay estaciones que registran superaciones de los niveles de SO₂ permitidos cercanos a focos industriales y energéticos muy importantes, mientras que en la mayor parte de la UE se han reducido. Además el SO₂ incrementa los niveles de partículas ya que se convierte en sulfato secundario con mucho peso en los niveles de PM₁₀ y PM_{2.5}. Mientras que los niveles de sulfato en PM₁₀, en la mayor parte de Europa, están por debajo de 2-3 µg/m³, en España hay zonas con niveles de 5-6 µg/m³ lo que demuestra que se sigue emitiendo SO₂, especialmente de origen industrial y de centrales térmicas.

A la hora de tratar la influencia de la industria en la calidad del aire en las ciudades es necesario tener en cuenta que la ubicación de ésta en el propio termino municipal no tiene porqué suponer un incremento en los niveles de inmisión urbanos dado que existen factores técnicos (altura de las chimeneas...) y naturales (vientos dominantes...) que inciden en la dispersión de las emisiones pudiéndose producir la inmisión y por lo tanto sus efectos nocivos en áreas lejos del núcleo urbano, a kilómetros de distancia., y viceversa, las ciudades pueden sufrir el impacto de industrias fuera del termino municipal.

Los efectos de las emisiones de la industria pueden afectar a municipios a cientos de kilómetros de distancia.

Otro factor determinante de la relevancia de las actividades industriales en la calidad de aire de la ciudad o su entorno es la tipología del entorno urbano, y muchas veces los efectos de la contaminación industrial resultan en general inversamente proporcionales al tamaño del entorno urbano.

A medida que el municipio es más grande, los efectos de la contaminación industrial pueden enmascarse dentro de los efectos de otros focos contaminantes de gran relevancia en las ciudades, como son las calefacciones y sobre todo el tráfico. De esta forma, podemos diferenciar tres tipos de áreas urbanas en función de la influencia de la industria en la calidad del aire, con distintas problemáticas asociadas:

Grandes Áreas Urbanas: área urbana que engloba una ciudad central con al menos 50.000 habitantes y una serie de ciudades adyacentes situadas alrededor con una población total del área igual o superior a 200.000 habitantes. En estas grandes áreas urbanas como son los casos Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao y Sevilla, aún existiendo influencia de la producción industrial en la calidad del aire (fundamentalmente en aquellos contaminantes típicamente industriales), cada vez resulta mucho más significativo el efecto que tienen las emisiones domésticas y del transporte en su conjunto.

Grandes Ciudades de tradición Industrial: ciudades de más de 100.000 habitantes que históricamente han tenido un desarrollo económico fundamentado en la producción industrial. En las grandes ciudades de tradición industrial, como son Cartagena, Elche, Algeciras, Gijón, Sabadell, Tarrasa y capitales de provincia como Tarragona y Huelva, entre otros, existe todavía una clara influencia de la industria que se suma a la de otras fuentes de contaminación atmosférica como es el sector residencial y el tráfico. En estas ciudades en la actualidad, no se puede identificar únicamente los episodios de baja calidad del aire con la actividad industrial sino que se debe considerar que es producto de una mezcla de varias fuentes.

Pequeñas y medianas ciudades altamente industrializadas: municipios de más de 10.000 habitantes (excluidas todas las capitales de provincia y municipios pertenecientes a aglomeraciones metropolitanas cuya vitalidad industrial responde a impulsos provenientes de la ciudad central) cuya proporción de ocupados en la industria en 2006 (según datos de Caja España) supera las 2.798 personas y con actividades registradas en el EPER en relación con emisiones atmosféricas. Las medianas y pequeñas ciudades es donde mejor se puede ver la influencia de la producción industrial en la calidad del aire de su entorno, si bien únicamente se podrá hablar desde el punto de vista de las emisiones, dado que las inmisiones, tal como aludimos anteriormente, precisaría de un estudio "in situ" que conllevaría el diseño de una red de estaciones de medida, toma de muestras y posterior análisis de las mismas a fin de determinar la calidad del aire en el término municipal.

...además de un importante efecto global por su relación con el cambio climático...

8. ¿Qué relación existe entre las emisiones de gases de efecto invernadero y la calidad del aire?

Las ciudades son uno de los principales emisores de los principales gases de efecto invernadero (GEI), fundamentalmente CO₂, N₂O y Metano, además de ser, como se analiza en el informe, las que emiten otros gases contaminantes (además del N₂O y del metano) que afectan a la salud de las personas. Muchos contaminantes atmosféricos urbanos y gases de efecto invernadero (GEI), proceden de fuentes comunes, de tal forma que sus emisiones interactúan en la atmósfera causando diversos impactos ambientales a escala local, regional y global.

Las políticas de cambio climático, al mitigar las emisiones de GEI reducen en general los contaminantes urbanos y sus impactos sobre la salud y los ecosistemas, permitiendo un uso más eficiente de los recursos a todas las escalas. Sus impactos de reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos se producen principalmente en los sectores doméstico, energético y del transporte, a través de la reducción de las emisiones de los GEI que son además contaminantes urbanos (N₂O-parte de los NO_x- y Metano en particular) y de otros asociados como el CO, NO₂, COVNM, SO₂ y PM. Aunque las emisiones del transporte todavía no están sujetas a cuotas y al comercio de las emisiones de GEI por la UE, sin embargo si hay beneficios complementarios derivados de políticas de cambio climático que necesariamente se están aplicando a este sector para reducción global de las emisiones de GEI comprometidas dentro del Protocolo de Kioto.

8. ¿QUÉ RELACIÓN EXISTE ENTRE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LA CALIDAD DEL AIRE?

Actualmente, las políticas de reducción de las emisiones de GEI y de las emisiones de contaminantes atmosféricos todavía no se han integrado de forma efectiva. Por esta razón, la AEMA publicó en 2006 un informe titulado *Air quality and ancillary benefits of climate change policies* (Calidad del Aire y Beneficios Complementarios de las Políticas de Cambio Climático), con los siguientes resultados:

- Los objetivos de mejora de la calidad del aire de la UE se conseguirán con un menor coste optimizando la reducción de las emisiones de los contaminantes atmosféricos asociada a las políticas de mitigación de cambio climático, con ahorros de orden de 10 mil millones de euros al año. La reducción de costes para NOx, SO₂ y PM se estima en un 20%, un 12% y un 14% en 2020 y en un 35%, 25% y 25% en 2030.
- Hay una reducción directa de las emisiones de contaminantes atmosféricos asociada a las políticas de cambio climático, dando lugar a una disminución asociada directa del daño a la salud pública y a los ecosistemas. Los beneficios adicionales para la salud de la reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos supondrán más de 20.000 muertes prematuras menos al año debidas a la exposición al ozono y a las partículas, cuyo coste puede estimarse entre los 16 y los 46 mil millones de euros al año en la UE-25.

En el informe de la AEMA sobre los beneficios complementarios de las políticas de cambio climático sobre la calidad del aire se analizan tres escenarios para 2030 (Tabla 7):

- *Escenario de Referencia* de la AEMA, desarrollado por la Comisión Europea en el contexto del programa CAFÉ, pero extendido tanto en el tiempo (hasta 2030), como en la cobertura geográfica.
- *Escenario de Acción Climática* de la AEMA: este escenario es consistente con el objetivo a largo plazo de la UE de limitar el cambio de temperatura global a 2°C por encima de los niveles preindustriales, asumiendo la legislación existente sobre contaminación atmosférica.
- *Escenario de Acción Climática con Máxima Reducción Viable (MRF)*: es el escenario de Acción Climática e incluye además las máximas reducciones viables que se asumen para los contaminantes atmosféricos.

En el informe también se presenta la Estrategia Aire, que es idéntica a la Estrategia Temática sobre contaminación del aire y sus implicaciones para la calidad del aire y los impactos para 2020, adoptada por la Comisión Europea en 2005.

Los resultados obtenidos para los diferentes escenarios en cuanto a reducción de costes y de impactos sobre la salud y los ecosistemas se muestran en la tabla 7.

■ **Tabla 7. Resumen de los efectos de la contaminación del aire bajo los escenarios de la AEMA.**

EU-25	Escenario	Cambios en los costes en relación al Escenario de Referencia	Salud Humana			Ecosistemas	
Año		Miles de millones de euros al año	Años de vida perdidos por PM _{2.5} (millones)	Muertes prematuras por PM _{2.5} y ozono (miles)	Daños a la salud cuantificados (miles de millones de euros)	Bosques con adifricación (miles de km ²)	Ecosistemas eutrofizados (miles km ²)
2000	2000	No aplicable	3,62	370	280-790	243	733
2030	AEMA De referencia	No aplicable	2,64	311	210-650	128	637
	AEMA Acción Climática	-10 ²	2,45	288	190-600	109	606
	AEMA Acción Climática RMF	1,91	1,66	200	130-420	31	150

• Fuente: *Air quality and ancillary benefits of climate change policies*. EEA Technical report 4/2006.

8. ¿QUÉ RELACIÓN EXISTE ENTRE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LA CALIDAD DEL AIRE?

A pesar de los beneficios complementarios de las políticas contra el cambio climático, está claro que aún serán necesarios esfuerzos mucho mayores en forma de medidas adicionales de reducción de la contaminación del aire para acercarse a los objetivos a largo plazo de la UE. Para reducir los impactos sobre la salud por debajo de esa cifra, serán necesarias reducciones en las emisiones de otras fuentes, especialmente el transporte.

...que requiere una aproximación radicalmente nueva que integre a autoridades, empresas y ciudadanos...

9. ¿Con qué mecanismos contamos para actuar y mejorar la situación?

El análisis de la calidad del aire en ciudades españolas considerando los Instrumentos aplicados para su mejora, demuestra que a pesar de los esfuerzos realizados para reducir los niveles de contaminación atmosférica, todavía siguen existiendo niveles elevados de contaminación y con alto riesgo para la salud de la población, tanto por la exposición de gran parte de la población a niveles relativamente altos, como por los niveles muy elevados registrados en un número importante de nuestras ciudades.

Es notoria la falta de alertas a la población cuando se superan los valores permitidos o se está muy cerca de los valores considerados seguros. Asimismo, se hecha en falta un sistema de comunicación fácilmente comprensible de los valores de la contaminación para que los habitantes conozcan la calidad del aire que respiran y los efectos que puede tener sobre su salud, así como las medidas que han de adoptar para protegerse en estas situaciones. En este sentido, son relevantes las actuaciones previstas por el nuevo proyecto de Ley a tomar por parte de las administraciones respecto a la calidad del aire en España.

Se han revisado las actuaciones realizadas por los diferentes Ministerios y Consejerías y relacionadas con la mejora de la calidad del aire, tales como los planes de saneamiento atmosférico, estrategias adoptadas, realización de índices sintéticos de contaminación, etc., y aunque existen iniciativas muy interesantes puestas en marcha no se puede concluir que el tema está totalmente encauzado en ninguna zona concreta, ni se puede proponer una zona como ejemplar en el control y en la alerta a la población respecto a la contaminación atmosférica en España y que aborde eficazmente:

- La sostenibilidad del transporte: con planes de movilidad urbana sostenibles, control de los límites de emisión contaminantes por los vehículos, u otros instrumentos como la mejora de combustibles, el uso de bicicleta, existencia de carriles bici, etc.
- Uso sostenible de la energía en las ciudades.
- Planificación urbanística sostenible.
- Planes de ubicación o reubicación de empresas contaminantes en el entorno de las ciudades o con tecnologías obsoletas o de optimización de las mismas.

Queda mucho por hacer, por ejemplo en:

- 1 Reducción de las emisiones de tráfico y de industrias mediante soluciones tecnológicas (Utilización de combustibles limpios y tecnológicas de depuración de contaminantes en emisiones de vehículos tanto en tráfico urbano y flotas cautivas) y utilización de filtros y mejores tecnologías en industrias.

9. ¿CON QUÉ MECANISMOS CONTAMOS PARA ACTUAR Y MEJORAR LA SITUACIÓN?

- 2 Reducción de emisiones de tráfico mediante soluciones no tecnológicas:
 - a. mejora del transporte público
 - b. concienciación de la población en el uso del transporte público
 - c. planificación urbanística que contemple criterios de sostenibilidad
 - d. fiscalidad e incentivos. Gestión de la demanda
- 3 Movilidad sostenible: optimización de la accesibilidad del flujo del tráfico y reducción de la congestión de las ciudades
- 4 Deslocalización y modernización de procesos de sectores industriales, en áreas urbanas: Algeciras, Tarragona, Huelva, Pontevedra, Cartagena, Zaragoza, Buñol,...
- 5 Estudios epidemiológicos detallados y mayor implementación de la herramienta de evaluación de impacto en la salud (EIS)
- 6 Mejores datos de inmisión y de diseño de redes
- 7 Alertas a la población y sistemas sencillos de comunicación de la contaminación a la población
- 8 Mejores modelos de predicción de la contaminación atmosférica
- 9 Evaluación económica detallada de los efectos de la contaminación atmosférica
- 10 Información comprensible, con carácter inmediato y en un medio accesible a todos los ciudadanos sobre los riesgos que supone para su salud la exposición continuada a los distintos contaminantes del aire, así como los que suponen la exposición puntual a niveles superiores a los fijados para la seguridad de la salud pública.
- 11 Reforzar Acciones contra el cambio climático en ciudades que beneficien a la calidad del aire urbano.

Perspectivas futuras sobre la calidad del aire y sostenibilidad urbana

Las perspectivas futuras de la calidad del aire en España dependerán esencialmente de la aplicación decidida del marco legal en vigor y del desarrollo efectivo de las estrategias de la Unión Europea (medio urbano, contaminación atmosférica y medio ambiente y salud). Pero también hay que insistir en las mayores exigencias de las nuevas directivas y los cambios en planificación urbana y el compromiso responsable de los ciudadanos.

Aplicación de normativa e investigación

El nuevo proyecto de ley de calidad del aire pretende aplicar en España las nuevas reducciones en los niveles de concentración de contaminantes que aprobó en 2006 la Unión Europea.

Hay que insistir en la necesidad de que la legislación en materia de calidad del aire y protección atmosférica impulse desarrollos reglamentarios flexibles para avanzar hacia estilos de vida sanos en el marco de un desarrollo sostenible aplicando principios de acción preventiva, cautela, de corrección de la contaminación en la fuente y de internalización de costes externos aplicando el principio "quien contamina paga".

En línea similar, hay que atender a la naturaleza compleja del impacto atmosférico y entender las distintas interrelaciones de las fuentes contaminantes y los efectos sobre la salud, los ecosistemas, los materiales y el patrimonio, articulando una amplia gama de instrumentos, tanto de tipo normativo, para limitar y controlar las emisiones, como otros de tipo transversal, como los que van destinados a mejorar los sistemas de evaluación, formación e información pública, destacando, sobre todo, aquellos que van destinados a favorecer la investigación y la innovación para proteger el medio atmosférico y mejorar la calidad de vida y la sostenibilidad urbana.

Es necesario un aumento de la investigación en calidad del aire y salud de la población, y de la difusión de estos resultados para que cristalicen en un sistema de alertas a la población y un cambio en las condiciones de vida que incidan en la mejora de la calidad de vida de la población.

La **investigación** priorizando especialmente a las siguientes áreas:

- 1 Realización de estudios para determinar el origen y la contribución de las distintas fuentes de emisiones a los niveles de inmisión contaminantes en el medio ambiente para apoyo de decisiones en la toma de decisiones en calidad del aire en cada núcleo urbano.
- 2 Diseño de modelos de exposición de la población y de diferentes grupos vulnerables.
- 3 Fomentar el uso de sistemas avanzados de control de impacto en tiempo-real y modo predictivo para evitar o mitigar los episodios de contaminación. Esto es especialmente útil para fuentes industriales.
- 4 Informes de seguimiento para valorar adecuadamente los posibles efectos a largo plazo y la consideración de la exposición individual a la contaminación atmosférica (patrones de tiempo actividad y concentraciones en distintos ambientes).
- 5 Investigar la importancia de las características de los distintos contaminantes respecto a sus efectos en salud. Tratar de vincular a fuentes específicas el impacto de la contaminación atmosférica sobre grupos específicos: ancianos, niños, mujeres embarazadas....
- 6 Investigar la exposición a la contaminación atmosférica en interiores

Todo ello es fundamental para orientar la toma de decisiones en la mejora de la calidad del aire, y como consecuencia en la salud pública y clínica.

La prevención es necesaria frente a un riesgo conocido como la contaminación atmosférica. Varios estudios han mostrado los beneficios en la salud pública como resultado de intervenciones para reducir las concentraciones de la contaminación atmosférica. El control de los contaminantes mediante la puesta en marcha de medidas que redujeran los niveles de contaminación tendría efectos beneficiosos sobre la salud de la población española. Los beneficios para la salud más importantes se obtendrían con reducciones sostenidas y continuas en los niveles de contaminación y de exposición.

Aunque la legislación determina niveles cada vez más restrictivos respecto a los valores límite permitidos de cada contaminante, es posible que la nueva Directiva Europea de Calidad del Aire sea revisada con la óptica de proteger la salud de la población europea, estableciendo niveles más bajos que los propuestos. También urge la mejora de la legislación nacional, especialmente en el control de emisiones, así como en la ejecución de los planes o estrategias ya aprobadas (Madrid, Bailén y Cataluña) y que se aprueben planes o estrategias similares en otras zonas donde se superan o se mantienen en el tiempo valores cercanos a los valores límite legislados.

Planificación integrada y corresponsable

La gestión de la calidad del aire debe ser integrada en otras políticas ambientales, de salud y sectoriales: como urbanismo y gestión del territorio, energía, transporte, agricultura y fondos estructurales, en aras de favorecer la prevención en origen.

Por ello hay que atender especialmente a los elementos de planificación y de participación corresponsable con un enfoque integrado, integrador y cooperativo. La integración del fenómeno de la contaminación y calidad del aire en las planificaciones de las políticas sectoriales y, en especial, en la planificación urbana y la ordenación del territorio, son fundamentales para la conservación del ambiente atmosférico y un desarrollo urbano sostenible. La prevención y control de la contaminación atmosférica incumbe tanto a las

9. ¿CON QUÉ MECANISMOS CONTAMOS PARA ACTUAR Y MEJORAR LA SITUACIÓN?

administraciones responsables como a la sociedad en su conjunto para preservar un recurso vital como es la calidad del aire.

Si la contaminación atmosférica no respeta fronteras, más allá de las actuaciones municipales hay que potenciar la máxima cooperación interadministrativa en aras de la eficacia, la eficiencia y la responsabilidad compartida. Por encima de los planteamientos concretos sobre la contaminación y la calidad del aire, hay que atender a fenómenos transfronterizos, y otros de carácter global como el agotamiento de la capa de ozono y el cambio climático.

Además, con esa perspectiva de “integralidad” una planificación desde la perspectiva de la sostenibilidad debe orientarse con una visión global.

Por una parte, baste recordar la necesidad de encontrar planteamientos de refuerzo de sinergias y coherencia con otras políticas ambientales. Un buen ejemplo a tener en cuenta es la coordinación con las acciones derivadas de la Directiva de Control Integrado de la Contaminación (IPPC), así como otras medidas enmarcadas en las estrategias de lucha contra el cambio climático para la reducción de emisiones. Sobre este último aspecto, es imprescindible aprovechar los beneficios potenciales de las políticas de mitigación en línea con el protocolo de Kioto, sabiendo que muchos contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero (GEI), proceden de fuentes de emisión comunes, de tal forma que sus emisiones se pueden reducir simultáneamente y minorar sinérgicamente diversos impactos ambientales a escala local, regional y global, consiguiendo un uso más eficiente de los recursos a todas las escalas. Determinados sectores como el de energía, agricultura y transporte tienen una especial incidencia y responsabilidad en este aspecto.

Las acciones en el sector de la energía son fundamentales para reducir las emisiones contaminantes de manera significativa (mediante energías renovables, mayor eficiencia energética de los edificios y mayor control en pequeñas instalaciones de combustión y calefacción). En el sector de la agricultura, por su parte, existe un importante potencial para disminuir su presión contaminante a base de fomentar medidas orientadas a reducir la utilización de nitrógeno en la alimentación animal y los abonos, pero, incluso, en el ámbito del desarrollo rural se prevén posibilidades adicionales de reducir las emisiones de amoníaco de origen agrícola, especialmente mediante la modernización de las explotaciones y la aplicación de las medidas agroambientales.

... y que se traduzca en actuaciones concretas.

10. Medidas preventivas y vigilancia.

Es absolutamente necesaria la integración y coordinación de los diferentes ámbitos temáticos (calidad del aire, salud pública...) y administrativos (gobierno central, autonomías, ayuntamientos) para el establecimiento de un Sistema de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica y sus posibles efectos sobre la salud.

En particular, es evidente una mayor integración de las políticas de medio ambiente y salud, incorporando mecanismos integrados de intervención, desde la reducción de contaminantes hasta medidas preventivas y campañas de cambio de comportamiento desarrollando una cooperación estrecha de todas las partes interesadas (autoridades nacionales, locales y regionales, a la población en general, a la industria, al sector docente y a las organizaciones internacionales y no gubernamentales).

La vigilancia y control de la contaminación atmosférica es fundamental para la mejora de la calidad del aire y, por tanto, de la salud de la población. También establecer (y aplicar) criterios comunes para la orientación de las Redes orientadas a la evaluación de la calidad del aire que respiran las poblaciones.

La vigilancia de los riesgos para la salud relacionados con la contaminación atmosférica se debe incorporar a las actividades de vigilancia en salud pública. Dicha vigilancia se puede mejorar mediante la utilización e integración de sistemas de información geográfica, modelos de emisión-inmisión, y sistemas de información sanitaria, así como su análisis, interpretación y disseminación para la aplicación en la prevención de los efectos de la contaminación atmosférica.

Aunque existen todavía deficiencias en el conocimiento de la exposición de la población, se comprueba sistemáticamente que, en general, los ayuntamientos y las autoridades sanitarias no velan adecuadamente por la salud de la población relacionada con la calidad del aire por lo que no se está en disposición de tomar medidas con la suficiente celeridad en episodios de elevada contaminación.

Se suelen clasificar las medidas a tomar en dos tipos de soluciones, las tecnológicas y las no tecnológicas:

A. Soluciones tecnológicas

Las políticas dirigidas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero también reducen los contaminantes responsables de la mala calidad de aire en las ciudades y viceversa.

- Modificación de procesos de producción y fomento de la aplicación de las mejores tecnologías disponibles para la prevención de la contaminación.
- Potenciar la aplicación de tecnologías específicas para vehículos como EGR (recirculación de gases de emisión), catalizadores oxidantes, catalizadores de reducción selectiva y filtros trampa para las partículas.
- Potenciar el uso de bio-combustibles para reducir niveles de emisiones.
- Potenciar el cambio en los sistemas de calefacción de edificios utilizando energías renovables y en general tecnologías y combustibles limpios.
- Promover tecnologías con menores emisiones de NOx y SOx en los focos industriales próximos a las ciudades.

B. Soluciones no tecnológicas

El diseño de las ciudades y la planificación del territorio son claves para controlar la contaminación atmosférica y para favorecer un desarrollo sostenible. Entre las medidas que caben desarrollarse están las siguientes:

- Las actividades contaminantes industriales y energéticas que pueden afectar directamente a la salud de las personas deberían alejarse de los núcleos más poblados.
- Se debe incentivar la accesibilidad y movilidad sostenible de la población. Ello implica una mejora sustancial en la distribución y localización de los servicios, del transporte público y del fomento real de los métodos de transporte más eficientes y saludables: andar e ir en bicicleta. La planificación y las inversiones en este punto son fundamentales, orientando las metas en accesibilidad y movilidad para conseguir que los desplazamientos integrando transporte público, en bicicleta o a pie sean más rápidos, cómodos, económicos y saludables que mediante vehículos privados a motor.
- Promover estilos de vida más saludables (potenciando trayectos a pie o en bicicleta) en combinación con la utilización del transporte público y de espacios abiertos. Racionalizar el uso de vehículos a motor y cambiar hábitos de movilidad:
- Desarrollar estrategias de movilidad sostenible en áreas urbanas, esto a su vez supone mejorar el transporte público (calidad, frecuencia, precios competitivos, usos de tecnologías limpias).
- Actuar sobre la planificación del tráfico e introducir criterios más sostenibles en los planes de edificación: incremento de zonas peatonales, restricción del tráfico, reduc-

Es clave el desarrollar un ambicioso sistema preventivo de alertas, tanto por los grandes medios de comunicación como por el teléfono móvil con el fin de reducir la exposición de la población a los contaminantes en los días de mayores niveles de contaminación.

ción de la velocidad, etc. La restricción de circulación de camiones en las ciudades ha tenido una repercusión positiva.

- Utilizar las inspecciones técnicas de los vehículos como una herramienta más para detectar el nivel de emisiones de los vehículos, por ser los causantes del 50% de las emisiones.
- Restringir el uso del coche en el centro de la Ciudad.
- Potenciar el uso de las energías renovables en la ciudad Incrementar zonas verdes en las ciudades
- Promover la información pública, sobre todo cuando se tengan que dar alertas públicas, respondiendo además a una exigencia de la población, de los datos de calidad del aire y de emisión, a través de los medios de comunicación más accesibles al total de la población española (y que sigue sin ser Internet, especialmente entre las personas mayores que además es un grupo vulnerable).
- Penalizar con mayor dureza las fuentes contaminantes e incentivar las que generan una mejora en la calidad del aire (por ejemplo, incremento de las zonas verdes).
- Generar políticas transversales, intra-intersectoriales y sobre todo coherentes capaces de fomentar la cooperación y la participación de los distintos agentes implicados.

Utilización de sistemas de alerta, información y educación a la población

Es imprescindible un sistema de alertas a través de teléfonos móviles u otros sistemas que lleguen a toda la población de una forma efectiva.

Mientras se adopten estas necesarias soluciones que ya se están desarrollando en otras ciudades y en otros países de nuestro entorno se deberá producir información preventiva y de transmisión de alertas a la población con suficiente antelación para que se disminuya la exposición de la población muy especialmente en momentos de elevada contaminación atmosférica.

Estos sistemas se utilizan en varias partes del mundo como en California, Santiago de Chile, etc. Y se ha desarrollado experimentalmente en España y puesto en funcionamiento durante algunos meses.

Existen páginas web que actualmente proporcionan esta información pero no está difundida a la gran mayoría de la población.

En resumen, existen importantes porcentajes de población urbana española sometida a elevados niveles de contaminación, esto supone importantes costes sociales, ambientales y económicos además de importantes costes para la salud. Las administraciones públicas todavía no han adoptado los medios que están a su alcance para disminuir estas afectaciones.

Glosario

Aire ambiente: el aire exterior de la troposfera, excluidos los ambientes de trabajo.

Contaminante: toda sustancia presente en el aire ambiente que pueda tener efectos nocivos para la salud humana o el medio ambiente en su conjunto.

Contaminantes primarios: procedentes directamente de fuentes de emisión fijas o móviles, que se pueden encontrar con la misma forma química en los focos emisores (por ejemplo: SO₂, H₂S, NO, NH₃, CO, CO₂, HCl, HF, etc.).

Contaminantes secundarios: originados en la misma atmósfera, como consecuencia de transformaciones de contaminantes primarios; es decir, no se pueden encontrar con la misma forma química en los focos emisores (por ejemplo: O₃, SO₃, H₂SO₄, NO₂, HNO₃, etc.).

Nivel: concentración de un contaminante en el aire ambiente o su depósito en superficies en un tiempo determinado.

Evaluación: todo método utilizado para medir, calcular, predecir o estimar los niveles.

Valor límite: nivel fijado sobre la base de conocimientos científicos con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente, que debe alcanzarse en un periodo determinado y, una vez alcanzado, no superarse.

Valor de objetivo: valor fijado con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente en su conjunto, que debe alcanzarse, en la medida de lo posible, en un periodo determinado.

Margen de tolerancia: porcentaje del valor límite en que puede rebasarse ese valor en las condiciones establecidas por la presente Directiva.

Nivel crítico: nivel fijado sobre la base de conocimientos científicos, por encima del cual pueden producirse efectos nocivos para receptores como plantas, árboles o ecosistemas naturales pero no para el hombre.

Umbral de alerta: nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana y que requiere la adopción de medidas inmediatas por parte de los Estados miembros.

Umbral de información: nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud de los sectores especialmente vulnerables de la población y que requiere el suministro de información inmediata y apropiada.

Umbral superior de evaluación: nivel por debajo del cual puede utilizarse una combinación de mediciones y técnicas de modelización para evaluar la calidad del aire ambiente.

Umbral inferior de evaluación: nivel por debajo del cual bastan las técnicas de modelización o de estimación objetiva para evaluar la calidad del aire ambiente.

Objetivo a largo plazo: nivel que debe alcanzarse a largo plazo, excepto cuando no pueda conseguirse mediante medidas proporcionadas, con el objetivo de proteger eficazmente la salud humana y el medio ambiente.

Zona: parte del territorio de un Estado miembro delimitada por éste a efectos de evaluación y gestión de la calidad del aire.

Aglomeración: conurbación de población superior a 250.000 habitantes o, cuando sea de población igual o inferior a 250.000 habitantes, con una densidad de población por km² que habrán de determinar los Estados miembros;

PM₁₀: partículas que pasan a través del cabezal de muestreo definido en la norma EN 12341, con un rendimiento de separación del 50% para un diámetro aerodinámico de 10 µm.

PM_{2.5}: partículas que pasan a través del cabezal de muestreo definido en la norma EN 14907, con un rendimiento de separación del 50% para un diámetro aerodinámico de 2,5 µm.

Óxidos de nitrógeno (NOx): suma de la proporción de mezcla volumétrica (ppbv) de monóxido de nitrógeno (óxido nítrico) y dióxido de nitrógeno, expresada en unidades de concentración másica de dióxido de nitrógeno (µg/m³).

Dióxido de azufre (SO₂): gas incoloro no inflamable. Presenta un olor fuerte e irritante para altas concentraciones (más de 3 ppm). Su vida media en la atmósfera se estima en días, de modo que puede ser transportado hasta grandes distancias; es considerado uno de los principales responsables del fenómeno de la lluvia ácida.

Compuestos orgánicos volátiles (COV): compuestos orgánicos de fuentes antropogénicas y biogénicas, con excepción del metano, capaces de producir oxidantes fotoquímicos por reacción con los óxidos de nitrógeno bajo el efecto de la luz solar.

Ozono troposférico (O₃): se forma de manera totalmente natural durante las tormentas y a través de una compleja serie de reacciones químicas de los contaminantes primarios o precursores, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, sobre todo hidrocarburos no metánicos, en presencia de oxígeno atmosférico y luz solar.

Sustancias precursoras de ozono: sustancias que contribuyen a la formación de ozono en la baja atmósfera.

Emisión: es la descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de éstos, proveniente de una fuente fija o móvil.

Inmisión: transferencia de contaminantes de la atmósfera a un "receptor". Se entiende por inmisión la acción opuesta a la emisión. Aire inmisil es el aire respirable al nivel de la troposfera.

Modelos matemáticos de calidad del aire: son una herramienta complementaria a las observaciones de las redes de monitorización de la calidad del aire, ya que conjugan la calidad de las mediciones con la cobertura y resolución espacial de los resultados de los modelos. Las directivas europeas y la legislación nacional ahondan en este aspecto delimitando la aplicabilidad y requerimientos de exactitud de los modelos.

Tiempos de Exposición: Duración en el tiempo en que la población se encuentra sometida a la contaminación atmosférica.

A corto plazo: supone entre uno y dos días estar expuesto a niveles de contaminación considerados nocivos para la salud.

A medio plazo: exposición hasta 40 días.

A largo plazo: tiempos de exposición superior a 40 días.

Exposición Crónica: exposición prolongada en el tiempo, que puede ser hasta 40 días o incluso superior.

Exposición Aguda: Exposición puntual a uno o varios contaminantes. Exposición a corto plazo.

Indicador medio de exposición: nivel medio, determinado a partir de las mediciones efectuadas en ubicaciones de fondo urbano de todo el territorio de un Estado miembro, que refleja la exposición de la población.

Objetivo de reducción de la exposición: porcentaje de reducción del indicador medio de exposición, establecido con el fin de reducir los efectos nocivos para la salud humana, que debe alcanzarse si es posible a lo largo de un periodo determinado.

Ubicaciones de fondo urbano: lugares situados en zonas urbanas cuyos niveles

Introducción



Introducción: Calidad del aire y sostenibilidad urbana

La calidad del aire no sólo constituye una prioridad de la política ambiental, dadas sus repercusiones sobre la salud humana y el medio ambiente, sino que también resulta un aspecto clave para la sostenibilidad urbana. En España, los procesos de industrialización y de urbanización de grandes áreas territoriales han ido deteriorando la calidad del aire, particularmente en los núcleos urbanos, lo que hace indispensable reforzar la capacidad de acción frente a la contaminación atmosférica.

La contaminación atmosférica es un problema local y transfronterizo, provocado por diversos contaminantes y con efectos perjudiciales para el medio ambiente y la calidad de vida de las personas. Según la Directiva 84/360/CEE, de 28 de junio de 1984, la contaminación atmosférica se define como: *“La introducción en la atmósfera, directa o indirectamente, por el hombre, de sustancias o de energía que tengan una acción nociva de tal naturaleza que ponga en peligro la salud del hombre, que cause daños a los recursos biológicos y a los ecosistemas, que deteriore los bienes materiales y que dañe o perjudique las actividades recreativas y otras utilidades legítimas del medio ambiente”*.

Desde los años setenta se han articulado un amplio repertorio de políticas e instrumentos legales a nivel nacional, europeo e internacional, todos ellos tendentes a hacer compatibles el desarrollo económico y social con la preservación del medio atmosférico. En nuestro país cabe destacar la Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico, con un extenso desarrollo reglamentario y que ha servido como norma básica durante más de 30 años para dar respuesta legal a los problemas derivados de la contaminación del aire, fijando objetivos de calidad o de limitación de emisiones y de reducción de la contaminación por fuentes fijas y móviles, mejorando la calidad de los combustibles desde el punto de vista ambiental y abordando otros problemas como la lluvia ácida o el ozono troposférico. En las últimas décadas se ha avanzado sustancialmente en aspectos relacionados con el cambio climático y la capa de ozono, así como en la integración de la protección atmosférica en otras políticas sectoriales como la energética o el transporte.

Las políticas y medidas legales en materia de calidad del aire, tanto en España como en la Unión Europea, no han

sido todo lo efectivas que cabría esperar, de tal forma que los niveles de contaminación actuales están provocando efectos adversos muy significativos para la salud humana y el medio ambiente. Las áreas más contaminadas son los núcleos urbanos y algunas zonas industriales. En los primeros, las emisiones del tráfico de vehículos son las principales responsables de la contaminación, aunque también debe tenerse en cuenta la contribución de la industria, que todavía sigue afectando a la calidad del aire urbano a pesar de que las empresas más contaminantes se han ido trasladando fuera de las ciudades.

Dada la importancia del fenómeno de la contaminación atmosférica, el Sexto Programa de Acción Comunitario en materia de Medio Ambiente abogaba por una estrategia temática sobre la contaminación atmosférica (COM (2005) 446) con el objetivo de alcanzar niveles de calidad del aire que no dan lugar a riesgos inaceptables para la salud de las personas y el medio ambiente. Ello tiene una especial trascendencia para la calidad de vida de la población urbana y la sostenibilidad de las ciudades.

Abundando en esta línea, asimismo, el Sexto Programa instaba a que se elaborara una estrategia temática para el medio ambiente urbano con el fin de *«contribuir a una mejor calidad de vida mediante un enfoque integrado centrado en las zonas urbanas»* y de hacer posible *«un alto nivel de calidad de vida y bienestar social para los ciudadanos proporcionando un medio ambiente en el que los niveles de contaminación no tengan efectos perjudiciales sobre la salud humana y el medio ambiente y fomentando un desarrollo urbano sostenible»*.

Además, las zonas urbanas desempeñan un papel fundamental en el cumplimiento de los objetivos de la *Estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible*, no solo porque albergan aproximadamente al 75% de la población europea, sino también porque en estas áreas es más patente el encuentro de las dimensiones ambiental, económica y social de la sostenibilidad. En las ciudades se concentran muchos problemas ambientales, pero también son el motor económico y el centro de operaciones de los negocios y la inversión, por lo que el estado del entorno urbano tiene una influencia directa sobre el rendimiento económico de las ciudades, además de las sabidas repercusiones sobre la salud y el bienestar de sus habitantes.

En suma, la mejora de la calidad del aire no puede realizarse sin que la dimensión urbana se contemple en su totalidad y complejidad a la hora de desarrollar los sistemas de gobernabilidad basados en el desarrollo de la legislación medioambiental y otros instrumentos. De esta forma, se deben favorecer enfoques más integrados y sostenibles del desarrollo y la gestión urbana fomentando la acción corresponsable de las administraciones locales y las restantes partes interesadas de la sociedad urbana para adoptar medidas que produzcan mejoras más eficientes y saludables.

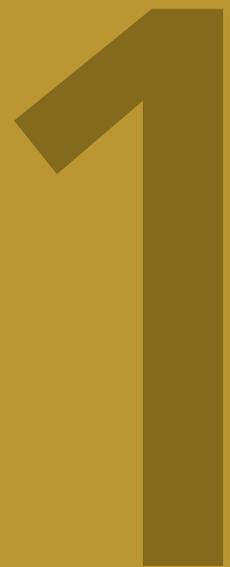
Como se ha apuntado anteriormente, el transporte es la principal fuente de contaminación de la atmósfera en las zonas urbanas. Para reducir sus efectos es fundamental que las autoridades locales desarrollen planes de transporte urbano sostenible que combinen mejoras en el transporte público y en la gestión de la demanda, con el objeto de mejorar la calidad del aire en los núcleos urbanos, con los consecuentes efectos positivos sobre los niveles de ruido y el cambio climático.

También deben contribuir a la mejora de la calidad del aire urbano las medidas relacionadas con un suministro de energía más "limpia" en las ciudades y la consideración de la contaminación atmosférica en la planificación urbanística, la ordenación del territorio y la tramitación de los procedimientos de autorización de actividades e instalaciones potencialmente contaminadoras de la atmósfera, tal y como se recoge en el Proyecto de Ley de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera, cuya remisión a las Cortes fue aprobada por el Consejo de Ministros el pasado 19 de enero de 2007.

Por último, un aspecto fundamental del desarrollo urbano sobre la calidad del aire es que el crecimiento de las ciudades y las áreas urbanas, que se está produciendo a un ritmo muy rápido en muchas zonas de España, sigue patrones de modelo de ciudad dispersa de baja densidad. Esto conlleva importantes impactos y riesgos para la sostenibilidad urbana, ya que requiere más infraestructuras de transporte, un mayor consumo de energía y una incesante ocupación de suelo. Estos factores van en detrimento del medio ambiente urbano y aumentan las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, con las sabidas consecuencias negativas sobre la calidad del aire, el cambio climático y la contaminación acústica, entre otras. Así, la expansión urbana descontrolada afecta directamente a la calidad de vida de la población que vive en las ciudades y a otros sistemas sociales y naturales circundantes.

Si finalmente, el objetivo global es mantener o reparar la esencia de la ciudad como sistema complejo, hay que plantear estrategias centradas en las interacciones de los subsistemas urbanos y otros sistemas circundantes y orientados a la mejora progresiva de la calidad de vida, pero sobretodo estructurados alrededor del eje central de la sostenibilidad. En este sentido, lo más importante no es solo mejorar los patrones de tráfico y minimizar las emisiones contaminantes, sino abordar de forma integral planes de movilidad urbana sostenibles. En definitiva, implantar procesos más racionales y saludables a fin de disminuir la contaminación y mejorar perdurablemente la calidad de vida ciudadana.

Objeto y estructura del informe



Objeto y estructura del informe

1.1. Objeto del informe

La finalidad de este informe es ofrecer una aproximación a la situación de la calidad del aire en las ciudades españolas y poner de manifiesto las diversas interacciones existentes, así como las medidas llevadas a cabo para mejorarla en lo posible.

La calidad del aire es, en gran medida, el resultado de procesos de contaminación atmosférica que tiene una especial incidencia en las ciudades, en sus habitantes y, en definitiva, en la sostenibilidad urbana.

Aunque se ha trabajado mucho durante más de dos décadas para reducir las emisiones, la contaminación atmosférica en España y en Europa constituye un riesgo

y produce efectos negativos en la salud humana, así como en los entornos naturales y artificiales.

En este informe no se han cubierto las zonas específicas en el entorno de grandes industrias (cementeras, papele- ras, refinerías,...) o centrales térmicas que, en general, disponen de sus redes de control específicas, y que sí se identifican cuando se hacen los mapas de inmisión con la utilización de modelos basados en las emisiones.

Los destinatarios de este informe son los responsables del medio ambiente y calidad del aire, los responsables políticos y el público en general interesados en esta materia.

En este informe no se incluyen los efectos de la contaminación atmosférica sobre los entornos naturales ni sobre los materiales. Tampoco incluye la calidad del aire interior ni las zonas específicas en el entorno de grandes industrias o centrales térmicas.

1.2. Estructura del informe

El informe consta de diez capítulos incluyendo una **Evaluación Integrada** en la que se resumen las principales relaciones y conclusiones del informe.

El **capítulo 1** tiene carácter introductorio, y en él se presentan el objetivo y estructura del informe, así como las principales cuestiones que se desarrollarán a lo largo de los restantes capítulos.

El **capítulo 2** expone la metodología seguida para elaborar el presente informe definiendo las técnicas empleadas para la estimación de las emisiones e inmisiones de contaminantes atmosféricos, así como la definición de algunos aspectos básicos y la descripción de los modelos matemáticos de calidad del aire, los cuales completan con información relevante las mediciones disponibles.

El **capítulo 3** trata sobre la calidad del aire en las ciudades españolas, y en él se analiza la información de la Base de Datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente, que recoge los datos de inmisiones de las estaciones de las redes de vigilancia y control de la contaminación atmosférica validada por las Comunidades Autónomas. Se han utilizado los datos de estaciones con más del 85% de cobertura de datos anuales para el cálculo del número de horas o días en los que se supera una determinada concentración establecida como límite u objetivo para la salud humana por la legislación vigente, o de las estaciones con más del 50% de cobertura para calcular los promedios anuales de cada municipio para los que también existen valores límite. Es importante señalar que el número total de estaciones ha variado a lo largo del periodo 1995-2005, y también se han producido modificaciones en su ubicación con el objetivo de cumplir los criterios de la legislación vigente. Estas variaciones en número y localizaciones influyen notablemente en los datos obtenidos y perjudica la calidad del análisis de las tendencias.

Además de los datos recogidos por la red de inmisiones se han utilizado modelos matemáticos para determinar la población expuesta a cada nivel de contaminación y la concentración en el aire de los contaminantes en aquellas áreas donde no existen monitores de calidad del aire, que son en la práctica la totalidad del territorio español pues, debido a su elevado costo, el número de estaciones es limitado. Se presentan los resultados que describen las previsiones de los niveles de contaminación atmosférica y población afectada durante el año 2005 para la Península Ibérica y Comunidad de Madrid con el modelo MM5-CMAQ-EMIMO (OPANA, *Operational Atmospheric Numerical Pollution Model for Urban and Regional Areas*), utilizado por el Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (GMSMA-FI-UPM).

En el **capítulo 4** se analizan los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud, utilizando la metodología de las Evaluaciones de Impacto en la Salud (EIS). La EIS constituye una combinación de procedimientos, métodos y herramientas por las cuales una intervención (política, programa o proyecto) puede ser evaluada en función de sus efectos potenciales sobre la salud pública y de la distribución de dichos efectos en la población. El resultado es un conjunto de recomendaciones puestas a disposición de los gestores para maximizar beneficios y disminuir las consecuencias negativas, basadas en la mejor evidencia cualitativa y/o cuantitativa disponible en ese momento (OMS, 2000). Idealmente, la EIS debería hacerse de forma prospectiva, aunque también se puede aplicar de forma concurrente o retrospectiva para estimar el impacto producido en la salud por una acción que ya está en marcha (OMS, 2002).

La EIS está siendo impulsada desde distintos organismos internacionales, siendo una de las principales estrategias políticas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en Europa (*Health 21*) asegurar su uso, lo que implica que la salud sea considerada en las intervenciones políticas. En España, la experiencia en la aplicación de esta herramienta es muy escasa, o bien de muy difícil acceso. Otros países de nuestro entorno, como Reino Unido, Holanda, Francia o Alemania, cuentan con un mayor desarrollo y aplicación de esta metodología.

El Observatorio de la Sostenibilidad en España se ha querido aproximar a los efectos que la contaminación del aire tiene sobre la salud pública a partir de las EIS por el enorme potencial de la herramienta, que además de mostrar la evidencia y cuantificarla nos propone alternativas de intervención (en forma de escenarios), con importantes beneficios para la salud de la población.

La contaminación del aire no solo origina importantes impactos sobre la salud humana sino también sobre el medio ambiente, la agricultura, los edificios, los materiales y sobre el patrimonio cultural. Los daños provocados (externalidades negativas), suponen unos costes económicos de los sectores responsables de la emisión de los contaminantes.

Aunque en el informe no existe un capítulo específico sobre la valoración económica de los efectos de la contaminación atmosférica, en el capítulo 6 y en la Evaluación Integrada se describe la estimación del coste total de la contaminación del aire en Europa y España.

El **capítulo 5** se centra en las fuerzas motrices y presiones determinantes de los niveles de calidad del aire actuales, sin olvidar anteriores causas originarias del deterioro de la calidad del aire en las ciudades y que aún tienen una

influencia notable. Las emisiones contaminantes a la atmósfera se han desglosado por sectores. Los resultados se presentan a nivel estatal y para los municipios de Madrid y Zaragoza, como estudios de caso. La fuente principal de datos ha sido el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera del Ministerio de Medio Ambiente (1990-2005), que cubre la práctica totalidad de las actividades contempladas en la versión más actualizada de la nomenclatura SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*), desarrollada en el proyecto europeo EMEP/CORINAIR (*Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air pollutants in Europe / European Air Emission Programme of the EEA*). Además, se utilizan inventarios de emisiones realizados en algunos ayuntamientos como el de Madrid y el de Zaragoza, que son los municipios para los que se ha tenido acceso a esta información. También se ha recurrido a datos del Ministerio de Fomento, la Dirección General de Tráfico y el Instituto Nacional de Estadística.

En este capítulo también se muestran los resultados de los modelos de emisiones para el conjunto de España realizados por el Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), que utiliza el modelo Hermes. Se muestran, como ejemplo, los resultados del modelo para las emisiones en superficie del dióxido de nitrógeno (NO₂) en los días 26 y 27 de febrero de 2006 con dominio centrado en la Península Ibérica (resolución 4km x 4km). También se muestran las emisiones de dióxido de nitrógeno (NO₂, mol/h), para el día 18 de junio de 2004, con dominio centrado en Cataluña y Comunidad de Madrid (resolución 1km x 1km).

En el **capítulo 6** se compara la situación de España respecto al resto de países de la Unión Europea (UE), en relación a los niveles de contaminación del aire, el número, localización y características de las redes de medición y a sus efectos sobre la salud. La información sobre el estado de la calidad del aire en Europa, principalmente en los países de la UE-15¹, está basada en los informes de la Comisión Europea (CE), que recogen la información que los Estados miembros tienen que enviar anualmente a la Comisión en cumplimiento de las obligaciones impuestas por la Directiva 96/62/CE y demás directivas de desarrollo. La exposición de la población a diferentes contaminantes del aire en España se ha comparado con la del resto de países de la UE mediante los modelos matemáticos desarrollados por el Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (GMSMA-FI-UPM). Por último, se han estudiado los impactos de la exposición a sustancias contaminantes sobre la salud de la población en distintas ciudades europeas y la estimación del coste total de la contaminación del aire en Europa.

El **capítulo 7** trata sobre los diversos instrumentos e iniciativas que se vienen desarrollando para lograr una mejora de la calidad del aire en las ciudades, para lo cual se ha manejado información disponible de las administraciones competentes y otros organismos implicados: Unión Europea, Ministerio de Medio Ambiente, Comunidades Autónomas y el Observatorio de la Movilidad Metropolitana, fundamentalmente.

Se destacan, asimismo, algunas de las experiencias europeas significativas relacionadas con la implantación de planes de movilidad urbana (Francia, Italia, Reino Unido y Holanda).

Finalmente se hace una relación explícita de una nueva estrategia española de calidad del aire, conjuntamente con la prevista estrategia de medioambiente urbano que dan paso a un nuevo enfoque estratégico a nivel nacional considerando adicionalmente otras iniciativas autonómicas y municipales de notable interés.

El **capítulo 8** realiza un breve ejercicio de simulación y prospectiva analizando las previsiones para 2020 y 2030 en Europa, así como las propuestas que la Comisión Europea está llevando a cabo. También se describen las tendencias en España en materia de calidad del aire, indicando, por último, las prioridades para la acción en un contexto donde el transporte urbano y el modelo de ciudad se configuran como marcos de acción prioritarios en aras de una mejor calidad del aire y mayor sostenibilidad urbana.

¹ UE-15: Alemania, Austria, Bélgica, España, Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido y Suecia.

Metodología y aspectos **básicos**

2

Metodología y aspectos básicos

A efectos de una mayor comprensión del presente informe en este apartado se exponen tanto el enfoque metodológico utilizado, basado fundamentalmente en el modelo básico presión-estado-respuesta, como algunos aspectos básicos de la problemática de la contaminación atmosférica y los principales contaminantes que afectan negativamente a la calidad del aire urbano, especialmente cuando se sobrepasan determinados valores límites establecidos.

Cabe recordar que el Informe se centra en la evolución del estado de la calidad del aire en las ciudades españolas, el impacto que están provocando sobre la salud de la población los niveles actuales de concentración de contaminantes, principalmente partículas y ozono, y las respuestas que se están adoptando para prevenir y paliar sus efectos negativos. Entre ellas destacan las medidas legislativas, que están imponiendo límites cada vez más restrictivos a la concentración de contaminantes en el aire. El Informe analiza su grado de cumplimiento y las dificultades que se prevén para que puedan aplicarse plenamente.

2.1. Metodología del informe

Enfoque metodológico

Para la elaboración de este Informe, el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE), ha recurrido a las mejores fuentes de información disponibles. Desde el punto de vista metodológico, se ha seguido el enfoque causa-efecto basado en el modelo FPEIR promovido y aplicado por la Agencia Europea de Medio Ambiente: Fuerzas motrices- Presiones-Estado-Impacto-Respuestas (Figura 2.1).

Este modelo es una potente herramienta para el análisis de las interrelaciones entre las dinámicas socioeconómicas y los impactos ambientales que repercuten en la sostenibilidad, y proporciona una visión de la degradación ambiental en relación con las causas directas e indirectas que la provocan, considerando el resultado de las fuerzas motrices que ejercen presión sobre el entorno y los recur-

sos ambientales y naturales (*aire*) alterando en mayor o menor medida su estado inicial. El cambio se percibe como un impacto negativo cuando representa un deterioro de la calidad ambiental. La sociedad puede activar una respuesta frente a estos impactos, tratando de corregir las tendencias negativas detectadas, para alcanzar el equilibrio dinámico del sistema.

Respecto a las presiones, que en este caso son las emisiones de contaminantes, cabe resaltar la ausencia generalizada de datos, al menos de acceso público, en el entorno local, lo que dificulta el análisis causa-efecto a este nivel. En la actualidad el deterioro de la calidad del aire en el medio urbano está claramente asociado al tráfico urbano, principal fuerza motriz, por lo que las emisiones de partículas, óxidos de nitrógeno y otros precursores del ozono constituyen las presiones más relevantes.

Figura 2.1. Calidad del aire en el medio urbano. Esquema FPEIR



• Fuente: Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2007.

Datos

De acuerdo con el enfoque metodológico utilizado, el estudio de la calidad del aire se ha realizado sobre fuentes de información directas procedentes de mediciones de emisiones e inmisiones, así como de fuentes indirectas basadas en la utilización de modelos dinámicos avanzados.

La fuente principal de datos de emisiones ha sido el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera del Ministerio de Medio Ambiente (1990-2005), e inventarios de emisiones realizados en algunos ayuntamientos como el de Madrid, que alberga un porcentaje importante de población, y el de Zaragoza, que son los municipios para los que se ha tenido acceso a esta información. También se ha recurrido a datos del Ministerio de Fomento, la Dirección General de Tráfico y el Instituto Nacional de Estadística.

Los datos de inmisiones de las estaciones de las redes de vigilancia y control de la contaminación atmosférica proceden de la Base de Datos de Calidad del Aire del

Ministerio de Medio Ambiente. En ésta se recoge la información de las distintas redes de vigilancia de la calidad del aire existentes en el territorio español, se verifican e interpretan la validez de sus datos para someterlos a los tratamientos específicos con el fin de poder cumplir con los requisitos de las Directivas y Decisiones de la Unión Europea (UE), normativa española vigente y convenios internacionales existentes al respecto.

La información sobre el estado de la calidad del aire en Europa, principalmente en los países de la UE-15, está basada en los informes de la Comisión Europea (CE), que recogen la información que los Estados miembros tienen que enviar anualmente a la Comisión en cumplimiento de las obligaciones impuestas por la Directiva 96/62/CE y demás directivas de desarrollo.

Además de los datos recogidos por la red de inmisiones se han utilizado modelos matemáticos para determinar la población expuesta a cada nivel de contaminación y la concentración en el aire de los contaminantes en aquellas áreas donde no existen monitores de calidad del aire.

Modelo de inmisiones “MM5-CMAQ-EMIMO” (Capítulos 3 y 6)

Los modelos matemáticos de calidad del aire son herramientas fundamentales para el análisis y estudio de la contaminación atmosférica, pues permiten investigar el impacto de determinadas fuentes de contaminantes sobre los niveles de contaminación atmosférica en áreas concretas, proporcionando una completa aproximación en modo cualitativo y cuantitativo. Los modelos, convenientemente validados con mediciones, son una herramienta complementaria a las observaciones de las redes de monitorización de la calidad del aire, ya que conjugan la calidad de las mediciones con la cobertura y resolución espacial de los resultados de los modelos. Las directivas europeas y la legislación nacional ahondan en este aspecto delimitando la aplicabilidad y requerimientos de exactitud de los modelos.

Los monitores de calidad del aire miden las concentraciones exactamente en el lugar donde se ubican con una incertidumbre de hasta el 15% según la legislación actual y del 25% para las PM₁₀, por lo que su representatividad es limitada, particularmente en aquellas estaciones de medida de entornos urbanos y densamente poblados – que son la mayoría –, donde la representatividad de los datos se reduce a unos pocos metros. Por consiguiente, los modelos de calidad del aire, una vez calibrados y validados con los datos procedentes de los monitores, son capaces de proporcionar una información completa que cubre la totalidad del territorio y que permita establecer medidas de protección en aquellas áreas donde existe población. El progreso en la potencia de las plataformas computacionales y en los avances científicos sobre los modelos, que ha ido paralelo al progreso en el uso de este tipo de herramientas, ha permitido una notable mejora de la resolución espacial de los modelos de predicción (unos pocos kilómetros) sobre grandes dominios, utilizando mínimamente el concepto de anidamiento que implica interpolaciones inherentemente perjudiciales en las simulaciones numéricas.

En el **capítulo 3** se presentan los resultados obtenidos para la Península Ibérica y Comunidad de Madrid en el año 2005 con el modelo MM5-CMAQ-EMIMO (OPANA, *Operational Atmospheric Numerical Pollution Model for Urban and Regional Areas*), utilizado por el GMSMA-FI-UPM. El modelo consta esencialmente de tres módulos:

a MM5 es un modelo meteorológico no hidrostático de mesoescala desarrollado por el *Nacional Center for Atmospheric Research de la Pennsylvania State University* (PSU/NCAR, US), que simula las variables atmosféricas temperatura, viento y humedad utilizando las ecuaciones básicas de Navier-Stokes. Se trata de un modelo con más de 25 años de desarrollo y que contiene todo el conocimiento meteorológico actual relativo a la predicción del tiempo y simulación de la dinámica atmosférica. Este modelo, escrito en FORTRAN, requiere una importante capacidad de

computación y proporciona los valores de las variables meteorológicas iniciales. MM5 está siendo progresivamente sustituido por el modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF), desarrollado también en FORTRAN pero que incluye las últimas tecnologías en partículas relativas a la programación y capacidades informáticas, y por el WRF-Chem, que incluye la química directamente en la resolución meteorológica.

- b** CMAQ (*Community Multiscale Air Quality Modelling System*) es un modelo de dispersión y transformación de contaminantes desarrollado por la *Environmental Protection Agency* estadounidense (EPA), que produce emisiones horarias por contaminante por kilómetro cuadrado. Tanto MM5 como CMAQ son modelos numéricos que resuelven las correspondientes ecuaciones diferenciales que representan los fenómenos dinámicos atmosféricos, y en ambos casos se trata de códigos abiertos. CMAQ incorpora diferentes métodos numéricos, esquemas químicos, modelos de capa límite, etc., por lo que su ejecución – al igual que la de MM5 – requiere de un elevado grado de experiencia en este tipo de aplicaciones, pues los resultados dependen de la configuración que el investigador ejecutor del mismo le confiera.
- c** EMIMO (*Emission Model*) es un modelo de emisiones desarrollado por el GMSMA-FI-UPM a finales de los años noventa y que ha sido mejorado de forma continua en sus sucesivas versiones (al igual que los modelos MM5 y CMAQ). Está basado en inventarios globales de emisiones, como el inventario europeo de emisiones y el inventario global de emisiones EDGAR (RIVM, *The Netherlands*), proporcionando en tiempo y espacio la cantidad de contaminante emitida a la atmósfera con hasta 250 m de resolución y una hora en cualquier parte del mundo.

El modelo es ejecutado sobre 12 capas en altura y con 50 km de resolución, coincidentes con la resolución de las emisiones a nivel nacional de 2004 del programa EMEP (*Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air pollutants in Europe*), y con 9 km de resolución para la Comunidad de Madrid y 23 capas en altura para MM5 y CMAQ. La resolución temporal de las emisiones producidas por EMIMO es una hora.

En el **capítulo 6** también se ha aplicado el modelo MM5-CMAQ-EMIMO (OPANA), ejecutado sobre toda Europa para el año 2005. OPANA puede incluir diferentes modelos como MM5, CMAQ u otros. Estos modelos – de última generación – permiten anidamientos en los dominios de forma que a un dominio que cubre toda Europa con 50 km de resolución, se le puede añadir un dominio de menor extensión pero con mayor resolución (9 km), y así sucesivamente hasta 1 km. En todos los casos siempre hasta 100 mb en altura (aproximadamente 10-12 km).

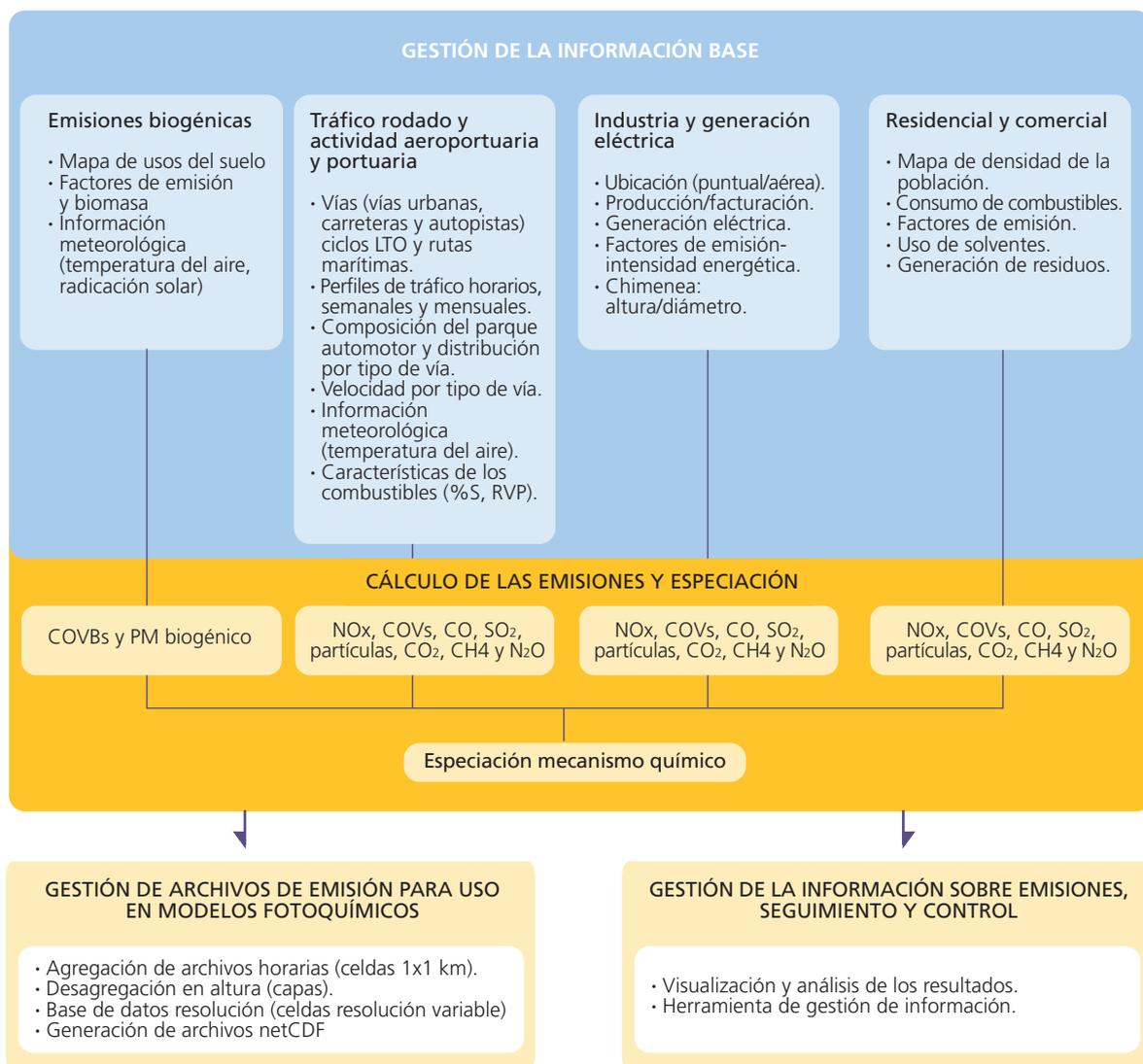
Modelo de emisiones “Hermes” (Capítulo 5)

El modelo de emisiones HERMES, desarrollado en el Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), contempla la estimación de las emisiones atmosféricas biogénicas y antropogénicas provenientes de la vegetación, el tráfico vehicular, las actividades industriales, los puertos, los aeropuertos, el consumo de disolventes y las emisiones del sector doméstico y comercial en España (Figura 2.2). Este modelo recoge todos los avances en modelización de emisiones del grupo de Ciencias de la Tierra del BSC-CNS, representando un punto de partida fundamental para el desarrollo de inventarios de emisiones y la posterior modelización de la

calidad del aire con elevada resolución.

El modelo de emisiones se centra en la estimación de los contaminantes atmosféricos en fase gas y material particulado, incluyendo los precursores de ozono troposférico, empleando una alta resolución espacial y temporal (1 km² y 1 hora). También contempla las emisiones de gases de efecto invernadero. HERMES parte de un enfoque *bottom-up* estimando las emisiones para cada una de las celdas en las que se ha dividido el área de estudio, por medio del establecimiento de todos los parámetros para cada celda en particular. El valor total de la emisión se obtiene por agregación de las estimaciones efectuadas para cada celda.

Figura 2.2. Estructura del modelo de emisiones HERMES desarrollado en el BSC-CNS.



• Fuente: Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2007.

Los requisitos bajo los cuales se ha desarrollado el modelo de emisiones HERMES son:

- 1 Uso de información actualizada.
- 2 Uso de modelos de emisión con hipótesis avanzadas que reflejen la complejidad existente.
- 3 Definición del patrón de emisiones provenientes de contaminantes primarios gaseosos y particulados y de las principales fuentes de precursores de ozono troposférico y aerosoles secundarios.
- 4 Compleja especiación química de las emisiones, según lo requerido por el mecanismo químico implementado en el modelo de calidad del aire.
- 5 Capacidad de generación de información gráfica y alfanumérica para alimentar modelos de calidad del aire de alta resolución.
- 6 Desarrollo del modelo siguiendo un protocolo de calidad que garantice la fiabilidad de los resultados.
- 7 Implementación informática clara, transparente y flexible, de modo que la posterior revisión/actualización de los algoritmos de cálculo y/o de las bases de datos sea sencilla.
- 8 Versatilidad del modelo para combinar de maneras diversas las emisiones de las diferentes fuentes, para desarrollar análisis de sensibilidad o del aporte secto-

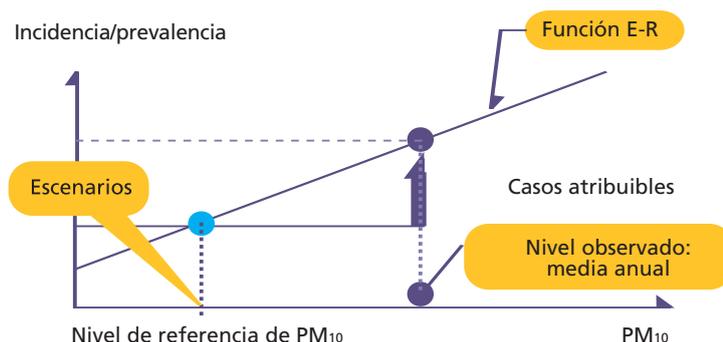
rial de cada fuente de emisión en los eventos de contaminación fotoquímica.

Métodos de Evaluación de Impacto en la Salud (Capítulos 4 y 6)

La metodología que se expone a continuación se ha utilizado en el capítulo 4 y en la parte que se refiere a salud del capítulo 6, en el que se compara el estado de la situación en España con el resto de la UE.

La Evaluación de Impacto en la Salud (EIS), se basa principalmente en la cuantificación de la carga de enfermedad esperada debida a una exposición en una población concreta. Por ello, aunque los cambios previstos por la aplicación de una acción en salud pública pueden ser cualitativos o cuantitativos, para su incorporación en la EIS siempre deben ser cuantificables (OMS, 2000). La evaluación ha de realizarse con el máximo rigor científico, ya que este proceso sólo tiene sentido real cuando existe suficiente evidencia causal a priori entre el factor que se valora y los efectos en la salud que se le atribuyen. Asimismo, la EIS también debería incluir una evaluación de la fiabilidad de las estimaciones de los impactos. En la figura 2.3 se muestra un modelo de Evaluación de Impacto en la Salud.

Figura 2.3. Modelo de Evaluación de Impacto en la Salud para cuantificar la carga de enfermedad atribuible a la contaminación atmosférica.



• Fuente: Cortesía de Nino Künzli.

Con el fin de ilustrar la metodología seguida en las EIS, se exponen las que han sido aplicadas en los dos principales proyectos europeos sobre el impacto de la contaminación del aire sobre la salud humana: los proyectos Apheis¹ (*Air Pollution and Health: a European Information System*), y Enhis (*Implementing Environment and Health Information System in Europe*).

El proyecto Apheis, en el que participan 5 ciudades españolas (Barcelona, Bilbao, Madrid, Sevilla y Valencia), puso en marcha en 1990 un sistema de vigilancia epidemiológica cuyo objetivo era proporcionar información actualizada sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud. Esta información se genera en el ámbito local y europeo, empleando una metodología común y norma-

¹ El Instituto Nacional de Salud Pública de Francia (InVS), junto con el Instituto Municipal de Salud Pública de Barcelona (IMSP), el Centro Europeo para Medioambiente y Salud de la OMS y otras organizaciones colaboraron para desarrollar el proyecto europeo Apheis, financiado entre los 12 países europeos participantes (26 ciudades), y el Programa de Enfermedades Relacionadas con la Contaminación DG SANCO de la Comisión Europea. Los informes del proyecto Apheis pueden ser consultados en: www.apheis.net.

lizada para los países participantes. Actualmente, Apehis se ha integrado en el proyecto Enhis (*Environment and Health Information System*), desde donde se está planteando el desarrollo de una EIS con PM₁₀ y ozono, considerando especialmente el impacto sobre los niños². En esta nueva etapa, se unirán más centros participantes y se investigará la posibilidad de realizar EIS teniendo en cuenta otros factores de riesgo medioambientales.

Los datos se recogen de las redes de vigilancia de calidad del aire de las ciudades participantes. El programa Apehis seleccionó para su estudio las siguientes fracciones de contaminación atmosférica por partículas: partículas de diámetro inferior a 10 µg (PM₁₀), Humos Negros (HN) - que incluyen aquellas partículas negras de un diámetro aproximado a 4 µ - y partículas de diámetro inferior a 2,5 µg (PM_{2.5}). Debe señalarse que no se midieron los mismos contaminantes y tiempos de exposición en todas las ciudades, tal y como se indica a continuación:

- **PM₁₀ (21 ciudades):** Atenas, Bilbao, Bourdeaux, Celje, Cracow, Gothenburg, Le Havre, Lille, Ljubljana, Lyon, London, Madrid, Marseille, Paris, Roma, Rouen, Sevilla, Stockholm, Stransbourg, Tel Aviv y Toulouse. Bucarest y Budapest convirtieron el Total de partículas en suspensión (TSP), en PM₁₀.
- **Humos Negros (16 ciudades):** Atenas, Barcelona, Bilbao, Bourdeaux, Celje, Cracow, Dublín, Le Havre, Lille, Ljubljana, Lyon, London, Marseille, Paris, Rouen y Valencia.
- **PM_{2.5} (11 ciudades):** Bourdeaux, Gothenburg, Le Havre, Lille, London, Marseille, Paris, Rouen, Stockholm, Stransbourg y Toulouse.

Apehis ha tomado como escenarios de referencia los planteados en la directiva 1999/30/CE para las PM₁₀ como objetivo para conseguir la mejora de la calidad del aire. A partir de los tres escenarios que se muestran a continuación, se calcularon los beneficios que supondría cada uno de ellos para la salud.

- 1 Reducción de la media diaria hasta 50 µg/m³ y hasta 20 µg/m³.
- 2 Reducción de la media anual hasta 40 µg/m³ y hasta 20 µg/m³.
- 3 Reducción de 5 µg/m³ en las medias diarias y anuales de cada ciudad.

Los Humos Negros (HN), no se contemplan en la Directiva arriba mencionada, por lo que se establecieron dos escenarios por similitud con los anteriores:

- 1 Eliminación de los niveles diarios por encima de 20 µg/m³.
- 2 Reducción diaria de 5 µg/m³.

Y para las PM_{2.5}, los escenarios fijados fueron:

- 1 Reducción del nivel medio anual de exposición de las PM_{2.5} hasta 20 µg/m³.
- 2 Reducción del nivel medio anual de exposición de las PM_{2.5} hasta 15 µg/m³ (equivalente a 20 µg/m³ de las PM₁₀).
- 3 Reducción en 3,5 µg/m³ del valor medio anual (equivalente al 5 µg/m³ de las PM₁₀).

Sobre estos tres escenarios se calculó el número de casos ocasionados por contaminación del aire para los siguientes indicadores de salud:

- Mortalidad por todas las causas.
- Mortalidad por causas específicas.
 - Mortalidad respiratoria.
 - Mortalidad cardiaca.
 - Mortalidad por cáncer de Pulmón.
- Años de Esperanza de vida perdidos.

Para las ciudades españolas, se han utilizado 47 captadores urbanos. En Barcelona, Bilbao y Valencia se han recogido datos de HN, mientras que en Bilbao, Madrid y Sevilla se recogieron datos de PM₁₀. A partir de los datos de PM₁₀ se calculó la fracción de PM_{2.5}. Para estas ciudades, además de la carga de mortalidad, se ha calculado la carga de morbilidad incluyendo entre los indicadores de salud el número de admisiones hospitalarias al año por problemas respiratorios y cardiacos atribuibles a la exposición a la contaminación del aire.

Enhis permite además estimar el impacto beneficioso que tendría para la Salud de la población infantil la reducción de los niveles de ozono. Los escenarios en este caso son los siguientes:

- 1 Reducción en 10 mg/m³ los niveles medios de concentración diaria (octohoraria) de O₃.
- 2 Reducción de la exposición de O₃ hasta niveles ≤ 120 µg/m³ de O₃.

Indicadores de Salud:

- 1 Número de muertes atribuibles al año y tasa (100.000 habitantes), por la exposición al O₃.
- 2 Número de admisiones hospitalarias.

El Impacto de la salud está basado en el cálculo de las fracciones de mortalidad y de los ingresos hospitalarios atribuibles a la contaminación atmosférica por partículas. Para ello es necesario especificar un nivel mínimo de exposición a la contaminación (escenario de referencia), pues la fracción atribuible se calcula para el riesgo derivado de la exposición a los contaminantes por encima de ese valor mínimo.

²Más información se puede encontrar en: www.ehind.nl.

Métodos para la estimación del coste total de la contaminación del aire (Evaluación Integrada y Capítulo 6)

La estimación de los costes de la contaminación atmosférica para la mayoría de sus impactos se ha basado en la adaptación de estudios ya realizados para el conjunto de la UE. La valoración de los costes económicos de los daños que provoca la contaminación atmosférica en la Unión Europea ha sido realizada en el marco del Programa Clean Air for Europe (CAFE). Dicha valoración se basa, para alguno de los impactos detectados, en el proyecto europeo ExternE (Externalidades de la Energía), en el que se valoraron los costes externos de la generación de electricidad en cada uno de los estados miembros, incluyendo varios tipos de combustible. Para la valoración de otros impactos, el programa CAFE se basó en otros proyectos de la Comisión Europea, como la valoración económica de la directiva de techos nacionales de emisión, el análisis coste-beneficio de las directivas hijas de la directiva de calidad del aire y de la directiva sobre incineración de residuos, entre otros.

Muchos de éstos análisis, entre ellos el Programa CAFE, utilizan para la cuantificación de las externalidades, métodos basados en funciones dosis-respuesta, en las cuales se determina la relación entre las emisiones y la calidad del aire, la calidad del aire y las exposiciones, las exposiciones y los daños físicos y entre los daños físicos y el valor monetario (*Delucchi, 2000; Delucchi, et al, 2001*). Estas funciones relacionan un aumento de los niveles de concentración de los contaminantes (dosis), con un daño o beneficio en un receptor (respuesta). El receptor es cualquiera que está percibiendo la externalidad, es decir, que es afectado por los cambios en los niveles de la contaminación del aire.

En el programa CAFE la cuantificación de los costes económicos sigue un proceso metodológico que consta de cuatro fases: (i) identificación de las fuentes y cuantificación de las emisiones (ii) cálculo de la dispersión y la concentración, (iii) aplicación de las funciones dosis-respuesta y (iv) valoración de los costes. Bajo este escenario los impactos y los daños son calculados según la siguiente relación general:

$$\text{Impacto} = \text{contaminación} \times \text{stock de riesgo} \times \text{función dosis-respuesta}$$

$$\text{Impacto económico} = \text{impacto} \times \text{valor unitario del impacto}$$

La contaminación puede ser expresada en términos de concentración o deposición. El término "stock de riesgo" recoge la cantidad de material sensible o receptores (población, ecosistemas, materiales), presentes en la estimación del impacto.

La ecuación anterior puede variar dependiendo del tipo de impacto que se esté considerando. Por ejemplo, las funciones que describen los daños en materiales por deposición de contaminación "ácida" requieren tener en cuenta en el análisis, variables climáticas (como la humedad relativa), y necesita ser cuantificado para varios contaminantes al mismo tiempo. En los impactos sobre las cosechas es necesario distinguir cada tipo de cultivo, ya que presentan sensibilidades diferentes. Para el caso de la salud es necesario tener en cuenta los diferentes efectos para entender completamente el efecto de la contaminación sobre la salud (*AEA, 2005*).

La etapa final, la valoración de los impactos, es generalmente realizada desde la perspectiva de "disposición a pagar" (DAP). Para determinados casos en los que no existen precios de mercado que determinen el valor del impacto se aplican métodos directos de valoración, como el método de valoración contingente, que descubren la disposición a pagar y, por tanto, el valor otorgado al impacto sufrido. Para algunos efectos, tales como el daño en la cosechas, pueden emplearse métodos indirectos que se basen en los precios de mercado para la estimación monetaria del impacto (*ibid*). Algunos elementos de la valoración de los impactos sobre la salud también pueden ser cuantificados a través de métodos que se apoyan en los costes de las medicinas y el coste del tratamiento.

Se han considerado el impacto directo producido por la emisión de los contaminantes SO₂, PM, NO_x, NH₃ y COV, sobre la salud de la población, de los ecosistemas, de la agricultura y de los materiales.

2.2. Aspectos básicos

La compleja problemática de la contaminación atmosférica se deriva de la emisión de determinados contaminantes que provocan efectos perjudiciales para el medio ambiente, ecosistemas y materiales, así como para la salud, bien actuando por sí solos o por reacciones químicas.

Seguidamente se presentan los problemas asociados a la contaminación atmosférica explicando las características de los contaminantes seleccionados, a la vez que se indican los conceptos sobre valores límite y objetivos de la calidad del aire.

2.2.1. Principales problemas relacionados con la contaminación atmosférica

Los principales problemas que conlleva la contaminación atmosférica en España desde el punto de vista de sus repercusiones sobre la salud humana, los ecosistemas y los materiales son (AEMA, 2001):

- Repercusiones sobre la salud humana por la exposición al ozono.
- Perjuicio para la salud humana por la exposición a

partículas, dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), plomo y benceno, especialmente en las zonas urbanas.

- Acidificación y eutrofización del agua, los suelos y los ecosistemas.
- Daños para la vegetación y los cultivos debido al ozono.
- Daños para los materiales por la exposición a compuestos acidificantes y al ozono.

2.2.2. Principales contaminantes e indicadores seleccionados

A continuación se describen los principales contaminantes considerados en el informe, indicando sus características más relevantes sobre sus efectos en la calidad del aire y, especialmente, en la salud humana.

El análisis de la calidad del aire se ha centrado en los cinco principales contaminantes que contribuyen a la contaminación del aire en las zonas urbanas: dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas (PM₁₀), ozono (O₃) y monóxido de carbono (CO). Todos ellos excepto el ozono proceden directamente de las fuentes de emisión, es decir, son contaminantes primarios. El ozono es un contaminante secundario originado por las complejas reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera entre los contaminantes precursores del ozono (óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, monóxido de carbono y metano), y los propios componentes de la atmósfera.

Además de estos contaminantes, existen otros muy significativos que, aunque no se tiene en cuenta en este informe, también deben tenerse en cuenta en el futuro, tales como los compuestos orgánicos volátiles (COV), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), los compuestos orgánicos persistentes (COP), los metales y sus compuestos, el amianto (partículas en suspensión, fibras), los halógenos y sus compuestos, los cianuros, las policlorobenzodioxinas y policlorodibenzofuranos, así como sustancias y preparados respecto a los que se haya demostrado que poseen propiedades cancerígenas, mutágenas o que puedan afectar a la reproducción a través del aire, o agotar la capa de ozono. Para algunos de estos, como las dioxinas o furanos, se ha demostrado que aumentan la probabilidad de padecer cáncer.

Dióxido de azufre (SO₂)

Este contaminante ocupó un lugar central en los años ochenta, pero su incidencia ha disminuido en los últimos años debido principalmente a la sustitución de combustibles en las calderas de calefacción. El progresivo abandono del carbón y la prohibición del uso del fuelóleo, así como la limitación del contenido de azufre permitido en las calefacciones han reducido su concentración en la atmósfera de la mayoría de las ciudades, aunque aún constituye un contaminante importante en determinados

puntos de la geografía, especialmente en los alrededores de las centrales térmicas de carbón.

El indicador utilizado para este contaminante es la concentración media anual de dióxido de azufre y el número de días al año en que se supera la concentración de 125 µg/m³ en cada uno de los municipios españoles considerados. Los datos obtenidos se comparan con los límites que entraron en vigor en 2005 y que se resumen en que el valor de la concentración media anual no supere los 20 µg/m³ y que el número de días al año en que se sobrepasan los 125 µg/m³ sea igual o inferior a 3.

Las emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y amoníaco constituyen las emisiones de gases acidificantes, y las de óxidos de nitrógeno y amoníaco son eutrofizantes. Las sustancias acidificantes provocan la acidificación del medio (agua y suelos), y las eutrofizantes la eutrofización de las aguas y del suelo.

El SO₂ es un gas incoloro, no inflamable, reductor y muy soluble en agua. En elevadas concentraciones presenta un olor irritante y desagradable. Tanto el SO₂ como el resto de los compuestos de azufre afectan a la salud humana por ser irritantes de las mucosas del sistema respiratorio. También afecta a la vegetación y a los materiales, acelerando los procesos naturales de degradación y corrosión.

La exposición crónica al SO₂ y a partículas de sulfatos se ha correlacionado con un mayor número de muertes prematuras asociadas a enfermedades pulmonares y cardiovasculares. El efecto irritativo continuado puede causar una disminución de las funciones respiratorias y el desarrollo de enfermedades como la bronquitis.

La principal fuente de emisión de SO₂ es la combustión del carbón y de los productos petrolíferos, ya que éstos contienen de forma natural azufre en su composición. El SO₂ emitido se oxida a SO₃ en la atmósfera y en presencia del agua forma SO₃H₂, responsable de las "lluvias ácidas". Estos compuestos de azufre pueden ser transportados a grandes distancias, lo que genera fenómenos de contaminación transfronteriza, además de la contaminación local.

2.2. ASPECTOS BÁSICOS

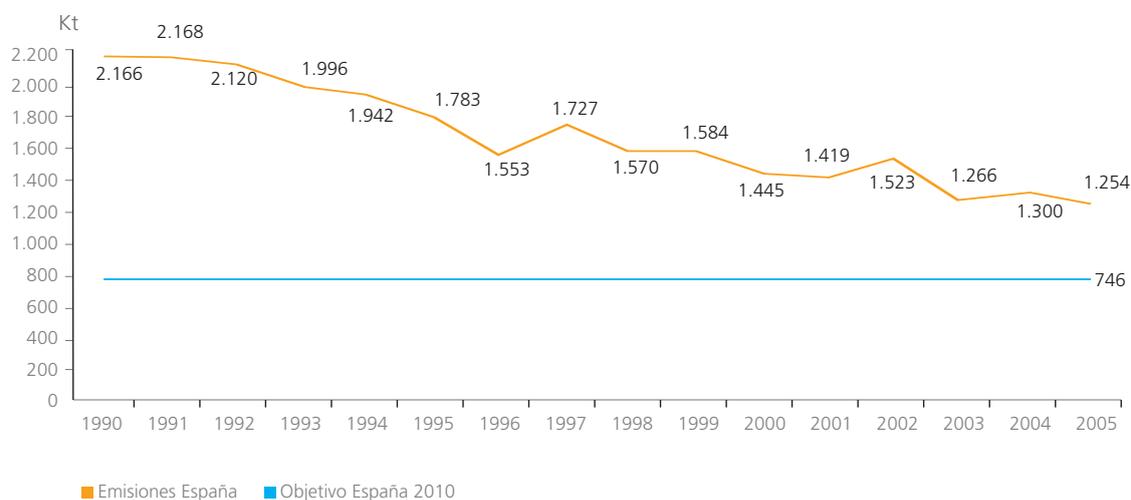
La producción y transformación de energía eléctrica es el sector responsable del 80,8% del total de las emisiones de este contaminante en 2005, incluyendo las emisiones de origen natural.

En el periodo 1990-2005, las emisiones de SO₂ en España cayeron en 42 puntos porcentuales (Figura. 2.4). La principal medida que ha contribuido a este descenso ha sido

la sustitución y mejora de la calidad de los combustibles empleados en la industria, el transporte y, sobre todo, en la producción de energía.

La evolución de las emisiones de SO₂ hasta la fecha hace que sea factible el cumplimiento del techo nacional establecido para España en 2010 para este contaminante, que es de 746 kt.

Figura 2.4. Evolución de las emisiones de SO₂ en España (kt) (*). 1990-2005.



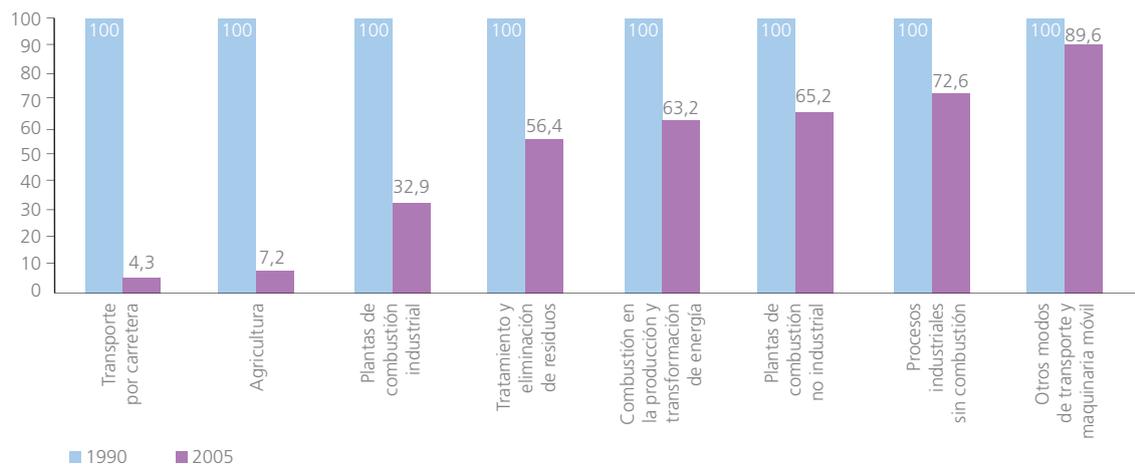
(*). Exceptuando las emisiones de origen natural.

• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

La mayoría de los sectores han disminuido notablemente sus emisiones a lo largo del periodo 1990-2005, destacando, en términos relativos, la agricultura (92,8%) y el transporte

por carretera (95,7%) (Figura 2.5) y, en términos absolutos, la producción y transformación de energía eléctrica, que ha reducido sus emisiones en 590.299 toneladas.

Figura 2.5. Reducción de las emisiones de SO₂ en España en las principales fuentes productoras (Unidad: Adimensional. Índice año base (1990) = 100). 1990-2005.



• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007

Óxidos de nitrógeno (NOx)

Bajo la denominación de óxidos de nitrógeno se engloban el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el óxido nítrico (NO). El indicador utilizado para este contaminante es la concentración media anual de dióxido de nitrógeno (NO₂) y el número de horas al año en que se supera la concentración de 200 µg/m³ en cada uno de los municipios españoles considerados. Los datos obtenidos se comparan con los límites que entrarán en vigor en 2010 y que se concretan en que el valor de la concentración media anual no supere los 40 µg/m³ y que el número de horas al año en que se sobrepasan los 200 µg/m³ sea igual o inferior a 18.

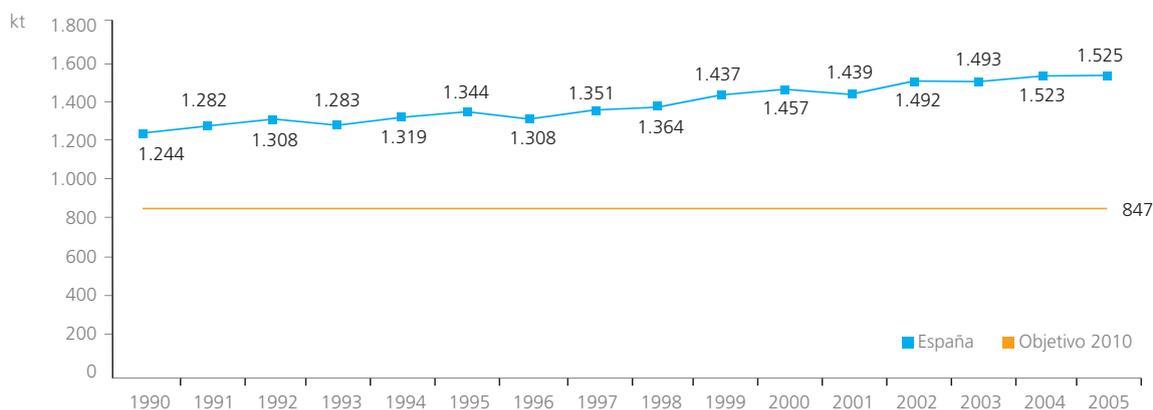
Los NOx son precursores de la formación de ozono troposférico y de nitratos, además de constituir gases acidificantes y eutrofizantes. Se forman durante los procesos de combustión, al oxidarse el nitrógeno atmosférico. El NO₂ es el más importante por sus efectos sobre la salud

humana, afectando al sistema respiratorio y provocando irritación ocular. En conjunción con el NO causa daños a la vegetación de tipo acumulativo.

La principal fuente productora de emisiones de NOx es el transporte por carretera. De hecho, en el año 2005, el 34,2% de las emisiones totales fueron originadas por este sector. También resulta significativa la contribución de las actividades de producción y transformación de energía (23,3%), de las plantas de combustión industrial (18,6%) y de otros modos de transporte y utilización de maquinaria móvil (18,2%).

Las emisiones de NOx en España han aumentado a lo largo del periodo 1990-2005, situándose, exceptuando las de origen natural, en este último año en 1.525 kt. Este incremento hace peligrar el cumplimiento del techo nacional de emisiones de NOx establecido para España en 847 kt para el año 2010 (Figura 2.6).

Figura 2.6. Evolución de las emisiones totales de NOx en España (kt/año) (*). 1990-2005.



(*) Exceptuando las emisiones de origen natural

• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007*

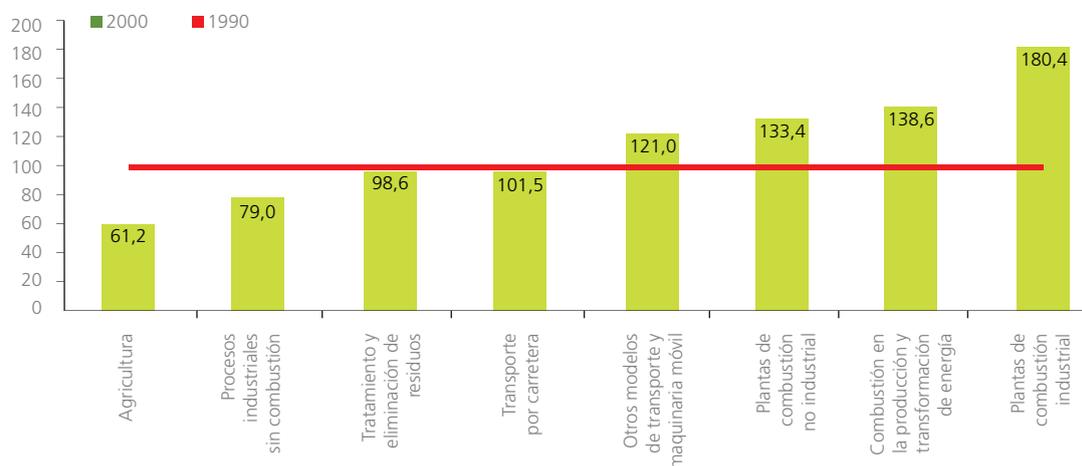
Entre 1990 y 2005, el sector de combustión industrial ha experimentado el mayor crecimiento de las emisiones de NOx (80,4%) (Figura 2.7). Resulta especialmente dramática la evolución de las emisiones debidas a las calderas de combustión industrial, turbinas de gas y motores estacionarios, que han aumentado en 143.255 t en 15 años.

Las actividades de combustión en la producción y transformación de energía, las plantas de combustión no industrial y otros modos de transporte y maquinaria móvil

han aumentado de forma importante sus emisiones entre 1990 y 2005 (en un 38,6%, 33,4% y 21,0%, respectivamente). El crecimiento de las emisiones debidas al tráfico por carretera ha sido moderado, de sólo un 1,5%, a pesar de que la circulación se ha intensificado fuertemente (Figura 2.7).

El resto de las actividades ha reducido sus emisiones, destacando el sector agrícola, con una reducción del 38,8% (Figura 2.7).

Figura 2.7. Evolución de las emisiones de NOx en España en las principales fuentes productoras. Índice año base (1990) = 100. 1990-2005.



• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007*

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

El NO₂ del aire de las ciudades proviene en su mayor parte de la oxidación del NO, cuya fuente principal son las emisiones provocadas por los automóviles. El NO₂ constituye pues un buen indicador de la contaminación debida al tráfico rodado.

Por otro lado, el NO₂ interviene en diversas reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera, dando lugar tanto a ozono troposférico como partículas en suspensión secundarias menores de 2,5 micras (PM_{2,5}), las más dañinas para la salud.

Por tanto, al considerar los efectos del NO₂ sobre la salud se deben tener en cuenta no solo sus efectos directos, sino también su condición de marcador de la contaminación debida al tráfico y su condición de precursor de otros contaminantes.

Los óxidos de nitrógeno son en general muy reactivos y al inhalarse afectan al tracto respiratorio. El NO₂ afecta a los tramos más profundos de los pulmones, inhibiendo algunas de sus funciones, como la respuesta inmunológica, produciendo una merma de la resistencia a las infecciones.

Los niños y asmáticos son los más afectados por exposición a concentraciones agudas de NO₂. Asimismo, la exposición crónica a bajas concentraciones de NO₂ se ha asociado con un aumento de las enfermedades respiratorias crónicas, el envejecimiento prematuro del pulmón y con la disminución de su capacidad funcional.

Material particulado (PM)

El término "partículas en suspensión" abarca un amplio espectro de sustancias orgánicas e inorgánicas, dispersas en

el aire procedentes de fuentes naturales y artificiales. A diferencia de otros contaminantes, las partículas son emitidas por una gran variedad de fuentes, en función de las cuales varían sus propiedades físicas (tamaño, densidad, superficie específica, etc.), y su composición química. Las partículas primarias son vertidas directamente a la atmósfera desde la fuente de emisión, mientras que las secundarias se originan a partir de las emisiones de los precursores gaseosos.

La combustión de carburantes fósiles generada por el tráfico (una de las principales fuentes de contaminación por partículas en las ciudades), puede producir diversos tipos de partículas:

- Partículas grandes, por la liberación de materiales inquemados (cenizas volátiles).
- Partículas finas, formadas por la condensación de materiales vaporizados durante la combustión.
- Partículas secundarias, mediante reacciones atmosféricas de contaminantes desprendidos como gases. Los principales componentes de las partículas secundarias antropogénicas son los sulfatos, los nitratos y los aerosoles orgánicos secundarios.

En relación con sus efectos sobre la salud se suelen distinguir:

- PM₁₀, partículas "torácicas" menores de 10 µm que pueden penetrar hasta las vías respiratorias bajas.
- PM_{2,5}, partículas "respirables" menores de 2,5 µm, que pueden penetrar hasta las zonas de intercambio de gases del pulmón.
- Partículas ultrafinas, menores de 100 nm, que pueden llegar a pasar por el torrente circulatorio.

El indicador utilizado para este contaminante es la concentración media anual de partículas en suspensión menores de

10 μm (PM_{10}), y el número de días al año en que se supera la concentración de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en cada uno de los municipios españoles considerados. Los datos obtenidos se comparan con los límites que han entrado en vigor en 2005 y que se concretan en que el valor de la concentración media anual no supere los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y que el número de días al año en que se sobrepasan los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sea igual o inferior a 35.

Las partículas de origen antropogénico se emiten fundamentalmente en las zonas urbanas e industriales, siendo el tráfico la principal fuente en el ámbito urbano. La combustión de los combustibles fósiles —especialmente el carbón— constituye la principal fuente en el ámbito industrial, aunque también contribuyen de manera importante a estas emisiones determinadas actividades de la construcción, la minería, la fabricación de cerámicas o cementos y el transporte de materiales. Por último, en el ámbito agrícola se producen emisiones significativas debido al movimiento de tierras, las emisiones de residuos biológicos y la quema de biomasa.

El tamaño de las partículas es uno de los factores que tiene mayor incidencia en su peligrosidad. El rango de las partículas finas, de diámetro inferior a $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$), es el que presenta los efectos más adversos sobre la salud y corresponde principalmente a las partículas de origen antropogénico.

Por ello, la tendencia actual es la de definir nuevos estándares de calidad del aire en función de este tamaño de partículas.

En la actualidad los científicos consideran que las partículas en suspensión son el problema de contaminación ambiental más severo, por sus graves afecciones al tracto respiratorio y al pulmón. Las PM_{10} están detrás de numerosas enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares, y cánceres de pulmón. Por otro lado, los estudios sobre efecto a largo plazo han estimado que la exposición a partículas en suspensión puede reducir la esperanza de vida entre varios meses y dos años. Según un estudio de la Comisión Europea, publicado a comienzos de 2005, la presencia de estas partículas en la atmósfera produce cada año 288.000 muertes prematuras. Otro estudio de la Organización Mundial de la Salud (OMS), publicado en 2004 afirma que la exposición a las partículas en suspensión es la causa de la muerte prematura de 13.000 niños de entre uno y cuatro años de edad, cada año.

Ozono troposférico (O_3)

El ozono es un contaminante secundario que se forma en la atmósfera mediante reacciones complejas entre determinados compuestos, denominados precursores del ozono. Los principales precursores son los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), el monóxido de carbono (CO) y, en menor medida, el metano (CH_4).

El indicador utilizado para este contaminante es el número de días al año en que se supera la concentración de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 en cada uno de los municipios españoles considerados. Los datos obtenidos se comparan con el

valor objetivo de protección de la salud humana que entrará en vigor en 2010 y que consiste en que no se sobrepase dicha concentración en más de 25 días al año.

El ozono troposférico es un potente oxidante que provoca problemas respiratorios en la población y agudiza los procesos asmáticos. En la vegetación provoca daños, como lesiones foliares y disminución de los rendimientos de las cosechas. Y en ciertos materiales puede producir daños o corrosión.

A elevadas concentraciones causa irritación en los ojos, superficies mucosas y pulmones. La respuesta a la exposición al ozono puede variar mucho entre individuos por razones genéticas, edad (afecta más a las personas mayores, cuyos mecanismos reparativos antioxidantes son menos activos), y por la presencia de afecciones respiratorias como alergias y asma, cuyos síntomas son exacerbados por el ozono. Un importante factor que condiciona los efectos de la exposición al ozono sobre los pulmones es la tasa de ventilación. Al aumentar el ritmo de la respiración aumenta el ozono que entra en los pulmones, por lo que sus efectos nocivos se incrementan con el ejercicio físico. Diversos estudios relacionan el ozono con inflamaciones de pulmón, síntomas respiratorios, incremento en la medicación, morbilidad y mortalidad.

Al formarse mediante un proceso fotoquímico, las mayores concentraciones de este contaminante se producen en verano. Esta molécula, altamente reactiva, tiende a descomponerse en las zonas en las que existe una alta concentración de NO . Esto explica porqué su presencia en el centro de las grandes ciudades suele ser más baja que en los cinturones metropolitanos y en las áreas rurales circundantes.

El ozono se ve con frecuencia implicado en fenómenos de transporte atmosférico a grandes distancias, por lo que es considerado un problema de contaminación transfronteriza.

COVNM y Metano (CH_4)

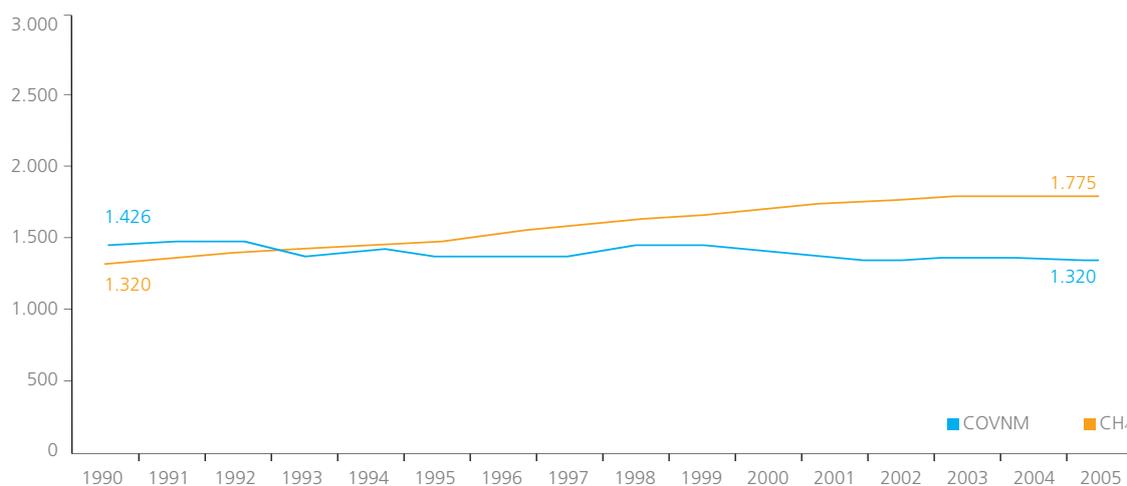
El término compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVNM) agrupa numerosos compuestos del carbono, concretamente a todos los hidrocarburos cuyos átomos de hidrógeno han sido sustituidos en parte o en su totalidad por otros átomos (como azufre, oxígeno, halógenos, nitrógeno, etc.) y que son volátiles en condiciones ambientales. Se excluyen el CO , CO_2 , CH_4 y las sustancias que agotan la capa de ozono. Las fuentes naturales (vegetación, principalmente), son las más importantes. Entre las fuentes antropogénicas destacan la combustión incompleta de los combustibles fósiles, el uso de disolventes orgánicos (barnices, pinturas, pegamentos, desengrasantes, etc), la industria química, el refinado de petróleo, el almacenamiento y distribución de combustibles y las explotaciones agrícolas y ganaderas.

El metano (CH_4) es el hidrocarburo más abundante en la atmósfera. En ella se oxida y da lugar a CO_2 y vapor de agua, dos gases de efecto invernadero. Las fuentes antropogénicas de emisión más relevantes son las explotaciones

ganaderas, determinados cultivos (como el de arroz) y las actividades de tratamiento y eliminación de residuos. Los COVNM y el CH₄ han tenido un comportamiento dispar

durante el periodo 1990-2005. Las emisiones de metano han aumentado algo más del 34%, mientras que las de COVNM se han reducido en un 7% (Figura 2.8).

Figura 2.8. Evolución de las emisiones totales de COVNM y CH₄ en España (kt/año) (*). 1990-2005.



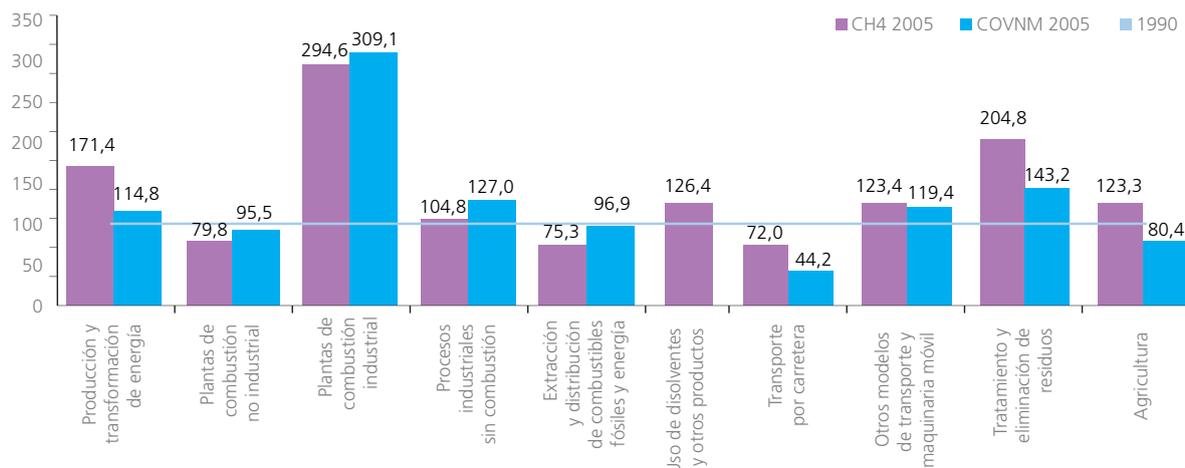
(*). Excepcionalmente emisiones de origen natural.

• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

La Directiva 2001/81/CE establece el techo nacional de emisiones de COVNM en 662 kt, excluyendo las emisiones procedentes de fuentes naturales. Aunque se aprecia una estabilización de las emisiones desde 1990, parece difícil que se reduzcan las emisiones actuales hasta este valor para el año 2010.

En las plantas de combustión industrial se ha producido el mayor incremento de emisiones tanto de COVNM como de CH₄, situación que también se ha dado en los sectores de tratamiento y eliminación de residuos y energético. Por el contrario, el transporte por carretera y la combustión no industrial han logrado reducir de forma conjunta la emisión de los dos contaminantes (Figura 2.9).

Figura 2.9. Evolución de las emisiones de CONMV y CH₄ en España en las principales fuentes productoras (Unidad: Adimensional. Índice año base (1990) = 100). 1990-2005.



• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es, después del CO₂, el contaminante del aire más frecuente en términos de concentración absoluta. Se genera fundamentalmente en los procesos de combustión incompleta, cuando el carbono presente en el combustible se oxida parcialmente, en lugar de oxidarse por completo, y formar dióxido de carbono (CO₂).

El indicador utilizado para este contaminante es el número de días al año en que se supera la concentración de 10 mg/m³ de CO en cada uno de los municipios españoles considerados. Los datos obtenidos se comparan con el valor límite que entró en vigor en 2005 y que consiste en que no se sobrepase dicha concentración ningún día al año.

El CO afecta a la salud humana por su capacidad de combinarse con la hemoglobina de la sangre para formar carboxihemoglobina, sustancia que reduce la capacidad de la sangre para transportar el oxígeno. A concentraciones elevadas puede llegar a ser letal. Es precursor de la formación de ozono y contribuye al calentamiento global del planeta.

El transporte por carretera (43,5%), las plantas de combustión no industrial (21,1%) y los procesos industriales sin combustión (17,8%) son las principales actividades generadoras de este contaminante.

Las emisiones de CO han disminuido sensiblemente en España, concretamente un 37% durante el periodo 1990-2005 (Figura 2.10).

Figura 2.10. Evolución de las emisiones totales de CO en España (kt/año) (*). 1990-2005.



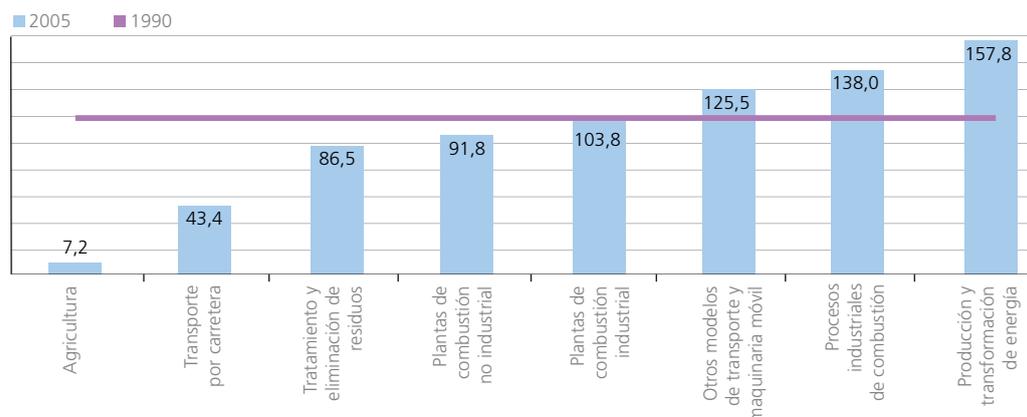
(*) Exceptuando emisiones de origen natural.

• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

Esta reducción global ha sido posible gracias a las mejoras introducidas en el sector de la automoción (catalizadores de tres vías, etc.), de tal forma que las emisiones debidas al transporte por carretera se han reducido en un 57% a lo largo del periodo 1990-2005. La agricultura, el

tratamiento y eliminación de residuos y las calderas de uso doméstico y comercial han conseguido también reducir sus emisiones de CO, no así los procesos industriales (con combustión y sin ella), la producción de energía y los otros modos de transporte (Figura 2.11).

Figura 2.11. Evolución de las emisiones de CO en España en las principales fuentes productoras (Unidad: Adimensional. Índice año base (1990) = 100). 1990-2005.



• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

2.2.3. Valores límite y objetivo de la calidad del aire

Los objetivos de la calidad del aire para las concentraciones de contaminantes con el fin de proteger la salud se establecieron en las directivas de la UE sobre la calidad del aire (92/72/CEE, 96/62/CE, 99/30/CE, 2000/69/CE y 2002/3CE), así como en las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la calidad del aire (OMS, 2000). A través de las directivas de la UE y del Convenio sobre contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia (CLRTAP) de la CEPE, se han establecido objetivos de calidad del aire y de deposición de compuestos acidificantes y eutrofizantes para proteger los ecosistemas. El CLRTAP y la UE también han fijado recientemente unos

objetivos de reducción de emisiones a través de la Directiva 2001/81/CE sobre límites nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos (CE, 2001).

Aún no se han establecido directrices ni valores límite para la protección de los materiales, pero éstos se benefician de los fijados para el SO₂ y para el ozono con el fin de proteger la salud y los ecosistemas.

La tabla 2.1 muestra un panorama general de los diversos valores límite/objetivo de contaminación atmosférica para la protección de la salud.

■ **Tabla 2.1.** Valores límite³ y objetivo de contaminación atmosférica

Compuesto	Valor límite/ objetivo/ umbral de alerta	Concentración	Nº superaciones máximas (más de)	Año de aplicación
PM ₁₀ (nivel 1)	Media anual	40 µg/m ³	35 días/año	2005
	Media diaria	50 µg/m ³		
PM ₁₀ (nivel 2)	Media anual	20 µg/m ³	Indicativo	2010
	Media diaria	50 µg/m ³	Indicativo; 7 días/año	
SO ₂	Media diaria	125 µg/m ³	3 días/año	2005
	Media horaria	350 µg/m ³	24 horas/año	
	Umbral de alerta (3 horas consecutivas en área representativa de 100 Km. o zona de aglomeración entera)	500 µg/m ³		
NO ₂	Media anual	40 µg/m ³	18 horas/año	2010
	Media horaria	200 µg/m ³		
Pb	Media anual	0,5 µg/m ³		2005
CO	Media octohoraria	10 mg/m ³		2005
C ₆ H ₆	Media anual	5 µg/m ³		2010
CO ₂	Media octohoraria	120 µg/m ³	25 días/año	2010
	Umbral de información	180 µg/m ³		En vigor
	Umbral de alerta	240 µg/m ³		En vigor

• Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2007.

Estos contaminantes no son tratados en este informe a pesar de su importancia para la calidad del aire de las ciudades.

Calidad del aire
en las ciudades **españolas**

3

Calidad del aire en las ciudades españolas

En este capítulo se evalúa la calidad del aire en las ciudades en función de la superación o no de los límites legales establecidos. Los contaminantes considerados son los identificados como más relevantes en las zonas urbanas: dióxido de azufre (SO_2), partículas (PM_{10}), dióxido de nitrógeno (NO_2) y ozono (O_3).

Los datos utilizados provienen de la Base de Datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente que recoge los datos de las estaciones de las redes de vigilancia y control de la contaminación atmosférica validados por las Comunidades Autónomas (CCAA).

Solo se han utilizado los datos de estaciones con más del 85% de cobertura de datos anuales para el cálculo del número de horas o días en los que se supera una determinada concentración establecida como límite u objetivo para la salud humana por la legislación vigente, o los de las estaciones con más del 50% de cobertura para calcular los promedios anuales de cada municipio para los que también existen valores límite.

La representatividad de los datos de las estaciones de medición varía según su ubicación con respecto al flujo del tráfico, principal emisor de contaminantes en el medio urbano, por lo que la comparabilidad de los datos entre ciudades o incluso entre distintos años para una misma ciudad en el caso de cambios de ubicación es limitada.

En este capítulo se analizan los datos disponibles para el periodo 2001-2005 por ser el periodo en el que el número de estaciones así como su distribución espacial en las distintas CCAA es más homogéneo, lo que permite hacer un análisis más coherente, aunque en el Anexo I se recogen los datos para el periodo 1995-2005.

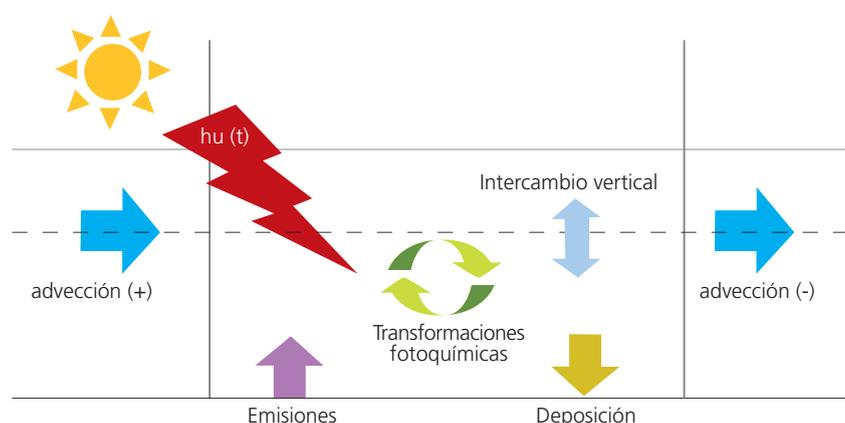
Además de evaluar la calidad del aire en las ciudades en función de la superación o no de los límites establecidos, se ha hecho un ejercicio de aproximación estimativa en cuanto a la población expuesta mediante la aplicación de modelos matemáticos del Grupo de Modelo y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (GMSMA-FI-UPM).

3.1. Situación general

La calidad del aire en un territorio determinado viene dada por la distribución geográfica de las fuentes de emisión, las cantidades de contaminantes emitidas, los procesos físico-químicos que se producen en la atmósfera y la climatología y la orografía, que condicionan enormemente los procesos de dispersión y transporte.

En general, las concentraciones de cualquier contaminante en un punto de la superficie responden en cada momento al balance entre diferentes procesos de aporte y eliminación de los contaminantes implicados.

Figura 3.1. Factores que determinan las concentraciones de contaminantes sobre la superficie.



Fuente: Optimización de redes, campañas experimentales e interpretación de datos. V Seminario de Calidad del Aire en España.

Entre los procesos de aporte se cuentan las emisiones primarias desde fuentes naturales y antropogénicas, la formación in situ de compuestos secundarios como resultado de las transformaciones químicas que tienen lugar en la atmósfera (muchas de ellas activadas por la energía de la radiación solar), y el aporte de contaminantes desde áreas vecinas.

En cuanto a los procesos de eliminación o destrucción, los más importantes son las reacciones químicas, que implican la formación de compuestos secundarios a partir de otros compuestos primarios y secundarios que desaparecen, los procesos de deposición seca y húmeda sobre la superficie, y el transporte de contaminantes provocado por los movimientos atmosféricos, tanto en la dimensión horizontal (advección), como en la vertical (turbulencia mecánica y/o convectiva, e inyección/trans-

porte vertical por interacción entre masas aéreas o por forzamiento orográfico).

Las concentraciones además pueden variar como respuesta a cambios en la profundidad de la capa de mezcla (la capa de la atmósfera en contacto con la superficie donde la turbulencia térmica y mecánica inducida por este contacto mantiene la composición del aire relativamente homogénea). La reducción de esta altura de la capa de mezcla, como ocurre bajo situaciones de inversión térmica, puede incrementar significativamente las concentraciones al reducir el volumen de mezcla.

En aglomeraciones urbanas hay que considerar también el diseño de las ciudades, que puede tener una gran influencia en la dispersión. Por ejemplo, en las zonas antiguas de las ciudades, caracterizadas por calles estrechas,

La calidad del aire en un territorio determinado viene dada por la distribución geográfica de las fuentes de emisión, las cantidades de contaminantes emitidas, los procesos físico-químicos que se producen en la atmósfera y la climatología y la orografía, que condicionan los procesos de dispersión y transporte.

3.1 SITUACIÓN GENERAL

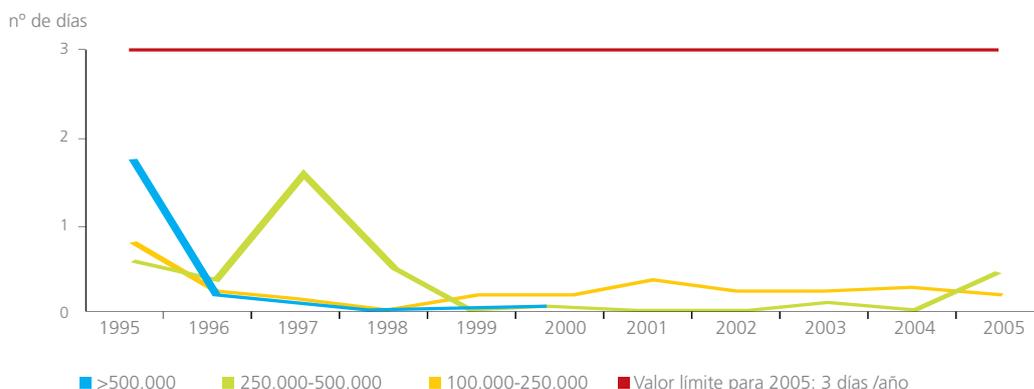
esta dispersión puede estar restringida, por lo que los niveles de concentración de contaminantes pueden ser elevados a pesar de que no se produzcan en estas zonas las emisiones más importantes.

La calidad del aire en las ciudades en España dista mucho de ser satisfactoria. Hay que hacer notar que ésta ha mejorado en términos absolutos. Las causas de esta mejora son una reglamentación más estricta, una gran salida de las industrias de las ciudades y otras mejoras técnicas. Sin embargo, no todas las mejoras técnicas han conducido a una mejor calidad del aire, un ejemplo claro es el de los motores diesel, que aunque más eficientes, son más contaminantes en cuanto a partículas. En todo caso, el aumento de los volúmenes de tráfico rodado ha sido tan

alto que sus efectos han neutralizado en gran parte la efectividad de las mejoras técnicas y la nueva normativa.

La situación de la calidad del aire, en lo que se refiere a la concentración de dióxido de azufre (SO₂), ha evolucionado muy positivamente en España y la tendencia es hacia una continua disminución de las emisiones de SO₂. La principal medida que ha contribuido a este descenso ha sido la sustitución y mejora de la calidad de los combustibles empleados en la industria, el transporte y, sobre todo, la producción de energía. Sin embargo, quedan puntos en nuestra geografía próximos a grandes instalaciones de combustión, con niveles de contaminación que superan los límites previstos por la legislación y de obligado cumplimiento desde 2005 (Figura 3.2).

Figura 3.2. Nº de días en que se supera la concentración de 125 µg/m³ de SO₂ en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



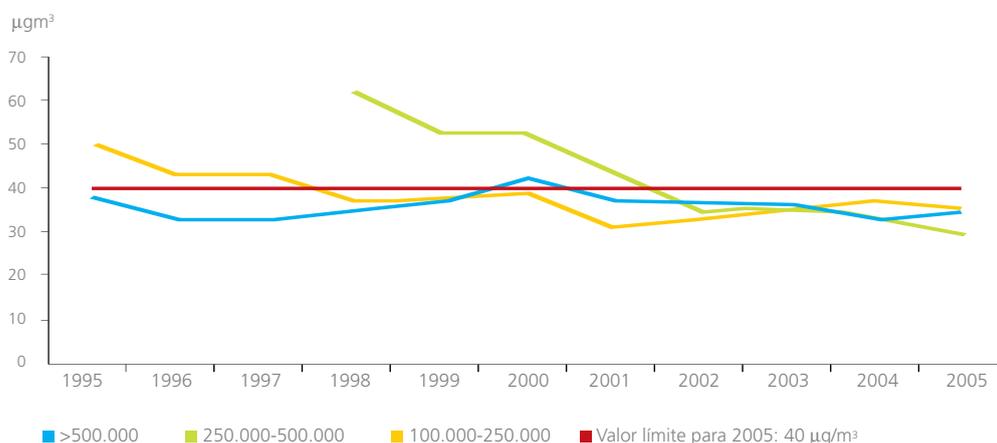
Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

La situación respecto a las partículas (PM₁₀), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el ozono (O₃) es preocupante. En las partículas finas (PM₁₀), se puede apreciar una ligera tendencia a la disminución de los niveles máximos obtenidos, aunque los valores no son concluyentes ni permiten asegurar un cumplimiento generalizado de los valores límite a corto plazo (2005) (Figura 3.3).

Considerando el límite de días en que se puede superar el valor máximo permitido y que se resume en no superar una concentración de 50 µg/m³ en más de 35 días, la tendencia general es la de rebasar los límites impuestos para 2005, lo que anticipa la imposibilidad práctica de su cumplimiento en gran parte de las poblaciones analizadas (Figura 3.4).

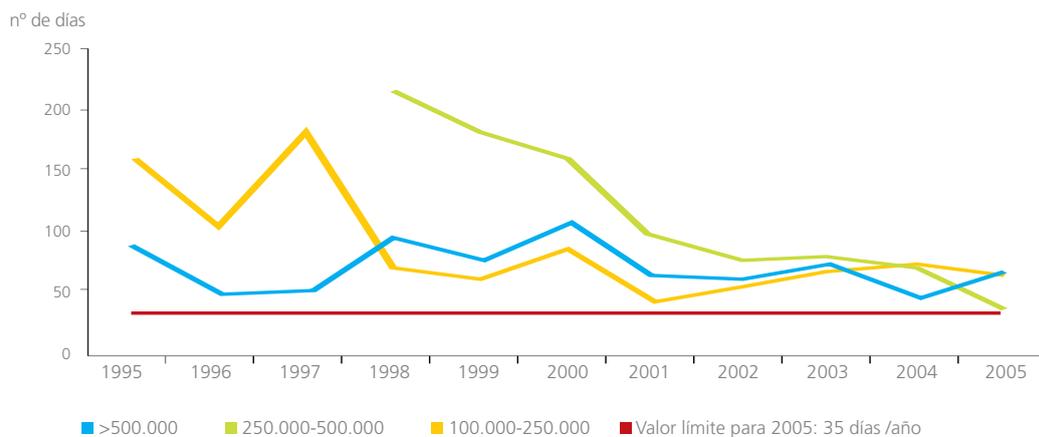
La calidad del aire en las ciudades en España dista mucho de ser satisfactoria. Hay que hacer notar que ésta ha mejorado en términos absolutos.

Figura 3.3. Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Figura 3.4. Nº de días en que se supera la concentración de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas (PM_{10}) en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

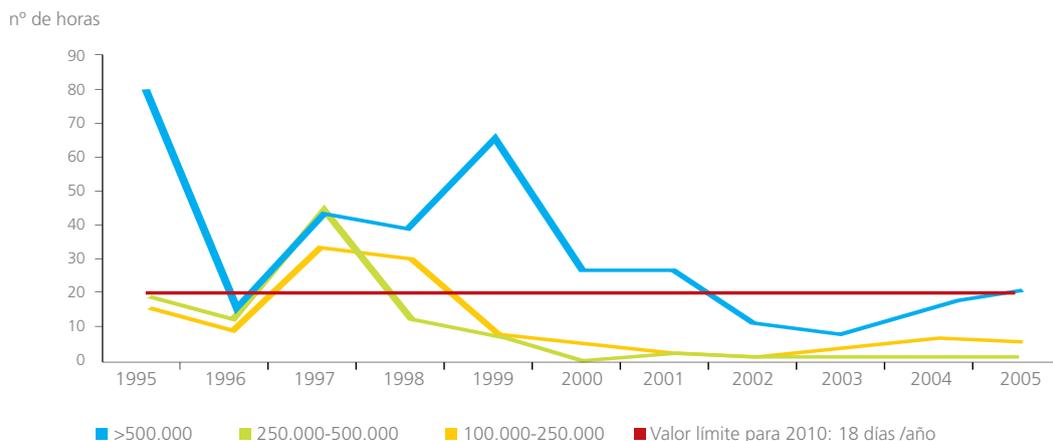
La situación respecto a las partículas (PM_{10}), el dióxido de nitrógeno (NO_2) y el ozono (O_3) es preocupante. En las partículas finas (PM_{10}), se puede apreciar una ligera tendencia a la disminución de los niveles máximos obtenidos, aunque los valores no son concluyentes ni permiten asegurar un cumplimiento generalizado de los valores límite a corto plazo (2005).

3.1 SITUACIÓN GENERAL

En cuanto al número de horas en que se supera la concentración de 200 µg/m³ de NO₂ en los municipios españoles, se puede apreciar una ligera tendencia a la disminución de los niveles máximos obtenidos entre 1995-2003. Desde 2003 se observa una tendencia al alza en

municipios entre 100.000 y 250.000 y en los mayores de 500.000 habitantes, rebasando en este último caso, y para el año 2005, el valor límite que entrará en vigor en el año 2010 (Figura 3.5).

Figura 3.5. N° de horas en que se supera la concentración de 200 µg/m³ de NO₂ en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.

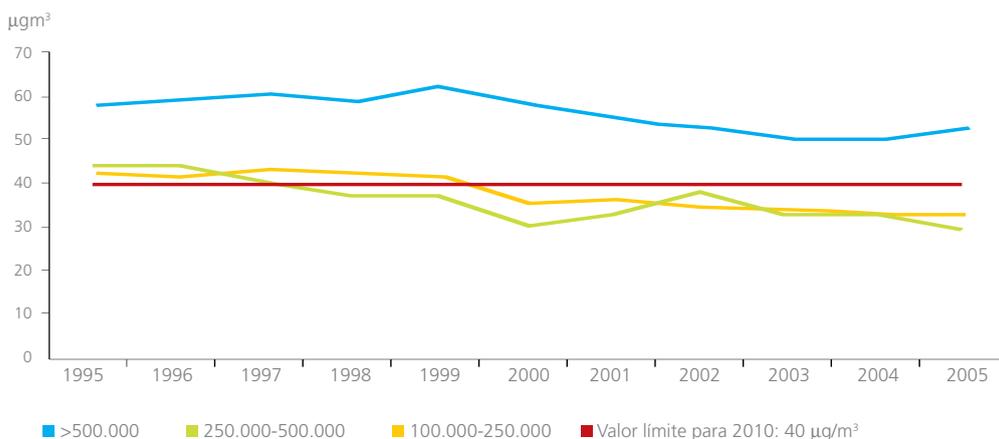


Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

El principal problema que se plantea en relación con el NO₂ es la superación del valor límite de concentración media anual para la protección de la salud humana (40 µg/m³) que entrará en vigor en el año 2010. Analizando

los datos por tamaño de municipio, se observa que todas las ciudades con más de 500.000 habitantes superaron el valor límite (Figura 3.6).

Figura 3.6. Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, 40 µg/m³ de NO₂, en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.

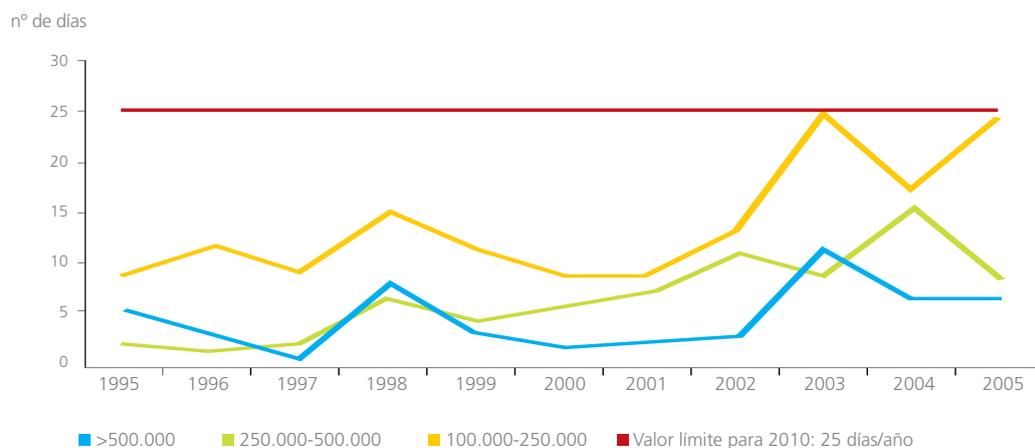


Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

La situación general en cuanto al ozono es preocupante, aunque los niveles de concentración de ozono no suelen ser muy altos en las ciudades, lo contrario ocurre en la periferia y en zonas más alejadas. Las condiciones climáticas de España, especialmente durante el verano, favorecen su formación en las capas bajas de la atmósfera a

partir de otros contaminantes y la información disponible refleja, en todos los tramos de población analizados, un progresivo aumento del número de días en que se supera el valor objetivo de protección de la salud humana de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, previsto para el año 2010 (Figura 3.7).

Figura 3.7. N° de días en que se supera la concentración octohoraria de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.

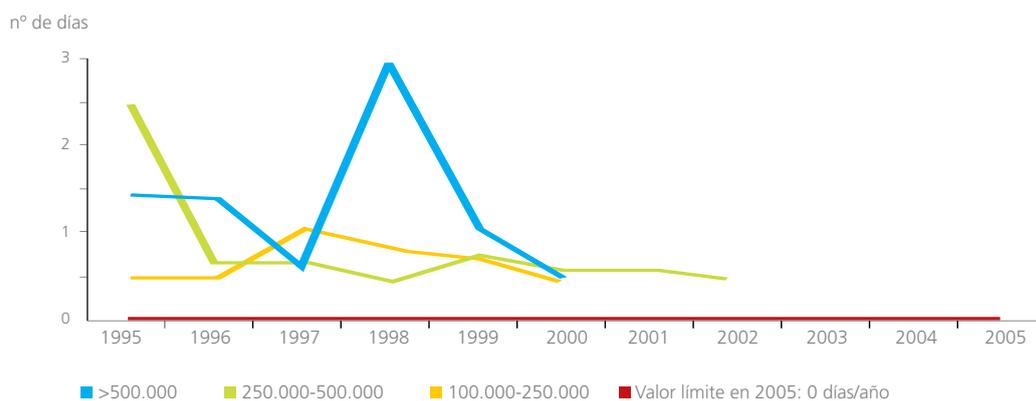


Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

La presencia de monóxido de carbono (CO) en el aire de nuestras ciudades se ha ido reduciendo en los últimos años. Así, desde el año 2002, en ninguna ciudad española se han producido superaciones del valor límite estable-

cido para el año 2005. Tan solo una ciudad entre 100.000 y 250.000 habitantes tuvo dos días de superación del CO en 2005 (Figura 3.8).

Figura 3.8. N° de días en que se supera la concentración de $10 \text{mg}/\text{m}^3$ de CO en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

3.2. Análisis por contaminantes

Los indicadores de algunos contaminantes reflejan que la situación y tendencia en materia de calidad del aire en muchas ciudades españolas no es satisfactoria y constituye una preocupación para la población por su incidencia sobre la salud. En cuanto a la evolución previsible para los distintos contaminantes en cada ciudad, ésta dependerá de previsiones en materia de planeamiento y desarrollos socioeconómicos en las ciudades y su entorno, aunque puede concluirse que en general se precisan medidas adicionales para mejorar la calidad del aire de las ciudades españolas y poder cumplir como mínimo, los valores de concentración límites y superaciones fijados a nivel comunitario.

A continuación se describe la situación en materia de calidad del aire durante el periodo 2001-2005, indicando las ciudades que superan los valores límite y objetivo para los contaminantes dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas (PM₁₀), dióxido de azufre (SO₂) y ozono (O₃).

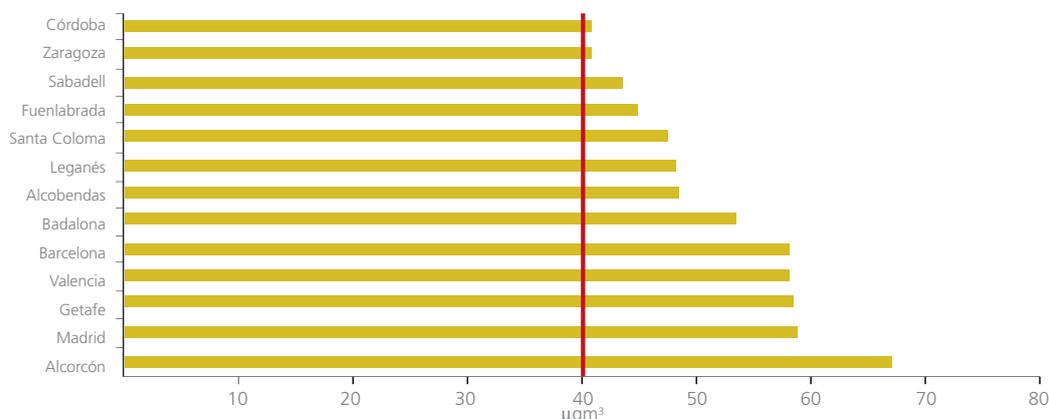
En primer lugar se analizan los datos para el año 2005 (último año con datos disponibles), y en segundo lugar, como valor indicativo, la media de las ciudades que en el periodo 2001-2005 han superado la normativa establecida.

Superaciones del valor límite de concentración media anual para el NO₂

El principal problema que se plantea en relación con el NO₂ es la superación del valor límite de concentración media anual para la protección de la salud humana (40 µg/m³) que entrará en vigor en el año 2010. En 2005, último año con datos disponibles, 13 ciudades presentaban concentraciones medias anuales superiores a este valor límite, encontrándose por encima de 55 µg/m³ Valencia, Barcelona, Getafe, Madrid y Alcorcón, cuya concentración media anual alcanzaba 67 µg/m³ (Figura 3.9).

Por tamaño de municipio, se observa que todas las ciudades con más de 500.000 habitantes superaron el valor límite, con la única excepción de Málaga y Sevilla. En las ciudades con tamaño intermedio (de 250.000 a 500.000 habitantes), solamente Córdoba supera esta concentración media anual. Por último, en 2005, 8 ciudades entre 100.000 y 250.000 habitantes tenían concentraciones por encima de los 40 µg/m³, cinco de las cuales pertenecen a la Comunidad de Madrid, y las tres restantes a Cataluña (Figura 3.9).

Figura 3.9. Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de NO₂. Año 2005.

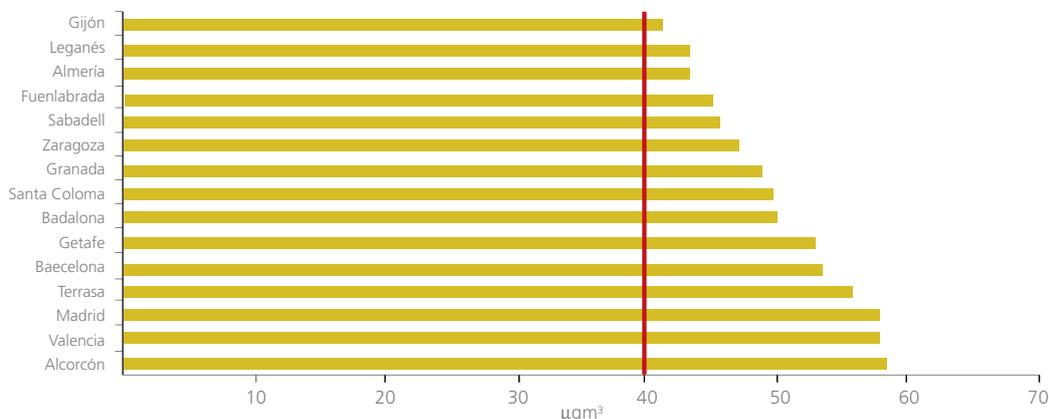


Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Durante el periodo 2001-2005 las ciudades de Granada, Almería y Gijón, a pesar de cumplir la normativa para el último año, desde 2001 a 2004 superaron el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³), y Terrassa, para la que solo se dispone de un dato en el año 2001, superó en más de 40 µg/m³ la concentración media anual de NO₂ (Figura 3.10).

Como valor indicativo, la media del periodo 2001-2005 indica que estas ciudades junto con las citadas en el año 2005 (Figura 3.9) superaron el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de NO₂ (Figura 3.10). Cabe destacar como excepción, Córdoba y el municipio de Alcobendas, que desde el año 2001 al 2004 se mantuvieron por debajo del valor límite establecido para 2010.

Figura 3.10. Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de NO_2 . Media 2001-2005



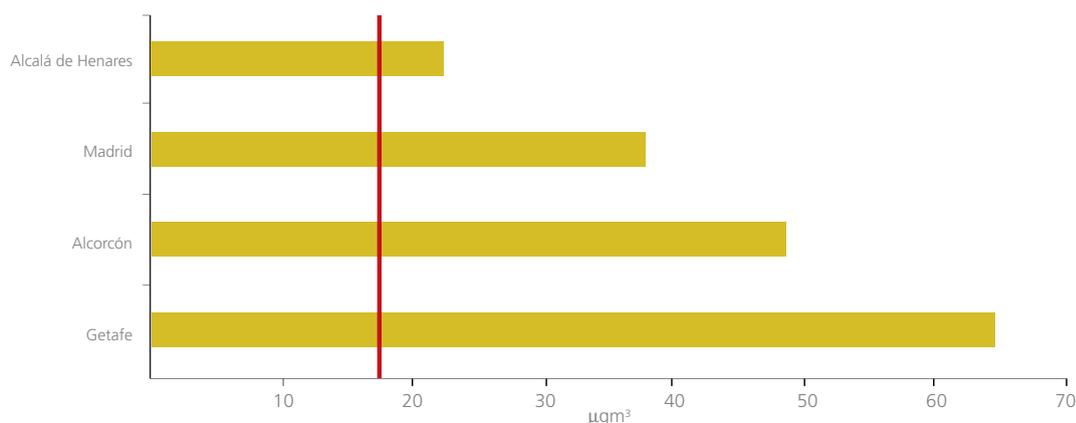
Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Superaciones del valor límite horario para el NO_2

En el año 2005, cuatro ciudades, todas ellas pertenecientes a la Comunidad de Madrid, superaron durante más de 18 horas/año la concentración de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor lími-

te que entrará en vigor para el 2010. Estas ciudades eran Getafe (64 horas/año), Alcorcón (48 horas/año), Alcalá de Henares (22 horas/año) todas ellas con un número de habitantes entre 100.000 y 250.000, y Madrid (38 horas/año), con más de tres millones de habitantes (Figura 3.11).

Figura 3.11. Municipios españoles que superan el valor límite horario (18 horas/año en que se superan $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de NO_2 . Año 2005.



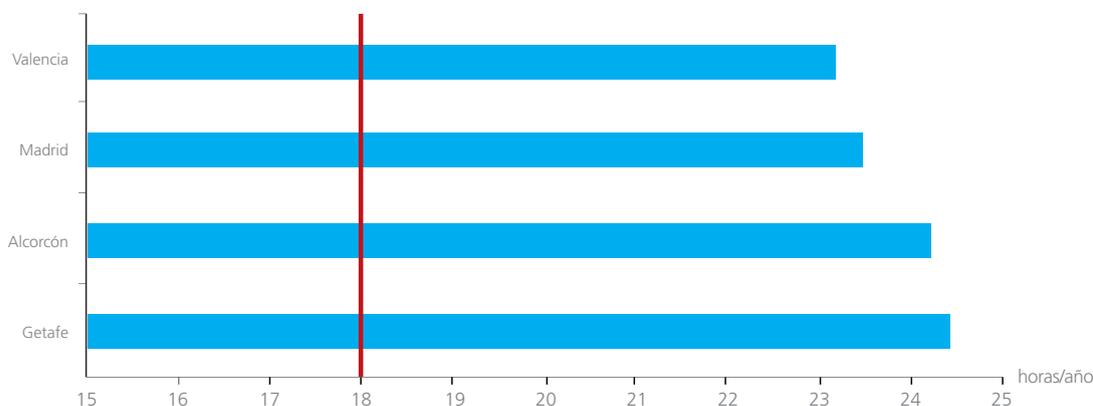
Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Analizando los datos del periodo 2001-2005 la media indica que también la ciudad de Valencia superó el valor límite horario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de NO_2 . Pues aunque en el año 2005 no superaba el valor límite establecido para 2010,

durante los años 2001 y 2002 se alcanzaron valores muy elevados (67 horas/año y 42 horas/año respectivamente) superando el valor límite establecido (18 horas/año) (Figura 3.12).

En el año 2005, cuatro ciudades, todas ellas pertenecientes a la Comunidad de Madrid, superaron durante más de 18 horas/año la concentración de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor límite que entrará en vigor para el 2010.

Figura 3.12. Municipios españoles que superan el valor límite horario (18 horas/año en que se superan 200 µg/m³) de NO₂. Media 2001-2005.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

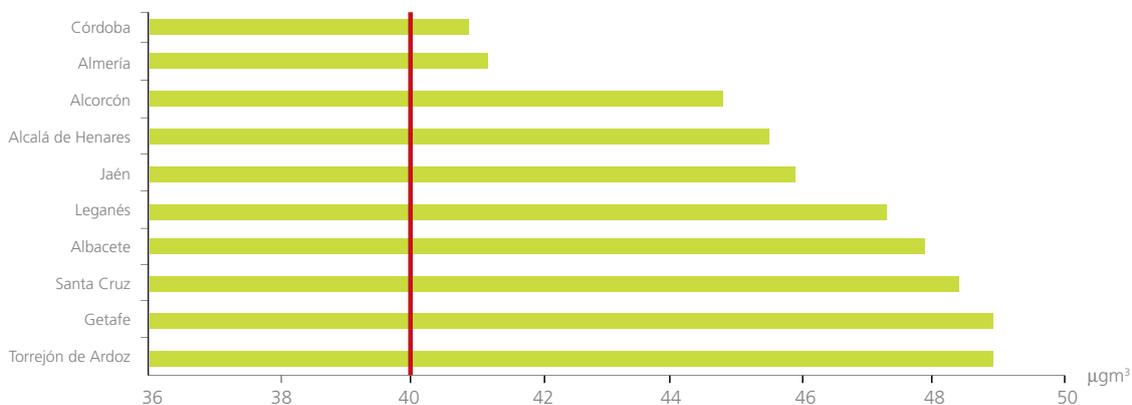
Superaciones del valor límite de concentración media anual para las PM₁₀

La contaminación por PM₁₀ es especialmente preocupante en España. Teniendo en cuenta el último dato disponible para el año 2005, el 21,7% de los municipios supera la concentración media anual establecida como límite a partir de 2005. Nada más y nada menos que el 75,7% incumple el límite diario vigente también a partir de 2005 y, el 32,4% ha alcanzado un valor por encima del doble

de los días establecidos como límite máximo.

Getafe con una concentración media anual de 49 µg/m³ y 142 superaciones del límite diario, es el municipio que presenta una peor situación, seguido de Torrejón de Ardoz (49 y 140), Albacete (48 y 134), Leganés (47 y 136), Alcalá de Henares (46 y 130), Jaén (46 y 125) y Alcorcón (45 y 124). Los valores más bajos se obtuvieron en Badajoz (17 y 7), Salamanca (21 y 5), Vitoria (22 y 14) y Pamplona (23 y 8) (Figura 3.13).

Figura 3.13. Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de PM₁₀. Año 2005



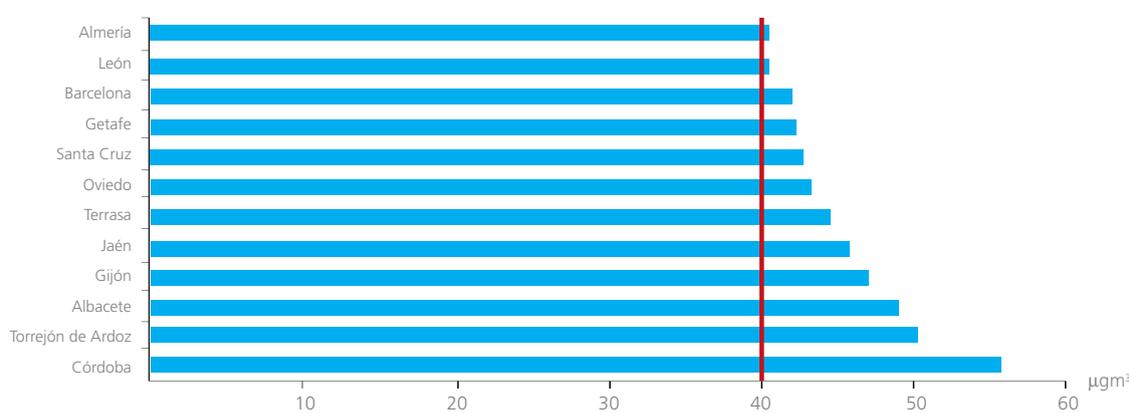
Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

La Comunidad Autónoma de Madrid es la que presenta mayor número de municipios que superan la concentración límite anual establecida para partículas, como Torrejón de Ardoz, Getafe, Leganés, Alcalá de Henares y Alcorcón.

Las ciudades de Gijón, Terrasa, Oviedo, Barcelona y León, junto con las citadas en el año 2005 en la figura 3.13, fueron el total de ciudades que superaron el valor límite de concentración media anual de PM₁₀ en la media del periodo analizado (Figura 3.14). Cabe destacar que aunque los

municipios de Leganés, Alcalá de Henares y Alcorcón rebasaron dicho límite en el año 2005, durante el periodo 2001-2003 la concentración media anual se mantuvo para todos los años por debajo del valor límite y por tanto también para la media del periodo 2001-2005.

Figura 3.14. Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de PM₁₀. Media 2001-2005.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

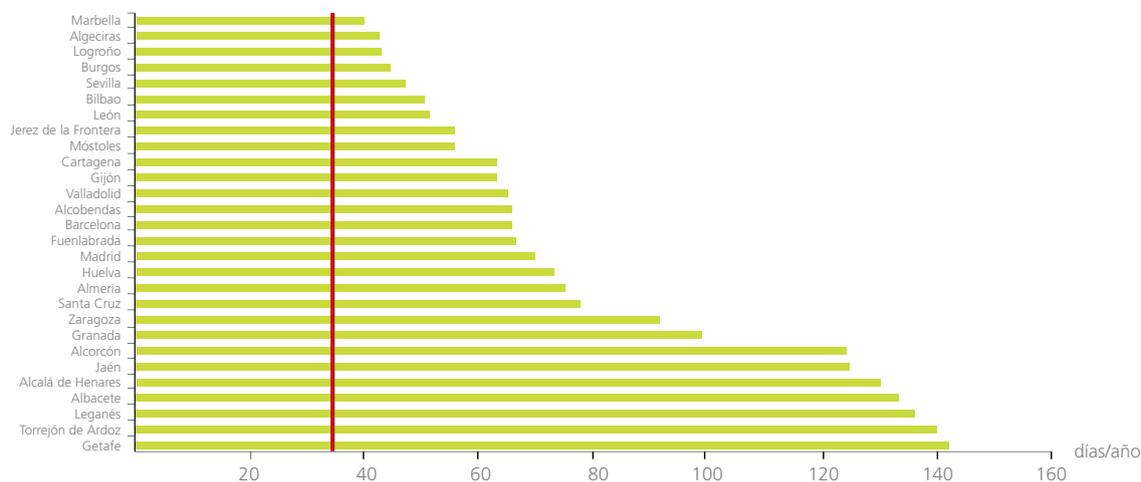
Superaciones del valor límite diario para las PM₁₀

La Comunidad Autónoma de Madrid es la que presenta mayor número de municipios que superan la concentración límite anual establecida para partículas, incluyendo Torrejón de Ardoz, Getafe, Leganés, Alcalá de Henares y Alcorcón. En cuanto al valor límite diario, son Comunidad de Madrid, Andalucía y Castilla y León las que presentan mayor número de municipios con incumplimientos, aunque también se registran en Aragón, Canarias, Cataluña, Principado de Asturias, Región de Murcia, País Vasco y La Rioja.

Por número de habitantes, Zaragoza, Sevilla, Barcelona y Madrid, que superan en todos los casos los 500.000 habitantes, registraron superaciones de los límites diarios. En Gijón, Valladolid y Bilbao, municipios con más de 250.000 habitantes, también se incumplieron los límites diarios. De los 31 municipios entre los 100.000 y los 250.000 habitantes de los que se dispone de datos para este contaminante, en 9 de ellos se superó la concentración límite anual y de los 28 municipios de los que se dispone datos para 2005, en 21 se superó el valor límite diario durante más de 35 días/año (Figura 3.15).

En cuanto al valor límite diario, son Comunidad de Madrid, Andalucía y Castilla y León las que presentan mayor número de municipios con incumplimientos, aunque también se registran en Aragón, Canarias, Cataluña, Principado de Asturias, Región de Murcia, País Vasco y La Rioja.

Figura 3.15. Municipios españoles que superan el valor límite diario (35 días/año en que se superan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM_{10} . Año 2005.

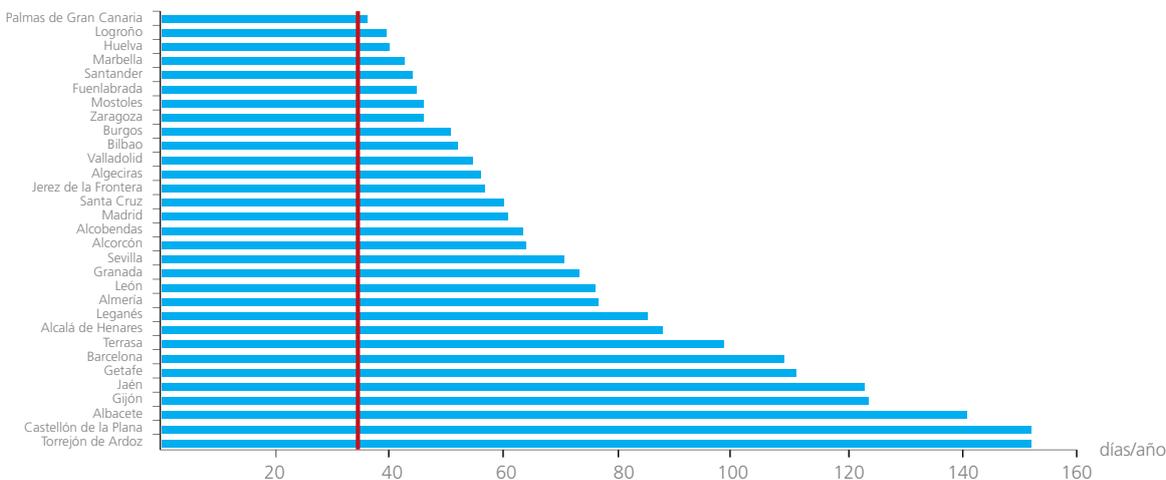


Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Durante el periodo 2001-2005 (Figura 3.16) se observa que la media de las ciudades que superan el valor límite diario de PM_{10} en más de 35 días/año son, junto con Castellón, Terrassa, Santander y Palmas de Gran Canaria

las mismas que refleja la figura 3.15 para el año 2005 (excepto Cartagena, que durante los años 2001 y 2002 no superó ningún día la concentración de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 3.16. Municipios españoles que superan el valor límite diario (35 días/año en que se superan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM_{10} . Media 2001-2005.



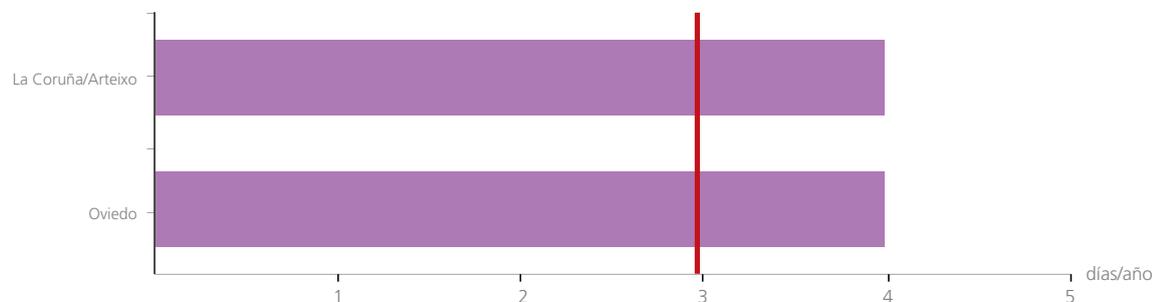
Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Superaciones del valor límite diario para el SO_2

En el caso del SO_2 , sólo en el entorno de Oviedo y La Coruña/Arteixo, se registraron concentraciones diarias

por encima de los $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 2005, número máximo permitido por la normativa y que entró en vigor en enero de 2005 (Figura 3.17).

Figura 3.17. Municipios españoles que superan el valor límite diario (3 días/año en que se superan $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de SO_2 . Año 2005.

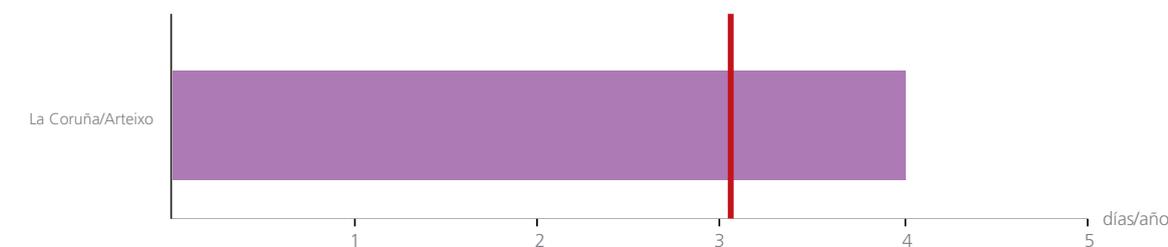


Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

En el periodo 2001-2005 la concentración de dióxido de azufre (SO_2) ha evolucionado muy positivamente en las ciudades españolas. Tan solo Oviedo ha estado superando el valor límite diario desde 2003 a 2005. La Coruña/Arteixo no presentaba estaciones, o bien ninguna de ellas había alcan-

zado el número suficiente de datos hasta 2005, año en que superó 4 días la concentración de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y razón por la que es la única ciudad que supera el valor límite en la media del periodo 2001-2005. Oviedo se situó en el valor límite diario (3 días/año) sin llegar a superarlo (Figura 3.18).

Figura 3.18. Municipios españoles que superan el valor límite diario (3 días/año en que se superan $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de SO_2 . Media 2001- 2005.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Superaciones del valor objetivo para el O_3

De los 47 municipios españoles de los que se dispone de datos para el O_3 en el año 2005, 16 registraron concentraciones medias octohorarias de ozono troposférico, máximas del día, por encima de los 25 días/año, siete de los cuales se encontraban en la Comunidad Autónoma de Andalucía, cuatro en la Comunidad de Madrid, dos en Castilla y León, uno en Castilla-La Mancha, La Rioja y

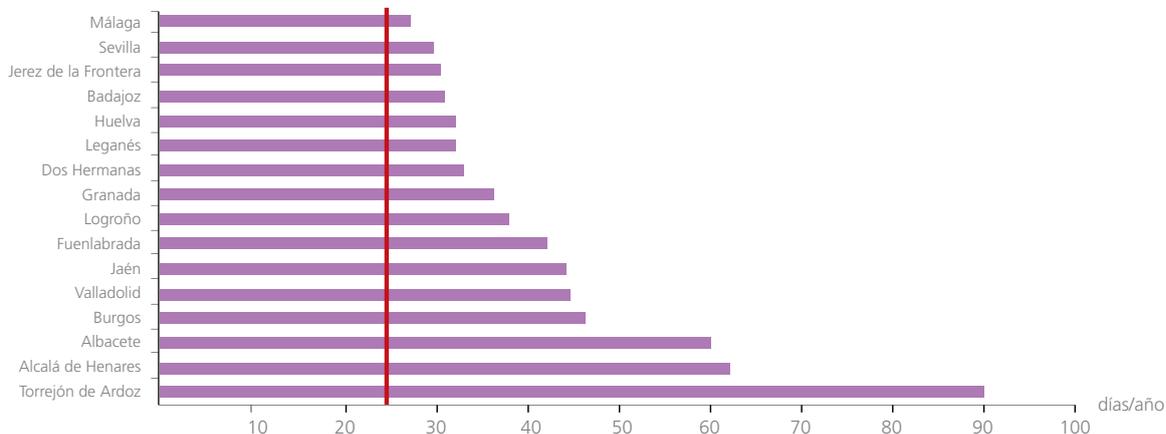
Extremadura. El caso más grave es el de Torrejón de Ardoz (Madrid), con 90 superaciones en 2005, seguido de Alcalá de Henares (62) y Albacete (60) (Figura 3.19).

De todas estas ciudades solo Sevilla y Málaga tienen más de 500.000 habitantes. El resto de los municipios, a excepción de Valladolid, que, de estar vigente, superarían el valor objetivo para 2010, se encuentran en la franja que va desde los 100.000 a los 250.000 habitantes.

De los 47 municipios españoles de los que se dispone de datos para el O_3 en el año 2005, 16 registraron concentraciones medias octohorarias de ozono troposférico, máximas del día, por encima de los 25 días/año, siete de los cuales se encontraban en la Comunidad Autónoma de Andalucía, cuatro en la Comunidad de Madrid, dos en Castilla y León, uno en Castilla-La Mancha, La Rioja y Extremadura.

3.2. ANÁLISIS POR CONTAMINANTES

Figura 3.19. Municipios españoles que superan el valor objetivo de la concentración media octohoraria (25 días/año en que se superan 120 µg/m³) de O₃. Año 2005.

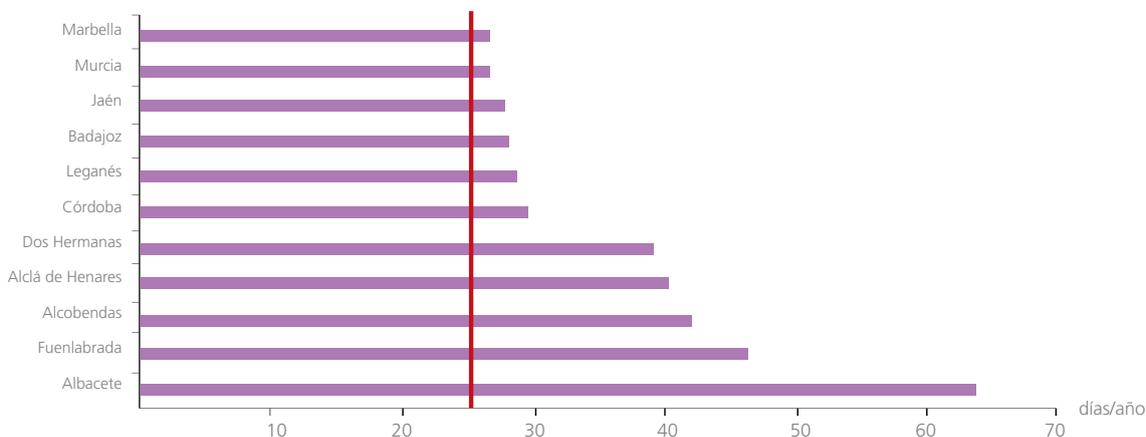


Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

Durante los años 2001 a 2005, de las 53 ciudades de las que se dispone de datos para el cálculo de la media del periodo, en relación a la superación del valor objetivo de la concentración media octohoraria del O₃, 11 son las ciudades que han superado dicho valor. Como se puede apreciar en la figura 3.20 muchas de las ciudades coinciden con las del año 2005 (Figura 3.19), excepto algunos municipios como Alcobendas, que aunque en el año 2005 no superó

el valor objetivo, sí lo hizo durante los años 2002 y 2003 llegando, en ese último año, a superar durante 91 días la concentración de 120 µg/m³ de O₃. En las ciudades de Córdoba y Murcia, aunque en el año 2005 no había dato (bien porque no había estaciones o si las había, ninguna de ellas alcanzó el número suficiente de datos), se superó el valor objetivo desde 2001 a 2004 en el primer caso, y en los años 2003 y 2004, en el segundo.

Figura 3.20. Municipios españoles que superan el valor objetivo de la concentración media octohoraria (25 días/año en que se superan 120 µg/m³) de O₃. Media 2001- 2005.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

La conclusión inmediata es que la disminución de las concentraciones de NO₂ y partículas en los núcleos urbanos españoles, especialmente los de mayor tamaño, y de ozono alrededor de las grandes ciudades, pasa ineludi-

blemente por la adopción de medidas relacionadas con la gestión del tráfico urbano, el desarrollo urbanístico y el fomento del transporte público. Pues la calidad del aire en el medio urbano está cada vez más ligada al tráfico.

3.3. Análisis de las ciudades

A continuación se presentan por CCAA los datos de mediciones de 56 ciudades con una población superior a 100.000 habitantes. Una vez más, el periodo de análisis corresponde a los años 2001-2005, por ser el periodo en el que el número de estaciones así como su distribución espacial en las distintas CCAA es más homogéneo y porque es a partir del año 2001 cuando se evalúa la calidad del aire de acuerdo a la nueva legislación marcada por la Directiva Marco (mucho más restrictiva).

Estos datos son los mejores disponibles actualmente para evaluar la calidad del aire en las ciudades españolas y su evolución temporal. Aunque existen más ciudades en España que tienen estaciones de calidad del aire, en este análisis solo se han recogido las que se encuentran en la Base de Datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente. Este análisis se podría mejorar en el futuro haciéndolo de una forma más exhaustiva y con series temporales más largas.

Los datos utilizados, como se indica en la introducción del capítulo, están referidos al promedio de los valores de las estaciones de medición con más del 85% de datos anuales (para el número de superaciones) o del 50% (para la concentración media anual) de cada municipio, y hacen referencia al número de ocasiones (horas o días) en los que se supera un determinado valor de concentración que ha sido establecido como límite u objetivo para la protección de la salud humana por la legislación vigente, o a la concentración media anual, para la que también se han definido valores límite u objetivo a escala estatal y comunitaria.

Los datos de medición presentan problemas importantes de interpretación puesto que se parte de valores obtenidos de una serie de estaciones distribuidas con criterios diferentes, pudiendo dar un valor no muy representativo y enmascarar diferencias importantes dentro del territorio considerado.

Con el objeto de una mayor simplificación para conocer el estado de la calidad del aire de cada ciudad, se ha adoptado el criterio de asignar a cada contaminante una de las tres categorías, según el nivel de contaminación:

- rebasen el valor límite/objetivo,
- que sean inferiores al valor límite/objetivo,
- que no haya estaciones, o bien ninguna de ellas haya alcanzado el número suficiente de datos.

El Ministerio de Medio Ambiente en las comunicaciones que realiza para la Comisión Europea realiza evaluaciones de la calidad del aire ambiente de acuerdo con la Directiva 1999/30/CE, relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y partículas, y con la Directiva 2002/3/CE relativa al ozono.

El criterio que se adopta para evaluar la calidad del aire en dichas aglomeraciones, es asignar a cada zona o aglomeración (áreas con una concentración de población de más de 250.000 habitantes, o con una densidad de habitantes por km² que justifique que la Administración competente evalúe y controle la calidad del aire ambiente) una de las tres categorías definidas según qué niveles de los contaminantes rebasen el valor límite/objetivo más el margen de tolerancia, estén comprendidos entre el valor límite/objetivo más el margen de tolerancia y el valor límite/objetivo o finalmente sean inferiores al valor límite/objetivo.

Aunque esta sea la forma de remitir la información por parte de los Estados miembros de la UE a la Comisión Europea para evaluar la calidad del aire en sus territorios, es necesario aclarar que en este informe no se presentan los resultados de la evaluación de la calidad del aire por aglomeraciones urbanas, sino los datos de medición por ciudades de las estaciones de las redes de vigilancia y control de la contaminación atmosférica validados por las CCAA. Pues como se indica en el capítulo 1, uno de los objetivos de este informe es poner a disposición del público en general una aproximación a la situación de la calidad del aire en las ciudades españolas.

3.3.1. Andalucía.

3.3.1.1. Algeciras

Entre los años 2001-2005 la evolución de la concentración media anual de los contaminantes de partículas (PM₁₀) solo se sitúa por encima del valor límite (40 µg/m³) en el año 2003.

En cuanto al número de superaciones de los valores límite diarios de PM₁₀ en el aire ambiente del municipio, existe una gran variabilidad entre los datos disponibles por lo que no es posible establecer tendencias. En todo caso, desde 2003 a 2005 el límite diario de 50 µg/m³ se superó durante más de 35 días/año.

ró durante más de 35 días/año.

En los años 2001-2005, las concentraciones medias anuales de NO₂ no superaron el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) para la protección de la salud humana que entrará en vigor en el año 2010. El número de superaciones de los valores límite horario se encuentran en todo momento por debajo de los máximos legales que entran en vigor en 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	diario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.2. Almería

Los datos muestran que los niveles de concentración media anuales para el NO₂ superan el valor límite de 40 µg/m³ establecido para el 2010 desde el año 2001 a 2004. A lo largo de los años 2001 a 2005 se producen altibajos, sin que se pueda establecer ninguna tendencia. En cuanto al número de superaciones de los niveles de concentración horarios, Almería se encuentra dentro de los límites legales establecidos.

valor límite de 40 µg/m³ previsto para 2005.

En cuanto al número de superaciones de los niveles de concentración diarios de PM₁₀, a lo largo del periodo 2002-2005, se puede apreciar una clara tendencia al alza, superando en todos los años el valor límite establecido (35 días/año).

Asimismo, se tienen problemas de exceso de concentración de partículas, con valores de concentración media anual que superan en los años 2001, 2004 y 2005 el

En el caso del ozono troposférico, se observa una tendencia a la baja en todo el periodo de estudio sin llegar a superar en ningún año el valor objetivo.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	diario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.3. Cádiz

Para el periodo 2001-2005 solo se dispone de información del número de superaciones de los valores objetivo del ozono troposférico. Se ha superado más de 25 días al año el valor máximo de las medias octohorarias del día de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el ozono en el año 2001, aunque refleja una alta variabilidad a lo largo de todo el periodo.

Para el resto de contaminantes, y como indica la leyenda, no quiere decir que no haya estación de medida sino que en este caso en concreto, la CCAA no la utiliza para evaluar la calidad del aire en la zona.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		NO ₂	horario				
	PM ₁₀	anual					
		diario					
	Parámetro	anual					
		Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.4. Córdoba

Exceso de concentración de partículas, con valores de concentración media anual que superan desde hace años el valor límite previsto para 2005 (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En 2004 el valor de concentración media anual se situaba en 62,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, observándose una tendencia a la baja en el año 2005. La concentración media diaria de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se supera cada año en más de 200 días (con la excepción de 2001, con 187 superaciones), frente a los 35 días de máximo que establece la legislación para 2005.

En el caso del O₃, la concentración media octohoraria de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se superaba dependiendo de cada año entre un 12% y un 28% el valor objetivo del 2010, presentando la mayor superación para el año 2002 y siendo más estable para el resto de los años. El resto de los contaminantes se encuentra dentro de los límites legales establecidos.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		NO ₂	horario				
	PM ₁₀	anual					
		diario					
	Parámetro	anual					
		Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.5. Dos Hermanas

Durante el periodo 2003-2005 los datos disponibles de las concentraciones medias anuales de NO₂ no superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) para la protección de la salud humana que entrará en vigor en el año 2010. Igualmente el número de horas en que se supera la concentración de 200 (µg/m³ de NO₂) no supe-

ra el valor límite establecido (18 horas/año) en los dos últimos años.

En el caso del O₃, los dos únicos años con datos disponibles, no cumplen con el valor objetivo (establecido en 25 días/año) fijado por el R.D. 1796/2003.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras							
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario						
		NO ₂	horario					
	PM ₁₀	anual						
		diario						
	Parámetro	anual	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
		O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.6. Granada

Los datos disponibles muestran que la concentración media anual de NO₂, a excepción del año 2005, se encuentra en todos los años por encima del valor límite legal (40 µg/m³), en cambio el número de superaciones de los valores límite horario de NO₂ se encuentran por debajo del valor legal.

sitúan por encima de los 35 días/año en todos los años del periodo 2001-2005 excepto para el año 2003. Los niveles anuales medios de concentración de partículas superan el valor legal establecido para el 2010 sólo en algunos años (2001).

Los problemas de contaminación en la ciudad vienen dados principalmente por las partículas (PM₁₀) ya que el número de superaciones de los valores límite diario se

Desde 2001 a 2004 el O₃ se encuentra dentro de los límites legales establecidos. La concentración media octohoraria de 120 µg/m³ supera el valor objetivo de 2010 en el último año.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras							
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario						
		NO ₂	horario					
	PM ₁₀	anual						
		diario						
	Parámetro	anual	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
		O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.7. Huelva

Los datos disponibles muestran que los valores de concentraciones medias anuales de partículas (PM₁₀) y NO₂ no superan en ningún momento los límites legales que entrarán en vigor a partir de 2005 (40 µg/m³) ni de 2010 (40 µg/m³) respectivamente.

En el caso del ozono troposférico, se observa una disminución de su concentración diaria, aunque con un ligero repunte en el año 2003 llegando a superar el valor objetivo en el año 2005. Desde 2000 hasta 2004 se cumple

el valor objetivo para 2010, de no superar en más de veinticinco días al año el valor máximo de las medias octohorarias del día de 120 µg/m³.

Las concentraciones medias diarias por PM₁₀ presentan una situación bien distinta con gran variabilidad a lo largo del tiempo, no lográndose un cumplimiento sostenido de los valores límite diarios definidos por el R.D. 1073/2002 vigentes a partir del 2005.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras							
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
		SO ₂	diario					
		NO ₂	horario					
	anual							
		PM ₁₀	diario					
	anual							
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
		O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.8. Jaén

En cuanto a NO₂ y PM₁₀, sólo se dispone de datos medios anuales para los años 2003, 2004 y 2005 y en cuanto a superaciones se refiere, los años con datos disponibles son el 2004 y el 2005. Mientras que el NO₂ se encuentra dentro de los límites legales establecidos, el número de días en que se supera la concentración de 50 µg/m³ de PM₁₀ es de 120 y 125 para los años 2004 y 2005 respectivamente, superando

con creces los límites vigentes a partir de 2005 (35 días/año).

En cuanto al O₃ durante los años 2001 y 2002 se cumplía con el valor objetivo establecido para 2010 por el R.D. 1796/2003. En 2004 y 2005, se invierte esta tendencia, superándose la concentración de 120 µg/m³ durante más de 25 días/año.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras							
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
		SO ₂	diario					
		NO ₂	horario					
	anual							
		PM ₁₀	diario					
	anual							
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
		O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.9. Jerez de la Frontera

Los datos disponibles muestran que el número de superaciones de los valores objetivo del ozono troposférico se mantuvo más o menos constante entre 2001 y 2002, sufriendo un notable incremento por encima de los 25 días/año, durante 2004 y 2005.

Referente a la contaminación por NO₂ y PM₁₀, sólo se dispone de datos para el año 2005. Mientras que el caso del NO₂ se encuentra dentro de los límites legales establecidos, el número de días en que se supera la concentración de 50 µg/m³ de PM₁₀ es de 56 para el año 2005, superando con creces los límites vigentes a partir de 2005 (35 días/año).

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos
 SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.10. Málaga

No se superan los valores límite legales para el NO₂, referente al número de superaciones de los niveles de concentración horarios (2001-2005) ni tampoco los niveles de concentración diarios de PM₁₀ (en el periodo 2001-2004).

Con respecto a la concentración de partículas de PM₁₀, no se supera el valor límite de 40 µg/m³ establecido para la media anual con fecha de aplicación en el año 2005 para el periodo de estudio (2001-2005).

En el periodo de 2001 al 2003, se supera el valor límite de 40 µg/m³ establecido para el año 2010 referente a la concentración media anual para el NO₂.

Solo en el año 2005 se superó el valor objetivo para el O₃ que entrará en vigor en el año 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos
 SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.11. Marbella

Las concentraciones medias anuales del NO₂ y de las PM₁₀ cumplen los valores límites de protección para la salud humana.

En cuanto al número de superaciones de los niveles de

concentración, sólo se han obtenido datos para el año 2004 y 2005. De éstos, se aprecia que se superan los valores objetivo y límite establecidos por el decreto para el O₃ y para las PM₁₀, establecidos para el 2010 y el 2005, respectivamente.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		NO ₂	horario				
	PM ₁₀	anual					
		diario					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
			O ₃	salud			

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.1.12. Sevilla

Los datos disponibles muestran una drástica reducción de la contaminación por NO₂ en la ciudad de Sevilla, aunque durante el periodo 2001-2005 se da cumplimiento de los límites de concentraciones medias anuales establecidas para el año 2010.

El principal problema de contaminación en la ciudad viene dado por las partículas (PM₁₀) pues el número de superaciones de los valores límite diario se sitúan por

encima de los 35 días/año en todos los años del período 2001-2005.

El ozono troposférico presenta la tendencia contraria: la concentración media octohoraria se ha ido incrementando progresivamente, hasta superar en los dos últimos años disponibles (2004 y 2005) el valor objetivo establecido para 2010 (120 µg/m³ no más de 25 días al año) durante 33,2 y 29,6 días respectivamente.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		NO ₂	horario				
	PM ₁₀	anual					
		diario					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
			O ₃	salud			

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.2. Aragón

3.3.2.1. Zaragoza

Para el NO₂, los niveles de concentración superan el valor límite de la media anual de 40 µg/m³ desde el año 2001 hasta el 2005, alcanzándose la máxima concentración en el año 2001.

El número de superaciones de los niveles de concentración para las PM₁₀ es mayor que el nivel límite (35

días/año para una concentración de 50 µg/m³) para la media horaria en los años 2001, 2002 y 2005.

El Ozono troposférico se encuentra dentro de los límites establecidos por el decreto sin llegar a alcanzar los 25 días/año establecidos para la protección de la salud humana en el año 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación	2001	2002	2003	2004	2005
Andalucía	Algeciras	Valor límite					
		SO ₂	diario				
	NO ₂	horario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo					
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos
 SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.3. Principado de Asturias

3.3.3.1. Gijón

Los niveles de concentración del NO₂ para la media anual superan el límite establecido por el decreto de 40 µg/m³ durante los años 2002 a 2004, aunque en este periodo se observa una tendencia a la baja de este valor.

Para el caso de las partículas (PM₁₀) los niveles de concentración se encuentran por encima del valor límite establecido para el año 2005, en el periodo desde 2001 al 2003, aunque se aprecia que este valor va disminuyendo y en el año 2004 ya está por debajo del valor límite, cumpliéndose el valor límite establecido para el año 2005.

En cuanto al número de superaciones de los niveles de concentración diarios de PM₁₀ en todo el periodo 2001-2005 se supera el valor límite establecido por el decreto (de 35 días/año) alcanzándose un pico en el año 2000 con un valor de 297 días/año que se superó la concentración máxima de 50 µg/m³.

Para los contaminantes NO₂ y O₃, no se sobrepasa el número de superaciones de los niveles de concentración.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación	2001	2002	2003	2004	2005
Andalucía	Algeciras	Valor límite					
		SO ₂	diario				
	NO ₂	horario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo					
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos
 SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.3.2. Oviedo

Los datos obtenidos muestran referentes respecto a partículas (PM₁₀) sólo para los años 2003, 2004 y 2005. En estos dos primeros años, la ciudad de Oviedo presenta un exceso de concentración de partículas, aunque con una pequeña disminución de un año a otro llegando en el año 2005 a un valor de concentración media anual que cumple con el valor límite previsto para el 2005.

En cuanto al número de superaciones de los niveles de concentración diarios de PM₁₀, están muy por encima del valor límite establecido por la legislación para el año 2005, aunque se aprecia una drástica disminución del año 2003 al 2004, con valores de 164 y 107 días/año,

respectivamente, llegando en el año 2005 a 30 días/año, cumpliéndose así el valor límite establecido.

El número de superaciones de los niveles de concentración diarios del SO₂ superan el límite establecido por el decreto de 125 µg/m³ durante los años 2003, 2004 y 2005, aunque son valores que se superan en sólo 1 y 2 días/año. Se observa una tendencia al alza desde los años 2002 a 2005.

Para los contaminantes NO₂, y O₃, no se sobrepasan los límites de las concentraciones medias anuales ni el número de superaciones de los niveles de concentración.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.4. Illes Balears

3.3.4.1. Palma de Mallorca

Para el NO₂ y O₃ durante los años disponibles, no se supera en ninguna ocasión los valores límite y objetivo vigentes a partir de 2010. Igualmente, para el caso de las PM₁₀, tanto el número de superaciones de la concentración

media diaria de 50 µg/m³ como la concentración media anual se mantienen por debajo de los límites establecidos para 2005.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.5. Canarias

3.3.5.1. Palmas de Gran Canaria

Los niveles de concentración media anuales de NO₂ sólo superan el valor límite de 40 µg/m³ establecido para el 2010 en el año 2003. En el caso del número de superaciones de los niveles de concentración horarios, no se supera el valor límite ningún año.

Las Palmas de Gran Canaria presenta problemas de exceso de concentración de partículas, con valores de concentración media anual que superan en el año 2002 el valor

límite de 40 µg/m³ previsto para 2005. Asimismo, el número de superaciones de los niveles de concentración diarios superan el valor límite en los años 2002 y 2003.

En lo que al O₃ se refiere, el número de superaciones de los niveles de concentración octohorarios del día no supera ningún año el valor límite de 25 días/año establecido para el 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras	Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
		SO ₂	diario					
	NO ₂	horario						
		anual						
	PM ₁₀	diario						
		anual						
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005	
	O ₃	salud						

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.5.2. Santa Cruz de Tenerife

El número de superaciones de los niveles de concentración horarios de NO₂ en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife, se encuentra por debajo de los límites legales establecidos durante todo el periodo 2001-2005. Los niveles de concentración media anuales tampoco superan el valor límite en ningún caso.

Santa Cruz de Tenerife presenta problemas de exceso de concentración de partículas, con valores de concentración media anual que superan en los años 2002 a 2005 (exceptuando el 2001) el valor límite de 40 µg/m³ previsto para 2005.

En referencia al número de superaciones de los niveles de

concentración diarios de PM₁₀, se tienen datos para el periodo 2001-2005. A lo largo de estos años, se puede apreciar una clara tendencia al alza, superándose el valor límite (de 35 días/año para el 2005) en todos los años.

El número de superaciones de los niveles de concentración diarios de SO₂ supera el valor límite de 3 días/año, establecido para el 2005, en los años 2001 y 2002. El resto de los años presenta valores cercanos a cero o a la unidad.

El número de superaciones de los niveles de concentración octohorarios de O₃ no sobrepasa el valor límite en ninguno de los años de los que se tiene referencia.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras	Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
		SO ₂	diario					
	NO ₂	horario						
		anual						
	PM ₁₀	diario						
		anual						
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005	
	O ₃	salud						

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.6. Cantabria.

3.3.6.1. Santander

En el caso del NO₂, tanto los niveles de concentración media anuales como el número de superaciones de la concentración horaria de 200 µg/m³, cumple durante todo el periodo considerado con los límites establecidos por el R.D. 1073/2002 para 2010. Además, en la serie de datos disponible la evolución de ambos indicadores presenta una tendencia a la baja.

En cuanto a la contaminación por PM₁₀, en Santander, los niveles de concentración media anual se encuentran dentro de los límites legales establecidos para el 2005. Por contra, el número

de superaciones de los niveles de concentración diarios de PM₁₀ rebasa el límite de 35 días/año establecido para el 2005, en los años 2001, 2003 y 2004. En todo caso, se aprecia de nuevo una tendencia a la baja en ambos indicadores.

Santander se encuentra dentro de los límites legales establecidos en cuanto a la contaminación por ozono troposférico, ya que a lo largo del periodo 2001-2005 el número de superaciones del valor objetivo se mantuvo incluso por debajo del límite que el R.D. 1796/2003 establece para 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.7. Castilla y León.

3.3.7.1. Burgos

El número de superaciones de los valores límite horario de NO₂ y diario de SO₂ se encuentran en todo momento por debajo de los límites legales que entrarán en vigor a partir de 2010 y 2005 respectivamente. Sin embargo, la concentración anual de NO₂ se mantiene en 2002 por encima de los 40 µg/m³, límite legal para 2010, aunque parece existir una cierta tendencia hacia su disminución.

La situación es bien distinta para las partículas. En el periodo analizado el número de superaciones del valor límite diario de 50 µg/m³ se ha situado por encima de los 35 días/año, límite establecido para 2005, desde 2001 a 2005. En todo caso, es necesario señalar que en ningún

momento se ha situado por encima del valor límite más el correspondiente margen de tolerancia anual. En cuanto a la evolución de la concentración media anual de PM₁₀ durante el periodo 2001-2005, se ha mantenido por debajo del valor límite para 2005 (40 µg/m³). En todo momento se supera la concentración de 20 µg/m³, límite a cumplir a partir de 2010.

Por último la variabilidad de los datos en cuanto a la contaminación por ozono troposférico es tal que no es posible establecer tendencias, aunque el último dato indica que el valor objetivo de 120 µg/m³ se superó durante más de 25 días año para el año 2005.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.7.2. León

Los datos disponibles muestran que durante todo el periodo considerado el número de superaciones se encontraba por debajo del valor límite diario para el SO₂ y el valor objetivo octohorario para el O₃, vigentes a partir de 2005 y 2010 respectivamente.

En el caso del NO₂, durante el periodo analizado (2001-2005), el número de superaciones se mantiene por debajo del límite de 18 horas/año, detectándose además una tendencia decreciente. La concentración media anual de éste último contaminante también ha experimentado un

claro descenso entre 2001 y 2005, cumpliendo desde 2003 con el valor límite que entrará en vigor en 2010.

La contaminación por partículas (PM₁₀) constituye el mayor problema de la ciudad de León. Aunque entre 2001 y 2005 se observa una tendencia a la disminución del número de superaciones de la concentración diaria de 50 µg/m³, este indicador se sitúa en todo momento muy por encima del límite de 35 días/año. En el mismo periodo, la concentración media anual de PM₁₀ cumple con el valor límite más el correspondiente margen de tolerancia.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.7.3. Salamanca

La ciudad de Salamanca se encuentra dentro de los límites legales establecidos en cuanto a la contaminación por O₃ entre 2001-2005.

Para las partículas (PM₁₀), tanto la concentración media anual como el número de superaciones de la concentración diaria de 50 µg/m³ cumplen los límites vigentes para 2005, a partir del año 2003.

En el caso del NO₂, el número de superaciones se mantiene por debajo del límite de 18 horas/año durante todo el periodo analizado, excepto en el año 2002. La concentración media anual de éste último contaminante se mantiene en 2001 y 2002 por encima de los 40 µg/m³, límite legal para 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.7.4. Valladolid

En el periodo 2001-2005, el número de superaciones de la concentración horaria de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la concentración anual de NO_2 tienden a disminuir por debajo de los límites legales aplicables a partir de 2010.

Durante el periodo 2001-2005 no se ha dado ninguna superación del valor límite diario de SO_2 .

La evolución del número de superaciones del valor objetivo de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el O_3 en el mismo periodo ha sido al alza, si bien, sólo se ha superado dicha concentración

durante más de 25 días (límite legal para 2010) al año en 2003 y 2005.

En cuanto a las partículas, durante todo el periodo 2001-2005, el número de superaciones de la concentración diaria de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se ha mantenido muy por encima del límite de 35 días/año, mientras que la concentración media anual se sitúa a partir de 2001 por debajo del valor límite de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aunque siempre por encima de los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, límite vigente a partir de 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO_2	diario					
		horario					
	NO_2	anual					
		diario					
	PM_{10}	anual					
		diario					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O_3	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO_2 , NO_2 y PM_{10} ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.8. Castilla-La Mancha

3.3.8.1. Albacete

En cuanto a la concentración de partículas, pues en todos los años se superan los valores límite. Los niveles de concentración media anuales de PM_{10} presentan una clara tendencia al alza, alcanzándose el valor más alto en el año 2004.

El número de superaciones de los niveles de concentración diarios de PM_{10} se encuentran muy por encima del valor límite de 35 días/año establecido para el 2005, llegando a ser casi 5 veces más en el año 2003. No se

observa ninguna tendencia a la baja.

El ozono troposférico supera todos los años el valor objetivo de 25 días/año establecido para el 2005, aunque se aprecia una tendencia a la baja.

Tanto el nivel de concentración de NO_2 como el número de superaciones de los niveles de concentración horarios de NO_2 , no superan en ningún año los valores límite establecidos por la legislación para el año 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO_2	diario					
		horario					
	NO_2	anual					
		diario					
	PM_{10}	anual					
		diario					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O_3	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO_2 , NO_2 y PM_{10} ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.9. Cataluña

3.3.9.1. Badalona

En todo el periodo 2001-2005 la concentración anual media de NO₂ no cumple con el límite que se aplicará a partir de 2010, no existiendo una tendencia clara hacia la disminución de esta concentración.

El número de superaciones del valor límite horario (200 µg/m³) entre 2002 y 2004 se mantiene cercano a cero, cumpliéndose en este caso los límites establecidos en el R.D. 1073/2002 para 2010. La Generalitat de Cataluña, quien facilita al igual

que el resto de CCAA, estos datos al MMA, apunta como posible causa de la contaminación por NO₂ en todo el área de Barcelona, las emisiones del tráfico intenso y de las industrias ubicadas en las zonas urbanas. En cuanto al número de superaciones de la concentración media octohoraria de 120 µg/m³ de O₃, el Ministerio sólo dispone de datos para 2002 y 2003 (ya que o bien no hay estaciones o si hay, ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos), no sobrepasándose las 25 superaciones en ninguno de los dos años.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras							
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario						
		NO ₂	horario					
	PM ₁₀	anual						
		diario						
	Parámetro	anual	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
		O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos
 SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.9.2. Barcelona

La concentración anual media de NO₂ se ha mantenido durante todo el periodo por encima del valor límite vigente a partir de 2010, no existiendo ninguna tendencia a su disminución. No ocurre lo mismo con la concentración media horaria, que entre 2001-2005 (a excepción de 2004 para el que no existen datos bien por no haber estaciones o porque ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos) sí se ha mantenido por debajo del límite legal para 2010.

La concentración media anual de las partículas con diámetro inferior a 10 micras ha experimentado un descenso a lo largo del periodo 2001-2005, cumpliendo ya en el año 2004 y 2005 el valor límite de 40 µg/m³, vigente a partir de 2005.

El mayor problema en el caso de las partículas está en el número de superaciones del valor límite diario de 50 µg/m³ el cual, entre 2001 y 2005, osciló entre 66 y 186 días/año, cuando el límite legal se encuentra en 35.

En cuanto a la contaminación por ozono troposférico, entre 2001 y 2005 el número de superaciones de la concentración media octohoraria de 120 µg/m³ fue en todo momento menor al límite legal de 25 días/año. Según los datos de la Generalitat proporcionados al MMA, en cuanto al SO₂, la ciudad de Barcelona no presentó problemas de contaminación por este contaminante durante el periodo estudiado, cumpliendo ya con los valores límite y umbrales de alerta establecidos por el R.D. 1073/2002.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras							
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario						
		NO ₂	horario					
	PM ₁₀	anual						
		diario						
	Parámetro	anual	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
		O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos
 SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.9.3. Hospitalet de Llobregat

La concentración media anual de NO₂ ha experimentado un decrecimiento entre 2001-2005. No obstante, únicamente se ha registrado valores por debajo de los 40 µg/m³, límite vigente a partir de 2010, durante 2002, 2004 y 2005. El número de superaciones de la concentración horaria de 200 µg/m³ se ha mantenido, para todos los años disponibles, por debajo de las 18 horas/año.

Los únicos años con datos de concentración de PM₁₀ disponibles son 2001 y 2002, debido a la inexistencia de estaciones o a que ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos. Durante estos años, tanto la concentra-

ción anual como el número de superaciones del límite diario se han mantenido por debajo de los límites legales vigentes a partir de 2005, pero por encima de los establecidos para 2010 por el R.D. 1073/2002.

En cuanto a la contaminación por ozono troposférico, en 2001 y 2003 el número de superaciones de la concentración media octohoraria de 120 µg/m³ fue en todo momento menor al límite legal de 25 días/año. El umbral de información, de acuerdo con la comunidad autónoma, sólo se superó en tres ocasiones durante 2003, en todo el periodo 2000-2004.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras							
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario						
		horario						
	NO ₂	anual						
		diario						
	PM ₁₀	anual						
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud						

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.9.4. Lleida

Tanto la concentración media anual de NO₂ como el número de superaciones del valor límite diario y objetivo para el NO₂ y el O₃ respectivamente, se encuentran por debajo de los límites legales en todo el periodo 2001-2005.

Los datos disponibles para el periodo 2001-2005, confirman la buena calidad del aire con respecto al NO₂ (los niveles de calidad del aire no han superado en ninguna

ocasión los valores límite establecidos por el R.D. 1073/2002 y vigentes sólo a partir de 2010 y el umbral de alerta tampoco ha sido alcanzado en los años 2001, 2003 y 2004).

En cuanto al ozono troposférico, los datos obtenidos para el periodo de estudio, confirman la buena calidad del aire con respecto a este contaminante. Además, el umbral de alerta a la población no se alcanzó entre 2001 y 2005.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras							
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario						
		horario						
	NO ₂	anual						
		diario						
	PM ₁₀	anual						
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud						

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.9.5. Mataró

Durante el año 2001, tanto la concentración anual como el número de superaciones de la concentración horaria de 200 µg/m³ de NO₂, se ha mantenido en todo momento por debajo de los límites establecidos por el R.D. 1073/2002 para 2010. De hecho, sólo se superaron los 200 µg/m³ durante dos horas, cifra muy alejada de las 18 horas/año permitidas por el mencionado Real Decreto.

metro inferior a 10 micras, los datos disponibles en la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, indican que sólo en 2002 se registraron concentraciones superiores a 40 µg/m³, límite a cumplir a partir de 2005.

Por último, el número de superaciones del valor objetivo de 120 µg/m³ de O₃ ha experimentado un claro descenso cumpliendo en el año 2001 el límite de 25 superaciones/año.

En cuanto a la concentración anual de partículas con diá-

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.9.6. Sabadell

Entre 2001 y 2005 Sabadell no supera la concentración anual de NO₂ permitida (valor límite + margen de tolerancia correspondiente), aunque sí el valor límite que se aplicará a partir de 2010. No obstante, resulta esperanzadora la tendencia a la baja observada a lo largo de este periodo tanto en este indicador como en el número de superaciones de la concentración horaria de 200 µg/m³, que ya en los años 2002, 2003 y 2005 se encuentra por debajo del límite de 18 horas/año.

Sabadell está dentro de los límites legales establecidos en cuanto a la contaminación por ozono troposférico, ya que entre 2001 y 2005, el número de superaciones del valor objetivo de 120 µg/m³ se ha mantenido muy por debajo del límite exigible sólo a partir de 2010 (25 días/año). Es reseñable el hecho de que, de acuerdo con la comunidad autónoma, el umbral de información, entre 2000 y 2004, y el umbral de alerta, entre 2001 y 2004, tampoco fueron alcanzados.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.9.7. Santa Coloma de Gramenet

En cuanto a la información disponible con respecto al NO₂, la concentración media anual de este contaminante se ha mantenido por encima del límite aplicable a partir de 2010 durante todo el periodo 2001-2005 (aunque por debajo del valor límite más el margen de tolerancia correspondiente). La contaminación por NO₂ en el área donde se localiza Santa Coloma (Vallès-Baix Llobregat), según la Generalitat de Catalunya, puede estar originada por el intenso tráfico y las industrias.

Por el contrario, el número de superaciones del valor límite horario dirigido a la protección de la salud humana de la contaminación por NO₂ ha oscilado entre cero y dos a

lo largo del periodo 2001-2004, cumpliendo por tanto con los límites fijados por el R.D. 1073/2002 para 2010.

Si utilizamos como indicador el número de superaciones del valor objetivo de 120 µg/m³, Santa Coloma de Gramenet se encuentra dentro de los límites legales establecidos de contaminación por O₃. Según la Generalitat el umbral de información, entre 2000 y 2004, tampoco fue alcanzado en ninguna ocasión.

Por último en cuanto a la contaminación por SO₂ durante 2001 y 2005, Santa Coloma, ya cumplía con los límites que serán exigibles sólo a partir de 2005.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
	Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		diario					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.9.8. Tarragona

De acuerdo con la información disponible para la ciudad de Tarragona, a lo largo del periodo 2001-2005, la concentración anual de NO₂ y el número de superaciones del valor límite horario de NO₂ y del valor objetivo de O₃ se han mantenido por debajo de los límites legales vigentes a partir de 2010, detectándose, además, una tendencia a la baja. Por tanto, Tarragona se encuentra dentro de los

límites legales establecidos por la presencia de estas dos sustancias en el aire ambiente.

En cuanto a la contaminación por SO₂ durante 2001 y 2005, Tarragona cumplía con los límites que serán exigibles sólo a partir de 2005.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
	Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		diario					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.9.9. Terrassa

Al igual que ocurre en otras ciudades de la provincia de Barcelona, en Terrassa, la concentración anual de NO₂ supera en el año 2001 el valor límite de 40 µg/m³, mientras que el número de superaciones de la concentración horaria de 200 µg/m³ se encuentra muy por debajo de las 18 horas/año.

La concentración media anual de PM₁₀ en 2001 y 2002 cumple con el valor límite más el margen de tolerancia vigente en cada uno de los años, aunque se encuentra

por encima del límite que será exigible en 2005. El número de superaciones del valor límite diario de 50 µg/m³ en el año 2002 fue de 98 días, por lo que, de haber estado vigentes, Terrassa habría incumplido el límite establecido por el R.D. 1073/2002.

Terrassa está dentro de los límites legales establecidos para el O₃, ya que el número de superaciones del valor objetivo de 120 µg/m³ en 2001 se mantuvo en todo momento muy por debajo de los 25 días/año.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
	Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario					
	NO ₂	horario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.10. Extremadura

3.3.10.1. Badajoz

A lo largo del periodo 2002-2005, la ciudad de Badajoz registró bajos niveles de contaminación por NO₂ y PM₁₀. En ambos casos, la concentración media anual y el número de superaciones de las concentraciones horaria y diaria de 200 y 50 µg/m³ respectivamente, no alcanzaron en ningún momento los límites vigentes a partir de 2010 y 2005.

En cuanto al ozono troposférico, sólo durante los años 2002 y 2005 se registraron concentraciones octohorarias máximas superiores a 120 µg/m³ durante más de 25 días/año, por lo que se incumpliría, de estar vigente, el R.D. 1796/2003.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
	Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario					
	NO ₂	horario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.11. Galicia

3.3.11.1. A Coruña

Los datos disponibles recogen información del número de superaciones de los valores límite del dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno. De acuerdo con estos datos, se ha superado más de 3 días al año el valor límite de 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el SO_2 en el año 2005. Para este mismo año, el NO_2 al igual que las PM_{10} , están dentro de los límites legales establecidos.

En cuanto a los datos correspondientes al periodo 2001-2004 de todos los contaminantes, así como para el periodo completo en el caso del ozono, los datos en la tabla indican que no había estaciones de medida o bien que ninguna de ellas superó el número suficiente de datos para el periodo considerado.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO_2	diario					
		horario					
	NO_2	anual					
		diario					
	PM_{10}	anual					
		diario					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O_3	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO_2 , NO_2 y PM_{10} ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.11.2. Vigo

Los datos de concentración de NO_2 para la ciudad de Vigo, muestran que tanto los niveles de concentración media anual entre 2001 y 2005, como el número de superaciones de los niveles de concentración horarios de NO_2 en 2003 no superan en ningún caso el valor límite

establecido por la legislación para el 2010.

Respecto al contaminante SO_2 , desde 2002 el nivel de concentración media anual no supera el valor límite establecido para el año 2005.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO_2	diario					
		horario					
	NO_2	anual					
		diario					
	PM_{10}	anual					
		diario					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O_3	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO_2 , NO_2 y PM_{10} ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.12. Comunidad de Madrid

3.3.12.1. Alcalá de Henares

Los datos disponibles muestran que la evolución del número de superaciones del valor establecido para el NO₂ durante el periodo 2001-2005 refleja valores bajos, sobrepasando las 18 horas/año de superaciones sólo en los años 2004 y 2005.

Los valores de los niveles de concentración medios anuales de NO₂, se encuentran dentro de los límites de 40 µg/m³ establecido por la legislación para el año 2010.

El número de superaciones del valor establecido para PM₁₀ durante el periodo de 2002-2005 sobrepasa con creces el límite de los 35 días/año establecido para el 2005. En este

periodo se aprecia una fuerte tendencia al alza. Igualmente, de 2003 a 2005, los valores de los niveles de concentración medios anuales superan los límites de 40 µg/m³ establecido por la legislación para el año 2005.

En el caso del ozono, el número de superaciones de los niveles de concentración octohorarios del día supera el valor objetivo legal de 25 días/año, vigente para el 2010 en los años 2001, 2002, 2003 y 2005, aunque se aprecia que en el año 2004 este valor disminuye y se encuentra por debajo del valor objetivo, cumpliendo con la legislación vigente.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		NO ₂	horario				
	PM ₁₀	anual					
		diario					
	Parámetro	anual					
		Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.12.2. Alcobendas

Según los datos disponibles en el municipio de Alcobendas los niveles de concentración media anuales para el NO₂ solo superan el valor límite de 40 µg/m³ establecido para el 2010 en los años 2003 y 2005. En cuanto al número de superaciones de los niveles de concentración horarios, los datos muestran que la evolución del número de superaciones del valor establecido para el NO₂ durante el periodo de 2001-2005, refleja valores bajos sobrepasando las 18 horas/año de superaciones sólo en el año 2003.

Los niveles de concentración media anuales de PM₁₀ sólo se superan en el año 2003, en cambio, el número de superaciones de los niveles de concentración diarios se superan desde 2002 a 2005 con unos valores que se encuentran muy por encima del valor límite (44, 101, 77 y 66 día/año respectivamente).

El número de superaciones de los niveles de concentración octohorarios de O₃ se ve superado sólo en los años 2002 y 2003, observándose una tendente disminución en los últimos años del periodo considerado.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		NO ₂	horario				
	PM ₁₀	anual					
		diario					
	Parámetro	anual					
		Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.12.3. Alcorcón

Los niveles de concentración media anuales para el NO₂ superan el valor límite de 40 µg/m³ establecido para el 2010 en todo el periodo analizado, desde 2001 a 2005. No se puede establecer una tendencia porque se tienen altibajos superando siempre el valor límite, aunque en los últimos cuatro años ha ido en aumento constante.

El número de superaciones de los niveles de concentración horarios de NO₂ baja, pero aún así sigue superando el valor límite establecido para el 2010 en los años 2001, 2003, 2004 y 2005.

Los niveles de concentración media anuales de PM₁₀ sólo se superan para los años 2004 y 2005, en cambio, el número de superaciones de los niveles de concentración diarios se superan desde 2003 a 2005 con unos valores que se encuentran muy por encima del valor límite (83, 90 y 124 día/año, respectivamente). La tendencia es al alza.

Respecto al ozono troposférico, el número de superaciones de los niveles de concentración octohorarios no supera los 25 días/año e incluso presenta valores muy bajos.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		NO ₂	horario				
	PM ₁₀	anual					
		diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.12.4. Fuenlabrada

Los datos disponibles detectan problemas de concentración de NO₂, superando el valor límite de 40 µg/m³ establecido para el 2010 en todos los años del periodo analizado, es decir desde el 2001 hasta el 2005, sin apreciarse una tendencia a la baja.

Sin embargo, en cuanto al número de superaciones de los niveles de concentración horarios de NO₂, el valor límite establecido por la legislación para el 2010 no se supera ningún año.

Durante los años 2001 a 2005 la concentración de partí-

culas presenta una tendencia a la alta pero sin llegar a superarse el límite de 40 µg/m³ establecido para el 2005. En cambio, el número de superaciones de los niveles de concentración diarios de PM₁₀ se ve superado desde 2003 a 2005 por casi el doble del valor límite establecido por la legislación y se aprecia una tendencia a la alta.

Para el ozono troposférico se tienen datos referentes al número de superaciones de los niveles de concentración octohorarios superándose los 25 días/año, establecido por la legislación para el 2010, desde el año 2003 a 2005 presentando un drástico cambio al alza en dichos años.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		NO ₂	horario				
	PM ₁₀	anual					
		diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.12.5. Getafe

Según los datos disponibles, Getafe no cumple con los límites legales establecidos para el NO₂, con valores de concentración media anual que superan el valor límite de 40 µg/m³ previsto para 2005 durante el periodo 2001-2005 (periodo considerado). A partir del año 2001 se aprecia una tendencia al alza en este indicador. En los datos que muestran el número de superaciones de los niveles de concentración horarios, también se aprecia una tendencia al alza pero el valor límite de 18 horas/año sólo se supera en los años 2004 y 2005.

En cuanto a la concentración de partículas, durante el periodo 2001-2005, el número de superaciones de los niveles

de concentración diarios supera drásticamente el valor límite establecido para el 2005 (en los años 2004 y 2005 llega a alcanzar 135 y 142 días/año respectivamente).

Los niveles de concentración media anuales de PM₁₀ superan el valor límite de 40 µg/m³ previsto para 2005 desde el año 2003 a 2005.

El número de superaciones de los niveles de concentración octohorarios de O₃ se ve superado sólo en el año 2003, aunque en el año 2004 se encuentra en el límite establecido por la legislación para el 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.12.6. Leganés

Los datos disponibles muestran que los niveles de concentración media anuales para el NO₂ superan el valor límite de 40 µg/m³ establecido para el 2010 en los años 2002, 2004 y 2005. A lo largo de los años 2001 a 2005 se producen altibajos, sin que se pueda establecer ninguna tendencia. Con respecto al número de superaciones de los niveles de concentración horarios, se supera el valor límite de 18 horas/año solamente en el año 2004, con un valor de 29 horas/año.

Asimismo, se tienen problemas de exceso de concentración de partículas, con valores de concentración media anual que superan en los años 2004 y 2005 el valor límite de 40 µg/m³ previsto para 2005.

En cuanto al número de superaciones de los niveles de concentración diarios de PM₁₀, a lo largo del periodo 2001-2005, se puede apreciar una clara tendencia al alza, siendo en el primer año el valor límite (de 35 días/año para el 2005) y llegando en el 2005 hasta los 136 días/año (más de tres veces el valor límite establecido).

En el caso del ozono troposférico, se alcanza un valor máximo en el año 2002 y a partir de entonces se observa una tendencia a la baja. En los años 2002, 2003 y 2005 se supera el valor objetivo de 25 días/año establecido para el 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.12.7. Madrid

Los niveles de concentración media anuales de NO₂ se encuentran muy por encima del valor límite de 40 µg/m³ para el 2010, aunque a partir del año 2001 se observa una tendencia a la baja.

En el caso del número de superaciones de los niveles de concentración horarios de NO₂, los únicos años en los que no se supera el valor límite de 18 horas/año son en 2002 y 2003. No se aprecia ninguna tendencia, sino que se tienen altibajos a lo largo de todos los años.

Los niveles de concentración media anuales para las partículas (PM₁₀) no superan ningún año los 40 µg/m³ para el 2005 pero en lo referente al número de superaciones diarias en todos los años se supera el valor límite de 35 días/año establecido para el 2005. No se observa tendencia a la baja.

Para el ozono troposférico y el SO₂ no se supera en ningún caso el valor objetivo y límite establecido por la legislación.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras							
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario						
		NO ₂	horario					
	PM ₁₀	anual						
		diario						
	Parámetro	anual	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
		O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.12.8. Móstoles

La evolución del número de superaciones del valor establecido para el NO₂ durante el periodo 2001-2005 refleja valores bajos, sin sobrepasar en ningún caso las 18 horas/año de superaciones, aunque se observa una tendencia al alza.

Los valores de los niveles de concentración medios anuales para el NO₂, se encuentran dentro de los límites de 40 µg/m³ establecido por la legislación para el año 2010.

En cuanto al número de superaciones de los niveles de concentración octohorarios de O₃ en el día, se aprecia una tendencia al alza, superándose los valores objetivo

establecidos por la legislación para el 2010 en los años 2003 y 2004, aunque en el 2004 ya se aprecia una drástica disminución del número de superaciones.

El número de superaciones del valor establecido para PM₁₀ durante el periodo de 2001-2005 aumenta cada año, llegándose a superar el valor límite de 35 días/año establecido para el 2005 en los años 2003, 2004 y 2005.

En cambio, en cuanto a los niveles de concentración media anuales para las PM₁₀ no superan ningún año los 40 µg/m³ para el 2005.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación						
Andalucía	Algeciras							
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario						
		NO ₂	horario					
	PM ₁₀	anual						
		diario						
	Parámetro	anual	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
		O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.12.9. Torrejón

Los datos disponibles muestran que en el municipio de Torrejón los niveles de concentración media anuales para el NO₂ superan el valor límite de 40 µg/m³ establecido para el 2010 tan solo en el año 2003, observándose una tendencia a la baja en los últimos años del periodo analizado. Con respecto al número de superaciones de los niveles de concentración horarios, igualmente se supera el valor límite de 18 horas/año solamente en un año, en este caso el año 2004, con un valor de 31 horas/año.

En cuanto a las partículas, los valores de concentración media anual superan desde 2002 a 2005 el valor límite

de 40 µg/m³ previsto para 2005.

En referencia al número de superaciones de los niveles de concentración diarios de PM₁₀, a lo largo de todo el periodo (2001-2005), se pueden apreciar valores muy altos, llegando a alcanzar en el año 2003 hasta los 195 días/año, es decir, más de cinco veces el valor límite establecido (35 días/año).

En el caso del ozono troposférico, se alcanza un valor máximo en el año 2005 superándose el valor objetivo de 25 días/año establecido para el 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	diario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos
 SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.13. Región de Murcia

3.3.13.1. Cartagena

De acuerdo con los datos disponibles, la concentración media anual de NO₂ se mantuvo durante todo el periodo 2001-2005 por debajo del límite vigente a partir de 2010. El número de horas en que se superó la concentración horaria de 200 µg/m³ se mantuvo cercano a cero, cumpliendo por tanto con el R.D. 1073/2002.

En cuanto al resto de contaminantes, Cartagena parece tener una buena calidad del aire, ya que tanto la concentración media anual de PM₁₀ como el número de superaciones de los valores límites diarios de SO₂ y PM₁₀ (excepto para el año 2005) y del valor objetivo para el O₃ se mantienen por debajo de los límites legales en los periodos para los que existen datos en cada caso.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	diario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos
 SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.13.2. Murcia

La contaminación por PM₁₀ no es especialmente importante en la ciudad de Murcia. Así, la concentración media anual se mantiene por debajo del límite para 2005 entre 2002 y 2005 e incluso del límite para 2010 ya desde 2003. Además, el número de superaciones del límite diario en 2003 y 2004 tampoco alcanzó los 7 días/año, límite que entrará en vigor en 2010.

En cuanto al NO₂, el dato para el año 2002 de la concentración media anual, supera el valor del límite vigente a partir de 2010.

Por último, el número de superaciones del valor objetivo de 120 µg/m³ para el ozono troposférico ha pasado de 0 en 2003 a 53 en 2004, superando por tanto en este último año el límite establecido para 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
	Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario					
	NO ₂	horario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.14. Comunidad Foral de Navarra

3.3.14.1. Pamplona

En el caso del NO₂, a lo largo del periodo 2001-2005 la concentración media anual se mantiene entre 16,9 y 33,3 µg/m³, por lo que Pamplona ya estaría cumpliendo con el límite establecido para 2010. En cuanto al número de superaciones en 2005 (único dato disponible bien porque en los años anteriores no había estaciones o porque ninguna de éstas alcanzó el número suficiente de datos), no se superó en ninguna ocasión el valor límite horario de 200 µg/m³.

En cuanto a las PM₁₀, aunque la ciudad de Pamplona ya estaría cumpliendo el límite establecido para 2005, se

encontraría por encima del vigente a partir de 2010. Para este contaminante, sólo se dispone de información sobre la concentración diaria correspondiente a los años 2003 y 2005, en los que el número de superaciones de la concentración de 50 µg/m³ fue de 24 y 8 días. Por tanto, en todos los años se supera el límite para 2010.

Por último, el valor objetivo para la protección de la salud humana de la contaminación por O₃ no se ha superado en más de 25 días/años entre 2001 y 2005, cumpliéndose por tanto con lo establecido por el R.D. 1796/2003 para 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
	Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario					
	NO ₂	horario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.15. País Vasco

3.3.15.1. Bilbao

Los niveles de contaminación por ozono troposférico en la ciudad de Bilbao son bajos, cumpliéndose durante todos los años disponibles con el valor objetivo exigible a partir de 2010.

En el caso de las partículas (PM₁₀) la concentración anual supera el límite para 2005 sólo en el año 2001. Sin embargo, los cuatro datos disponibles se encontrarían por encima del límite para 2010. En este caso, la serie de datos es demasiado corta para inferir tendencias en la evolución de este contaminante.

Por último, los niveles de concentración media anual del NO₂ se encuentran entre el valor límite y dicho valor más el correspondiente margen de tolerancia durante la mayor parte del periodo 2001-2005, aunque se aprecia una tendencia a la disminución de la concentración, de forma que entre 2003 y 2005 se registran ya valores inferiores al límite. Con respecto al número de superaciones de la concentración horaria de 200 µg/m³, toda la serie de datos disponible se mantiene muy por debajo del límite de 18 horas/año establecido para el 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.15.2. Donostia-San Sebastián

Los niveles de inmisión de NO₂ y O₃ en San Sebastián cumplían, durante todo el periodo disponible, con los valores límite y objetivo exigibles sólo a partir de 2010 de acuerdo con los Reales Decretos 1073/2002 y 1796/2003, con la única excepción de la concentración anual de NO₂ en 2001, la cual, en todo caso, se encontraba muy por debajo del valor límite más el margen de tolerancia correspondiente.

Quizá el principal problema de contaminación en San

Sebastián lo constituyen las partículas (PM₁₀). El número de superaciones de la concentración diaria de 50 µg/m³ experimenta un notable incremento a lo largo del periodo 2002-2004, hasta situarse al final del mismo, por encima del límite establecido para 2005. Por otra parte, la concentración media anual de este contaminante se mantiene durante 2001-2005 por debajo del límite de 40 µg/m³, previsto para 2005, pero supera en todo momento el establecido para 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.15.3. Vitoria - Gasteiz

Los datos disponibles acerca de la calidad del aire en Vitoria-Gasteiz muestran bajos niveles de contaminación por partículas (PM₁₀) NO₂ y O₃, ya que en todo el periodo disponible se cumple con los límites y objetivos establecidos para 2005, en el primer caso, y para 2010, en el segundo y tercer caso. No obstante, si tomamos como referencia los datos del último año disponible para PM₁₀ (2005) y los comparamos con los límites que entrarán en vigor en 2010, se observa que, de estar vigentes, tanto la concentración

media anual como el número de superaciones de la concentración diaria de 50 µg/m³, los incumplirían.

En el caso de la concentración media anual de PM₁₀ parece existir una ligera tendencia a su disminución que, de continuar así, posibilitaría el cumplimiento del límite para 2010. Sin embargo, en el caso del número de superaciones de la concentración diaria, la corta serie de datos disponible y su variabilidad no permiten inferir ninguna tendencia.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.16. La Rioja

3.3.16.1. Logroño

Los datos disponibles muestran que la concentración anual de partículas (PM₁₀) en el periodo 2002-2005 se encontraba por debajo de los 40 µg/m³ pero por encima de los 20 µg/m³, límites vigentes a partir de 2005 y 2010 respectivamente. En cuanto al número de superaciones del valor límite diario para la protección de la salud humana, sólo en

2002 este valor cumpliría con el límite para 2005, aunque en ningún caso con el aplicable a partir de 2010.

En el caso del ozono troposférico, se alcanzan los valores máximos en los años 2003 y 2005 superándose el valor objetivo de 25 días/año establecido para el 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.17. Comunidad Valenciana

3.3.17.1. Alicante

En el caso del NO₂, se aprecia una tendencia a la disminución del indicador, hasta valores muy cercanos a las 0 superaciones. La concentración media anual de NO₂ supera el valor límite establecido para el año 2010 en los años 2001 y 2002, aunque en todo el periodo considerado también se observa una tendencia a la baja, de forma que ya en 2003, 2004 y 2005 se cumple con el límite que entrará en vigor en 2010.

En Alicante, el número de superaciones del valor objetivo de 120 µg/m³ de O₃ permanece en todo momento por debajo de los 25 días/año.

Para la concentración de partículas (PM₁₀) sólo se dispone de datos para 2003 y 2005, años en que las concentraciones medias anuales ya cumplían con el valor límite establecido para 2005, aunque no con el que entrará en vigor en 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.17.2. Castellón de la Plana

El número de superaciones de los valores límite de 200 µg/m³ de NO₂ y de 125µg/m³ de SO₂ se mantuvo cercano a 0 durante todo el periodo 2001-2005.

En cuanto al ozono troposférico, también en todo el periodo se mantuvo por debajo del valor objetivo de 25 días/año.

En el mismo periodo, la concentración media anual de NO₂ cumplió en todo momento con el R.D. 1073/2002, situándose incluso por debajo del valor límite que entrará en vigor en 2005.

Por el contrario, en el año 2003, único dato disponible, el número de días en que se superó la concentración de 50 µg/m³ de partículas (PM₁₀) fue de 151, valor que supera, con creces, los límites legales vigentes a partir de 2005.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
		Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004
	SO ₂	diario					
		horario					
	NO ₂	anual					
		diario					
	PM ₁₀	anual					
		Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.17.3. Elche

Los datos disponibles para los contaminantes PM₁₀, NO₂, y O₃ se encuentran dentro de los límites y objetivos legales vigentes para el 2005, en el caso de las partículas

(PM₁₀) y para el 2010, en el resto. No obstante, la concentración anual de PM₁₀ superaría, de estar vigente, el límite que entrará en vigor en 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
	Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario					
	NO ₂	horario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.3.17.4. Valencia

Los datos correspondientes al periodo 2001-2005, muestran que la ciudad de Valencia se encuentra dentro de los límites legales establecidos tanto para el ozono troposférico como para el SO₂.

No ocurre así en el caso de la contaminación por NO₂. Los niveles de concentración media anual para este contaminante superan el valor límite de 40 µg/m³ en todo el periodo considerado, aunque existe una tendencia a la baja de forma que desde 2003 este indicador se encuentra por debajo del límite más el margen de tolerancia correspondiente.

El número de superaciones del valor límite de 200 µg/m³ de NO₂ presenta una gran variabilidad durante todo el periodo considerado, no permitiendo establecer tendencias en la evolución del indicador. No obstante, durante todo el periodo, a excepción de los tres últimos años, el número de superaciones sobrepasó el límite de 18 horas/año.

La concentración anual de PM₁₀, registró durante 2003 y 2005 valores por debajo del límite que entrará en vigor en 2005, pero en todo caso se situó por encima de los exigibles a partir de 2010.

Comunidad	Municipio	Zona de evaluación					
Andalucía	Algeciras						
	Parámetro	Valor límite	2001	2002	2003	2004	2005
	SO ₂	diario					
	NO ₂	horario					
		anual					
	PM ₁₀	diario					
		anual					
	Parámetro	Valor objetivo	2001	2002	2003	2004	2005
	O ₃	salud					

Ozono ■ > Valor objetivo ■ < Valor objetivo ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

SO₂, NO₂ y PM₁₀ ■ > Valor límite ■ < Valor límite ■ sin medir o ninguna estación ha alcanzado el número suficiente de datos

3.4. Aplicaciones de los sistemas de modelización de la calidad del aire para la Península Ibérica y la Comunidad de Madrid

Los Modelos de Calidad del Aire son una herramienta importante y complementaria a las mediciones para la evaluación de la calidad del aire. Nos permiten investigar el impacto de fuentes específicas sobre los niveles de contaminación atmosférica en determinadas zonas, permitiendo una mayor aproximación cualitativa y cuantitativa a la situación y a los posibles escenarios por cambio en las emisiones.

Los modelos utilizados para describir los niveles de contaminación atmosférica previsible por simulación durante el año 2005 para la Península Ibérica y Comunidad de Madrid, son los desarrollados dentro del sistema MMS- CMAQ - EMIMO (OPANA), descrito en el capítulo 2 de metodología.

Las imágenes mostradas en el presente capítulo a nivel nacional corresponden al sistema mencionado, con una configuración de 12 capas en altura (hasta 100 mb o aproximadamente 10-12 Km.) y con 50 km. de resolución coincidentes con la resolución de las emisiones EMEP (European Monitoring Evaluation Programme) de 2004.

Para la Comunidad de Madrid la configuración del sistema es de 23 capas en altura (hasta 100 mb o 10-12 Km.) con un anidamiento de 9 Km. de resolución y un dominio 405 x 405 Km. La resolución temporal de las emisiones producidas por el modelo de emisiones EMIMO es 1 hora.

Las aplicaciones se han ejecutado en el Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA) y el análisis se ha llevado a cabo por el Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (GMSMA-FI-UPM).

A continuación se presentan los resultados obtenidos por el sistema para toda la Península Ibérica y finalmente para el área de la Comunidad de Madrid. Estos resultados hacen referencia a:

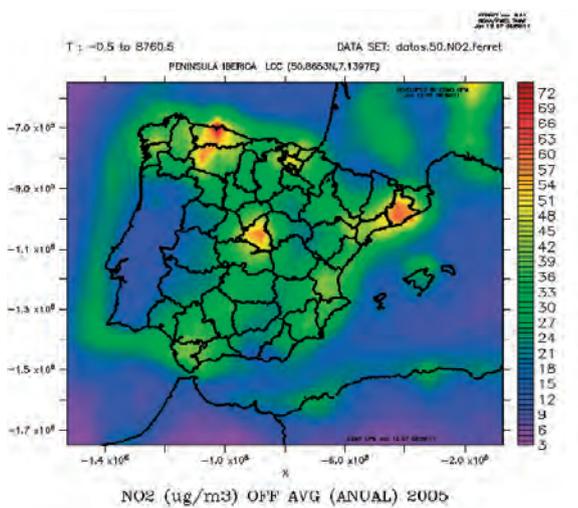
- Valores medios estimados de concentración de los contaminantes dióxido de nitrógeno (NO_2), partículas de menos de diez micras (PM_{10}), partículas de menos de 2,5 micras ($\text{PM}_{2.5}$), ozono (O_3) y dióxido de azufre (SO_2), en la Península Ibérica y de los contaminantes NO_2 , PM_{10} y O_3 en la Comunidad de Madrid.
- Población estimada afectada por incumplimiento de la legislación y por superaciones de valores límite en la Península Ibérica y Comunidad de Madrid.
- El llamado índice de "afección", para ponderar estimativamente las concentraciones en la atmósfera en función de la población en la Península Ibérica y Comunidad de Madrid.

3.4.1. Valores medios estimados de todo el dominio y su evolución a lo largo del año (lineales) para el NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, O_3 y SO_2 en la Península Ibérica.

Los mapas que se presentan a continuación se corresponden con una visión interpolada de los resultados por cuadrículas de 50 x 50 Km. de resolución espacial en la Península Ibérica y muestran las concentraciones medias

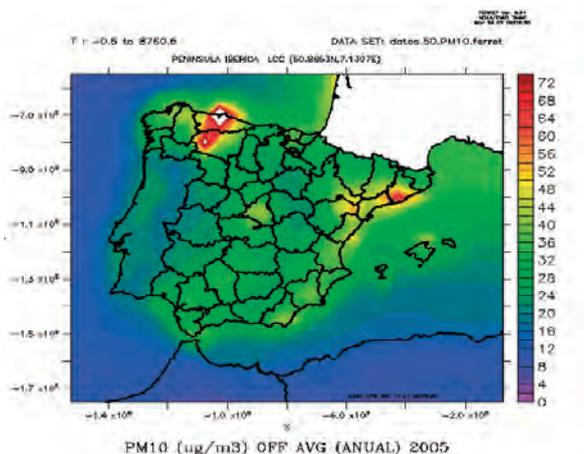
anuales de los contaminantes: NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, O_3 y SO_2 , que se habrían alcanzado en la Península Ibérica según las estimaciones de los modelos para el año 2005.

Figura 3.21. Concentración media anual de dióxido de nitrógeno (NO_2)

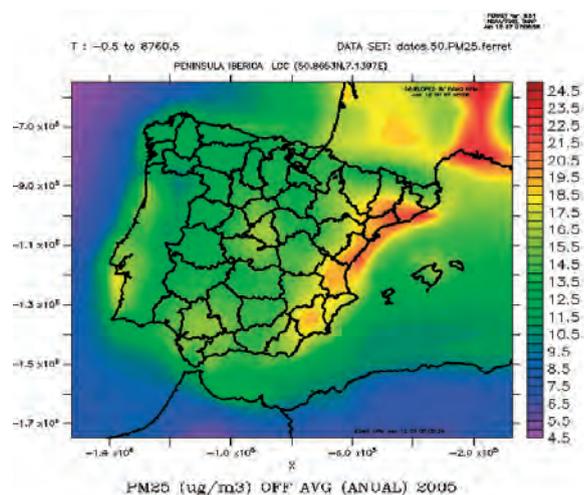


- El valor límite para la protección de la salud humana que entrará en vigor en el año 2010 es de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 .
- Las zonas de mayor densidad de población y emisiones industriales de NO_2 ofrecen los niveles mayores de este contaminante.

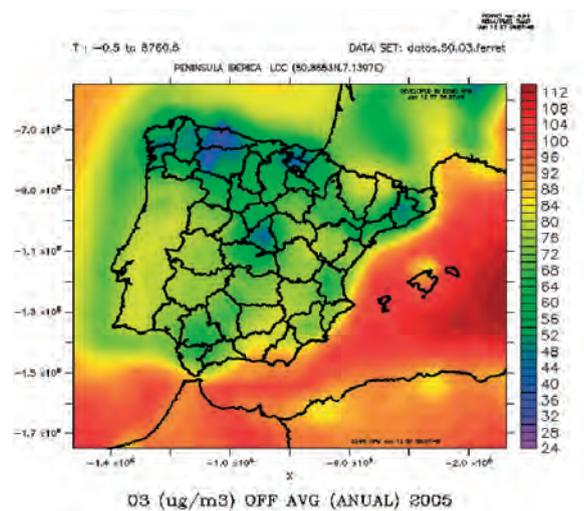
3.4. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA LA PENÍNSULA IBÉRICA Y LA COMUNIDAD DE MADRID

Figura 3.22. Concentración media anual de partículas menores de diez micras (PM₁₀)

- El valor límite para las PM₁₀ se fija en una concentración de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como media anual. Así mismo, se fija un valor límite diario de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que no podrá superarse en más de 35 días/año desde 2005.
- Las áreas de mayor industrialización o densidad de población aparecen con los mayores niveles de PM₁₀. El tráfico es la principal fuente de emisión en el ámbito urbano y la combustión de combustibles fósiles (carbón especialmente) en el ámbito industrial.

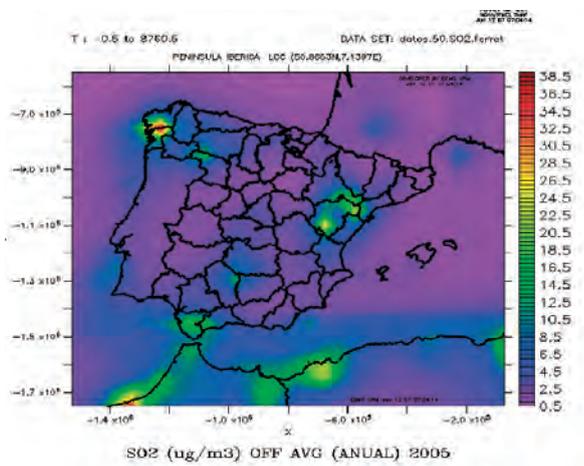
Figura 3.23. Concentración media anual de partículas menores de 2,5 micras (PM_{2,5})

- En el proceso de revisión de la Directiva Europea de Calidad del Aire que se está llevando a cabo, se fija un valor objetivo anual de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las PM_{2,5}, como media anual para 2010, que a partir de 2015 se convierta en valores límite y por ello obligatorio.
- Las áreas del este de la Península Ibérica y sobre todo de la zona norte del Mediterráneo presentan los mayores niveles de PM_{2,5}.

Figura 3.24. Concentración media anual de ozono (O₃)

- El valor objetivo para la protección de la salud, previsto para 2010, es de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O₃, como media máxima octohoraria a no superar más de 25 días al año. No existe valor objetivo en la legislación actual.
- Esta molécula, altamente reactiva, tiende a descomponerse en las zonas en las que existe una alta concentración de NO. Esto explica porqué su presencia en el centro de las grandes ciudades (como Madrid y Barcelona) suele ser más baja que en los cinturones metropolitanos y en las áreas rurales circundantes.

Figura 3.25. Concentración media anual de dióxido de azufre (SO₂)



- El valor límite para la protección de los ecosistemas es de 20 µg/m³ de SO₂.
- Las áreas de mayores concentraciones en la atmósfera de SO₂ se encuentran donde existen centrales térmicas importantes.

3.4.2. Población estimada afectada por incumplimiento de la legislación y por superaciones de valores límite en la Península Ibérica

Para poder determinar la población afectada estimada sometida a niveles de contaminación que incumplen la legislación (alerta horaria, superaciones octohorarias y umbral de información horaria respecto al O₃), así como por las superaciones de los valores límites para los contaminantes NO₂, NO_x, PM₁₀ y SO₂, se han cruzado los valores de la población española del año 2000 (38.960.364 habitantes), con los valores de la contaminación atmosférica para el año 2004.

No se han podido utilizar datos de población más recientes debido a dificultades metodológicas y al propio alcance del estudio. Los datos de Canarias no se han incluido por dificultades de comportamiento de las masas de aire en esa zona. Las estimaciones que se presentan son las mejores disponibles actualmente. Más adelante será posible determinar con más exactitud esta población afectada por incumplimientos de legislación o que supere valores límite.

Figura 3.26. Incumplimiento de la alerta horaria del ozono (O₃)

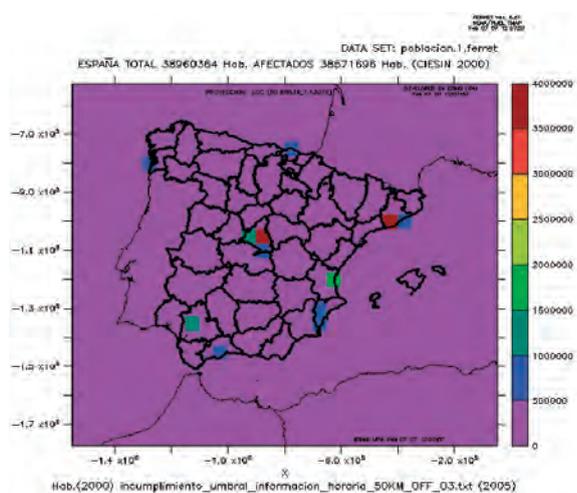


- El porcentaje estimado de habitantes que en el año 2004, se vieron sometidos durante una hora o más a un nivel superior a 240 µg/m³ (umbral de alerta), fue cerca del 72%.
- Las áreas con mayores niveles de densidad de población se encuentran incluidas en el incumplimiento de la alerta horaria anual a la población.

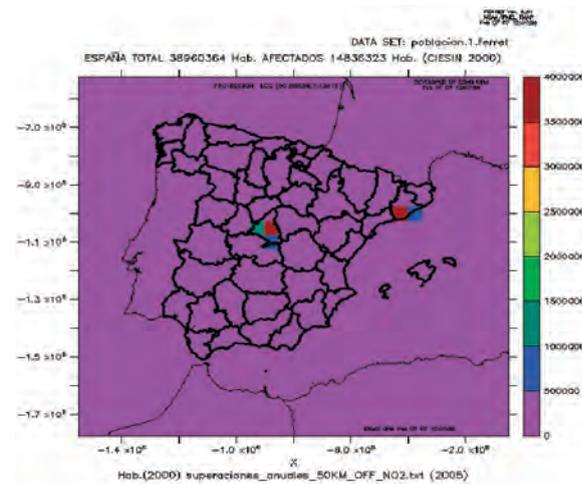
3.4. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA LA PENÍNSULA IBÉRICA Y LA COMUNIDAD DE MADRID

Figura 3.27. Incumplimiento de las superaciones octohorarias del ozono (O_3)

- El porcentaje estimado de habitantes que en el año 2004, se vieron sometidos a un día con concentraciones máximas de las medias octohorarias superiores a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y más de 25 veces al año, fue cerca del 85%.
- Este mapa muestra que las áreas que más incumplen el límite relativo a la media octohoraria móvil diaria son las áreas de mayores niveles de densidad de población.

Figura 3.28. Incumplimiento del umbral de información horaria del ozono (O_3)

- El porcentaje estimado de habitantes que en el año 2004, se vieron sometidos durante una hora o más a un nivel superior a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (umbral de información), fue aproximadamente del 99 %.
- El mapa muestra aquellas áreas que superan el límite de información horaria a la población y sus poblaciones por celdilla ($50 \times 50 \text{ km}$).

Figura 3.29. Superación de la concentración media anual de dióxido de nitrógeno (NO_2)

- El porcentaje estimado de habitantes que en el año 2004, se vieron sometidos a valores superiores a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor medio anual, fue alrededor del 38%.
- Las zonas de mayor densidad de población (Madrid y Barcelona) son las que más superan los valores de concentración media anual del contaminante NO_2 , ya que la fuente principal de emisión de este contaminante está provocada por los automóviles.

Figura 3.30. Superación de la concentración media anual de óxidos de nitrógeno (NOx)



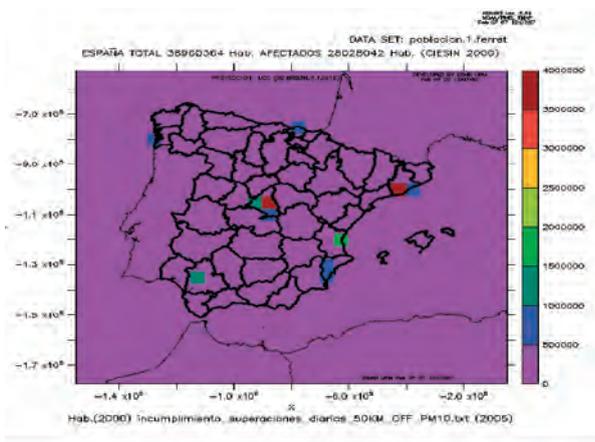
- El porcentaje estimado de habitantes que en el año 2004, se vieron sometidos a valores superiores a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor medio anual, fue cerca del 85%.
- El mapa muestra que las zonas que presentan un mayor nivel de superación vuelve a coincidir con las zonas de mayor densidad de población (Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla).

Figura 3.31. Superación de la concentración media anual de partículas MENORES de diez micras (PM₁₀)



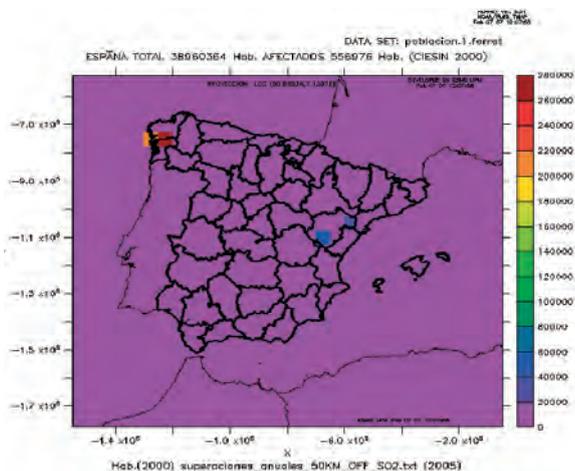
- El porcentaje estimado de habitantes que en el año 2004, se vieron sometidos a valores superiores a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor medio anual, fue casi del 32%.
- El tráfico es una de las principales fuentes de contaminación por partículas en las ciudades por ello las mayores superaciones de la concentración media anual de PM₁₀ se da en las zonas de Madrid y Barcelona.

Figura 3.32. Superaciones de la concentración media diaria de partículas MENORES de diez micras (PM₁₀)



- El porcentaje estimado de habitantes que en el año 2004, se vieron sometidos a valores superiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor medio diario y por más de 7 días al año, fue aproximadamente del 72%.
- El mapa muestra aquellas áreas que superan los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media diaria más de 7 días, situándose las superaciones máximas en las áreas de Madrid, Barcelona y Valencia.

Figura 3.33. Superación de la concentración media anual de dióxido de azufre (SO₂)



- El porcentaje estimado de habitantes que en el año 2004, se vieron sometidos a valores superiores a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor medio anual, no llegaba al 2%.
- Las zonas donde se dan los mayores niveles de superación de la concentración media anual de SO₂ coinciden con las zonas donde existen centrales térmicas importantes.

3.4.3. Índice deafección para ponderar estimativamente las concentraciones en la atmósfera en función de la población en la Península Ibérica.

Para poder ponderar los niveles de contaminación de una zona en función de la densidad de la población, de dicha zona afectada, se han elaborado unos mapas que relacionan la población con los valores de la contaminación atmosférica o contaminación en la atmósfera para cada contaminante.

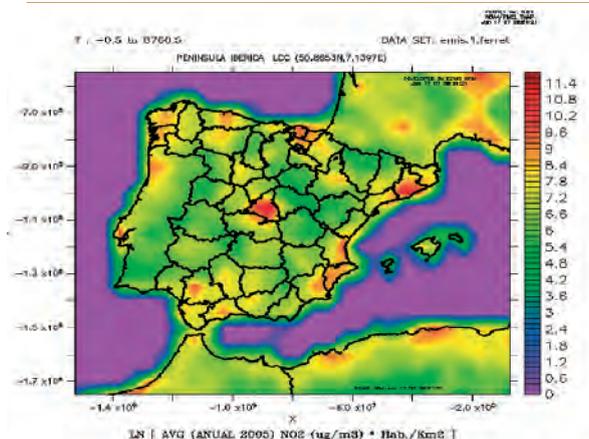
Para ello se ha recurrido a un índice o algoritmo matemático definido como: $\ln[\text{concentración} \times \text{densidad de población}]$ es decir, el logaritmo neperiano de producto obtenido al multiplicar para cada celdilla la concentración media anual del contaminante por la densidad de la población como número de habitantes por km^2 . Este índice tiene la ventaja, para distintos autores (GMSMA-FI-UPM), de que ofrece una distribución de cambio suave y muy realista sobre el impacto en la salud de los habitantes, y permite una valoración inicial del impacto de la contaminación atmosférica en función del número de habitantes que respiran dichas concentraciones.

Este índice respondería a la idea de que concentraciones altas en entornos poco poblados no tienen el mismo peso desde el punto de vista de impacto en la población que con-

centraciones similares, incluso inferiores, pero en entornos de alta densidad de población. Es un índice sencillo que permite una aproximación general y rápida a la "calidad" del aire de las concentraciones urbanas. Hay que señalar que en el mismo no se incorporan funcionalidades importantes como las que inciden en la salud en función de la exposición real o del número de horas que una determinada masa poblacional se encuentra sometida a unas concentraciones elevadas y no representadas en la media anual y que debería ser objeto de investigaciones más avanzadas para finalmente conocer los niveles de exposición de los ciudadanos en ambientes exteriores, en el interior de sus casas y en los lugares de trabajo, información que aportaría datos de suma importancia sobre la incidencia en la salud a medio y largo plazo en la población española.

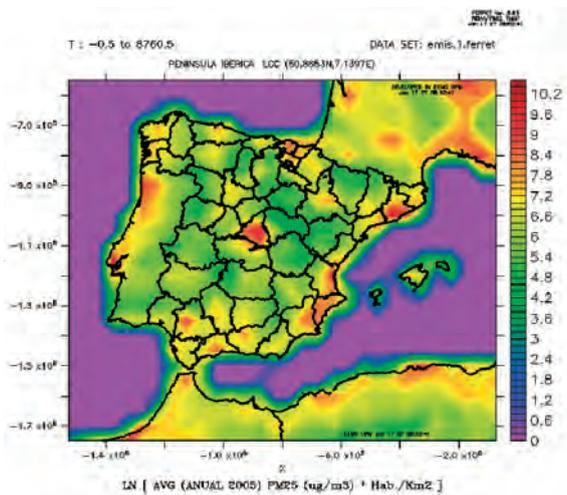
Los mapas que se exponen a continuación muestran en la escala de la derecha, el índice deafección de las concentraciones en la atmósfera de los contaminantes: NO₂, PM_{2.5}, PM₁₀, y O₃ ponderadas en función de la población, $[\ln(\text{concentración} \times \text{densidad de población})]$.

Figura 3.34. Índice deafección de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población $[\ln(\text{concentración} \times \text{población})]$ para NO₂.



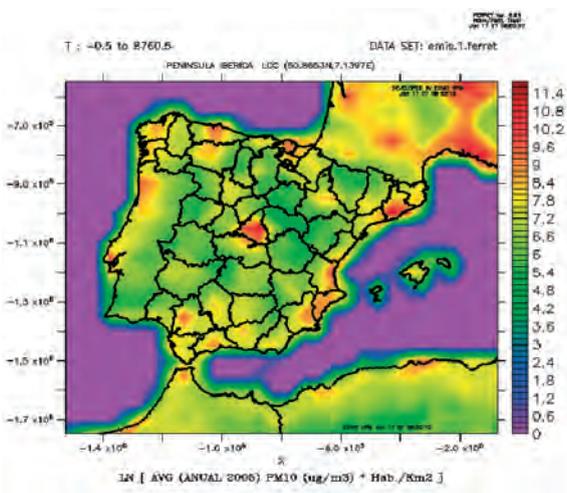
- Se observa como áreas que en el mapa anterior (concentración media anual de NO₂ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) aparecen con valores relativos inferiores a los máximos, como es el caso de las provincias de Valencia, Alicante, Murcia, Sevilla y Málaga, entre otras, en este mapa tienen un índice deafección alto debido a su elevada densidad de población.

Figura 3.35. Índice de AFECCIÓN de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para PM_{2.5}.



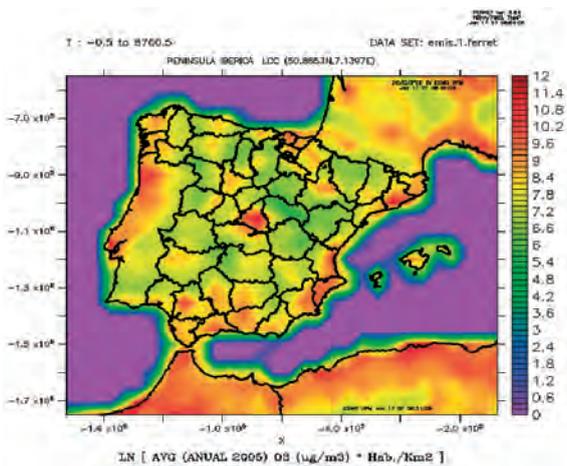
- El mapa muestra las áreas donde existe un mayor índice de afectación sobre la población de la concentración de PM_{2.5}. Éstas corresponden a las zonas de Madrid, Barcelona, Valencia, Alicante, Murcia, Sevilla, Málaga y País Vasco.

Figura 3.36. Índice de AFECCIÓN de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para PM₁₀.



- De igual forma se observa como áreas que en el mapa anterior (concentración media anual de PM₁₀ en µg/m³) aparecen con valores relativos inferiores a los máximos, en este mapa muestran un alto índice de afectación debido a su elevada densidad de población.

Figura 3.37. Índice de AFECCIÓN de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para Ozono.



- Se observa que en la zona centro de Madrid, litoral mediterráneo, Principado de Asturias, País Vasco, así como algunas provincias andaluzas, a pesar de ofrecer valores bajos de las concentraciones de ozono, al correlacionarlos con la población aparecen con índices elevados.

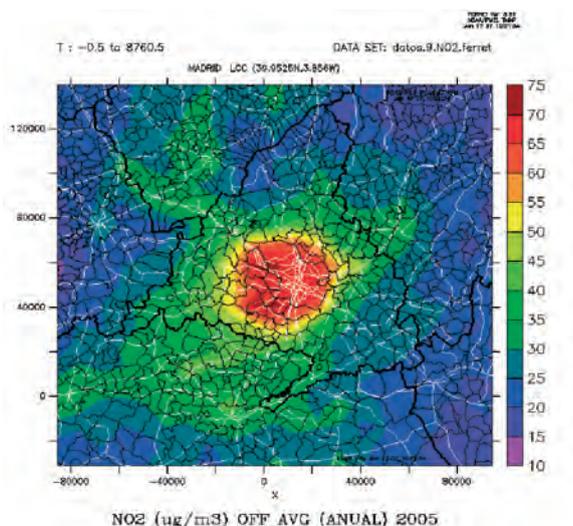
3.4.4. Valores medios estimados de todo el dominio y su evolución a lo largo del año (lineales) para el NO₂, PM₁₀ y O₃ en la Comunidad de Madrid

Las siguientes imágenes muestran para un área el resultado de aplicar el sistema OPANA V3 (MM5-CMAQ-EMIMO) sobre un dominio de 405 x 405 Km. con 9 km. de resolución (dominio superior al área mostrada en las imágenes que cubre, aproximadamente, un área de 160 x 160 km. Obsérvese que la proyección Lambert Conformal en que se muestran las imágenes es prácticamente la UTM con un error inferior a un 1%, por lo que de forma rápida los valores de las coordenadas podemos asociarlos a metros con

un error despreciable al ojo humano).

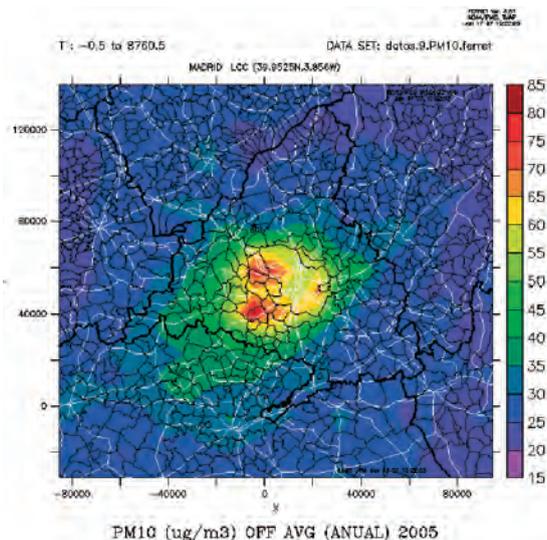
Los mapas que se presentan a continuación se corresponden con una visión interpolada de los resultados con 9 Km. x 9 km. de resolución espacial en la Comunidad de Madrid. Éstos mapas muestran las concentraciones medias anuales de los contaminantes: NO₂, PM₁₀ y O₃, que se habrían alcanzado en la Comunidad de Madrid según las previsiones del modelo para el año 2005.

Figura 3.38. Concentración media anual de NO₂ en µg/m³ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.



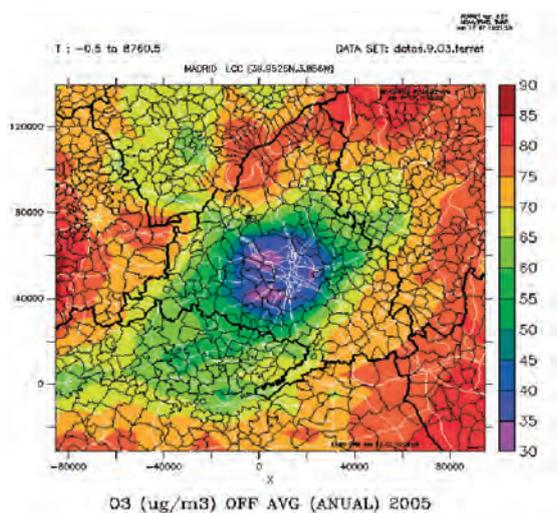
- El valor límite para la protección de la salud humana que entrará en vigor en el año 2010 es de 40 µg/m³ de NO₂.
- Importantes áreas de la zona metropolitana de Madrid y alrededores, en particular en la zona oeste, se encontrarían con valores sensiblemente superiores a ese límite.

Figura 3.39. Concentración media anual de PM₁₀ en µg/m³ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.



- El valor límite para las PM₁₀ se fija en una concentración de 40 µg/m³ como media anual. Así mismo, se fija un valor límite diario de 50 µg/m³ que no podrá superarse en más de 35 días/año desde 2005.
- Este valor se superaría ampliamente en el área metropolitana de Madrid y alrededores, en particular en la zona Oeste.

Figura 3.40. Concentración media anual de O₃ en µg/m³ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.



- El valor objetivo para la protección de la salud, previsto para 2010, es de 120 µg/m³ de O₃, como media máxima octohoraria a no superar más de 25 días al año. No existe valor objetivo en la legislación actual.
- El mapa indica que la zona centro metropolitana ofrece valores medios muy bajos, debido lógicamente a la acción de las emisiones de NO_x y VOC's producidas principalmente por el tráfico rodado. Estas emisiones "consumen" el ozono y actúan a su vez como productoras del ozono que se manifiesta en los alrededores que, por otro lado, no encuentran suficiente NO_x y VOC para que lo consuman.

3.4.5. Población estimada afectada por incumplimiento de la legislación y por superaciones de valores límite en la Comunidad de Madrid.

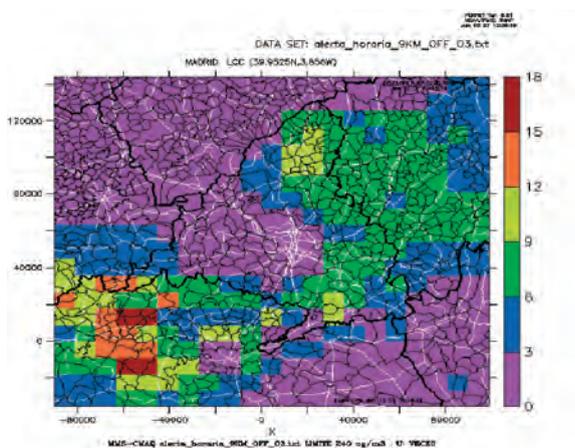
A continuación se muestran los mapas que reflejan:

- Las superaciones de la alerta horaria para el ozono que indican el número de horas al año que se ha superado el valor de 240 µg/m³. La representación viene dada a través de las celdillas de 9 x 9 Km. donde se producen un número de superaciones horarias, indicadas en la escala de la derecha.
- Las superaciones octohorarias de ozono que de

acuerdo a la legislación (R.D. 1796/2003 de 26 de Diciembre) indican el número de veces (medido en días) que se supera el máximo octohorario diario a lo largo del año 2005. Dicho real decreto establece que no debe superarse el máximo octohorario diario más de 25 veces al año como valor promedio en 3 años.

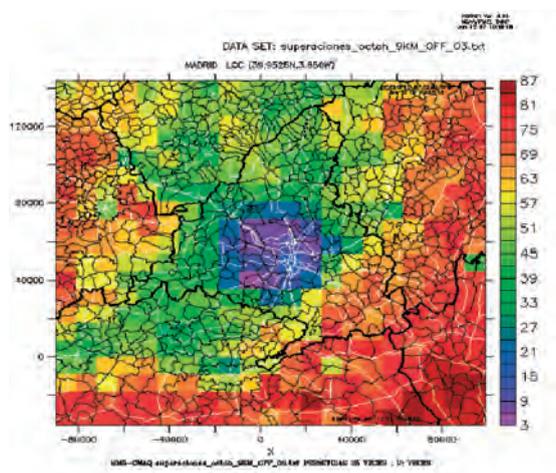
- Las superaciones del valor objetivo correspondiente a la información a la población para el ozono, que se corresponde con 180 µg/m³.

Figura 3.41. Superaciones de la alerta horaria para el ozono.



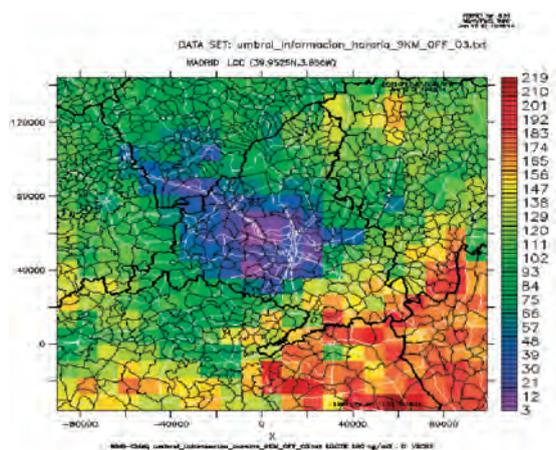
- La zona al suroeste de la Comunidad de Madrid ofrece hasta 15 horas al año en que dicho valor (240 µg/m³) es superado.

Figura 3.42. Superaciones octohorarias para el ozono.



- En áreas de la zona al Sureste aparecen celdillas con más de 81 veces que el valor objetivo del máximo octohorario diario ha sido superado.

Figura 3.43. Superaciones del umbral de información para el ozono.



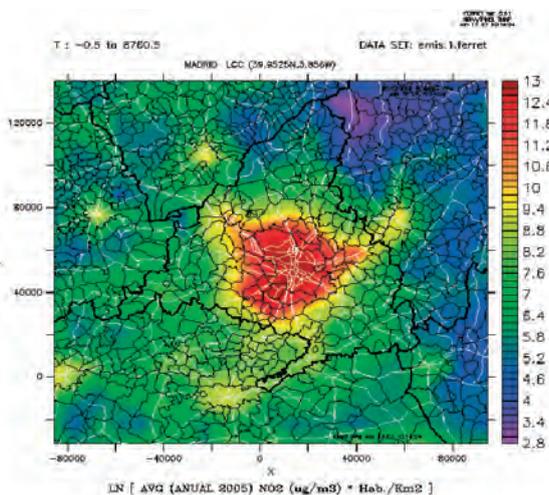
- En áreas de la zona al Sureste aparecen celdillas con más de 210 veces (medido en horas) que el valor objetivo horario de información a la población ha sido superado.

3.4.6. Índice de afección para ponderar estimativamente las concentraciones en la atmósfera en función de la población en la Comunidad de Madrid

Los mapas que se exponen a continuación muestran en la escala de la derecha, el índice de afección de las concentraciones para los contaminantes: NO₂, PM₁₀ y O₃ en

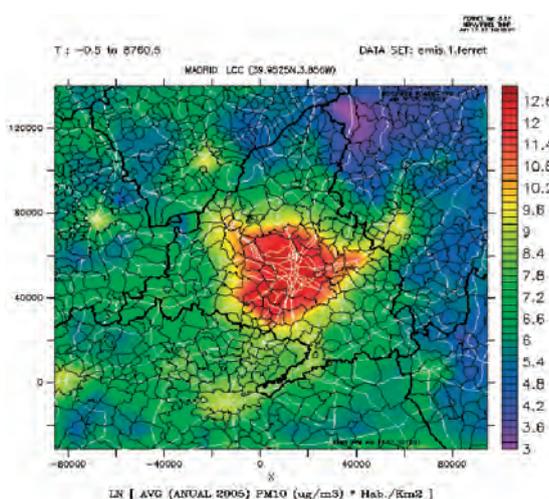
la atmósfera ponderadas, en función de la población [$\ln(\text{concentración} \times \text{población})$].

Figura 3.44. Índice de AFECCIÓN de las concentraciones de NO₂ en la atmósfera PONDERADAS en función de la población [ln (concentración x población)]



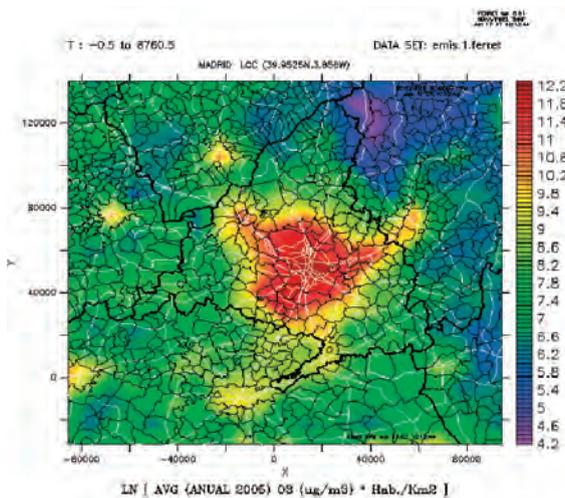
- Obsérvese como áreas que en el mapa anterior (concentración media anual de NO₂ en µg/m³) aparecen con valores relativos inferiores a los máximos, en este mapa aparecen con índices superiores, debido a su elevada densidad de población.

Figura 3.45. Índice de AFECCIÓN de las concentraciones de PM₁₀ en la atmósfera PONDERADAS en función de la población [ln (concentración x población)]



- Al igual que para el NO₂, se observa como áreas que en el mapa anterior (concentración media anual de PM₁₀ en µg/m³) aparecen con valores relativos inferiores a los máximos, en este mapa presentan un índice alto de afectación, debido a su elevada densidad de población.

Figura 3.46. Índice de AFECCIÓN de las concentraciones de Ozono en la atmósfera PONDERADAS en función de la población [ln (concentración x población)]



- La zona centro de Madrid, a pesar de ofrecer valores bajos de las concentraciones de ozono, al correlacionarlos con la población aparecen con índices elevados.

Efectos de la contaminación atmosférica **sobre la salud**

4

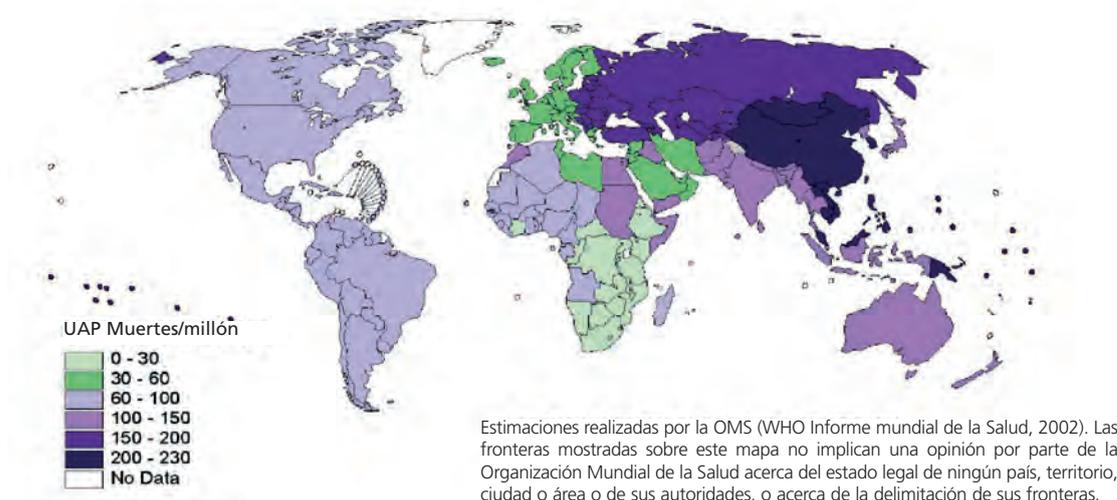
Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud

Las graves consecuencias de la exposición a un alto grado de contaminación del aire en las ciudades se pusieron de manifiesto a mediados del siglo XX cuando ciudades europeas y estadounidenses sufrieron diversos episodios de contaminación atmosférica, como los casos ocurridos en el Valle de Mosa (Bélgica) en 1930, en Donora (Pennsylvania, EEUU) en 1948 y la niebla tóxica que cubrió Londres en 1952. Todos estos casos emblemáticos se tradujeron en incrementos en la mortalidad y la morbilidad y no dejaron dudas sobre la relación entre los niveles altos de contaminación atmosférica y un incremento de muertes tempranas. La constatación del impacto sobre la salud llevó a la puesta en marcha de políticas de control de la contaminación, especialmente en Europa Occidental y los Estados Unidos, que condujeron a una importante reducción de los niveles de contaminación atmosférica de origen industrial. No obstante, la exposición continua a niveles relativamente moderados, como los que se registran cotidianamente en muchas ciudades, puede producir trastornos en la salud de la población incluso peores que una exposición puntual a niveles de contaminantes elevados.

El interés científico y social acerca de las consecuencias de la contaminación atmosférica sobre la salud de los ciudadanos se ha incrementado de forma notable en las últimas décadas, habiéndose llevado a cabo un número importante de estudios epidemiológicos y toxicológicos para valorar los efectos que produce la contaminación atmosférica sobre la salud. Estos estudios han puesto de manifiesto que, a pesar de la mejora en la calidad del aire en diferentes lugares, la contaminación atmosférica sigue representando un riesgo para la salud, y que dicho impacto es debido en gran medida a la exposición crónica a la contaminación y no sólo al efecto de episodios aislados de concentraciones elevadas de contaminantes.

Estudios publicados relativos a la calidad del aire en las ciudades concluyen que aún sin superar los niveles de calidad del aire considerados como seguros, existe una correlación entre el incremento de los niveles de contaminación atmosférica y determinados efectos nocivos para la salud. Así análisis que consideran los abundantes estudios sobre el tema, indican que la contaminación del aire es causante del 1,4% de las muertes mundiales (Informe Mundial de la Salud, 2002). En Europa la mitad de dicho impacto podría ser causado por las emisiones de los vehículos a motor.

La exposición continua a niveles relativamente moderados, como los que se registran cotidianamente en muchas ciudades, puede producir trastornos en la salud de la población incluso peores que una exposición puntual a niveles de contaminantes elevados.

Figura 4.1. Nº de Muertes/millón de habitantes causadas por contaminación atmosférica

• Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2002.

Por otra parte, debe resaltarse que el impacto de la contaminación atmosférica presente en ambientes interiores podría ser aún mayor que el de la contaminación del aire del exterior, debido a la exposición a contaminantes como el monóxido de carbono, el humo del tabaco, el radón o los compuestos orgánicos volátiles y otros agentes como la legionella, hongos o ácaros, entre otros. Debe considerarse que una gran proporción de la población pasa más tiempo en ambientes interiores que exteriores, estimándose que el hombre urbano pasa entre el 80 y el 90% de su tiempo en ambientes cerrados, contaminados en mayor o menor grado. Además, la calidad del aire interior de edificios no laborales o laborales no industriales no está regulada en el mismo grado que lo está la contaminación del aire ambiente o del entorno laboral.

La contaminación del aire es considerada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como uno de los elementos prioritarios que inciden en la salud de las poblaciones a nivel mundial. Además de su impacto en la mortalidad, la contaminación atmosférica se asocia con la aparición o agravamiento de enfermedades como el asma, reacciones alérgicas, bronquitis e infecciones respiratorias. Estas enfermedades han experimentado un notable aumento en los últimos años, especialmente en los niños, por lo que se está estudiando el posible papel de la contaminación atmosférica en dicho incremento.

La OMS revela, asimismo, que la contaminación atmosférica derivada de las fuentes de combustión está asociada a una

amplia serie de efectos agudos y crónicos en la salud que dependen del contaminante. La contaminación por partículas (que por su pequeño tamaño pueden ser inhaladas y llegar a los pulmones) está relacionada de manera sistemática e independiente con los efectos más graves de la contaminación, en particular con el cáncer de pulmón y otras causas de mortalidad cardiovasculares y respiratorias. Otros contaminantes como el ozono también se asocian a graves efectos para la salud y contribuyen a la carga de morbilidad atribuible a la contaminación atmosférica urbana.

Entre los estudios que han analizado la relación entre la contaminación atmosférica y la salud, cabe citar el estudio APHEA (Air Pollution and Health: an European Approach) que incluye 34 ciudades europeas, entre las que se encuentran Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia, y el estudio NMMAPS (National Mortality and Morbidity Air Pollution Study) en el que se analizaron los datos de 100 ciudades estadounidenses.

En España, además de los estudios realizados en las principales ciudades como Madrid, Barcelona o Valencia, existe un estudio de carácter multicéntrico realizado en 16 ciudades¹ (cubriendo un total de 10 millones de habitantes) que analiza los efectos de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad y sobre la morbilidad (proyecto EMECAS). Todos estos trabajos han demostrado la existencia de asociación entre los indicadores de contaminación atmosférica y el incremento tanto de la mortalidad como de la morbilidad.

La contaminación del aire es causante del 1,4% de las muertes mundiales (Informe Mundial de la Salud, 2002). En Europa la mitad de dicho impacto podría ser causado por las emisiones de los vehículos a motor.

4.1. Población expuesta a elevados niveles de contaminación atmosférica

Es importante resaltar que los efectos observados en los estudios epidemiológicos no pueden ser atribuidos a la contaminación aislada de un indicador, sino más bien a la mezcla de contaminantes que contiene la atmósfera. No obstante, los contaminantes que parecen más problemáticos actualmente para la salud de la población, tanto en España como en la Unión Europea, son las partículas (PM), los óxidos de nitrógeno (NOx) y el ozono troposférico (O3).

Las estimaciones de la Agencia Europea de Medio

Ambiente indican que el porcentaje de población urbana que soporta unos niveles de contaminación atmosférica superiores a los establecidos por la Unión Europea, de cara a proteger la salud humana, es preocupante. Para cada uno de los contaminantes, el porcentaje de población expuesta en los ambientes urbanos se sitúa:

- Entre el 25% y el 55%, en el caso de las partículas (PM₁₀).
- Entre el 25-50% para el dióxido de nitrógeno (NO₂)
- Entre el 20-30% para el ozono (O₃)
- Menos del 1% para el dióxido de azufre (SO₂)

Figura 4.2. Porcentaje de población urbana expuesta a valores de contaminación por PM₁₀, O₃, SO₂, NO_x, superiores a los límites establecidos legalmente. Países europeos* 1996-2002



• Nota: datos de Alemania, Austria, Bulgaria, República Checa, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza.
 • Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente. AIRBASE. www.eea.eu.int/coreset

¹ Barcelona, Bilbao, Cartagena, Castellón, Granada, Gijón, Huelva, Las Palmas, Madrid, Oviedo, Pamplona, Sevilla, Tenerife, Valencia, Vigo y Zaragoza

4.1. POBLACIÓN EXPUESTA A ELEVADOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Como se observa en la figura 4.2, la evolución respecto la exposición a contaminación atmosférica en Europa en los últimos años ha ido mejorando para la contaminación por dióxido de azufre y empeorando en la contaminación por partículas. La situación para ozono y dióxido de nitrógeno se mantiene en una situación intermedia.

En el caso concreto de España, el Ministerio de Medio Ambiente estima que unos doce millones de personas viven en zonas con aire contaminado, que se corresponde fundamentalmente con la población que vive en las ciudades de mayor tamaño. Catorce municipios de más

de cien mil habitantes (de los que se dispone de datos) presentaban en 2004 concentraciones de NO₂ por encima del valor límite anual para la protección de la salud humana que entrará en vigor en 2010; y en diez municipios se habían registrado superaciones de la concentración de O₃ en más de 25 días al año (valor límite en 2010). Por último, doce municipios superaban el valor límite de concentración media anual de PM₁₀, en vigor desde 2005. En entornos industriales y de tráfico considerados como 'puntos calientes' ("hotspots"), los niveles medios de PM₁₀ registrados llegan a superar frecuentemente los valores límite de concentración recomendados.

4.1.1 Colectivos más vulnerables: población infantil, mayores y enfermos con problemas cardíacos y respiratorios

Los grupos más vulnerables frente a la contaminación atmosférica son los niños, los ancianos, las personas que padecen enfermedades crónicas respiratorias o cardiovasculares y las mujeres embarazadas. En este apartado, nos detendremos en el primer colectivo por ser además de vulnerables los que tienen que acarrear con los efectos producidos por la contaminación a más largo plazo.

Población Infantil

En comparación con los adultos, los niños pequeños presentan una vulnerabilidad especial a los tóxicos ambientales. Esto se debe, principalmente, a inmadurez fisiológica y a diferencias en la exposición. Además hay que tener en cuenta que, por ser la exposición en edades tempranas, los posibles efectos en salud van a tener más tiempo de vida para manifestarse, y, caso de ocurrir, el daño será mayor en términos de años de vida perdidos o años con incapacidad. Resultados de estudios experimentales en humanos muestran que en fetos y niños, la susceptibilidad es mayor a los efectos tóxicos de contaminantes como partículas en suspensión, derivados de hidrocarburos, compuestos volátiles, humo de tabaco, compuestos clorados, nitratos y metales (Perera et al. 2002), entre otros. Estos tóxicos llegarían al feto por vía transplacentaria y al niño por vía respiratoria, por ingestión o por vía dérmica.

En el caso de la exposición a contaminantes atmosféricos en que la exposición ocurre vía inhalación la vulnerabilidad es mayor debido a que las vías aéreas y los alvéolos se están desarrollando todavía. Junto a lo anterior, los

mecanismos de defensa son todavía inmaduros. Por otro lado, el niño suele pasar más tiempo en el exterior que los adultos y, además, hay que tener en cuenta que los niños, en términos relativos, inhalan el doble de aire que los adultos (Schwartz, 2004).

Estudios epidemiológicos han demostrado la asociación de la exposición prenatal a contaminación atmosférica con diversos efectos relacionados con el desarrollo fetal. Para el bajo peso al nacer y retraso en el crecimiento intrauterino los resultados son compatibles con una relación causal. Para parto pretérmino es necesario contar con mayor número de estudios, aunque las pruebas existentes sugieren que podría existir un vínculo causal. Para las malformaciones congénitas no existen pruebas concluyentes que indiquen causalidad de la contaminación atmosférica. (Sram et al 2005)

Existe suficiente evidencia que indica que la exposición a contaminación atmosférica durante el primer año de vida se ha asociado con un incremento del riesgo de mortalidad infantil de magnitud mayor que el riesgo encontrado para adultos (Lacasaña et al, 2005, Sram et al, 2005).

En una reciente monografía de la organización mundial de la salud (OMS, 2005) se ha revisado la literatura científica sobre el impacto de la contaminación atmosférica en diferentes aspectos de la salud de los niños, y se concluye que existe evidencia suficiente para inferir causalidad en la relación entre la contaminación atmosférica y un aumento en la prevalencia e incidencia de tos y bronquitis. Existe menos evidencia para poder asegurar una

La contaminación por partículas está relacionada de manera sistemática e independiente con el cáncer de pulmón y otras causas de mortalidad cardiovasculares y respiratorias.

4.1. POBLACIÓN EXPUESTA A ELEVADOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

relación causal entre incidencia de asma y la contaminación del aire en general, sin embargo sí existen pruebas más consistentes respecto a su relación con el aumento en la frecuencia de urgencias e ingresos por asma, así como para la relación causal de la contaminación con la exacerbación de síntomas como las sibilancias² y la tos. La mayoría de estos efectos se relacionan con contaminantes derivados de las emisiones del tráfico, como las partículas y el dióxido de nitrógeno, así como con el ozono (Weiland y Forastiere, 2005).

La exposición a contaminación atmosférica también se ha relacionado con cambios en la función pulmonar. Los niños que viven en áreas con altos niveles de contaminación presentan una función pulmonar disminuida. La mayoría de estos trastornos son reversibles ya que se ha visto que las mejoras en la calidad del aire llevan a mejoras en la función pulmonar (Dockery et al, 2005).

En la citada revisión de la OMS se han evaluado también los estudios que abordan otras hipótesis como la posible relación de la contaminación atmosférica con el riesgo de cáncer infantil y con el desarrollo neurológico de los niños. El conjunto de la literatura científica analizada indica que no existen evidencias consistentes para la relación causal entre la contaminación originada por el tráfico que llega a la vivienda y la incidencia de cáncer infantil. No obstante, se reconoce que el número de estudios disponibles hasta ahora es bajo y que existen limitaciones metodológicas importantes como la dificultad de disponer de medidas adecuadas de la exposición durante diferentes periodos de la vida (Raaschou-Nielsen O, 2005).

Como se ha avanzado arriba, también se ha estudiado la relación entre exposición a contaminación atmosférica y el desarrollo neurológico (Winneke, 2005). La relación entre la exposición a plomo y trastornos cognitivos en los niños está bien demostrada. Por otro lado, las pruebas científicas sugieren que la exposición a mercurio orgánico y policlorobifenilos (PCB) podrían estar relacionadas con efectos sobre el desarrollo neurocognitivo. Aunque la vía respiratoria no es la principal vía de estos compuestos, especialmente para el plomo desde su retirada de la gasolina, su emisión al aire y el siguiente transporte

atmosférico constituyen una fuente importante de contaminación.

En España, el Proyecto INMA "Infancia y Medio Ambiente" es una red de grupos de investigación que pretende, mediante una metodología en común, relacionar las exposiciones pre y postnatales a contaminantes ambientales, en el aire, el agua y los alimentos, con los posibles efectos en la salud de los niños, incluyendo su crecimiento y desarrollo (Ribas-Fitó et al, 2006).

El proyecto consiste en un estudio de cohorte prospectivo de base poblacional³ con unas 4000 mujeres embarazadas, a las que se les sigue durante la gestación y a continuación se sigue a sus hijos. Las mujeres se reclutan en varios lugares, formando un conjunto de cohortes, lo que permite tener representación de diferentes puntos de la geografía española. Las áreas que participan con cohortes de madres y niños son: Flix (Ribera de L'Ebre), Menorca, Granada, Valencia, Sabadell y Asturias. De todas ellas, las tres primeras ya se habían formado en el momento de iniciar la Red INMA (cohortes previas), mientras que el resto comenzó con posterioridad (cohortes nuevas). En 2006 se incorporó una nueva cohorte en Guipúzcoa.

Entre las exposiciones ambientales a estudio en el proyecto se encuentra la evaluación de la exposición a contaminantes atmosféricos durante el embarazo y la infancia y su posible repercusión sobre la salud (Esplugues et al, 2006). Este proyecto ofrece una oportunidad única para estudiar como un factor ambiental puede afectar la salud de los niños. Sus resultados pueden ser de interés para la puesta en marcha de programas de prevención en salud pública y mejora de la calidad de vida.

Colectivo de mayores de 65 años

Los mayores, junto con los niños, son especialmente vulnerables a los efectos de la contaminación del aire. En la tercera edad se asocian a la contaminación atmosférica factores inmunológicos, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), asma y otras patologías respiratorias o cardíacas preexistentes.

Los grupos más vulnerables frente a la contaminación atmosférica son los niños, los ancianos, las personas que padecen enfermedades crónicas respiratorias o cardiovasculares y las mujeres embarazadas

² Sonido silbante y agudo durante la respiración que ocurre cuando el aire fluye a través de las vías respiratorias estrechas. Son un signo de problemas respiratorios.

³ También se les conoce como estudio de seguimiento, consiste en seleccionar a un determinado grupo de personas sin una enfermedad de interés pero que están sometidos a la presencia de una determinada característica o exposición, el objetivo es ver con qué frecuencia aparece la enfermedad en cada uno de los grupos.

4.2. Efectos de la contaminación sobre la salud humana

Numerosos estudios epidemiológicos evidencian la relación entre contaminación atmosférica y salud, han evaluado su importancia y sus efectos en términos de mortalidad y morbilidad.

Aunque todavía los científicos no conocen con exactitud como la contaminación atmosférica afecta a los procesos patológicos (enfermedades) químicos y físicos que tienen lugar en los seres vivos durante la realización de sus funciones vitales (mecanismos fisiopatogénicos) sí se conocen los efectos que provoca la exposición a la población de este tipo de contaminantes. Aplicando técnicas analíticas que permiten relacionar las defunciones con las concentraciones de los contaminantes, en estudios a corto (series temporales) y a largo plazo (cohortes), se han obtenido asociaciones estadísticamente significativas entre efectos en la salud y los contaminantes presentes en el aire. Estos efectos son múltiples y de diferente gravedad, siendo los más estudiados los que se producen a corto plazo, es decir en el periodo de unos pocos días después de la exposición, y que afectan principalmente a los sistemas respiratorio y circulatorio.

Los estudios ecológicos de series temporales permiten comparar las variaciones temporales de los niveles de exposición a los contaminantes con los cambios en la frecuencia de la mortalidad o morbilidad de la población de un área geográfica determinada. En la mayoría de los estudios epidemiológicos que analizan los efectos a corto plazo de las partículas sobre la salud, el porcentaje de cambio obtenido para la mortalidad es mayor de cero y las asociaciones encontradas son estadísticamente significativas.

Aunque los estudios de series temporales proporcionan información sobre el impacto a corto plazo de los contaminantes del aire sobre la mortalidad, no permiten valorar toda la carga de enfermedad que es atribuible a tales contaminantes durante largos periodos de tiempo. Los estudios de cohortes constituyen uno de los tipos básicos de diseño en epidemiología para determinar el impacto

de la contaminación a más largo plazo. Su objetivo es conocer la influencia de la exposición a la contaminación atmosférica sobre los cambios producidos en la morbilidad o mortalidad de las poblaciones expuestas durante un período de seguimiento.

Los estudios de cohortes que examinan la relación entre la exposición a largo plazo a la contaminación atmosférica y la mortalidad son escasos, debido a la complejidad que supone abordarlos. Estos estudios cuantifican el riesgo relativo de la morbilidad o mortalidad que pueden ser atribuidos a cambios en la concentración de los contaminantes en el aire. La mayoría, se han realizado en EEUU, siendo preciso el desarrollo de más estudios epidemiológicos a largo plazo en el contexto europeo. No obstante, tanto los estudios americanos como los europeos han mostrado que los individuos que residen en ciudades menos contaminadas viven más tiempo que los que lo hacen en ciudades con mayor contaminación. Se ha encontrado una asociación entre las concentraciones de partículas finas en el aire y la reducción de la esperanza de vida, por un aumento del riesgo de mortalidad por todas las causas, por causa cardiopulmonar y por cáncer de pulmón.

Al hablar de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud, diversos autores resaltan la importancia de distinguir entre la contaminación más típica de invierno (lo que se denomina 'winter smog') y la que es más característica del verano ('summer smog').

En invierno los episodios de contaminación pueden ocurrir como consecuencia de fenómenos de estancamiento del aire cuando los contaminantes procedentes de la combustión y se acumulan en la atmósfera. Los contaminantes principales son el SO₂ y las partículas en suspensión. En verano, los episodios de contaminación pueden ocurrir en días calurosos y soleados, en los que las reacciones fotoquímicas de los óxidos de nitrógeno y los compuestos volátiles llevan a la formación de ozono y otras sustancias con capacidad tóxica.

Aplicando técnicas analíticas que permiten relacionar las defunciones con las concentraciones de los contaminantes, en estudios a corto (series temporales) y a largo plazo (cohortes), se han obtenido asociaciones estadísticamente significativas entre efectos en la salud y los contaminantes presentes en el aire.

Breve resumen del efecto que los distintos contaminantes atmosféricos tienen sobre la salud de la población

Partículas (PM)

Las partículas de polvo presentes en el aire tienen efectos nocivos en la salud humana, provocando muertes prematuras y reduciendo la calidad de vida al agravar ciertas enfermedades respiratorias, como el asma. También pueden provocar un aumento de la coagulación sanguínea, elevar la presión arterial y la frecuencia cardíaca, lo que conlleva un aumento de enfermedades cardiovasculares como el infarto de miocardio. Las partículas de menor diámetro son las más peligrosas, ya que las de diámetro inferior a 2,5 µm son capaces de llegar hasta los alvéolos pulmonares y las de diámetro inferior a 0,1 µm incluso pueden penetrar en el torrente sanguíneo. No parece haber ningún umbral de concentración de partículas por debajo del cual no existan efectos perjudiciales, teniendo en cuenta que se supone que los trastornos que inducen están provocados por: a) la liberación local y sistémica de productos activos en la inflamación denominados de manera genérica citocinas, b) aumento de la viscosidad de la sangre y c) reacción del sistema nervioso vegetativo asociada con cambios en la frecuencia cardíaca y eventualmente con arritmias. En estos momentos se desconoce si las lesiones derivadas de los episodios agudos pueden conducir a cambios de carácter crónico e irreversible.

Fuentes de contaminación: Proviene de diversos orígenes, entre los cuales podemos mencionar la combustión de diesel en camiones y autobuses, los combustibles fósiles, la mezcla y aplicación de fertilizantes y agroquímicos, la construcción de caminos, la fabricación de acero, la actividad minera, la quema de rastrojos y malezas, las chimeneas de hogar y estufas de leña.

Ozono (O₃)

El ozono es un potente oxidante que produce inflamación de las vías respiratorias, daña los pulmones e irrita los ojos. Entre los efectos que provoca en la salud humana cabe citar inflamaciones y cambios morfológicos, bioquímicos y funcionales en el sistema respiratorio, así como la disminución de las defensas del organismo receptor.

Fuentes de contaminación: El ozono que se halla a nivel del suelo proviene de la descomposición (oxidación) de los compuestos orgánicos volátiles de los solventes, de las reacciones entre sustancias químicas resultantes de la combustión del carbón, gasolina y otros combustibles y de las sustancias componentes de las pinturas y spray para el cabello. La oxidación se produce rápidamente a alta temperatura ambiente. Los vehículos y la industria constituyen las principales fuentes del ozono a nivel del suelo.

Oxidos de Nitrógeno (NOx)

Los más importantes son el monóxido y el dióxido de nitrógeno (siendo este último el más tóxico). Tienen reactividad menos intensa que el ozono, el dióxido de nitrógeno afecta sobre todo al aparato respiratorio al irritar los alvéolos pulmonares y vías aéreas debido a que se disuelve en el agua de las mismas para formar los ácidos nítrico y nitro-

so que son nocivos para las células epiteliales de revestimiento, pudiendo producir reducción en la capacidad pulmonar, incremento de síntomas respiratorios, aumento de ingresos hospitalarios e, incluso, muerte prematura a concentraciones elevadas.

Fuentes de Contaminación: Proviene de la combustión de la gasolina, el carbón y otros combustibles.

Oxidos de azufre (SOx)

El dióxido de azufre es un agente irritante de las mucosas del tracto respiratorio, pudiendo ocasionar enfermedades crónicas del sistema respiratorio, como bronquitis y enfisema pulmonar. Además, en un ambiente con presencia de partículas, el efecto dañino de los óxidos de azufre se incrementa, ya que el dióxido paraliza los cilios del tracto respiratorio, por lo que las partículas de polvo penetran en las vías inferiores de los pulmones arrastrando también los compuestos azufrados, originando entonces graves daños, e incluso la muerte.

Fuentes de contaminación: Se produce por la combustión de carbón, especialmente en usinas térmicas. También proviene de ciertos procesos industriales, tales como la fabricación de papel y la fundición de metales. Al igual que los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre es uno de los principales causantes del smog y la lluvia ácida.

Monóxido de carbono (CO)

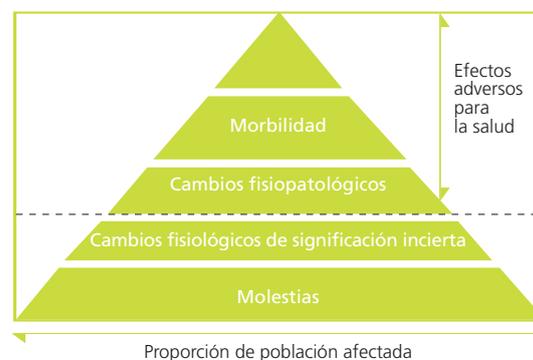
El monóxido de carbono es un contaminante muy tóxico que generalmente se incluye entre los contaminantes ambientales de interior. Por tratarse de un gas incoloro e inodoro que se produce como consecuencia de la combustión de derivados del petróleo, carbón, madera, gas natural y tabaco y presentar una alta afinidad por la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos de la sangre ha de considerarse como un contaminante altamente peligroso que en concentraciones elevadas puede llegar a causar la muerte. El CO se combina con la hemoglobina de la sangre al ser inhalado formando carboxihemoglobina, lo que provoca la reducción de la capacidad de la sangre para transportar oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos. Se considera que los niveles de CO en el aire ambiental no deben ser superiores a 9 ppm. A pesar de ello, durante el invierno se han medido con cierta frecuencia niveles interiores de hasta 4 ppm, lo cual reduce significativamente la capacidad de ejercicio y puede agravar la isquemia miocárdica. Niveles superiores dan lugar a intoxicación que puede terminar como antes se ha señalado, con la muerte de la persona expuesta.

Fuentes de contaminación: Se produce como consecuencia de la combustión incompleta de combustibles a base de carbono, tales como la gasolina, el petróleo y la leña y de la de productos naturales y sintéticos, como el humo de cigarrillos. Se halla en altas concentraciones en lugares cerrados, como garajes y túneles con mal ventilación, inclusión en caminos de tránsito congestionado.

Dados los efectos sobre la salud relacionados con los distintos contaminantes atmosféricos y los niveles que se registran hoy en día en Europa, los contaminantes que representan un peligro mayor para la salud de los ciudadanos europeos son las partículas, el ozono y el dióxido de nitrógeno.

La exposición a dichos contaminantes se ha relacionado con un número importante de efectos en salud que van desde molestias y cambios funcionales transitorios en el sistema respiratorio a aumento en el número de defunciones, pasando por daño permanente en la función pulmonar y un incremento de riesgo de enfermedades y de ingresos hospitalarios.

Figura 4.3. Representación de los diferentes efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud



• Fuente: Ballester F en nombre del Proyecto Apehis; *La evaluación del impacto en salud de la contaminación atmosférica*, 2003.

4.3. Evidencias empíricas sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud

4.3.1 Estudios en España

En los últimos años se han publicado los resultados de estudios realizados en ciudades españolas sobre los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud. Las ciudades con mayor número de habitantes como Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Bilbao, Zaragoza y Vigo, por citar algunos ejemplos, son aquellas en las que se han lle-

vado a cabo un mayor número de estudios sobre contaminación atmosférica y salud en los últimos años. Sin embargo, también en otras ciudades y localizaciones, como Cartagena, Huelva, Asturias, Castellón, Pamplona, etc., se han realizado estudios importantes.

Según el proyecto EMECAS un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles del promedio del día simultáneo y el anterior de humos negros se asociaba con un aumento de 0,8% en el número de defunciones diarias.

4.3. EVIDENCIAS EMPÍRICAS SOBRE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA SALUD

Estudio epidemiológico EMECAS

El proyecto EMECAS (Estudio Multicéntrico sobre los Efectos de la Contaminación Atmosférica en España) ha integrado las experiencias de muchos de los grupos trabajando en este campo. Su objetivo es evaluar el impacto de la contaminación atmosférica en la población urbana española. En él participan 16 ciudades: Barcelona, Bilbao, Cartagena, Castellón, Granada, Gijón, Huelva, Las Palmas, Madrid, Oviedo, Pamplona, Sevilla, Tenerife, Valencia, Vigo y Zaragoza. Estas ciudades comprenden una población de más de 10 millones de habitantes y poseen diferentes características sociodemográficas, ambientales y climatológicas.

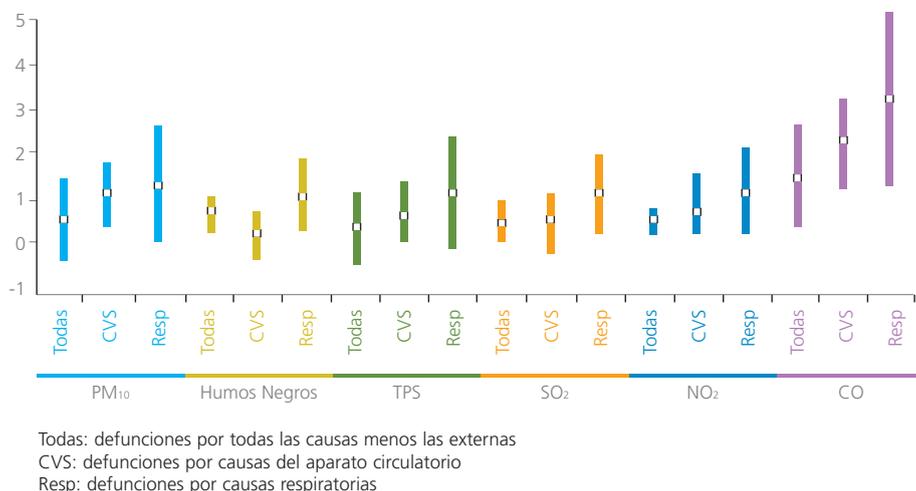
El análisis combinado con los datos disponibles de 13 ciudades en la primera fase del estudio (proyecto EMECAS) mostró que un incremento de 10 mg/m³ en los niveles del promedio del día simultáneo y el anterior de humos negros se asociaba con un aumento de 0,8% en el número de defunciones diarias (Figura 4.4). Las estimaciones para TSP⁴ y PM₁₀ con mortalidad por todas las causas fueron algo menores. El mismo incremento en las concentraciones de SO₂ se asoció con un incremento de 0,5% en el número de defunciones diarias y de 0,6% en el caso de NO₂. Para los grupos de causas específicas de mortalidad la magnitud de la asociación fue mayor, especialmente para las enfermedades respiratorias. El ozono únicamente mostró asociación con la mortalidad cardiovascular y en el semestre cálido.

Una cuestión importante desde el punto de vista de la

salud pública es la valoración de la forma de la relación entre los riesgos ambientales y su efecto en la salud. En el ámbito del proyecto EMECAS se encontró que la relación entre la exposición a partículas y el riesgo de morir es lineal, y que no existe un valor umbral por debajo del cual podamos decir que no se observan efectos. Este resultado nos indica que cualquier mejora de la calidad del aire tendría un impacto positivo en la salud de los españoles. Además, la forma de la relación lineal indica que las medidas encaminadas a reducir los valores medios de contaminación atmosférica serían más eficientes que aquellas encaminadas a evitar unos pocos días con valores altos.

En la actualidad se está analizando la relación entre la contaminación atmosférica y el número de ingresos por enfermedades del aparato circulatorio, así como las enfermedades respiratorias. Los estimadores obtenidos indican una asociación de la contaminación atmosférica con el número de ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares. Un incremento de 10 mg/m³ en los niveles de PM₁₀ se asoció con un aumento del 0,9% en el número de ingresos hospitalarios por enfermedades cardiovasculares y en un 1,6% en el número de enfermedades cardíacas. El mismo incremento en las concentraciones de NO₂ se asoció significativamente con un aumento del 0,4% de enfermedades cardiovasculares y 0,9% en los ingresos por enfermedades cardíacas. Para el ozono los estimadores fueron 0,7 % en ambos casos. Un aumento de 1 mg/m³ en los niveles de CO se asoció con un aumento del 2,1% en los ingresos por enfermedades cardiovasculares y un 4,2% en las cardíacas. Los estimadores para TSP, humos negros y SO₂ fueron más bajos y en algunos casos, no significativos.

Figura 4.4. Asociación entre contaminación atmosférica y la mortalidad en el estudio EMECAS. Expresado como el aumento (en %) en el número de defunciones diarias (al 95% IC) asociado con el incremento de 10 µg/m³ (1 µg/m³ para el CO) en los niveles de contaminante



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

⁴ Partículas totales en suspensión.

Según EMECAS, la relación entre la exposición a partículas y el riesgo de morir es lineal, y no existe un valor umbral por debajo del cual podamos decir que no se observan efectos.

4.3.2. Estudios en Europa

España participa desde la década de los noventa en proyectos europeos que han aportado un valioso conocimiento sobre el impacto en la salud de la contaminación atmosférica. Entre ellos, cabe destacar el estudio epidemiológico APHEA (Air Pollution and Health: an European Approach), así como los programas APHEIS⁵ (Air Pollution and Health: an European Information System) y ENHIS⁶ (Environment and Health Information System) que han realizado Evaluaciones de Impacto en Salud de la contaminación atmosférica (ver apartado 4.4).

Estudio epidemiológico APHEA

El estudio multicéntrico APHEA comenzó en 1993 con el objetivo de valorar el impacto a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población europea. Contó en su primera fase con la participación de 15 ciudades europeas de 10 países diferentes, con una población de estudio de aproximadamente 25 millones de habitantes. En la segunda fase del proyecto participan 34 ciudades europeas, entre las que se incluyen 4 españolas: Barcelona, Madrid, Valencia y Bilbao.

El proyecto APHEA ha publicado diversos trabajos en los que se recoge el impacto de los contaminantes atmosféricos sobre el efecto a corto plazo de la contaminación atmosférica en las ciudades europeas estudiadas. Para las partículas, medidas como PM₁₀ o como Humos Negros, se encontró un aumento de 0,6% en el riesgo de morir por incremento de 10 µg/m³ en los niveles diarios de partículas (Katsouyanni et al., 2001). Esta relación fue mayor en ciudades con niveles promedio más altos de NO₂ (indicando un posible mayor efecto cuando la contaminación proviene de las emisiones de los vehículos a motor) y en las ciudades con clima más cálido. Este último dato se

podría explicar por el hecho de que en las ciudades con clima cálido la medida de la contaminación exterior se aproxima más a la exposición de la población o porque exista una interacción con las temperaturas altas. Los resultados correspondientes a morbilidad indican un incremento de alrededor del 1% en el número de ingresos respiratorios y del sistema cardiovascular (Atkinson et al., 2001 y Le Tertre et al., 2002). Para el dióxido de azufre se ha encontrado una asociación con el número de ingresos por asma en los niños y con un incremento en el número de ingresos por enfermedad isquémica del corazón (Sunyer et al, 2003a y 2003b). Los resultados para el ozono, publicados recientemente, han descrito una asociación de los incrementos de este contaminante con el riesgo de morir por todas las causas, y en mayor medida para los grupos de causas respiratorias y cardiovasculares (Gryparis et al, 2006).

Resumen de los efectos de las partículas sobre la salud encontrados en estudios epidemiológicos

Sin lugar a dudas el contaminante para el que existen más evidencias de sus efectos para la salud son las partículas en suspensión (PM). Entre los efectos demostrados para las partículas se encuentra un incremento en el número de defunciones y en el número de ingresos, especialmente por causas respiratorias y cardiovasculares. También se ha encontrado su asociación con la presencia de bronquitis y con alteraciones en la función pulmonar. Dichos efectos se pueden manifestar como respuestas a corto plazo debido a exposiciones agudas o como efectos a largo plazo asociados a exposiciones crónicas. La tabla siguiente resume los estimadores de la asociación de las partículas con la salud encontrados en los principales estudios epidemiológicos realizados.

El contaminante para el que existen más evidencias de sus efectos para la salud son las partículas en suspensión (PM).

⁵ www.apheis.net

⁶ http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2003/action1/action1_2003_28_en.htm

4.3. EVIDENCIAS EMPÍRICAS SOBRE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA SALUD

■ **Tabla 4.1.** Resumen de las estimaciones de los efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica por partículas

Efectos en salud	Exposiciones agudas	Exposiciones crónicas
	Cambio porcentual en el efecto en salud por incremento de 10 mg/m ³ en los niveles de PM ₁₀	Cambio porcentual en el efecto en salud por incremento de 5 mg/m ³ en los niveles de PM _{2.5}
Incremento de la mortalidad	Estudios basados en poblaciones	Estudios de cohortes
Todas las causas orgánicas	0,2 ^a - 0,6 ^{b,c} - 1,0	2 ⁱ - 3
Cardiovascular	0,7 ^{c,d} to 1,4	3 ⁱ - 6
Respiratorias	1,3 ^c to 3,4	
Cáncer de pulmón		4 ⁱ
Incremento en los ingresos hospitalarios		
Todas las respiratorias	0,8 to 2,4 ^e	
EPOC	1,0 ^f to 2,5	
Asma	1,1 ^f to 1,9	
Cardiovascular	0,5 ^g to 1,2 ^h	
Enfermedad : bronquitis		7
Disminución en la función pulmonar (FEV1)¹		
Niños	0,15	1
Adultos	0,08	1,5

¹ Flujo espiratorio en el primer segundo.

• **Fuente:** adaptado de Pope y Dockery, 1999; con la inclusión de resultados de estudios multicéntricos: a: Dominici et al, 2002; b: Katsouyanni et al, 2001; c: Stieb et al., 2002; d: Samet et al, 2000; e: Biggeri et al, 2001; f: Atkinson et al, 2001; g: Le Tertre et al, 2002; h: Samet et al., 2000; i: Pope et al, 2002,

4.3.3 Estudios de Intervención sobre la Calidad del Aire

En la literatura científica existen estudios que han evaluado los efectos que tienen las distintas intervenciones sobre la calidad del aire en la salud de la población. Los resultados ilustran los beneficios potenciales que para la salud tienen las políticas y las acciones orientadas a disminuir los niveles de los contaminantes atmosféricos y la reducción de la exposición de la población.

Hace más de 10 años, Pope (1996) demostró que en el Valle de Utah (EEUU) el cierre en 1987 de una acería, por una huelga de trabajadores que duró casi un año en la que se trabajaba a cielo abierto, se asoció con una disminución en el número de defunciones y una disminución en el número de ingresos hospitalarios entre los residentes de la zona, así como una reducción en el absentismo escolar de los niños. La posterior puesta en marcha de la factoría se asoció con un incremento de los citados indicadores de salud, siendo este estudio uno de los más importantes en cuanto a las pruebas que llevaron a indicar el papel causal de la contaminación sobre distintos indicadores de salud.

En una investigación posterior, analizaron la composición de los filtros de partículas recogidos cerca de la factoría durante el invierno de 1986 (antes del cierre), en 1987 (durante el cierre), y en 1988 (después de la reapertura de la planta). Los autores encontraron una alta concentración de sulfatos y de ciertos metales (cobre, zinc, hierro, plomo, arsénico, níquel) en los filtros de 1986 y de 1988, pero no en los de 1987, durante el cierre de la fac-

toría. Además, estos autores llevaron a cabo un estudio experimental en el que instalaron extractos de los filtros en la traquea de series de ratas de laboratorio. Las ratas expuestas a los filtros de 1986 y 1988 desarrollaron daño pulmonar así como inflamación neutrófila, lo que sugiere que los sulfatos y los metales podrían jugar un papel importante en la toxicidad pulmonar observada (Dye et al, 2001).

En otro estudio en EEUU (Mott et al, 2002) se ha evaluado la influencia de las políticas nacionales para la emisión de vehículos, en especial la dirigida a la reducción de monóxido de carbono (CO) derivada de la puesta en marcha de las Guías de Calidad del Aire tras la Ley de Aire Limpio de 1970. Los resultados indican que las disminuciones de CO en el aire ambiente se asociaron con reducciones en las tasas de mortalidad. De la misma manera, Ostro et al, (1999) han investigado los beneficios de las reducciones de sulfatos tras el desarrollo de la Ley de Aire Limpio de 1970.

En Irlanda, Clancy y colaboradores han evaluado el efecto del control de la contaminación atmosférica sobre las tasas de mortalidad (Clancy et al., 2002). Después de la prohibición del uso de carbón para la calefacción en Dublín se observó una clara reducción (70 por ciento) en las concentraciones de Humos Negros. Siguiendo dicha reducción se observó una disminución de las tasas de mortalidad por las causas orgánicas del 5,7 %, del 10,3% para las causas cardiovasculares y del 15,5% para las respiratorias.

4.3. EVIDENCIAS EMPÍRICAS SOBRE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA SALUD

Otro estudio de intervención se ha centrado en la asociación entre los cambios en la calidad del aire y las tasas de mortalidad después de la restricción del contenido de azufre en los combustibles utilizados en Hong Kong (Hedley et al, 2002). El primer año después de la intervención, tanto el SO₂ como los sulfatos mostraron una reducción clara. Dos años después de la restricción el SO₂ mantenía los niveles bajos, sin embargo, los niveles de

sulfatos se habían estabilizado, posiblemente como causa de la contaminación regional existente en el Sureste de China. Las tasas de mortalidad mostraron una reducción sustancial en los primeros 12 meses, sin embargo, volvieron a remontar en el segundo año. Considerando del tercer al quinto año tras la intervención, las tasas de mortalidad por todas las causas habían disminuido un 2,1% y las de mortalidad por causas respiratorias un 3,9%.

4.3.4 Necesidades de investigación epidemiológica

El estado de conocimiento de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud y la efectividad de las intervenciones han avanzado notablemente en los últimos años. A pesar de ello, siguen existiendo factores en los que hay que profundizar con el fin de desentrañar una serie de aspectos respecto a la relación de los contaminantes sobre la salud, los componentes más tóxicos, las fuentes sobre las que conviene priorizar las actuaciones, los grupos susceptibles, etc. Dentro de las actividades de la Red Europea sobre Contaminación Atmosférica y Salud (AIRNET) se desarrolló un Taller de trabajo en Barcelona, a finales del año 2004. Una de las 4 mesas de trabajo que se formaron abordó los aspectos de investigación sobre el tema. En la misma mesa se revisaron las necesidades de investigación en este campo, poniendo especial atención a la situación de España. A continuación se presentan las recomendaciones del grupo de trabajo sobre investigación en contaminación atmosférica y salud de dicho taller:

- Promover la utilización de protocolos estandarizados para la investigación de los efectos en salud de la contaminación atmosférica. La disponibilidad de protocolos permitirá la realización de estudios en los que se obtengan datos comparables.
- Fomentar el desarrollo de estudios de seguimiento (estudios de cohortes) para valorar adecuadamente los posibles efectos a largo plazo.
- Incorporar información espacial (Sistemas de Información Geográfica) sobre variables de exposición y de salud, con el fin de examinar las posibles asociaciones.
- Considerar la exposición individual a contaminación atmosférica (patrones de tiempo actividad y concentraciones en distintos ambientes).
- Considerar exposición a contaminación atmosférica ambiental como exposición laboral para determinados colectivos (conductores, guardias de tráfico, etc).
- Estudiar posibles factores modificadores de efecto como la temperatura, el uso de aire acondicionado, las condiciones socioeconómicas, así como los factores nutricionales, en particular la dieta (antioxidantes) y el hábito tabáquico.
- Investigar la importancia de la composición y características de las partículas respecto a sus efectos en la salud. Tratar de vincularlas a fuentes específicas.

- Investigar el impacto de la contaminación atmosférica sobre grupos específicos: ancianos, niños, mujeres embarazadas...
- Investigar la exposición a contaminación atmosférica en interiores y sus posibles efectos en salud.

4.4. Instrumentos para medir el impacto que las intervenciones dirigidas a reducir la contaminación del aire tienen sobre la salud de la población

En resumen, la contaminación atmosférica representa un importante problema de salud a nivel mundial, siendo responsable de una significativa reducción de la esperanza de vida, de cientos de miles de muertes prematuras, de un gran número de ingresos hospitalarios, del incremento de la necesidad de medicación por parte de la población y de la restricción de actividades durante

numerosos días al año. Frente a esta evidencia, la CE y los Estados miembros han comenzado a tomar medidas, elaborando directivas y planes de acción, dirigidas a reducir los niveles de contaminación atmosférica. En este marco se hace necesario desarrollar instrumentos que permitan evaluar el impacto que las distintas intervenciones tienen en la salud pública.

4.4.1. Evaluación de Impacto en la Salud⁷

La Evaluación de Impacto en Salud (EIS) es una combinación de procedimientos y métodos que proporciona información a los gestores, tanto sanitarios como de otros ámbitos, sobre el posible impacto que una intervención puede tener sobre la salud de la población. Esta herramienta, propuesta por la OMS en 1999, facilita la incorporación del conocimiento científico en el proceso de toma de decisiones, y podría formar parte del diseño y del desarrollo de cualquier intervención con repercusiones para la salud. La EIS es una herramienta infrautilizada en España, a pesar de su utilidad en la toma de decisiones y para la mejora de planes y programas de salud pública.

La EIS presenta una metodología flexible, capaz de adaptarse a cada caso concreto. Su objeto de estudio son los impactos en salud (tanto positivos como negativos) de intervenciones concretas, y su resultado final es un conjunto de recomendaciones puestas a disposición de los gestores para maximizar beneficios y disminuir las consecuencias negativas, basadas en la mejor evidencia cualitativa y/o cuantitativa disponible en ese momento (OMS, 2000).

La EIS implica la cuantificación de la carga de enfermedad esperada debida a una exposición en una población concreta.

4.4.2. Estudios de Evaluación de Impacto: APHEIS y ENHIS

Ambos proyectos tratan de medir el impacto que supondría la reducción de los niveles de contaminantes (PM₁₀, Humos Negros, PM_{2,5} y Ozono) para la salud pública entre la población europea en general (*Apheis-3*) y entre la población infantil (*Enhis*). En *Apheis* participaron un total de 26 ciudades entre ellas 5 españolas y en *Enhis* se sumaron 11 ciudades europeas más, alcanzando un total de 37.

contaminación (representado por distintos escenarios) para la salud de la población en las distintas ciudades europeas se han expuesto en el capítulo 6, en este apartado se expondrán únicamente los beneficios que suponen para las ciudades españolas (Barcelona, Bilbao, Madrid, Sevilla y Valencia).

Los beneficios que supone la reducción de los niveles de

Para cada una de estas ciudades se midieron los siguientes contaminantes:

Ciudades	APHEIS (TIPO DE PARTÍCULAS). Población General	ENHIS (TIPO DE CONTAMINANTE). Población Infantil
Barcelona	HN, PM ₁₀	PM ₁₀ , O ₃
Bilbao	HN, PM ₁₀ , PM _{2,5}	PM ₁₀ , O ₃
Madrid	PM ₁₀ , PM _{2,5}	PM ₁₀ , O ₃
Sevilla	PM ₁₀ , PM _{2,5}	PM ₁₀ , O ₃
Valencia	HN	PM ₁₀ , O ₃

Estas cinco ciudades suman un total de 6.603.617 habitantes. La valoración de los efectos de la contaminación

de los HN se ha realizado para 2.964.179 personas y la de partículas PM₁₀, para 4.347.832 habitantes.

⁷ En el capítulo 2 se da una breve explicación sobre la metodología de Evaluación de Impacto en Salud

4.4. INSTRUMENTOS PARA MEDIR EL IMPACTO QUE LAS INTERVENCIONES DIRIGIDAS A REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE TIENEN SOBRE LA SALUD DE LA POBLACIÓN

4.4.2.1. Beneficios que reportaría la reducción de partículas en el aire para la salud de la población de 5 ciudades españolas (Barcelona, Bilbao, Madrid, Valencia y Sevilla).

BARCELONA**Beneficios sobre la Población en General**

- En Barcelona conseguir que los niveles de HN se sitúen por debajo de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ supondría reducir el número total de muertes en 84 personas al año (5,5 muertes/100.000 habitantes), 19 de ellas por problemas cardiovasculares (1,3/100.000 habitantes) y 17 por problemas respiratorios (0,7/100.000). Adicionalmente, las admisiones en los hospitales por problemas cardíacos y respiratorios se reducirían en 218 y 78 respectivamente.

Efectos Potenciales sobre la población infantil

- La reducción de la media anual de los PM_{10} hasta los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prevendría un total de 0,45 muertes postneonatales. Esta figura es muy baja porque la mortalidad infantil es también muy baja en Barcelona. Además evitaría un total anual de 10 admisiones hospitalarias por razones respiratorias (5,9/100.000).
- En cuanto al O_3 , una reducción de los valores medios diarios en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ podría evitar 22 muertes al año entre la población general (1,5/100.000 habitantes), de ellas 11 por problemas cardiovasculares (0,7/100.000) y 9 por causas respiratorias (0,6/100.000).
- En términos de hospitalizaciones, supondría evitar 1 admisión en un adulto (0,1/100.000 habitantes) y 21 entre las personas mayores de 65 años (0,1/100.000).

Ubicación Geográfica y Meteorológicas

- La ciudad de Barcelona cuenta con una población de 1.512.971 habitantes en el año 2000, de ellas un 21,9% son mayores de 65 años. La situación geográfica de Barcelona, entre el mar y la montaña, hace que su clima sea mediterráneo templado. La temperatura media anual es de $16,5^\circ$ y la precipitación media anual 595 mm. El régimen de lluvias es el típico de la región mediterránea, con una sequía estival acusada, y con dos estaciones lluviosas, otoño y primavera. (Belmonte, 1999).

Situación

- El indicador disponible para evaluar la contaminación atmosférica fue los Humos Negros. La media anual del nivel de HN fue de $31,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el 2000, y el número de días que se excedieron los límites ($> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fue de 30 y 256 días se superó el nivel establecido en 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- La media anual de PM_{10} en Barcelona se situaba justo en el límite establecido por la Directiva 1999/30/EC para el 2005 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y por encima del establecido

para el 2010 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Esta disminución, se debió a que se redujeron el número de días que se excedieron los valores límites ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fijado en 35.

Fuentes de contaminación

- La principal fuente de contaminación en Barcelona es el tráfico. Un estudio realizado en 1993 considero que las emisiones provenientes de los coches eran responsables del 35% de las partículas, mientras que otras fuentes de contaminación como la industria y la combustión solo lo eran del 1% de la emisión de las partículas.
- Los efectos en mortalidad cardiovascular parecen ser mayores que por mortalidad respiratoria.

• Fuente: L. Artazcoz et al. *Barcelona City Report & Enhis-1 projec: WP5 Health Impact Assessment o fair pollution*. Agencia de Salud Publica de Barcelona.

BILBAO

Beneficios sobre la Población en General

Escenario ($PM_{10} \leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Exposición a corto plazo

- El número de muertes por todas las causas atribuibles a la exposición a corto plazo de los niveles diarios PM_{10} por encima de los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ es 62, que representa una tasa de 8.7 muertes cada 100.000 personas. El 50% de la mortalidad total atribuible a los niveles de partículas son muertes cardiovasculares mientras que solo el 20% son debido a causas respiratorias.
- En contraste, el número de las admisiones en emergencias por causas respiratorias atribuibles a la contaminación atmosférica es 89, mayor que el número de las admisiones por enfermedades cardíacas, 39 casos. Una exposición prolongada en el tiempo tiene efectos importantes en términos de mortalidad.

Exposición a medio plazo (40 días)

- La mortalidad por todas las causas por las enfermedades cardiovasculares atribuibles a la contaminación atmosférica es el doble que la que se produce cuando la exposición es tan solo de 24 horas y, en el caso de la mortalidad respiratoria es tres veces mayor, es decir que el tiempo de exposición no tiene los mismos efectos sobre la mortalidad cardiovascular y respiratoria.

Exposición a largo plazo

- Los efectos a largo plazo son todavía mayores. En el área del Gran Bilbao, el número total de muertes por año que podría evitarse por una reducción de la media anual PM_{10} a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ es 584, que supondría un índice anual de 82 muertes/100.000 habitantes. De acuerdo con los resultados obtenidos el 56% del total de muertes por problemas cardiorrespiratorios y el 15% por cáncer de pulmón.

Escenario $PM_{2.5} \leq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- De acuerdo con estos cálculos, las 570 muertes consecuencia de la exposición a estas partículas podrían evitarse en Bilbao. La reducción de los niveles de $PM_{2.5}$ hasta los $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (que es el equivalente aproximado a satisfacer el límite de $PM_{10} \leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido para el 2010) supondría una ganancia de 2700 años de vida y la esperanza de vida a la edad de los 30 años aumentaría en 0,91 años.

Escenario Reducción en $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ las $PM_{2.5}$

- Una reducción del $PM_{2.5}$ de $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ implicaría una ganancia de 620 años de vida al año, de los que 279 provendrían de enfermos con problemas cardiorrespiratorios y 104 con problemas de cáncer de pulmón. Esto supondría un incremento de 0,21 años en esperanza de vida entre las personas de más de 30 años.

Efectos sobre la Población Infantil

Escenario ($PM_{10} \leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

- El número de muertes postnatales atribuibles a niveles de PM_{10} superiores a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fue de 0,5, lo que equivale a una tasa anual de 10,3/100.000. En el mismo año, se produjeron 14,8 hospitalizados menores de 15 años por problemas respiratorios que se atribuyen a la exposición diaria de PM_{10} por encima de los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Una reducción en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la media diaria de exposición a las PM_{10} evitarían 3.14 admisiones hospitalarias al año.

4.4. INSTRUMENTOS PARA MEDIR EL IMPACTO QUE LAS INTERVENCIONES DIRIGIDAS A REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE TIENEN SOBRE LA SALUD DE LA POBLACIÓN

Escenario (Reducción de la concentración de O₃ en 10 µg/m³)

- En cuanto a los efectos a corto plazo del Ozono, una reducción en 10 µg/m³ de los niveles de O₃ en la concentración máxima diaria octohoraria supondrían evitar 9 muertes al año, 4 por enfermedades cardiovasculares y otras 4 por causas respiratorias. El número de admisiones en emergencias hospitalarias por causas respiratorias sería de 0,69 entre las personas que se encuentran entre los 15 y los 65 años y de 8,2 entre las personas mayores de 64 años.
- Los niveles de ozono y partículas no están correlacionados por lo que los efectos han sido considerados como independientes. El impacto que las partículas tienen en la salud en Bilbao es mayor que el que tiene las concentraciones de Ozono, ya que son las principales responsables de las muertes prematuras y de la reducción de la esperanza de vida. Por lo que se considera que los efectos por reducir los niveles de partículas para conseguir el objetivo marcado por la directiva 1999/30/CE para el 2010 (20 µg/m³ como media anual) implicaría mayores beneficios que la que produciría una reducción en los niveles de ozono.

Ubicación Geográfica y condiciones meteorológicas

- El área del Gran Bilbao tiene aproximadamente 890000 habitantes y la componen la ciudad de Bilbao y los municipios de alrededor (ubicados en torno al Río Nervión y la Bahía de Vizcaya. Su industrialización empezó en el siglo XIX y experimentó un rápido crecimiento en los 60s, basado principalmente en la explotación del Hierro y Acero. En 1977 se declaró el área contaminada y se creó un Plan de Limpieza con un único objetivo, reducir las emisiones industriales. En los 90 los niveles de contaminación decrecieron dramáticamente y en el 2000 se le retiró la denominación de Área Contaminada. En el año 2001 la población de Bilbao, Getxo, Baracaldo, Erandio, Leioa, Portugalete, Sestao y Santurzi era de 708 395 habitantes, de los cuales un 19,3% tenían más de 65 años. Bilbao disfruta de un clima templado con vientos predominantes del oeste que suavizan las temperaturas tanto en invierno, con mínimas de 4-5 grados centígrados, como en verano en que las temperaturas medias rondan los 19 grados centígrados.

Situación

- La temperatura media anual en el entorno de Bilbao es de 13-14 grados centígrados, lloviendo una media de 170-180 días al año. Situación: La media anual de PM10 para el 2002 fue de 32,2 µg/m³, por encima de la Directiva 1999/30/CE para el 2010 (20 µg/m³) y por debajo de los establecidos para el 2005 (40 µg/m³).

Fuentes de contaminación

- En el pasado la industria fue la principal fuente de contaminación del aire, con altos niveles de SO₂, pero desde los 90's hasta la actualidad ese lugar lo ocupa el tráfico rodado.

• **Fuente:** K. Cambra et al. *Bilbao City Report & Enhis-1 project: WP5 Health Impact Assessment. Gobierno Vasco. Dto de Salud.*

SEVILLA

Beneficios para la Población en General

Reducción a los niveles de PM₁₀ en exposiciones a corto plazo

- Si los niveles actuales de PM₁₀ se redujesen hasta los 50 µg/m³ se podrían evitar año un total de 8 muertes, 5 por problemas cardiacos y 2 por problemas respiratorios, 11 admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y 7 por cardiacas.
- Si los niveles medios diarios de PM₁₀ se redujesen en 3,5 µg/m³, se podrían evitar un total de 17 muertes (de las cuales 11 serian cardiovasculares y 3 respiratorias), un total de 21 admisiones hospitalarias al año por enfermedades respiratorias y 15 cardiacas.

Reducción de los niveles de PM₁₀ a largo plazo

- Una reducción de las PM₁₀ niveles inferiores a 20 µg/m³ supondría poder evitar aproximadamente 673 muertes (96/100 000 habitantes), y 675 muertes al año en caso de que la reducción fuese hasta los 15 µg/m³. El efecto que tiene la contaminación del aire sobre la mortalidad es más del doble si la exposición es a lo largo de un periodo de 40 días que si es de solo uno o dos días.
- Si los niveles anuales medios de PM_{2.5} se redujesen hasta los 15 µg/m³, en una persona mayor de 30 años se incrementaría su esperanza de vida en 1,19 años como consecuencia de la reducción del riesgo de muerte por todas las causas en la ciudad de Sevilla. En una persona de 65 años, esta reducción supondría un incremento de 0,89 años.
- Finalmente, hay que concluir que los efectos que producen las PM_{2.5} en la salud a largo plazo, son mucho más nocivos que los que produce a consecuencia de picos o concentraciones excesivas en momentos puntuales.

Beneficios sobre la Población Infantil

- De mantenerse los riesgos relativos, **una reducción de la media anual de PM₁₀ hasta los 20 µg/m³** preveniría 1,25 muertes postnatales y 11,7 admisiones hospitalarias al año.
- En lo que respecta a los efectos a corto plazo de las **concentraciones de O₃** en verano, manteniendo igual el resto de las condiciones o riesgos relativos, **cada reducción en 10 µg/m³** sobre el máximo diario (octohorario) podría prevenir 8,58 muertes al año entre la población en general, 4,61 por enfermedades cardiovasculares y 1,96 por razones respiratorias. Las admisiones hospitalarias por problemas respiratorios se reducirían en 0,16 entre la población general y 1,22 entre los mayores de 64 años.

Ubicación Geográfica y condiciones meteorológicas

- La ciudad de Sevilla conforma un área metropolitana con un importante sistema radial de comunicación e infraestructuras. El sector servicios representa casi el 70% del total de la actividad económica en la ciudad, le sigue la construcción. La industria tan solo representa el 5% del total de la economía.
- La ciudad de Sevilla contaba en el año 2000 con 700.715 personas de las que un 13,9% eran mayores de 65 años.
- El clima de Sevilla es mediterráneo continental con unos inviernos cálidos y veranos calurosos llegando a alcanzar temperaturas superiores a los 40°. La temperatura media anual es de 18,6°. Las precipitaciones son de 534 mm al año con una media de 52 días al año.
- Las condiciones meteorológicas, como la intrusión de vientos procedentes del Sahara, puede influir de manera puntual en los niveles máximos de PM₁₀ pero no en la media anual. Esta fuente de contaminación representa menos del 2% de la media anual de PM₁₀.

Situación

- En el año 2000, los altos niveles de ozono hicieron que se obtuviese una evaluación negativa medioambiental. Los picos de ozono se consiguen en verano influenciado por: altos niveles de radiación solar, estancamiento del aire y las emisiones del transporte.
- En el año 2000, los niveles medios de exposición diaria a las PM₁₀ en Sevilla fueron de 44,38 µg/m³, similar a los niveles medios del año anterior (44,36 µg/m³). Aunque la media anual de PM₁₀ en 2000 estuvo cerca del valor límite que la CE estableció para el 2005 (40 µg/m³), nivel superado durante 110 días al año (50 µg/m³). En el verano del 2001 la media de concentración diaria (octohoraria) de O₃ fue de 76,9 µg/m³.

Fuentes de contaminación

- El transporte constituye la principal fuente de contaminación del aire en Sevilla y su área metropolitana: el 83% de CO, 48,3% del CO₂ y el 67,4% de las emisiones de NO_x proceden del tráfico.

• Fuente: I. Aguilera, A. Daponte. Sevilla City Report & Health Impact Assessment o fair pollution. Escuela Andaluza de Salud Pública.

4.4. INSTRUMENTOS PARA MEDIR EL IMPACTO QUE LAS INTERVENCIONES DIRIGIDAS A REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE TIENEN SOBRE LA SALUD DE LA POBLACIÓN

VALENCIA

Beneficios sobre la Población en General

Sobre los beneficios derivados de los distintos escenarios propuestos para HN.

- Un total de 5739 personas murieron en Valencia en el año 2000 por todas las causas. De acuerdo con la EIS, **si los niveles medios de exposición de HN descendiese hasta los 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , el beneficio a corto plazo llegaría hasta las 14 muertes (1,9 muertes/ 100 000 habitantes). Por otra parte, se evitarían alrededor de 17 admisiones hospitalarias anuales por enfermedades cardíacas y 6 por problemas respiratorios.
- El beneficio sería aún mayor **si se redujesen la media diaria de HN en 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , 17 muertes prematuras podrían evitarse (2,26/100.000 hab), 19 admisiones hospitalarias por problemas cardíacos y 7 por problemas respiratorios.
- Los beneficios que supondría reducir los niveles de **HN por debajo de los 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** serían prácticamente nulos ya que son pocos los días que se superan dichos niveles (7 al año). La EIS estima que la reducción de los niveles superiores a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de HN sólo supondría el 10% del beneficio que se conseguiría al reducir todos los valores de HN en 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Efectos sobre la Población Infantil

Reducción sobre los niveles de concentración diaria de O_3 en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- En verano podría evitar 8,16 muertes prematuras al año entre la población en general de esta área, 3,99 por enfermedades cardiovasculares y 3,31 por causas respiratorias. En términos de admisiones hospitalarias, representaría 0,7 de las admisiones entre la población adulta y 8,01 entre los mayores de 64 años. (No hay datos sobre efectos en la población Infantil).

Ubicación geográfica y condiciones meteorológicas

- A mediados del 2000 Valencia contaba con un total de 742.813 de personas y con un 19% de población mayor de 65 años. La ciudad está situada a las orillas del mediterráneo y aunque cada vez son menos aún cuenta con zonas destinadas a la agricultura (alrededor de un 30% de su territorio).
- El clima de la ciudad es templado con inviernos húmedos y cálidos, y veranos calurosos. La media diaria de temperatura anual en el 2000 fue de 18,3° con temperaturas medias diarias mínima y máximas de 13,6° y 23,7° respectivamente. Para el mismo periodo la media de humedad diaria relativa fue de 67%.

Situación

- En Valencia los Humos Negros (HN) son el único indicador de contaminación del aire que se ha medido para estimar la exposición de la población a partículas. La media diaria de exposición en 1999 fue de 23,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A lo largo del año se excedieron los niveles de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 31 días y los de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 153 días al año.
- En el 2002 la media anual de concentración de O_3 para la ciudad de Valencia fue de 67,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y en el

verano del mismo año la media de concentración diaria (octohoraria) fue algo más alta, hasta alcanzar 69,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tan solo un día se excedió el límite establecido para la protección de la salud por la Directiva Europea 2002/3/CE (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como media diaria -octohoraria).

- Para este mismo año no se disponen de datos de PM_{10} por lo que no fue posible realizar una EIS en la ciudad de Valencia.

Fuentes de contaminación

- Las principales fuente de contaminación del aire en Valencia son las emisiones de los vehículos a motor, teniendo el sector industrial menor importancia. Otras fuentes potenciales de emisión son la combustión de la agricultura y las actividades alimentarias. El clima templado de la ciudad en invierno evitan que calefacciones o calderas constituyan una fuente importante de contaminación.

• Fuente: *pollution. Escuela Valenciana de Estudios de Saluds*

MADRID

Beneficios para la Población en general

Escenario $PM_{10} \leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (a corto y medio plazo)

- Si los actuales niveles de PM_{10} se redujesen a hasta $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, una exposición de 1 día o dos supondría evitar un total de 260 muertes por todas las causas (124 cardiovasculares y 73,3 respiratorias) y 538 admisiones hospitalarias al año.
- Cuando se trata de una exposición de hasta 40 días se podrían evitar 531 muertes (271 por razones cardiovasculares y 234 por causas respiratorias). Madrid no obtendría ningún beneficio por reducir las PM_{10} hasta los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ porque sus niveles anuales medios ya se sitúan por debajo de ese valor.

Escenario $PM_{2.5} \leq$ a largo plazo

- Una reducción de $PM_{2.5}$ hasta $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ supondría poder evitar 562 muertes por todas las causas en Madrid. Si la media anual de $PM_{2.5}$ se redujese hasta $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, los 51,36 años de esperanza de vida que tiene una persona de 30 años se incrementaría en 0,22 años debido a la reducción de los riesgos de muertes por todas las causas en la ciudad de Madrid.
- Los beneficios obtenidos por esta reducción serían aproximadamente los mismos que si se redujese las $PM_{2.5}$ en $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el caso de Madrid. Este último escenario además supondría ganar casi 258 años de Esperanza de vida, alrededor de 159 por mortalidad cardiopulmonar y 30 por cáncer de pulmón.

Beneficios para la Población Infantil

Escenario $PM_{10} \leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- Este escenario supondría prevenir 3,3 muertes postnatales al año y 107 admisiones hospitalarias por problemas respiratorios en menores de 15 años.

Reducción del O_3 en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- En lo que respecta a los efectos del O_3 , en verano si se produjese una reducción en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de la máxima concentración diaria octohoraria, se evitarían 39,54 muertes al año entre la población en general, 18,83 por enfermedades cardíacas y 18,94 por causas respiratorias. Así como 4 admisiones hospitalarias entre la población adulta y 51 admisiones entre la población de más de 65 años.

Ubicación Geográfica y condiciones meteorológicas

- La ciudad de Madrid está situada a 600 metros sobre el nivel del mar, entre el Sistema Central y los Montes de Toledo, en el centro de la región de Madrid. Aunque la ciudad sólo representa el 7,5% del área total concentra el 57% de la población. La Comunidad de Madrid es la segunda comunidad autónoma en aportación al PIB español, su economía se basa en los servicios, en donde trabaja el 74% de su población 14,9% lo hace en industria, 9,4% en construcción y solo un 0,8% en agricultura.
- En el 2000, la ciudad de Madrid contaba con 2.938.723 habitantes, de los que un 21,4% contaba con más de 65 años de edad.
- La media diaria para la temperatura máxima es de $19,1^\circ$ dentro de un rango que va entre $9,6^\circ$ C para el mes más frío hasta los $30,7^\circ$ C en Julio. La media diaria para las temperaturas mínimas es de $9,5^\circ$ C (situándose entre $2,7^\circ$ C en Enero y 18° C en Julio). La media relativa de humedad es de 56%. Las precipitaciones varían entre 9 y 64 mm/mes.

Situación

- Los niveles de contaminantes del aire en Madrid están

• Fuente: K. Cambra et al. Bilbao City Report & Enhis-1 project: WP5 Health Impact Assessment. Gobierno Vasco. Dto de Salud.

bajo los niveles establecidos por la legislación vigente. Aunque aún no se han alcanzado los niveles de PM establecidos por la Directiva Europea para el 2010. En el 2001 la media anual de PM_{10} fue de $33,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por encima de 1999/30/CE del valor límite para el 2010 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y por debajo del establecido para el 2005 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Durante el verano, la media diaria octohoraria de concentración de O_3 fue de $70,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Fuentes de contaminación

- El transporte constituye la principal fuente de contaminación del aire, seguido de las calefacciones o calderas y en menor medida por la industria.
- En 1996 el Consorcio general de Transporte realizó una encuesta que registro un total de 6,6 millones de viajes al día, de ellos el 52% se realizaron en transporte público y el 47,2% en el privado. El total de viajes diarios se incrementó en un 20% durante el periodo (1988-1996) mientras que la población solo lo hizo un 5%.
- Para la población de Madrid, el tráfico constituye uno de los factores medioambientales más peligrosos para su salud¹.

4.4. INSTRUMENTOS PARA MEDIR EL IMPACTO QUE LAS INTERVENCIONES DIRIGIDAS A REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE TIENEN SOBRE LA SALUD DE LA POBLACIÓN

4.4.2.2. Comparación de los Beneficios Potenciales que se obtendrían en los distintos escenarios en aquellas ciudades españolas para las que se han medido las mismas partículas.

Conviene recordar que a partir del estudio de estas cinco ciudades no se puede extrapolar los resultados para el conjunto de las ciudades españolas. Todavía hay que ajustar las herramientas de medición, incluso de definición de indicadores (no se han medido las mismas partículas en todas las ciudades, y cuando se ha hecho no se ha evaluado para el mismo periodo de exposición), a lo que hay que añadir la especificidad propia de cada ciudad (ubicación geográfica, condiciones meteorológicas, fuentes principales de contaminación) que hace imposible generalizar los resultados. Teniendo todo esto presente, los resultados obtenidos fueron:

La media diaria de niveles de contaminación por Humos Negros para las tres ciudades de las que tenemos datos es de 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Bilbao, 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Valencia y 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en

Barcelona. Los niveles de PM_{10} son casi iguales en Bilbao y Madrid (36 y 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente) y algo más elevados en Sevilla (44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), en las tres ciudades se superan el valor límite establecido por la directiva 1999/30/EC fijado en 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el 2010.

Las cinco ciudades españolas señalan como principal fuente de contaminación del aire, al tráfico rodado o por carretera.

La EIS ha estimado los siguientes efectos de la contaminación atmosférica para la salud pública. En las ciudades de Barcelona, Bilbao y Valencia el número de muertes atribuibles a los efectos de los niveles diarios de HN por encima de los 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es de 101 (3,4/100.000). Y el número de ingresos asciende hasta 123 por causa cardíacas y 47 por enfermedad respiratorias.

■ **Tabla 4.2.** Beneficios potenciales de la reducción de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de los niveles de HN y de la reducción de los días que superan los 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Número absoluto y número por 100.000 habitantes (IC 95%). Barcelona, Bilbao y Valencia

Humos negros	Mortalidad por todas las causas	
	Nº casos atribuibles	Nº casos atribuibles / 100.000
En 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	69,2 (46,1-103,6)	2,3 (1,6-3,5)
$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	101,2 (67,3-152,2)	3,4 (2,3-5,1)

Humos negros	Número atribuible de ingresos hospitalarios urgentes	
	Enfermedad cardíaca	Enfermedad respiratoria
En 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	81,3 (33,4-136,5)	30,1 (-7 -75,4)
$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	123,3 (53,9-204,7)	46,8 (-23,2 - 117,6)

• Fuente: Eva Alonso Fustes et al. Revista Española de Salud Pública 2005, 79.

Efectos de los PM_{10} en la salud por la exposición diaria, hasta 40 días y a largo plazo

La EIS estima que la exposición diaria de PM_{10} a niveles superiores a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es responsable de 59 muertes al año (1,4/100.000 personas). El 50,7% por causas cardiovasculares (0,7/100.000 personas) y el 26% (0,4/100.000 personas) por causas respiratorias. Origen de 83,6 ingresos hospitalarios urgentes por causa respiratoria y 39,2 por causa cardíaca.

Tras 40 días de exposición el número de muertes se duplica, arrojando la cifra de 121 (2,8 muertes/100.000 personas). Y las que se deben a causas respiratorias se triplican (1,53/100.000 personas) mientras que las causas de muer-

te cardiovascular se multiplican por dos (1,20/100.000 personas). No se dan datos sobre admisiones hospitalarias para esta exposición.

Los efectos de las PM_{10} a largo plazo solo se tienen para niveles superiores o igual a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El número total de muertes atribuibles a la contaminación media anual por encima de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es de 68/100.000 personas, lo que supone para las tres ciudades (Bilbao, Madrid y Sevilla), 2.956 muertes por año. De ellas 26,4/100 000 serían por causa cardiopulmonar (1150) y 4,6/100 000 personas por cáncer de pulmón (200). No se dan datos sobre admisiones hospitalarias para esta exposición.

4.4. INSTRUMENTOS PARA MEDIR EL IMPACTO QUE LAS INTERVENCIONES DIRIGIDAS A REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE TIENEN SOBRE LA SALUD DE LA POBLACIÓN

■ **Tabla 4.3.** Beneficios potenciales a corto plazo (1 o 2 días) y a medio plazo (40 días) por la reducción diaria de 5 µg/m³ de los niveles de PM₁₀ de la reducción de los días que superan 50 µg/m³ a 5 µg/m³. Número absoluto y número por 100.000 habitantes (IC 95%) Bilbao, Madrid y Sevilla.

Mortalidad	PM ₁₀	Efectos en salud 1 día		Efectos en salud 40 días	
		Número casos atribuibles	Número casos atribuibles /100.000	Número casos atribuibles	Número casos atribuibles /100.000
Todas las causas	En 5 µg/m³	108,9 (72,7-145,2)	2,5 (1,67-3,34)	218 (144,14-291,23)	5,02 (3,32-6,7)
	≤ 50 µg/m³	58,6 (38,9-78,1)	1,35 (0,89-1,8)	121,05 (79,72-62,19)	2,78 (1,83-3,73)
Causas cardiovasculares	≤ 50 µg/m³	29,75 (16,49-43,08)	0,68 (0,38-0,99)	66,35 (46,69-86,2)	1,53 (1,07-1,98)
Causas respiratorias	≤ 50 µg/m³	15,3 (5,85-24,83)	0,35 (0,13-0,57)	52,16 (13,27-93,75)	1,2 (0,31-2,16)

Ingresos hospitalarios	PM ₁₀	Efectos en salud 1 día
		Número casos atribuibles
Enfermedades cardiacas	≤ 50 µg/m³	39,2 (19,5-58,9)
Enfermedades respiratorias	≤ 50 µg/m³	83,6 (45,3-122,7)

• Fuente: Eva Alonso Fustes et al. Revista Española de Salud Pública 2005, 79.

■ **Tabla 4.4.** Beneficios potenciales a largo plazo por la reducción diaria de 5 µg/m³ de los niveles de PM₁₀ y de la reducción de los días que superan 20 µg/m³ a 20 µg/m³. Número absoluto y número por 100.000 habitantes (IC 95%) Bilbao, Madrid y Sevilla.

Mortalidad	PM ₁₀	PM _{2,5}	Efectos a largo plazo	
			Número casos atribuibles	Número casos atribuibles / 100.000
Todas las causas	En 5 µg/m³		772,9 (469,3-1091,9)	17,78 (10,79-25,11)
	≤ 20 µg/m³		2956,2 (1771,1-4234,5)	67,99 (40,74-97,39)
Cardiopulmonar (*)		En 3,5 µg/m³	504,18 (180,96-834,71)	11,6 (4,16-19,39)
		≤ 15 µg/m³	1149,73 (400,61-1962,89)	26,44 (9,21-45,15)
Cáncer de pulmón (*)		En 3,5 µg/m³	92,84 (31,23-156,34)	2,14 (0,72-3,6)
		≤ 15 µg/m³	200,51 (64,73-352,58)	4,61 (1,49-8,11)

• Fuente: Eva Alonso Fustes et al. Revista Española de Salud Pública 2005, 79.

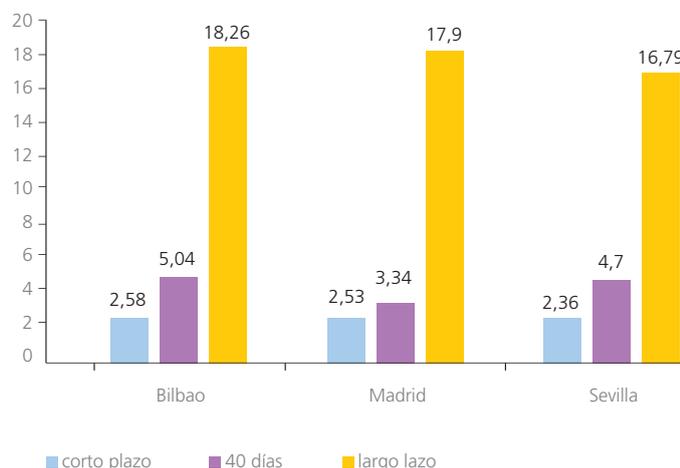
(*) El nivel de 3,5 µg/m³ de PM_{2,5} equivale a 5 µg/m³ de PM₁₀ y el de 15 µg/m³ a 20 µg/m³ de PM₁₀

Las medias diarias de mortalidad por 100.000 habitantes son muy similares en todas las ciudades. La media diaria de ingresos por causas respiratorias es mayor que por causas cardiacas, en todas las ciudades excepto en Sevilla. Además hay que destacar que el número de muertes atrib-

buibles a PM₁₀ aumenta a medida que aumenta el tiempo de exposición. De modo que se obtienen mayores beneficios para la salud si se interviene sobre los tiempos de exposición que si se hace sobre los niveles máximos de concentración. Como pone de manifiesto la figura 4.5.

El número total de muertes atribuibles a la contaminación media anual por encima de 20 µg/m³ es de 68/100.000 personas, lo que supone para las tres ciudades (Bilbao, Madrid y Sevilla), 2.956 muertes al año. De ellas 1.150 por causa cardiovascular y 200 por por cáncer de pulmón

Figura 4.5. Número de muertes por todas las causas /100.000 personas, prevenibles al reducir en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ los niveles PM_{10} en Bilbao, Madrid y Sevilla, la exposición a corto, hasta 40 días y a largo plazo



• Fuente: *Elaboración propia a partir de los datos de Apehis-3*

Otro indicador que nos permiten medir los efectos que la contaminación atmosférica tiene sobre la salud pública es la Esperanza de Vida, la EIS estima que la Reducción de la Esperanza de Vida atribuibles a la exposición a niveles de $\text{PM}_{2,5}$ superiores a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a la edad de 30 años es de 0,22 años (0,06-0,38) en Madrid, 0,9 (0,24-1,56) en Bilbao y 1,17 (0,31-2,04) en Sevilla.

En conclusión, los estudios comentados aportan información sobre el riesgo que la contaminación atmosférica representa en la actualidad sobre la salud de la población española. A pesar de que la magnitud de los riesgos descritos no es alta, las implicaciones para la salud pública son importantes debido a la alta prevalencia de exposición a concentraciones de algunos contaminantes. Lo que justifica la toma de medidas para el control y reducción de la contaminación atmosférica

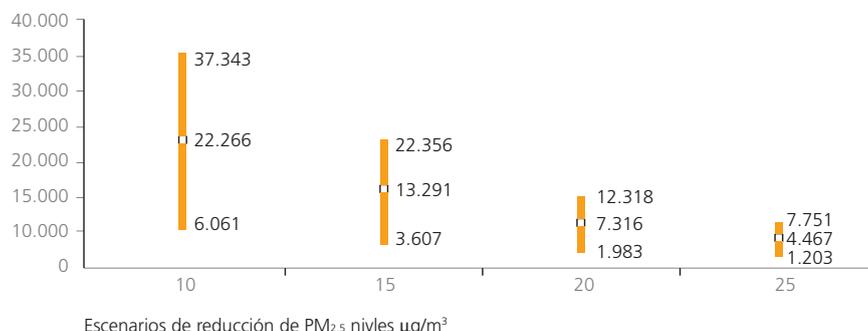
4.5. Salud Pública y Nueva Directiva Europea de Calidad del Aire

En la actualidad existe un debate respecto a los niveles propuestos para la nueva Directiva Europea de Calidad del Aire, El Parlamento Europeo ha propuesto un valor límite de $\text{PM}_{2,5}$ de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para ser alcanzado en 2010 y la Comisión europea, por su parte, un valor de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que debería ser alcanzado en los países miembros en 2015. Estos valores son menos estrictos que los establecidos por otras Agencias, como la de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) o las guías de Calidad del Aire de la OMS, para la concentración anual de partículas $\text{PM}_{2,5}$ la EPA ha establecido un valor límite de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la OMS $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta discrepancia refleja la falta de consenso para definir los valores límite adecuados y las distintas percepciones sobre la magnitud del problema que tienen las distintas instituciones, así como la importancia que le dan de cara a proteger la salud pública.

El Proyecto *Apehis* ha realizado una evaluación del posible beneficio en salud que tendrían diferentes reducciones de los niveles medios de $\text{PM}_{2,5}$ según los niveles propuestos por las diferentes Agencias, en 26 ciudades, pertenecientes a 15 países europeos, que representan 42,5 millones de habitantes. Si los niveles anuales promedio en las 26 ciudades estudiadas se redujeran a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se podrían evitar tres veces más defunciones prematuras que con una reducción hasta los $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (13.300 frente a 4.500 defunciones prematuras) y dos veces más que con una reducción a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Este número podría aumentar hasta cinco veces más si se consiguiera una reducción de la media anual de $\text{PM}_{2,5}$ hasta los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (unas 22.300 defunciones prematuras menos en el total de las 26 ciudades). Esto significa que si el objetivo de la Unión Europea es la protección de la salud, es necesario adoptar estándares más estrictos, tal como propone la comunidad científica y la OMS.

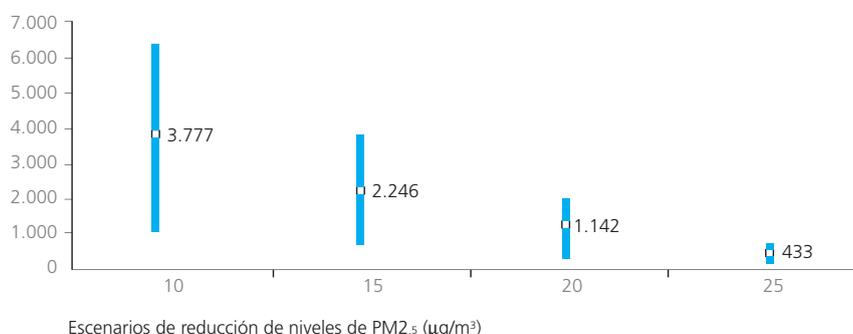
4.6. VIGILANCIA EN SALUD PÚBLICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Figura 4.6. Estimaciones sobre el número de muertes anuales que podrían reducirse entre la población de más de 30 años de edad en las 26 ciudades que integran el proyecto Apheis, (IC 95%) consecuencia de la disminución de los niveles anuales de PM_{2.5}.



• Fuente: Ballester F, Medina S, Goodman P, Boldo E et al. Health Impact a ssesmet on the benefitts of reducing PM_{2.5} using mortality data from 28 European cities. ISEE-ISEA Conference, Paris 2-6 September 2006 (abstract -003).

Figura 4.7. Estimaciones sobre el número de muertes anuales que podrían reducirse entre la población de más de 30 años de edad en cuatro ciudades españolas (Barcelona, Bilbao, Madrid y Sevilla) según diferentes escenarios de reducción de los niveles anuales de PM_{2.5}.



• Fuente: Ballester F, Medina S, Goodman P, Boldo E et al. Health Impact a ssesmet on the benefitts of reducing PM_{2.5} using mortality data from 28 European cities. ISEE-ISEA Conference, Paris 2-6 September 2006 (abstract -003).

En relación a este aspecto, es importante destacar que estudios que analizan los efectos de intervenciones específicas han comprobado que la adecuada gestión de la calidad del aire mejora la salud pública, ya que la reducción de los niveles de concentración de partículas se ha asociado con el descenso de la mortalidad por todas las causas y, en particular, por causa respiratoria y cardiovascular. A modo de ejemplo, se señala que la prohibición de la venta de carbón en la ciudad de Dublín en 1990 conllevó una reducción de

la media mensual de las concentraciones de partículas y dióxido de azufre, las tasas de mortalidad (por todas las causas, causa respiratoria y cardiaca) también sufrieron un descenso importante coincidiendo con esta prohibición.

En conclusión, la experiencia parece demostrar que el desarrollo de programas de intervención ambiental es válido para mitigar la exposición y reducir el impacto que la contaminación atmosférica tiene sobre la salud de la población.

La experiencia demuestra que el desarrollo de programas de intervención ambiental es válido para mitigar la exposición y reducir el impacto que la contaminación atmosférica tiene sobre la salud de la población.

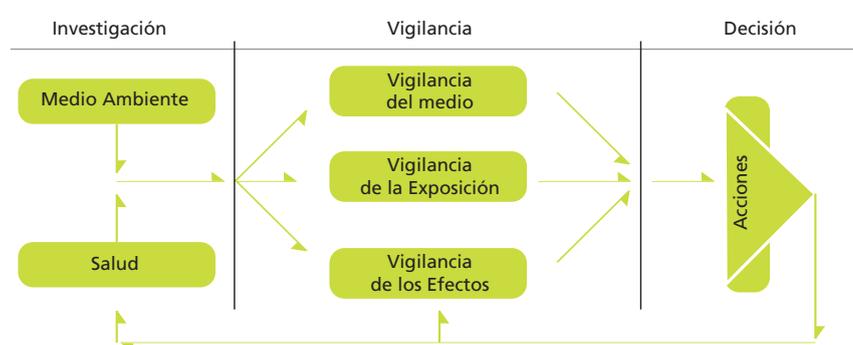
4.6. Vigilancia en salud pública de la contaminación atmosférica

La vigilancia en salud pública es un proceso continuo y sistemático de recogida, análisis e interpretación de datos de salud y sus determinantes, esenciales para la planificación, ejecución y evaluación de la práctica de la salud pública.

Cuando se trata de la vigilancia en salud ambiental se distinguen tres tipos de enfoques: a) la vigilancia del medio (se podría llamar también de los riesgos o de los peligros), que es la que proporciona información sobre las sustancias tóxicas en el ambiente); b) la vigilancia de la exposición que permite

la determinación de la magnitud de la exposición o contacto de la población con dichos riesgos; y, c) la vigilancia de los efectos en salud, la más paradigmática en vigilancia epidemiológica. A pesar de su distinto enfoque, estos tres tipos de perspectivas no son excluyentes entre sí, pudiendo complementarse en sistemas integrados de vigilancia. La figura 4.8 representa el proceso continuo que va desde la investigación sobre las relaciones entre los factores ambientales y la salud, hasta las acciones en salud pública, pasando por la vigilancia en salud ambiental en sus distintos tipos.

Figura 4.8. La vigilancia en el campo de la salud ambiental



• Fuente: Basado en Quenel y Thacker et al. Las flechas inferiores indican la evaluación necesaria de los resultados de las acciones, la evaluación y/o modificación de los sistemas de vigilancia establecidos, así como la reformulación de las hipótesis.

Siguiendo a Thacker y colaboradores e ilustrando con ejemplos referidos a la contaminación atmosférica, un sistema de vigilancia debe cumplir tres funciones críticas para ser útil en salud pública. Primero, se deben realizar medidas de riesgos o peligros específicos en el medio (niveles de los contaminantes atmosféricos medidos según las normas y métodos de referencia), o de las exposiciones (plomo en la sangre, aductos del ADN específicos para exposiciones a hidrocarburos aromáticos policíclicos), o de efectos en salud (visitas a urgencias por asma, o defunciones por causas respiratorias y cardiovasculares). Segundo, el sistema debe generar un registro mantenido en el tiempo. Tercero, debe producir información oportuna y representativa que permita su uso en la planificación, desarrollo y evaluación de las actividades de salud pública, es decir producir información útil para la toma de decisiones. Decisiones con relación a la gestión de los riesgos ambientales, los servicios sanitarios y a los propios sistemas de vigilancia. Además dicha información es de gran utilidad para la investigación de la relación entre los riesgos ambientales y la salud.

En España no existe un sistema de Vigilancia en Salud Pública sobre los riesgos y efectos asociados a la contaminación atmosférica a nivel estatal ni tampoco en la mayoría de las Comunidades Autónomas. El periodo 1992-1993 fue el último en que el Ministerio de Sanidad y Consumo gestionó la Red Nacional de Vigilancia y Prevención de la Contaminación Atmosférica. A partir de esa fecha la gestión de la Red pasó a servicios integrados en el actual Ministerio de Medio Ambiente. En las diferentes Comunidades Autónomas se produjo un proceso similar y a mediados de los noventa el seguimiento e implicación de los servicios de salud pública en temas como la vigilancia de la contaminación atmosférica del país se podría definir como residual o anecdótico.

En la actualidad se plantean algunas propuestas para la incorporación de algunos riesgos ambientales, como la contaminación atmosférica, a las actividades de vigilancia en salud pública. A este respecto las conclusiones del Taller de la red AIRNET celebrado en Barcelona a finales de 2004 recogieron las siguientes propuestas:

En España no existe ni a nivel estatal ni autonómico un sistema de Vigilancia en Salud Pública sobre los riesgos y efectos asociados a la contaminación atmosférica.

4.7. LA PERCEPCIÓN Y ACTITUDES DE LA POBLACIÓN ESPAÑOLA SOBRE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Recomendaciones para la Vigilancia en salud pública de la contaminación atmosférica en España (Taller AIRNET Barcelona):

- Se debe avanzar en un proceso de cambio de modelo: de vigilancia epidemiológica (centrada en la enfermedad) a vigilancia en salud pública, que incorpora vigilancia en factores de riesgo, como la contaminación atmosférica.
- Integrar información de diferentes campos: incorporar la información de calidad del aire a la perspectiva de salud pública.
- Es necesario definir los objetivos, responsabilidades y los mecanismos de intervención
- Importancia de definir los ‘tiempos’ para la vigilancia:
 - A corto plazo: monitorizar/vigilar la calidad del aire con criterio de salud pública, orientado a la protección de la salud con estrategia preventiva..

- Acciones a medio plazo: seguimiento de la evolución temporo-espacial de los parámetros de calidad del aire. Posibilidad de llevar a cabo evaluaciones periódicas de impacto en salud que proporcionen estimaciones de los beneficios (o efectos negativos) para la salud pública de las mejoras (o empeoramiento) de la calidad del aire.
- Medio/largo plazo: posibilidad de incorporar el uso de biomarcadores de exposición para evaluar la exposición de grupos específicos de población, como los niños.
- La vigilancia de la salud en relación a la contaminación atmosférica se debe enfocar desde una perspectiva multidisciplinaria.
- A la hora de poner en marcha programas de vigilancia se debe tener en cuenta las necesidades de formación de los profesionales y la dotación de los recursos adecuados.
- Se debe incorporar la evaluación del riesgo para la salud en las evaluaciones de impacto ambiental.

4.7. La percepción y actitudes de la población española sobre la contaminación atmosférica

A pesar de la escasa información que la población tiene sobre la contaminación atmosférica a la que está expuesta, la contaminación de las ciudades se percibe por la población española como un problema ambiental muy importante, como así lo manifiestan siete de cada diez españoles, en la encuesta Ecología y Medio Ambiente

realizada por el CIS en 2005.

Además, la contaminación atmosférica constituye para la ciudadanía española el principal problema ambiental a nivel global y a nivel nacional, a nivel local es desplazado a un segundo lugar por la suciedad.

■ **Tabla 4.5. Principales problemas relacionados con el medio ambiente a nivel local, nacional y mundial, Porcentaje*.**

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

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

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

La contaminación atmosférica constituye para la ciudadanía española el principal problema ambiental a nivel global y a nivel nacional y el segundo a nivel local.

Casi la mitad de la población (45,5%) ha percibido un deterioro ambiental en su pueblo o ciudad en los últimos diez años. La construcción masiva (21,5%), el excesivo número de vehículos (19,3%), la contaminación industrial (13,5%), la falta de espacios verdes (11,1%) y la construcción en espacios naturales (10,6%) son los factores que según la población han contribuido con mayor frecuencia a este deterioro. Le sigue, en el puesto 6 de 23, la contaminación atmosférica (10,3%).

En cuanto a actitudes y comportamientos señalar que el 59,7% dispone de vehículo privado y de ellos algo más de la mitad lo utiliza todos los días o casi todos los días para ir a trabajar, haciendo un trayecto de más de 3km/día. A pesar de que el 53,4% afirma que estaría dispuesto a dejar de utilizar su vehículo por razones ambientales, todavía existe un 23% que manifiesta que no dejaría de hacerlo por esta razón.

Respecto a las medidas que deben abordarse en el sector transporte para mejorar la calidad del aire, las que la población española considera como prioritarias son, la limitación de las emisiones a los vehículos nuevos (46,8%) y el fomento del transporte público y del uso de la bicicleta (43,8%). Las medidas consistentes en la prohibición de utilización de vehículos contaminantes en espacios naturales o cuando existen altos niveles de contaminación son las que menos apoyo reciben entre las cinco planteadas (18,2% y 12%, respectivamente).

Merece la pena detenerse en algunos de los aspectos de esta encuesta. Aunque el 69,1% de la población española respeta el medio ambiente, solo el 21% se muestra preocupado por su degradación y un 30% de la población manifiesta que ni respeta ni le preocupa este tema. Las razones esgrimidas por los españoles para explicar por qué se muestran menos preocupados por la degradación del medio que sus vecinos europeos son: la falta de información, de educación y de cauces que favorezcan la participación –existe una amplia y preocupante percepción de la escasa capacidad de influencia de los ciudadanos en la toma de decisiones-.

Tan solo un 32% de los encuestados considera que todos somos responsables de la degradación del medio (Ayuntamiento, CA, Ministerio de Medio Ambiente y ciudadanos) y casi el mismo porcentaje sostiene que solo los Ayuntamientos lo son (un 27%). En la misma línea se

puede interpretar la respuesta que da un 23% de la población que asegura que no dejaría de usar su vehículo por razones medioambientales (posiblemente desconociendo el efecto que esto tiene en la calidad del aire que respira).

Aun así, hay razones para pensar que la situación puede cambiar, el 63,3% de la población sigue con mucho o bastante interés las noticias relacionadas con el medio ambiente, aunque 64,7% se considera poco o nada informado. Además el 61,3% está a favor de destinar mayor cantidad de recursos a la protección y conservación del medio ambiente. Entre las medidas que cuentan con mayor aceptación entre los ciudadanos están: fomentar campañas de sensibilización ambiental (94%), establecer límites más severos a los niveles de contaminación de vehículos, industrias (el 90,2%) aplicar el principio de que "quien contamina paga" (85%), establecer subvenciones o reducción de impuestos a las actividades menos contaminantes (84%) e incrementar los precios de los productos y actividades que generen contaminación el (68,5%).

Los datos evidencian que existe un amplio margen para mejorar la situación, además de incrementar los recursos, especialmente importante es erradicar comportamientos y actitudes perjudiciales para el medio ambiente, y esto pasa por dar mayor información y formación a la ciudadanía.

Los datos evidencian que existe un amplio margen para mejorar la situación.

Interacciones, actividades económicas y **calidad del aire**

5

Interacciones, actividades económicas y calidad del aire

Atendiendo el enfoque metodológico seguido en este informe (capítulo 2) resulta de especial importancia considerar las distintas interacciones económicas y sociales que se producen particularmente en el entramado urbano y que relacionan la calidad del aire de las ciudades con determinadas fuerzas motrices que mantienen vinculaciones y retroalimentaciones de causa-efecto entre actividades humanas e impactos ambientales. El crecimiento de la población (y del turismo) así como la expansión urbana, el aumento del transporte y el mayor consumo de energía en los hogares y en la industria, provocan cambios de estado en el ambiente atmosférico con efectos perjudiciales en la calidad del aire urbano que, en parte, se pueden contrarrestar por los incrementos de “ecoeficiencia” en los sectores con una disociación efectiva entre el crecimiento y las presiones ambientales derivadas de las emisiones contaminantes.

En general, las relaciones entre las fuerzas motrices y el cambio ambiental son complejas. Así, por ejemplo, el sector transporte, que es uno de los factores más determinantes en la calidad del aire urbano, por las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, depende de la evolución dinámica de los factores combinados de tipo demográfico, económico, tecnológico e incluso de tipo cultural (nuevas formas de consumo y estilos de vida) lo cual, a su vez, condiciona las respuestas políticas y sociales para reducir la contaminación atmosférica de los núcleos urbanos y mejorar la salud de las ciudades.

Las emisiones de contaminantes a la atmósfera proceden de dos tipos de fuentes emisoras: las naturales y las antropogénicas. El origen de las emisiones naturales proviene fundamentalmente de la actividad geológica del planeta, los incendios forestales y la descomposición de la materia orgánica. El principal origen antropogénico de la contaminación atmosférica, tanto desde la perspectiva de la calidad del aire como del cambio climático, lo constituyen los procesos de combustión en los que intervienen combustibles fósiles.

La contaminación atmosférica mantiene una estrecha relación con el actual modelo de producción y consumo

de energía que caracteriza a las economías desarrolladas. Prácticamente todos los sectores económicos son intensivos en el consumo de energía y dependen de forma importante de los combustibles fósiles. De ahí, que todos contribuyan, aunque en distinto grado, a la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera.

El Ministerio de Medio Ambiente, mediante el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera, realiza el seguimiento periódico de la cantidad de contaminantes atmosféricos emitidos y de la contribución de cada uno de los sectores productivos responsables de las emisiones. Este inventario contempla tanto las emisiones de origen antropogénico como las de origen natural y abarca acidificadores, precursores del ozono troposférico y gases de efecto invernadero, metales pesados, partículas y contaminantes orgánicos persistentes. Las fuentes de emisión en el Inventario se diferencian en *superficiales* (las que se componen de diversas unidades emisoras que, por su reducida significación individual o por la forma en que se presenta su información de base, han de tratarse de forma agregada sobre una determinada área geográfica) y *puntuales* (aquellas que por su significación deben tratarse de forma individualizada).

En el presente capítulo se describen a nivel estatal las actividades generadoras, que en el citado Inventario se clasifican en once grandes divisiones, y que reflejan las grandes categorías de fuentes antropogénicas y naturales (SNAP: Selected Nomenclature for Sources of Air Pollution) las cuales se corresponden con los siguientes sectores económicos, ordenados de mayor a menor influencia en la calidad del aire de las ciudades:

- **Sector del transporte:** transporte por carretera, y otros modos de transporte y maquinaria móvil. Además, por su importancia dentro del conjunto las emisiones de sustancias contaminantes, se ha incluido el **tráfico de automóviles dentro las ciudades** en el análisis del sector del transporte.
- **Sector doméstico y servicios:** plantas de combustión no industrial.
- **Sector industrial:** plantas de combustión industrial y

La contaminación atmosférica está determinada por el actual modelo de producción y consumo de energía que caracteriza a las economías desarrolladas.

procesos industriales sin combustión, extracción y distribución de combustibles fósiles, uso de disolventes y otros productos y tratamiento y eliminación de residuos. En el análisis del sector industrial también se describe la influencia que tiene la industria en la calidad del aire de las ciudades.

- **Sector energético:** combustión en la producción y transformación de energía.

- **Sector agrario:** agricultura.

Por último se exponen como estudios de caso las emisiones en el entorno urbano para los municipios de Madrid y Zaragoza, y la modelización de las emisiones del conjunto de España, Comunidad de Madrid y Cataluña para el contaminante NO₂ elaborado por parte del Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS).

5.1. Tráfico rodado en las ciudades y sector del transporte

Las principales fuentes de la mala calidad del aire de las ciudades españolas son los automóviles y los otros vehículos de motor. Para una evaluación adecuada de los impactos de las emisiones de los vehículos de motor se han separado los análisis del tráfico rodado en las ciudades y los del sector

transporte (incluyendo a los transportes naval, ferroviario y aéreo), si bien no se debe perder de vista que se refieren a impactos acumulativos sobre la calidad del aire, ni tampoco la especial responsabilidad de los vehículos de motor en la mala calidad del aire en las ciudades españolas.

5.1.1 Tráfico rodado en las ciudades

En el ámbito urbano, el efecto de las emisiones generadas por el transporte por carretera adquiere aún más importancia, convirtiéndose el tráfico en el principal agente responsable del deterioro de la calidad del aire, especialmente en relación a los niveles de partículas, NOx y ozono. Un estudio reciente del Ministerio de Medio Ambiente, coordinado por el CSIC, ha diagnosticado que entre un 40% y un 60% de la contaminación debida a partículas en las ciudades españolas se debe al tráfico. Asimismo, los datos sobre emisiones en el municipio de Madrid dan una idea de la incidencia que tiene el tráfico urbano en la calidad del aire que respiramos. De hecho, es el principal agente responsable de la contaminación atmosférica en los ámbitos urbanos, excepción hecha de las ciudades con una fuerte presencia industrial o situadas en zonas de influencia de grandes instalaciones de combustión (centrales térmicas o refinerías, principalmente).

Factores importantes a la hora de valorar la incidencia del tráfico sobre la calidad del aire son el crecimiento del **parque automovilístico**, consecuencia de los actuales patrones de consumo, el modelo de urbanismo y la reducción de los precios reales de los desplazamientos en este medio de transporte; la **antigüedad de los vehículos**, ya que durante los últimos años se han incorporado mejoras tecnológicas que han reducido notablemente sus emisiones atmosféricas; el **tipo de carburante utilizado**, gasóleo o gasolina, debido a que los moto-

res diesel, aunque más eficientes, son más contaminantes en cuanto a partículas; el **aumento de la demanda de modelos de vehículos más equipados**, más potentes y de mayor cilindrada; y el **incremento de la intensidad circulatoria**.

Evolución del parque automovilístico español

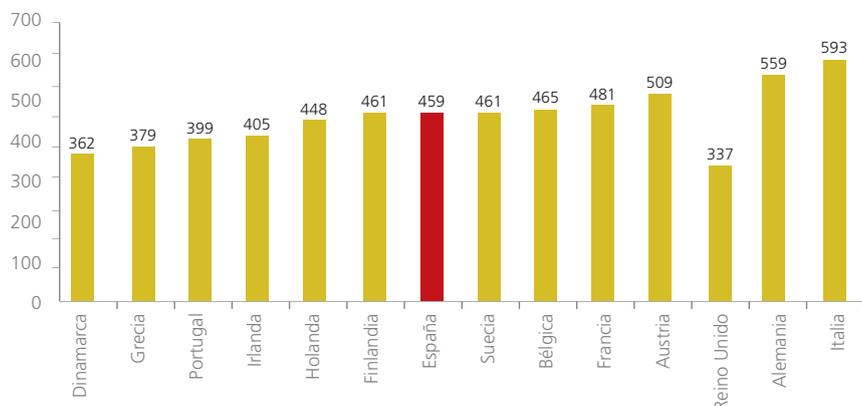
El parque automovilístico español a 31 de diciembre de 2005 constaba de 27,7 millones de vehículos, de los que 20,3 millones eran turismos (73,2% del total de vehículos). El número total de vehículos se ha incrementado durante el periodo 1997-2005 en más de 7,3 millones y el de turismos en 4,95 millones, lo que representa un crecimiento del 36,3% y 32,4%, respectivamente. Este crecimiento ha sido muy superior al experimentado por la población española, que durante el mismo periodo aumentó un 10,7%. Como consecuencia, el número de turismos por cada mil habitantes en España ha pasado de 384 en 1997 a 459 en 2005.

Este crecimiento ha situado a España en este aspecto en una posición intermedia en el marco de la Europa comunitaria. Así, en el año 2005 la cifra de turismos por mil habitantes en España se encontraba por debajo de la media de la UE-15 (480), pero por encima de la de países como Dinamarca y Holanda (Figura 5.1).

Las principales fuentes de la mala calidad del aire de las ciudades españolas son los automóviles y otros los vehículos de motor.

5.1. TRÁFICO RODADO EN LAS CIUDADES Y SECTOR DEL TRANSPORTE

Figura 5.1. Nº de turismos por mil habitantes en los países de la UE-15. Año 2005

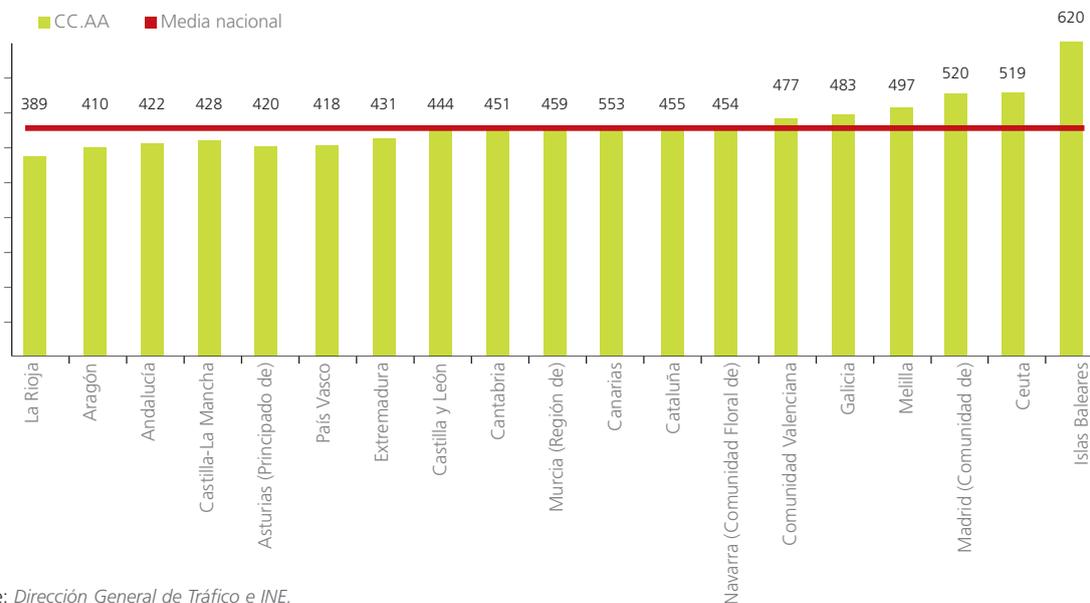


• Fuente: Eurostat.

A nivel autonómico, Islas Baleares es la que, de forma destacada, tenía en 2005 un mayor número de turismos por mil habitantes. A continuación se sitúan las Comunidades de Madrid, Galicia y Comunidad Valenciana, así como las

ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, todas ellas con valores superiores a la media nacional. La Rioja y Aragón eran, en el año considerado, las Comunidades con menor índice de turismos por habitante (Figura 5.2).

Figura 5.2. Nº de turismos por mil habitantes en las Comunidades Autónomas. Año 2005

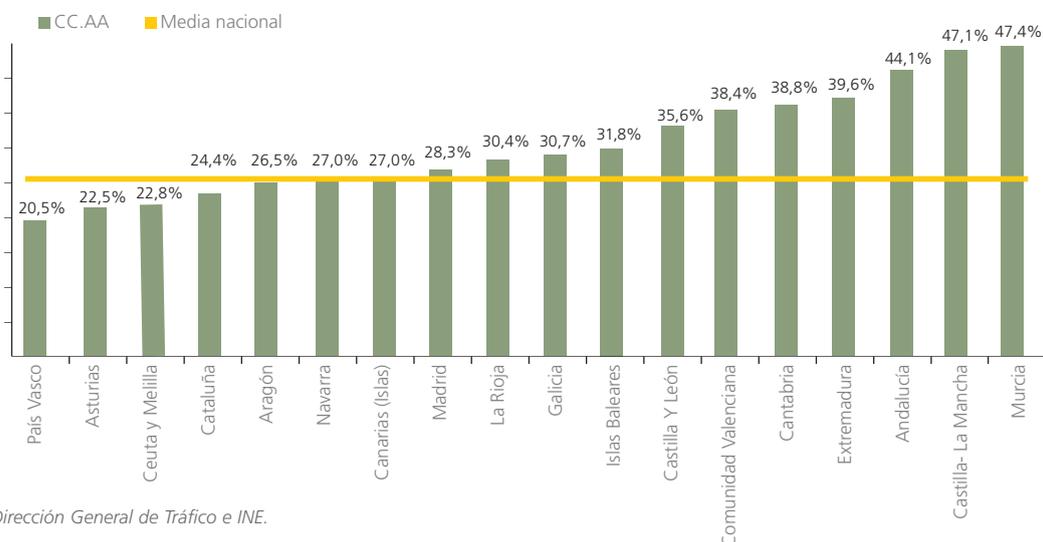


• Fuente: Dirección General de Tráfico e INE.

El crecimiento del parque total de turismos durante el periodo 1997-2005 no ha sido homogéneo en el territorio español. Los mayores crecimientos se han registrado en Región de Murcia (47,4%), Castilla-La Mancha (47,1%) y Andalucía

(44,1%). Destacan a nivel provincial los experimentados en Guadalajara y Almería, que prácticamente ha doblado el número de turismos durante estos ocho años, Toledo, Huelva con crecimientos superiores al 50% (Figura 5.3).

Entre un 40% y un 60% de la contaminación debida a partículas en las ciudades españolas se debe al tráfico rodado.

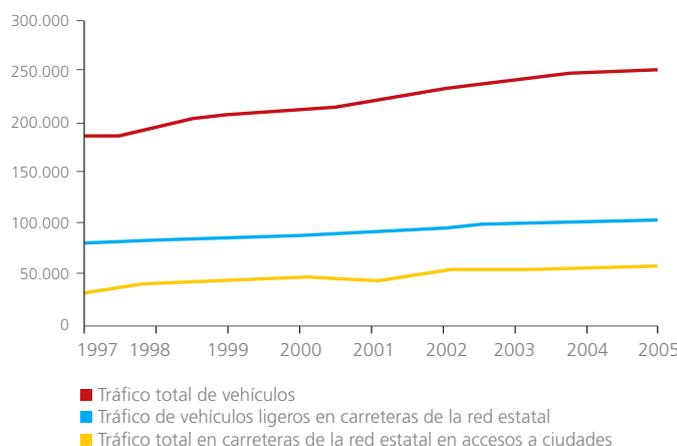
Figura 5.3. Crecimiento del parque de turismos por Comunidades Autónomas. 1997-2005 (%)

• Fuente: Dirección General de Tráfico e INE.

Los menores crecimientos del parque de turismos se han dado en Ceuta y Melilla, País Vasco y Principado de Asturias, y, en términos relativos (es decir, por habitante), en Canarias, Islas Baleares, Comunidad de Madrid y Cataluña.

Como consecuencia del importante crecimiento experimentado tanto por el parque de vehículos como por la red de carreteras en los últimos años, se ha experimentado asimismo un notable incremento del tráfico en la red viaria.

Durante el periodo 1997-2005 el tráfico total de vehículos, expresado en vehículos-km, se ha incrementado en un 36,5%, cifra que no considera el tráfico de la red de carreteras gestionadas por los Ayuntamientos. Considerando sólo el tráfico de vehículos ligeros en la red estatal, el crecimiento experimentado ha sido más elevado (39%). Se observa, sin embargo, un incremento muy importante en el tráfico correspondiente a los accesos a ciudades, que durante el mismo periodo, en la red estatal, ha aumentado un 90,5% (Figura 5.4).

Figura 5.4. Evolución del tráfico de vehículos. Millones de vehículos-km. 1997-2005

• Notas:

No se incluye en el tráfico total la red de carreteras interurbanas gestionadas por los Ayuntamientos.

La longitud de la Red de Carreteras del Estado era a 31/12/04 de 25.155 km.

Desde 2002 se ha revisado la zona de acceso a ciudades, ampliándose su ámbito.

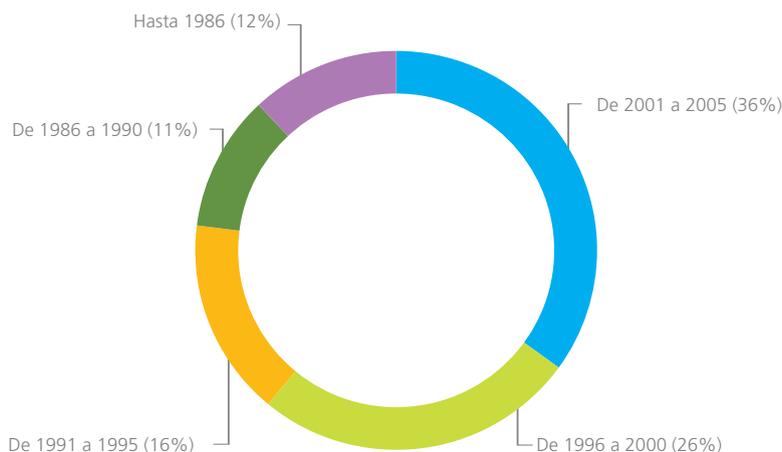
• Fuente: Anuario Estadístico. Ministerio de Fomento.

El número total de vehículos se ha incrementado durante el periodo 1997-2005 en más de 7,3 millones y el de turismos en 4,95 millones, lo que representa un crecimiento del 36,3% y 32,4%, respectivamente.

5.1. TRÁFICO RODADO EN LAS CIUDADES Y SECTOR DEL TRANSPORTE

En cuanto a la antigüedad del parque, en 2005 el 35,2% de los vehículos que circulaban en España tenían una edad superior a diez años y el 58,4% a cinco (Figura 5.5).

Figura 5.5. Antigüedad del parque automovilístico español (%). Año 2005

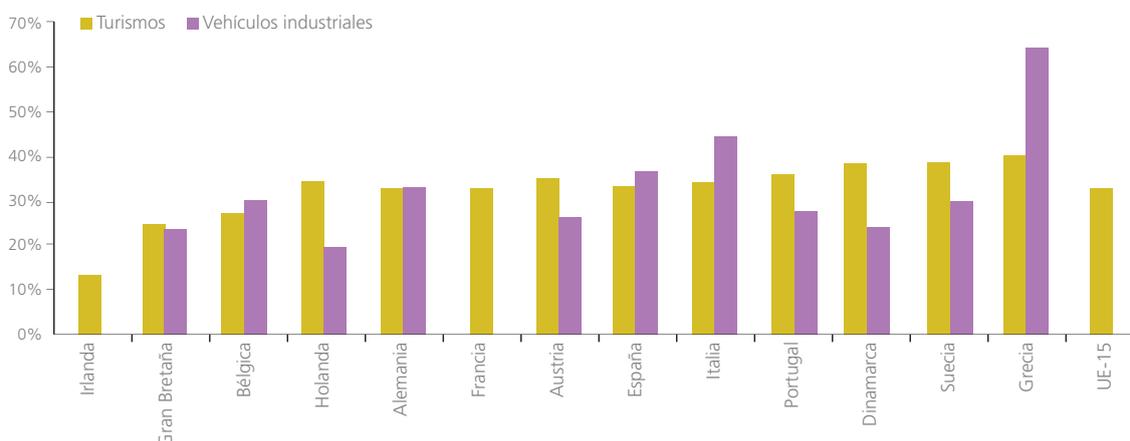


• Fuente: Ministerio de Fomento.

Estas cifras indican que el parque automovilístico español tiene una edad media relativamente elevada, aunque no muy alejada de la existente en países de nuestro entorno. En concreto, la media comunitaria de turismos de más de 10

años se situaba en un 32,1%, mientras que en España era del 33,4%. Respecto a vehículos industriales, la situación es peor, ya que sólo superaban a España en porcentaje de vehículos de más de 10 años Italia y Grecia (Figura 5.6).

Figura 5.6. Antigüedad del parque de turismo y de vehículos industriales en los países de la Unión Europea (% de vehículos con más de diez años). Año 2005



Datos de vehículos industriales no disponibles para Francia, Irlanda y UE-15

• Fuente: Memoria Anual 2005. ANFAC

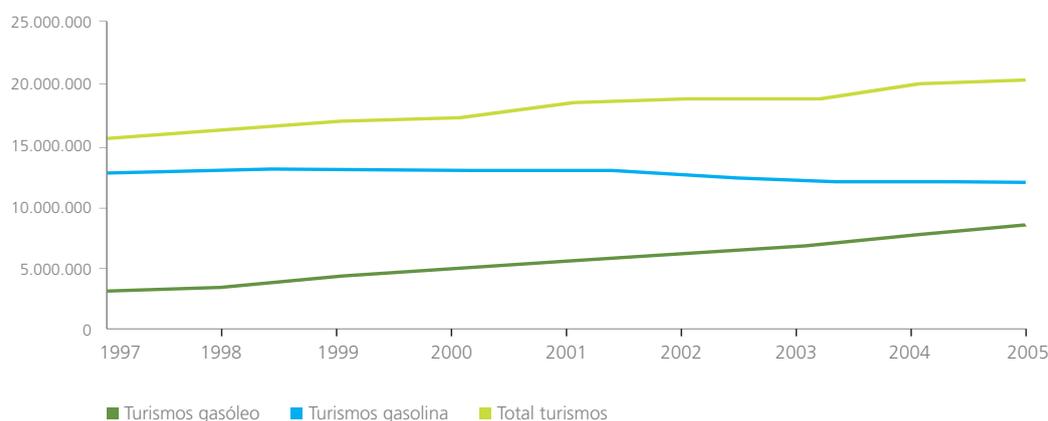
*Los datos de Irlanda y de la UE par turismos corresponden al año 2004

**Los datos de Austria de vehículos industriales corresponden a 2004

Una tendencia que se ha puesto de manifiesto en la última década es la progresiva "dieselización" del parque automovilístico. En 2005, el 41,6% de los vehículos existentes en España utilizaban gasóleo como combustible, frente al 58,35% que empleaban gasolina. La situación en 1997 era muy distinta: 18,35% gasóleo/81,65% gasolina (Figura 5.7).

La constante penetración de vehículos diesel obedece al sistema de impuestos en vigor, en función del cual los vehículos de gasolina pagan más impuestos: el 7%, los de menos de 1.600 cm³ y el 12% el resto; mientras que los coches diesel con menos de 2.000 cm³ pagan un 7% de impuesto de matriculación y un 12% los que sobrepasan esa cilindrada.

Figura 5.7. Evolución del parque de turismos, total y por tipo de combustible utilizado. 1997-2005 (nº de turismos).



• Fuente: Dirección General de Tráfico.

Este sistema impositivo, junto con otros factores como el menor consumo y coste del combustible, ha permitido que la matriculación de coches diésel se haya disparado. Así, según datos de ANFAC, en 1991 sólo el 12,8% de los vehículos nuevos consumía gasóleo. En 2006, el porcentaje ascendía al 68,2%.

Las emisiones asociadas al tráfico

Las emisiones derivadas del transporte por carretera han ido disminuyendo progresivamente a lo largo de los últimos años, como consecuencia de las mejoras tecnológicas introducidas en los vehículos –catalizadores de tres vías y motorizaciones diesel de inyección directa, entre otras– y a la utilización de combustibles de mejor calidad.

El instrumento que ha impulsado la disminución de las

emisiones atmosféricas de los vehículos ha sido la legislación de la Unión Europea, concretamente las denominadas normas "Euro". El impacto de estas medidas sobre los niveles de contaminación del transporte ha sido muy significativo: las emisiones de los diversos contaminantes regulados han disminuido en la Unión Europea entre un 20 % y un 50 % de media desde 1995.

Las últimas normas, aplicadas a partir de enero de 2005, son las normas Euro 4 para turismos y vehículos ligeros. Los límites de emisión vigentes para turismos nuevos diesel son inferiores en un 80% respecto a los de la norma Euro 1 en cuanto a partículas y CO, y en un 50% respecto a la norma Euro 3 en materia de NOx. En turismos que utilizan gasolina, los porcentajes de reducción impuestos son del 50% y del 63%, respectivamente, para los NOx y el CO (Tabla 5.1).

■ **Tabla 5.1.** Evolución de los límites de emisión impuestos por la Unión Europea a nuevos turismos (g/km).

Turismos	Euro 1 (07-1992)	Euro 2 (01-1996)	Euro 3 (01-2000)	Euro 4 (01-2005)	Euro 5 (06-2008)
Diesel					
CO	2,72	1	0,64	0,5	0,5
HC+NOx	0,97	0,7	0,56	0,3	0,25
NOx			0,5	0,25	0,2
PM	0,14	0,08	0,005	0,025	0,005
Gasolina					
CO	2,72	2,2	2,3	1	1
HC	-	-	0,2	0,1	0,075
HC+NOx	0,97	0,5	-	-	-
NOx	-	-	0,15	0,08	0,06
PM	-	-	-	-	0,005

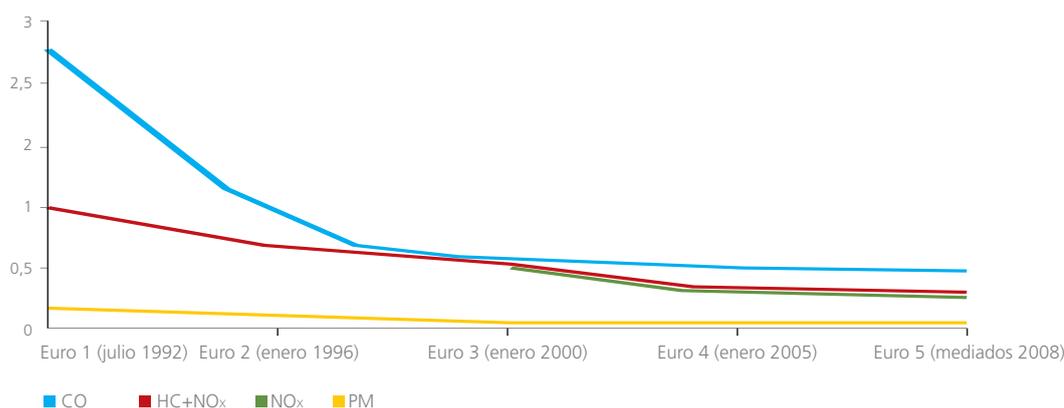
(*) Límites propuestos

• Fuente: Directivas de la Unión Europea.

La norma Euro 5 prevé una reducción adicional del 80% de las emisiones de partículas y del 20% de las emisiones de NOx en los turismos diesel. Este porcentaje de reducción de las emisiones de partículas, superior al 90% con

respecto a la norma Euro 1, implica que veintiocho coches diesel puestos en el mercado en 2008 contaminarían lo mismo que un solo turismo diesel comercializado en 1992 (Figura 5.8).

Figura 5.8. Evolución de los límites de emisión impuestos por la Unión Europea a nuevos turismos diesel (g/km).

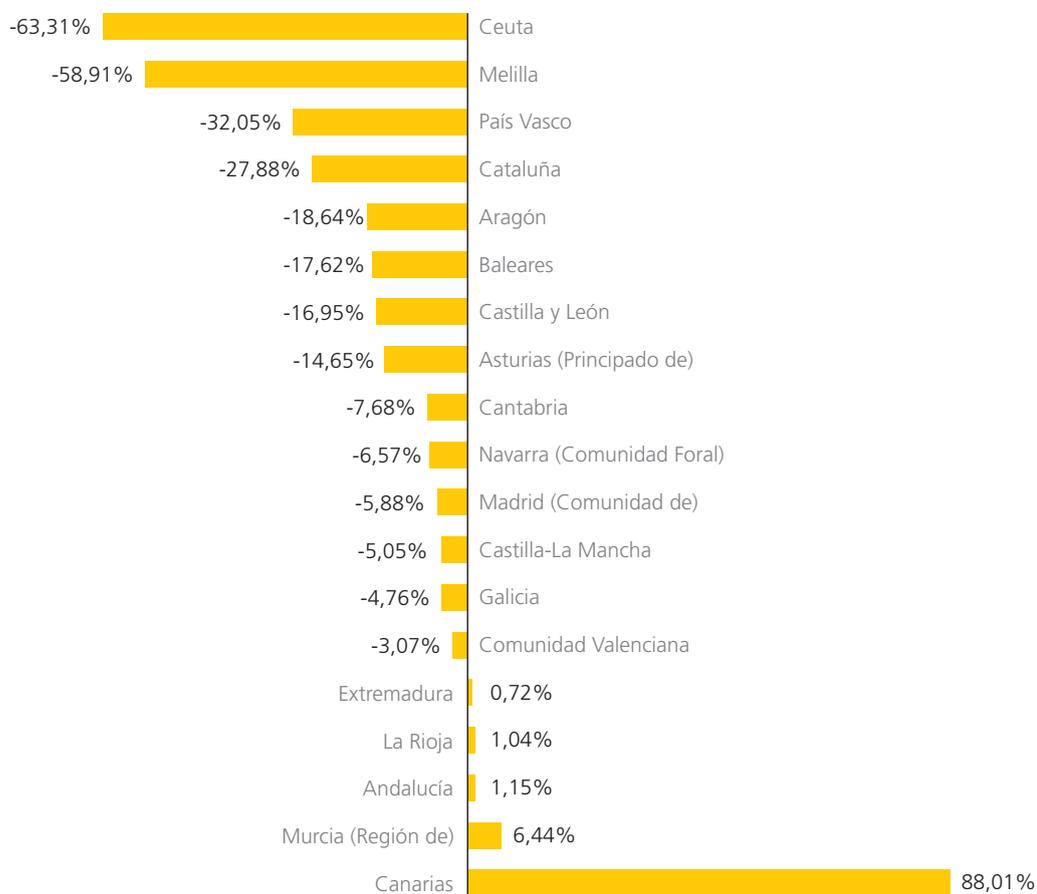


• Fuente: Directivas de la Unión Europea.

Como consecuencia de las medidas adoptadas, se ha logrado disociar el crecimiento del parque de vehículos de las emisiones atmosféricas generadas por el transporte por carretera. En el caso concreto de los turismos, la reducción de las emisiones totales asociadas a su circulación durante el periodo 1997-2005 ha sido muy notable, a pesar del crecimiento experimentado por el número de éstos. Especialmente relevantes han sido las reducciones de las emisiones de SO₂ (59,4%), COVNM (47,1%) y CO (42,8%). El progreso ha sido menor en materia de NOx, cuyas emisiones sólo han disminuido un 14,1%.

Las emisiones, debidas al tráfico de turismos, de todos los

contaminantes se han reducido en todos los tipos de circulación: urbana, rural e interurbana. El incremento de NOx tiene su causa en las pautas de conducción urbana (conducción típica de las áreas metropolitanas en las que las velocidades son bajas, teóricamente inferiores a 50 Km./h, e interrumpida por semáforos, atascos, etc.). Este aumento se ha observado especialmente en la CCAA de Canarias, Región de Murcia, Andalucía, La Rioja y Extremadura. En el resto de Comunidades, sobre todo en País Vasco y Cataluña, así como en las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla, se han conseguido reducciones considerables de las emisiones de NOx en este tipo de entorno (Figura 5.9).

Figura 5.9. Evolución de las emisiones de NOx debidas al tráfico de turismos en el medio urbano (%). 1995-2005.

• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007*

5.1.2 Sector del transporte

El sector transporte es el responsable del 26% del total de emisiones de SO₂, NO_x, CO y precursores del O₃ generadas en 2005, exceptuando las emisiones de origen natural. Los contaminantes característicos del sector del transporte son los NO_x y el CO, que suponen el 52,3% y el 46,9% del total de emisiones de estas sustancias (Figura 5.10).

Las emisiones de COVNM son las siguientes en importancia, contribuyendo el sector transporte con un 16,6% al

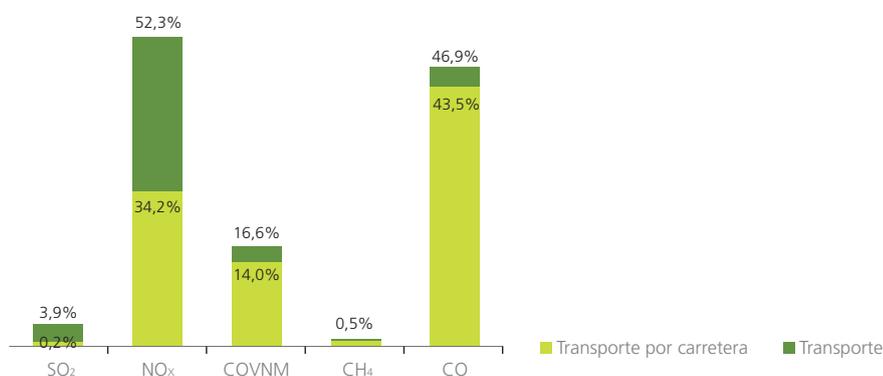
total de las emisiones de este contaminante (Figura 5.10). Proviene de las combustiones incompletas de los combustibles fósiles realizadas en los motores de combustión interna de los vehículos, siendo el motor diesel una fuente más importante que el motor de gasolina.

Por último, el sector del transporte únicamente es responsable del 3,9% de las emisiones de SO₂ y del 0,5% de las de CH₄ (Figura 5.10).

El sector transporte es el responsable del 26% del total de emisiones de SO₂, NO_x, CO y precursores del O₃ generadas en 2005.

5.1. TRÁFICO RODADO EN LAS CIUDADES Y SECTOR DEL TRANSPORTE

Figura 5.10. Contribución del sector del transporte y del transporte por carretera al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).



(*) Exceptuando las emisiones de origen natural.

• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

La evolución experimentada por los contaminantes durante el periodo 1990-2005 indica que las emisiones de CO han ido disminuyendo a lo largo de los últimos años, debido fundamentalmente a la reducción lograda por el sector del transporte mediante el uso generalizado de catalizadores. Así, las emisiones de CO del transporte han descendido en España en un 55 % (Figura 5.11). Concretamente, el transporte por carretera que en 2005 era el responsable del 43,5% de las emisiones totales de CO (Figura 5.10), ha disminuido sus emisiones, entre 1990 y 2005, en 1.323.605 t de CO (57%).

A lo largo del periodo 1990-2005, las emisiones de NO_x debidas al transporte han aumentado levemente (en un 8%, lo que supone 56.002 t) (Figura 5.11). Las emisiones del transporte por carretera, marítimo y aéreo se han incrementado en un 2%, 8% y 68%. Sólo se han reducido (en un 36%), las emisiones de NO_x procedentes del tráfico ferroviario.

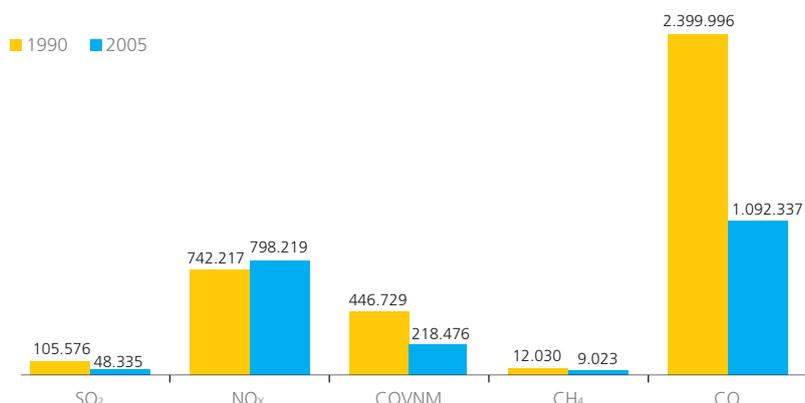
El transporte por carretera también es la principal fuente que contribuye a las emisiones de NO_x. De hecho, en el año

2005, el 34,2 % de las emisiones totales de este contaminante fueron originadas por este subsector (Figura 5.10). Concretamente, la circulación de turismos fue responsable del 51 % de las debidas al transporte por carretera.

En relación con los COVNM emitidos por el transporte, la reducción lograda entre 1990 y 2005 ha sido del 51% (Figura 5.11), contribuyendo especialmente a ello el transporte por carretera, donde se ha pasado de 418.984 a 185.344 t.

Por último, el sector del transporte ha logrado una disminución notable en las emisiones de SO₂ a lo largo del periodo 1990-2005, con una reducción del 54% (57.241 t) (Figura 5.11). A pesar del incremento del tráfico, destaca especialmente la reducción del 96% de las emisiones de este contaminante generadas por el transporte por carretera, debido a la reducción del contenido en azufre de los combustibles de automoción. En el periodo considerado, únicamente se han incrementado las emisiones de SO₂ en el transporte marítimo y aéreo (en un 25 y 67%, respectivamente).

Figura 5.11. Evolución de las emisiones atmosféricas del sector del transporte en España en el periodo 1990-2005 (t).

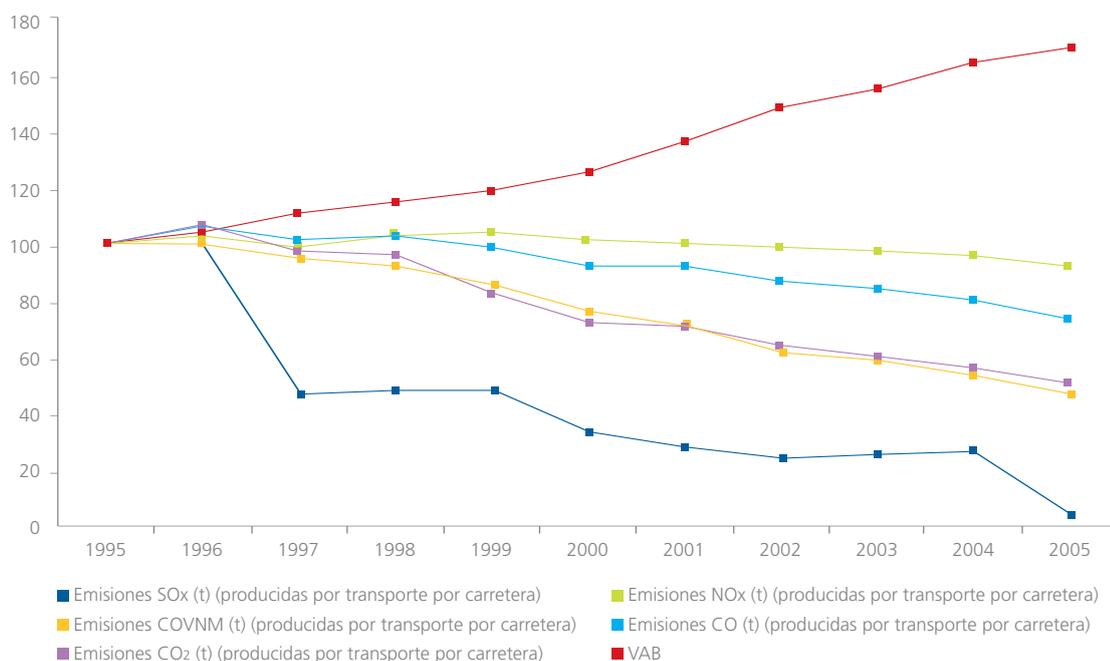


• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007

En términos de ecoeficiencia, las presiones asociadas al sector transporte muestran una línea de desacoplamiento completo con respecto al VAB en las emisiones de SOx,

CO, NOx y COVNM debidos al transporte por carretera. El VAB del sector ha experimentado un crecimiento sostenido entre 1995 y 2005 (Figura 5.12).

Figura 5.12. Ecoeficiencia del sector del transporte 1995-2005. Índice 1995=100.



• Fuente: INE e Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera (1990-2005). Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

Pese a los esfuerzos realizados en relación a la calidad de los carburantes y la emisión de contaminantes en los vehículos, el fuerte incremento experimentado en las

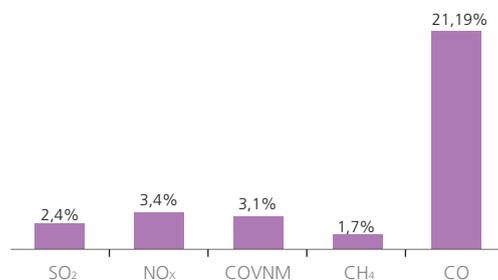
actividades relacionadas con el transporte ha impedido que se observen resultados del todo positivos en cuanto a la ecoeficiencia del sector.

5.2. Sector doméstico y de servicios

En el sector doméstico y de servicios, que contribuye un 8% al total de las emisiones generadas en 2005 (exceptuando las emisiones de origen natural), el único contaminante característico emitido es el CO, contribuyendo a

las emisiones totales de esta sustancia con el 21,1%. El resto de los contaminantes emitidos por el sector, contribuyen al total de emisiones entre un 1,7% (CH₄) y un 3,4% (NOx) (Figura 5.13).

Figura 5.13. Contribución del sector doméstico y de servicios al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).



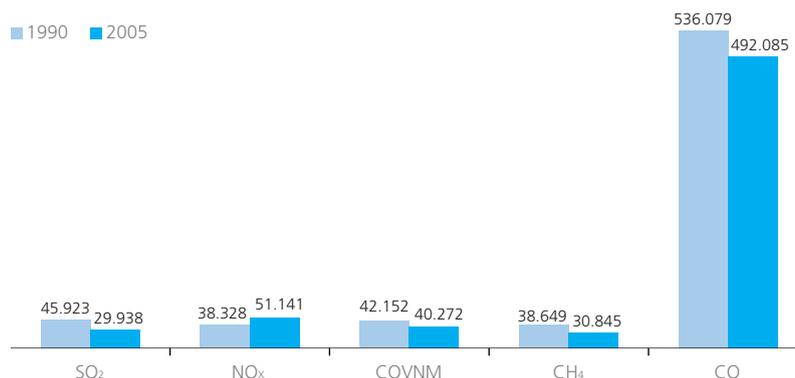
(*) Exceptuando las emisiones de origen natural

• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

A lo largo del periodo 1990-2005, este sector ha logrado disminuir sus emisiones de CO en más de 43.994 t (Figura

5.14), lo que supone una reducción relativa del 8%.

Figura 5.14. Evolución de las emisiones atmosféricas del sector doméstico y de servicios en España en el periodo 1990 – 2005 (t).



• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

5.3 Influencia de las industrias en la calidad del aire de las ciudades

El énfasis en la escala creciente de los impactos negativos del tráfico rodado sobre la calidad del aire urbano no debe implicar el olvido de los efectos negativos de otra de las actividades económicas que tradicionalmente ha tenido mayor responsabilidad sobre la mala calidad del aire: la industria.

Históricamente la industria ha sido el gran emisor a la atmósfera de sustancias nocivas para salud. Sin embargo, bien debido a la reconversión industrial o la deslocalización industrial, desde los años ochenta en adelante las industrias más visiblemente contaminantes han ido saliendo paulatinamente de los centros de las ciudades. Desgraciadamente, estos procesos no han supuesto una desaparición de la contribución de las actividades industriales a la mala calidad del aire urbano. Todavía quedan núcleos urbanos en los que los mayores focos contaminantes son de origen industrial. Además, los contaminantes pueden desplazarse a muchos kilómetros de distancia y hacer sentir sus efectos en núcleos urbanos muy alejados de los focos de emisión. Existen factores técnicos y

naturales que inciden en la dispersión de las emisiones industriales, por lo que la ubicación de la industria, no tiene porque suponer la inmisión de los contaminantes emitidos en parte o totalmente en el término municipal donde se ubica.

Aunque la industria en España se concentra fundamentalmente en cinco comunidades autónomas: Cataluña, Comunidad de Madrid, Comunidad Valenciana, País Vasco y Andalucía, atendiendo al efecto que la contaminación industrial supone en las ciudades, en todas las comunidades autónomas encontramos ciudades sometidas a efectos industriales.

Hay que reseñar que no sólo las grandes empresas industriales son responsables de la mala calidad del aire, pequeñas y medianas empresas de carácter familiar ubicadas en polígonos industriales emplean conductos de ventilación cortos situados sobre tejados de edificios, sus emisiones son susceptibles de interferir con los edificios adyacentes y se produce la inmisión en el área de proximidad al foco.

La industria sigue teniendo una responsabilidad importante en la mala calidad del aire

5.3.1 Influencia de la industria en los diferentes entornos urbanos

A la hora de valorar el peso de la industria en la calidad del aire de las ciudades es necesario distinguir entre las localizaciones de los focos de emisiones y los lugares en los que se reciben sus efectos sobre la calidad del aire. Así, las grandes áreas urbanas como Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao y Sevilla, en las que la industria teóricamente había dejado de ser un problema para la calidad del aire reciben las emisiones de focos industriales a kilómetros de distancia. Por otro lado, la calidad del aire de otras ciudades pequeñas y medianas de tradición industrial siguen estando muy afectadas y teniendo graves problemas de salud a causa de las emisiones de las grandes instalaciones industriales. (Ver anexo 2 para ciudades medianas y pequeñas).

Ciudades en las que las actividades industriales siguen teniendo peso como Cartagena, Elche, Algeciras, Gijón, Sabadell, Tarrasa y capitales de provincia como Tarragona y Huelva aún presentan una clara incidencia de su actividad industrial en la calidad del aire (Tabla 5.2) como lo demuestran los siguientes datos:

- Según los informes anuales emitidos por el Ministerio de Medio Ambiente, Tarragona, Cartagena y Huelva muestran una clara influencia de la industria en los niveles de PM₁₀ y PM_{2,5}.
- Se han producido episodios de superación de niveles de contaminantes en ciudades como Gijón que tienen habitualmente una calidad del aire muy por debajo de los estándares recomendados para la salud. Estos picos pueden ser producto de la influencia de las actividades Siderúrgicas y Térmicas que se ubican en su entorno.
- La Bahía de Algeciras y Huelva presentan una mezcla de emisiones industriales. Además de la materia particulada producto de siderurgia, refinerías de petróleo, industrias del cemento, etc. existen emisiones consecuencia de la actividad de industrias químicas que producen plaguicidas y fertilizantes, papel, detergentes, cloro, etc. Estos compuestos resultan altamente nocivos para la salud.

■ **Tabla 5.2. Características de las emisiones en algunas ciudades de tradición industrial**

Ciudad	Población	Tipificación de los focos emisores	Problemática fundamental detectada	Potenciales riesgos para la salud
Gijón	274.572	Sectores industriales hierro y acero, industria química y energética y tráfico	Partículas, Benzeno, HCN, HCL, CO, HF, PAH.	Cáncer de pulmón, afecciones respiratorias como bronquitis, asma.
Huelva	145.763	Sectores industriales de industria química, tráfico portuario, petróleo y productos del carbón y tráfico	Partículas, PAHs y PCBs.	Asma, cáncer de pulmón y de pleura
Bahía de Algeciras (Algeciras, Los Barrios, San Roque y la Línea de la Concepción)	223.363	Sectores industriales de industria química y energética y tráfico	Metales, CO ₂ , PM ₁₀ , NO _x (como NO ₂), Benzeno, CO, CO ₂ , PAH, SO ₂ , HCL, HF y CH ₄ .	Cáncer de pulmón y pleura, afecciones respiratorias como bronquitis, asma.
Pontevedra	80.960	Sectores industriales de papel y celulosa, industria química y energética y tráfico	NO _x , Partículas, O ₃ , CO, CO ₂ , SO _x , Bencenos, PAH, HCL y HF.	Cáncer de pulmón y de pleura, asma
Cartagena	208.609	Sectores industriales de refinerías de petróleo y química y tráfico	Partículas, SO ₂ , NO _x , Ni, Pb, As, COVs, Cd.	Cáncer de pulmón y de pleura, asma
Tarragona	131.158	Sectores industriales de refinerías de petróleo y química y tráfico	Partículas, SO ₂ , NO _x , Ni, Pb, As, COVs, Cd, Bencenos, PAH, HCL y HF.	Asma, cáncer de pulmón y de pleura
L'Hospitalet	248.150	Sectores industriales minerales no metálicos, química y textil y papel y tráfico	Partículas, CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x , Ni, Pb, As, COVs, Cd.	Cáncer de pleura, de pulmón y asma

• Fuente: *Elaboración propia a partir de datos del EPER y Ministerio de Medio Ambiente.*

HCL: Ácido clorhídrico. HF: Ácido fluorhídrico. HCN: Cianuro de hidrógeno. PAH: Hidrocarburo aromático.

PCBs: Policlorobifenilos. COVs: Compuestos orgánicos volátiles.

Ciudades como Cartagena, Elche, Algeciras, Gijón, Sabadell, Tarrasa y capitales de provincia como Tarragona y Huelva presentan una clara incidencia de la industria en la calidad del aire.

5.3. INFLUENCIA DE LAS INDUSTRIAS EN LA CALIDAD DEL AIRE DE LAS CIUDADES

La mediana y pequeña ciudad es donde mejor se puede ver la influencia de la producción industrial en la calidad del aire si bien se diferencian en función del tipo de actividad que en ellas se desarrolla y por lo tanto del tipo de contaminante potencial de influencia en calidad del aire. Dentro de estas ciudades encontramos claros ejemplos como son:

- Municipios con una actividad industrial muy marcada en extracción y transformación de minerales no metálicos, como son Bailén, Novelda, Onda y Talavera de la Reina. Esta actividad industrial indica una clara influencia potencial en los niveles de inmisión de partículas. En este sentido encontramos en los informes del Ministerio de Medio Ambiente a Bailén (con la influencia directa de las fábricas de cerámica) como uno de los puntos negros de contaminación por partículas de España, lo cual le ha llevado a tener que de implantar un plan de lucha contra la contaminación.
- Una influencia marcada por la existencia de industria de transformación de metales la encontramos en Eibar, Villareal, Bergara, Langreo, Mondragón, Ermua, Oñate, Llodio y Los Barrios. Supone una influencia de la industria en las emisiones globales de CO₂, NO_x (como NO₂), PM₁₀, CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), Pb y compuestos y SO_x (como SO₂) en el municipio.
- Municipios con una influencia debido a las actividades energéticas que en ellos se desarrollan como por ejemplo Siero, Andorra, Arteixo y San Roque. Este tipo de actividad industrial implica influencia en las emisiones globales del municipio en CO₂, SO₂ y NO₂.
- Dentro de la influencia de la industria química podemos citar ciudades como Torrelavega, Monzón y los Barrios. La presencia de esta industria que repercute en la emisión de compuestos altamente nocivos para la salud como el Hg y que precisarían de un análisis in situ de inmisión.

5.3.2 Sector industrial

El sector industrial, que incluye plantas de combustión industrial y procesos industriales sin combustión, extracción y distribución de combustibles fósiles, uso de disolventes y otros productos, y tratamiento y eliminación de residuos, contribu-

ye en un 32% al total de las emisiones generadas en 2005 (exceptuando las emisiones de origen natural), siendo los contaminantes emitidos por el sector industrial, debido a la diversidad de procesos y materias implicados, muy variados.

■ **Tabla 5.3.** Relación entre los sectores industriales y los principales contaminantes atmosféricos.

Sectores industriales	Contaminantes						
	Partículas	SO ₂	NO _x	CO	Metales pesados	Hidrocarburos	COVNM
Refino		•	•	•	•	•	•
Petroquímica		•	•	•		•	•
Siderurgia	•	•	•	•	•	•	•
Metalurgia	•	•	•	•	•		
Cemento	•	•	•	•			
Fertilizantes	•	•	•	•			
Pasta-papel	•	•	•	•			
Química inorgánica		•	•	•	•		
Minería extractiva	•						
Extracción petróleo		•			•	•	•
Áridos	•						
Cal	•	•	•	•			
Cerámica	•		•	•			
Vidrio	•	•	•	•			
Pinturas	•						•
Curtidos	•						•

• Fuente: *Ministerio de Industria.*

El sector industrial contribuye en un 32% al total de las emisiones generadas en 2005.

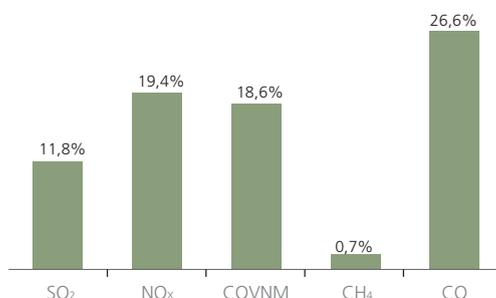
Sector de la combustión industrial y los procesos industriales sin combustión

En 2005, la contribución del sector de la combustión industrial y los procesos industriales sin combustión al total de emisiones de CO y NO_x fue del 26,6% y 19,4%, respectivamente. Además, dichos sectores son los responsables del 18,6% del total de COVNM emitidos (Figura 5.15). La mayoría de los COVNM proceden de las combustiones incompletas de los combustibles fósiles (sólidos y gaseosos) realizadas en la industria. También se

pueden emitir en las actividades de refinado de petróleo, industria química, uso de disolventes, fabricación de fertilizantes y almacenamiento y distribución de combustibles.

El siguiente contaminante en importancia es el SO₂, cuyas emisiones supusieron el 11,8% del total, de las que un 8,6% fueron originadas por procesos de combustión industriales. Por último, sólo el 0,7% de las emisiones de CH₄ correspondieron al sector de la combustión industrial y procesos industriales sin combustión (Figura 5.15).

Figura 5.15. Contribución del sector de la combustión industrial y procesos industriales sin combustión al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).



(*) Exceptuando las emisiones de origen natural

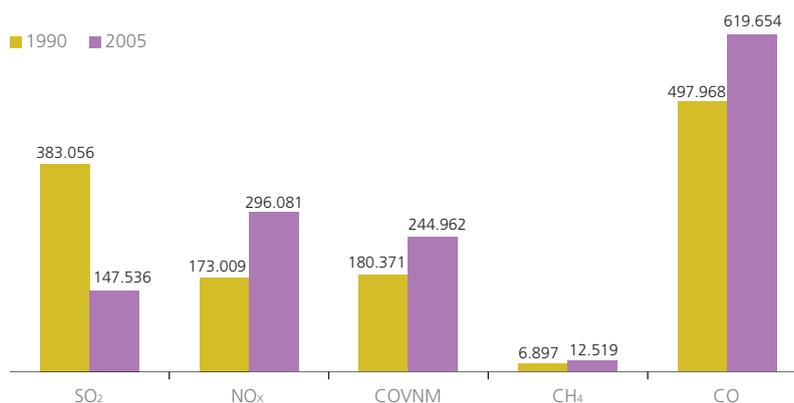
• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

La evolución de las emisiones a lo largo del periodo 1990-2005 muestra que la combustión industrial y los procesos industriales sin combustión, han disminuido notablemente sus emisiones de SO₂ (en un 61%), lo que representa del orden de 235.520 toneladas menos. En este mismo periodo, las emisiones de NO_x se han incrementado nada más y nada menos que en un 71% (Figura 5.16). El mayor incremento ha sido experimentado por los procesos de combustión industrial,

cuyas emisiones han aumentado un 80% en estos 15 años. En este sentido, resulta especialmente dramática la evolución al alza de las emisiones debidas a las calderas de combustión industrial, turbinas de gas y motores estacionarios.

También se han incrementado las emisiones de COVNM (35,8%) y CO (24,5%) generadas por la combustión industrial y los procesos industriales sin combustión (Figura 5.16).

Figura 5.16. Evolución de las emisiones atmosféricas de la combustión industrial y los procesos industriales sin combustión en España en el periodo 1990-2005 (t).



• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

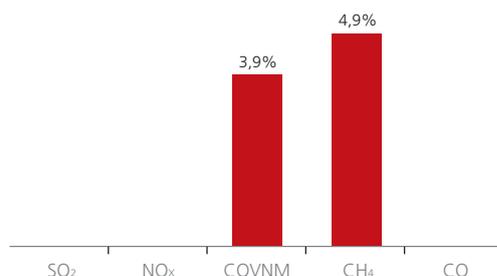
Las emisiones de NO_x se han incrementado nada más y nada menos que en un 71%.

5.3. INFLUENCIA DE LAS INDUSTRIAS EN LA CALIDAD DEL AIRE DE LAS CIUDADES

Los contaminantes característicos del sector de extracción y distribución de combustibles fósiles y energía son el CH₄

y los COVNM aunque sólo suponen el 4,9% y 3,9 % del total de emisiones, respectivamente (Figura 5.17).

Figura 5.17. Evolución de las emisiones atmosféricas de la combustión industrial y los procesos industriales sin combustión en España en el periodo 1990–2005 (t).



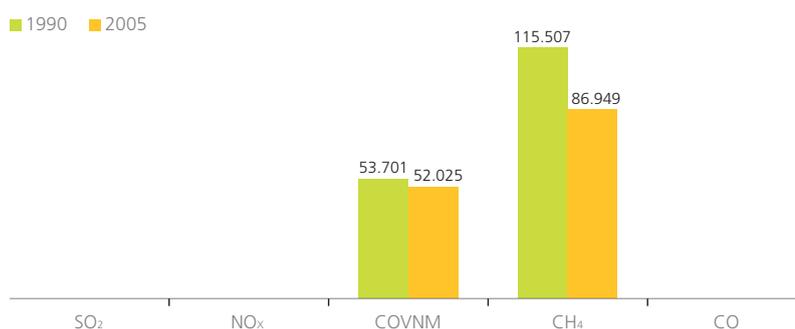
(*) Exceptuando las emisiones de origen natural

• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

Entre 1990 y 2005 se aprecia una reducción del 25% de las emisiones de CH₄ generadas por el sector de extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geo-

térmica. Por su parte, las emisiones de COVNM han disminuido ligeramente, pasando de 53.701 a 52.025 t (Figura 5.18).

Figura 5.18. Evolución de las emisiones atmosféricas del sector de extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica en España en el periodo 1990–2005 (t).



• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

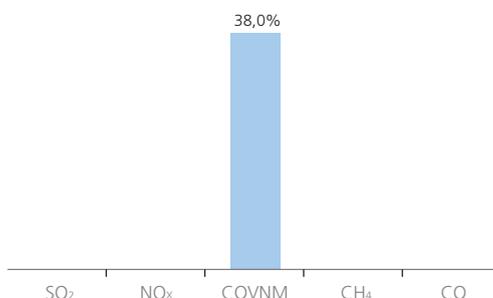
Sector de uso de disolventes y otros productos

El sector de uso de disolventes y otros productos, únicamente emite COVNM. En 2005, las emisiones de este

contaminante supusieron el 38,0 % del total (Figura 5.19), incrementándose en 104.910 (un 26,4%) entre 1990 y 2005 (Figura 5.20).

Las emisiones de NO_x procedentes de los procesos de combustión industrial han aumentado un 80%.

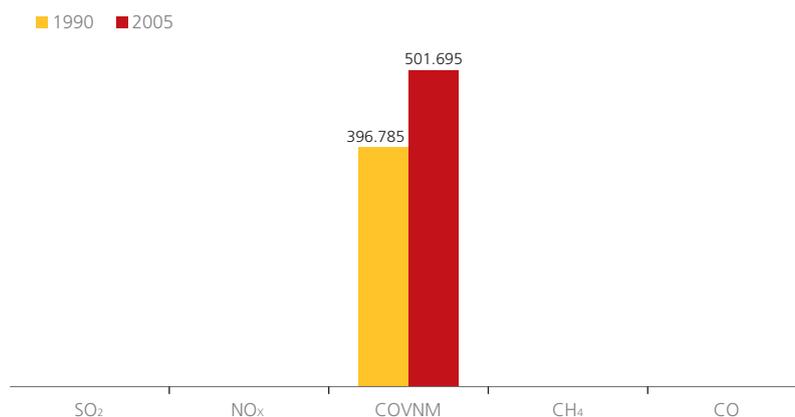
Figura 5.19. Contribución del sector del uso de disolventes y otros productos al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).



(*) Exceptuando las emisiones de origen natural.

• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

Figura 5.20. Evolución de las emisiones atmosféricas del sector de del uso de disolventes y otros productos en España en el periodo 1990–2005 (t).



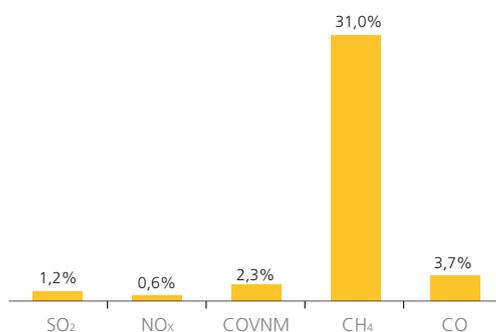
• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

Sector de tratamiento y eliminación de residuos

Por último, el sector del tratamiento y eliminación de residuos fue responsable del 31,0 % del total de las emisio-

nes de CH₄ en 2005. Del resto de contaminantes, el sector sólo generó entre el 3,7% (CO) y el 0,6% (NO_x) de las emisiones totales (Figura 5.21).

Figura 5.21. Contribución del sector del tratamiento y eliminación de residuos al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).



(*) Exceptuando las emisiones de origen natural

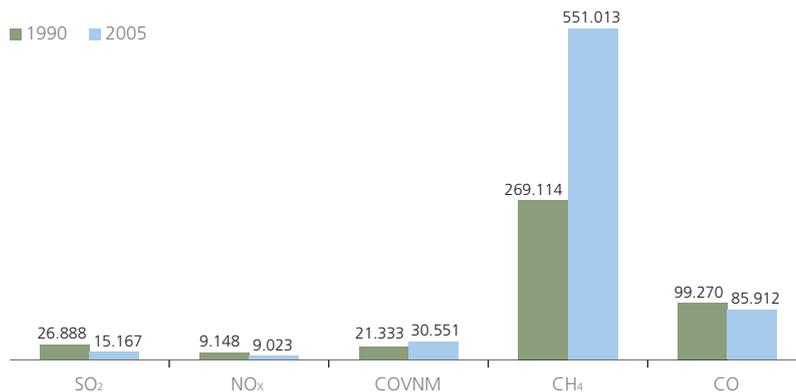
• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

5.3. INFLUENCIA DE LAS INDUSTRIAS EN LA CALIDAD DEL AIRE DE LAS CIUDADES

Para este sector, en el mismo periodo (1990-2005), se produce un drástico aumento de las emisiones de CH₄ (en 281.899 t), lo que probablemente se deba al aumento de

las cantidades de residuos tratados. En cuanto al SO₂ y CO, el sector ha conseguido disminuir sus emisiones en 11.721 y 13.358 t, respectivamente (Figura 5.22).

Figura 5.22. Evolución de las emisiones atmosféricas del sector de tratamiento y eliminación de residuos en España en el periodo 1990-2005 (t).

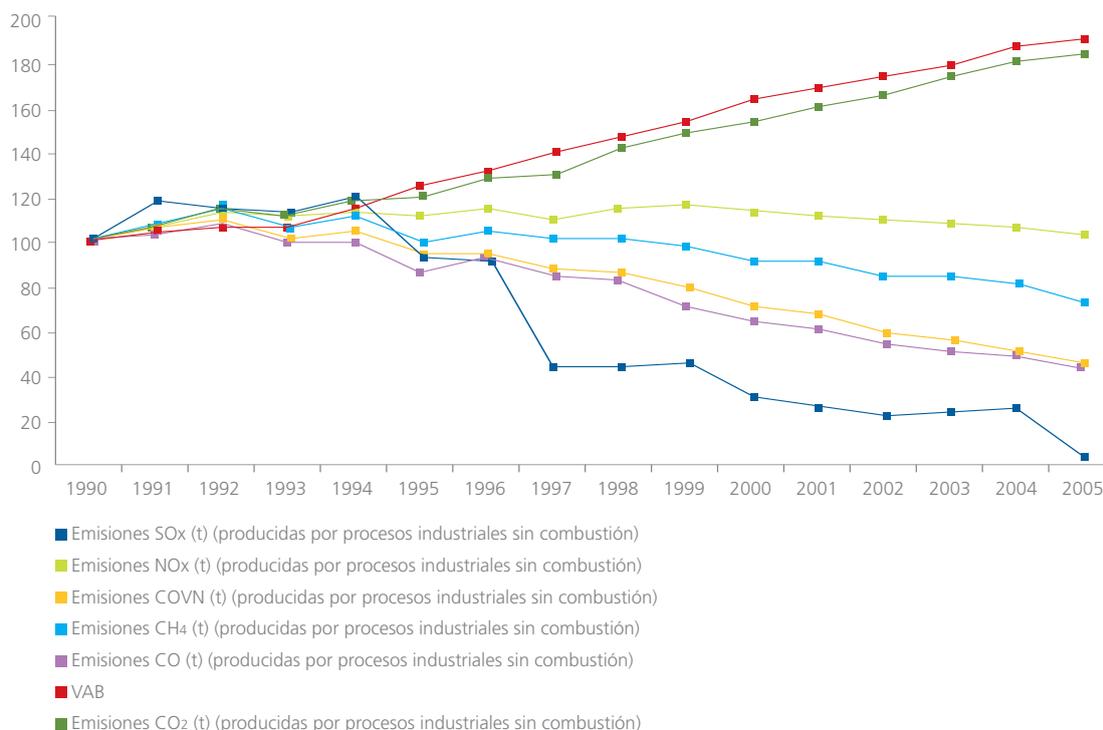


• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

En general, la ecoeficiencia de los procesos industriales sin combustión muestra una tendencia favorable: la industria está logrando disociar su crecimiento de las emisiones de

SO_x, NO_x, COVNM y CO. Las emisiones de CO₂ provenientes de las procesos industriales sin combustión, continúan creciendo superacopladas (Figura 5.23).

Figura 5.23. Ecoeficiencia del sector de la industria 1990-2005. Índice 1990=100.



• Fuente: *INE e Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera (1990-2004). Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

A pesar de la evolución favorable de las emisiones del sector industrial, en España continúan existiendo problemas de calidad del aire en determinadas ciudades próximas a importantes núcleos industriales o centrales térmicas,

tales como, Bailén, Puertollano, los municipios del Campo de Gibraltar, Oviedo, La Robla, San Andrés de Rabanedo o municipios de la comarca de Torrelavega.

5.4. Sector energético

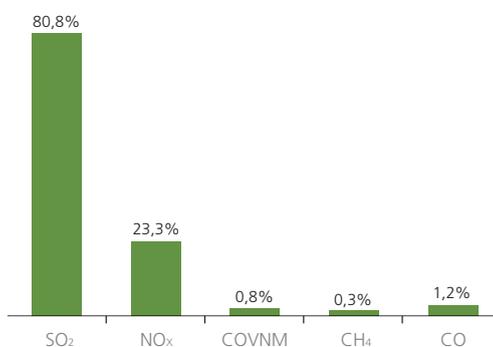
Los contaminantes característicos del sector energético, el cual contribuye un 17% al total de las emisiones generadas en 2005 (exceptuando las emisiones de origen natural), son el SO₂ y los NO_x.

Las emisiones de SO₂ se producen principalmente a causa de la presencia de azufre en los combustibles, mientras

que los NO_x se producen en su mayoría en los procesos de combustión a partir del nitrógeno atmosférico.

La principal fuente de emisión de SO₂ es la producción y transformación de energía eléctrica, sector responsable del 80,8% del total de estas emisiones en España en 2005 (Figura 5.24).

Figura 5.24. Contribución del sector energético al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).

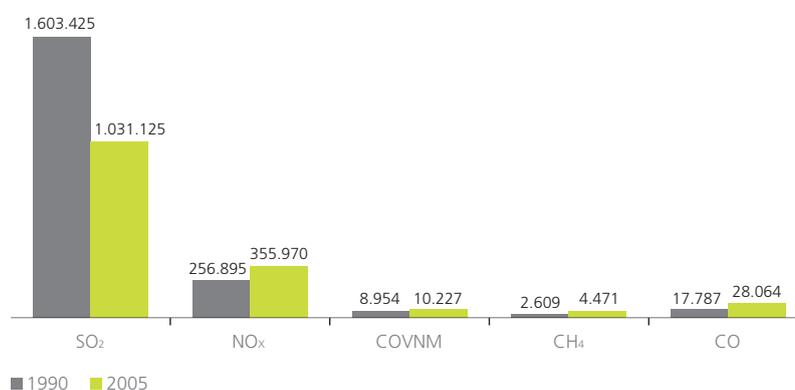


(*) Exceptuando las emisiones de origen natural

• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

En términos relativos, las actividades de producción y transformación de energía eléctrica han conseguido reducir a lo largo del periodo 1990-2005 un 36,8% sus emisiones de SO₂, lo que representa del orden de 590.300 toneladas

menos respecto a 1990 (Figura 5.25). La principal medida que ha contribuido a este descenso ha sido la sustitución y mejora de la calidad de los combustibles empleados en la producción de energía eléctrica.

Figura 5.25. Evolución de las emisiones atmosféricas del sector energético en España en el periodo 1990-2005 (t).

• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

En lo que respecta a las emisiones de NO_x, se han incrementado en el sector energético en un 38,6% en el periodo 1990-2005 (Figura 5.25), contribuyendo un 23,3% del total de las emisiones en el último año (2005).

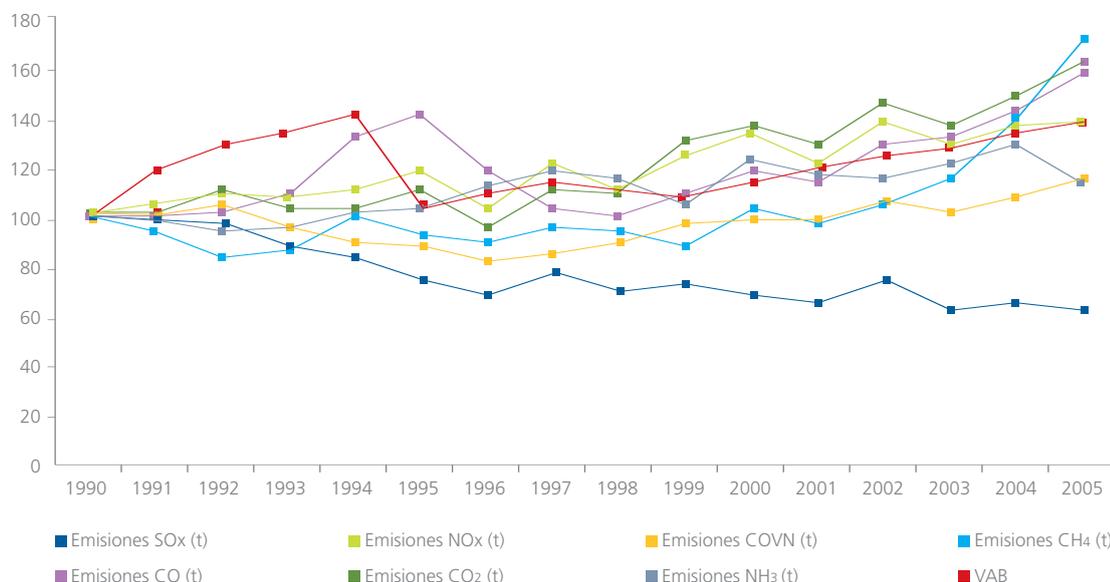
Además, el sector de la energía es uno de los principales responsables de emisiones de gases de efecto invernadero, y entre ellos, el dióxido de carbono (CO₂). Aunque no todas las CCAA tienen unos ratios muy elevados de emisiones de gases de efecto invernadero, en la mayoría se ha producido un aumento de sus emisiones a lo largo de los últimos años. En líneas generales, Aragón, Principado de Asturias, Castilla-La Mancha, Castilla y León y Galicia son las cinco CCAA con mayor proporción de emisiones de gases de efecto invernadero derivados del sector energético en términos relativos. En todas ellas, estas emisiones se relacionan con la presencia en su territorio de industrias energéticas emisoras (centrales térmicas, etc., muchas veces para atender el consumo de otras regiones). Y estas cinco comunidades han aumentado sus emisiones a menor ritmo que las del conjunto nacional desde 1990, entre otras cuestiones por la apuesta eólica de la mayor parte de ellas.

Durante el año 2005 la energía eólica en España evitó la emisión de 15 millones de toneladas de CO₂. Sin la aportación de este tipo de energía las emisiones habrían sido un 3,4 % más que las registradas en el año anterior.

En 1990, España emitió a la atmósfera 2,4 millones de toneladas de SO₂, con una producción eléctrica en las centrales de 50 teravatios-hora. En el año 2000, con una producción superior a los 76 teravatios-hora, las emisiones de SO₂ eran de 1,4 millones de toneladas.

En términos de ecoeficiencia, en el sector energético, las emisiones de SO_x están desacopladas al Valor Añadido Bruto (VAB) del sector, mientras que el resto de emisiones de los distintos contaminantes están superacopladas (Figura 5.26).

En España continúan existiendo problemas de calidad del aire en determinadas ciudades próximas a importantes centrales térmicas o instalaciones del sector energético, tales como, Arteixo, Andorra (Teruel), los municipios del Campo de Gibraltar, Gijón o La Robla.

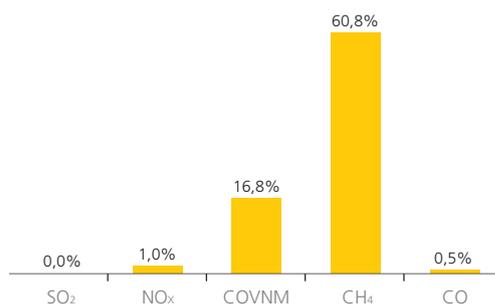
Figura 5.26. Ecoeficiencia del sector de la energía 1990-2005. Índice 1990=100.

• Fuente: INE e Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera (1990-2004). Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

5.5. Sector agrario

En 2005 el 16% del total de las emisiones generadas, exceptuando las de origen natural, provienen del sector agrario, siendo los principales contaminantes emitidos por dicho sector (Figura 5.27), los COVNM y, fundamentalmente, el CH₄. Las emisiones de estas sustancias suponen, respectivamente, el 16,8% y el 60,8% del total de las emisiones de estos contaminantes en España.

La fuente principal de los COVNM son las combustiones incompletas que se realizan en las explotaciones agrícolas y ganaderas, mientras que las emisiones de CH₄ son debidas principalmente del uso de abonos nitrogenados, procedentes de la fermentación intestinal.

Figura 5.27. Contribución del sector agrario al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).

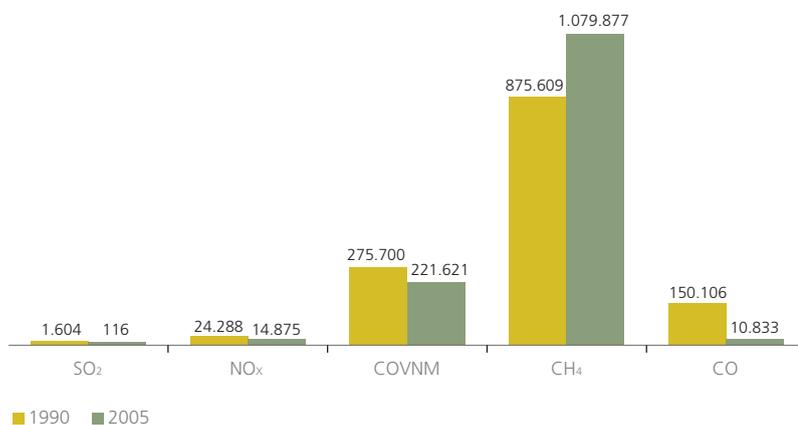
(*) Exceptuando las emisiones de origen natural.

• Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.

En España, en el periodo de 1990 a 2005 las emisiones de COVNM procedentes del sector agrario han disminuido en un 19,6%, mientras que las de CH₄ se han incre-

mentado en un 23,3%, lo que en términos absolutos supone un aumento de 204.268 t emitidas (Figura 5.28).

Figura 5.28. Evolución de las emisiones atmosféricas del sector agrario en España en el periodo 1990–2005 (t).

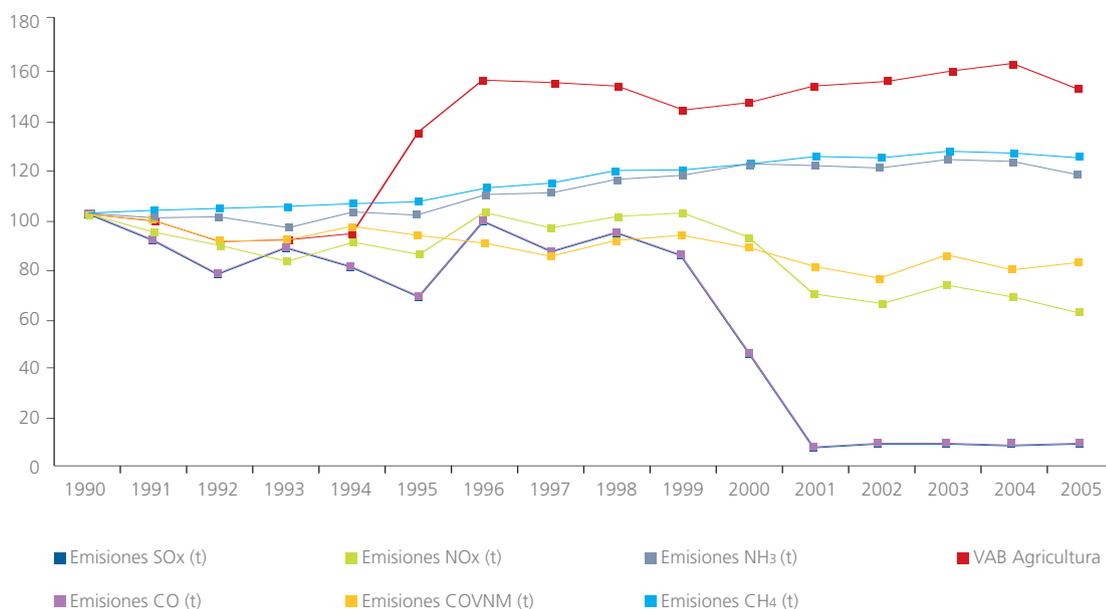


• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

La ecoeficiencia en la agricultura muestra síntomas de mejora ya que ha conseguido disociar de manera absoluta las emisiones de CO, COVNM y NO_x. Las emisiones

de otros gases como el CH₄ siguen creciendo pero por debajo del VAB del sector agrario (Figura 5.29).

Figura 5.29. Ecoeficiencia agricultura 1990-2005. Índice 1990=100.



• Fuente: *INE e Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera (1990-2004). Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

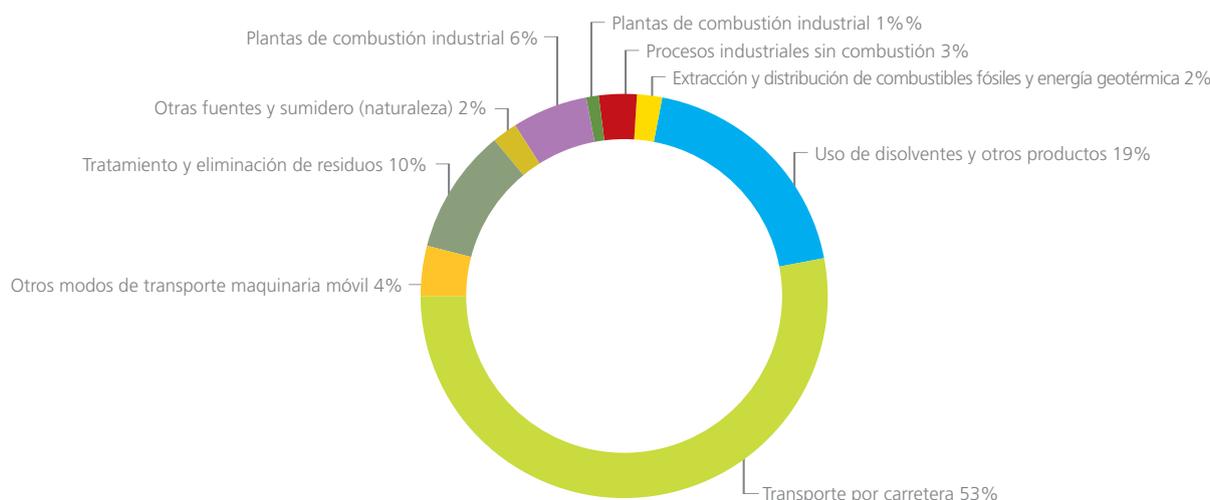
5.6. Las emisiones en el entorno urbano

El caso del municipio de Madrid

Las principales actividades generadoras de contaminación en el municipio de Madrid, según los datos del Inventario de emisiones del ayuntamiento, corresponden a 2005, fueron el transporte por carretera (responsable del 53% del total de las emisiones conjuntas de los seis contaminantes considerados incluyendo partículas) y el uso de disolventes y otros productos (19%) (Figura 5.30).

diente a 2005, fueron el transporte por carretera (responsable del 53% del total de las emisiones conjuntas de los seis contaminantes considerados incluyendo partículas) y el uso de disolventes y otros productos (19%) (Figura 5.30).

Figura 5.30. Contribución de las distintas fuentes al total de emisiones de CO, CONMV, partículas, SOx, NOx y CH₄ en el municipio de Madrid (%). Año 2005



• Fuente: Sistema de Información Medioambiental (SIM). www.munimadrid.es.

Los datos del Inventario de emisiones del Ayuntamiento de Madrid correspondiente a 2005, indican que los contaminantes que se emitieron a la atmósfera en mayores cantidades fueron los COVNM (48.739 t/año), el CO (43.874 t/año), y los NOx (29.003 t/año) (Tabla 5.4).

Los COVNM se generaron principalmente como consecuencia del uso de disolventes y otros productos (58%), aunque el transporte por carretera también tuvo una gran importancia (27%). El CO y los NOx se generaron mayoritariamente en el transporte por carretera con un 84% y 72% respectivamente (Tabla 5.4). El 66% de las emisiones totales de los SOx proceden fundamentalmente

de las calefacciones no industriales (viviendas, comercios y oficinas) (tabla 5.3). A este respecto, hay que destacar que en Madrid no hay instalaciones de producción de energía eléctrica, por lo que el resto de actividades relacionadas con la combustión, entre ellas las calefacciones de tipo doméstico, cobran mucha más relevancia.

El CH₄ se emite sobre todo en las actividades de tratamiento y eliminación de residuos (87% del total). Por último, los COVNM se generan principalmente como consecuencia del uso de disolventes y otros productos (58%), aunque el transporte por carretera también tiene una gran importancia (27%) (Tabla 5.4).

En el municipio de Madrid, el transporte por carretera fue responsable del 53% del total de las emisiones de contaminantes durante el año 2005.

■ **Tabla 5.4.** Emisiones contaminantes en el municipio de Madrid según actividades generadoras (t). Año 2005.

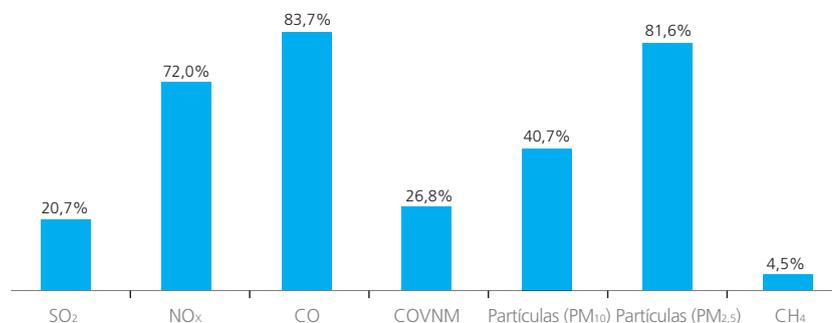
Actividad	Contaminante						
	SO _x	NO ₂	CO	COVNM	Partículas (PM ₁₀)	Partículas (PM _{2,5})	CH ₄
Combustión en la producción y distribución de energía	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plantas de combustión no industrial	1.919,00	2.114,00	3.612,00	170,00	192,00	111,00	689,00
Plantas de combustión industrial	147,00	1.496,00	143,00	155,00	9,00	6,00	41,00
Procesos industriales sin combustión	59,00	90,00	901,00	3.136,00	191,00	96,00	0,00
Extracción y distribución combustibles fósiles y energía geotérmica	0,00	0,00	0,00	953,00	1.984,00	0,00	0,00
Uso de disolventes y otros productos	0,00	0,00	0,00	28.210,00	0,00	0,00	0,00
Transporte por carretera	600,00	20.874,00	36.711,00	13.051,00	1.810,00	1.581,00	633,00
Otros modos de transporte y maquinaria móvil	175,00	2.661,00	2.197,00	555,00	125,00	125,00	54,00
Tratamiento y eliminación de residuos	4,00	1.708,00	295,00	90,00	18,00	18,00	12.214,00
Agricultura	0,10	2,10	13,70	29,20	117,10	0,00	0,00
Otras fuentes y sumideros (naturaleza)	0,01	57,82	1,38	2.389,63	0,00	0,00	352,73
Total	2.904,11	29.002,92	43.874,08	48.738,83	4.446,10	1.937,00	13.983,73

• Fuente: Sistema de Información Medioambiental (SIM). www.munimadrid.es.

Es importante señalar que la evolución de emisiones de los contaminantes respecto a los datos de 2002, experimenta una leve reducción de las emisiones de SO_x, COVNM y CH₄, mientras que, por el contrario se han producido ligeros incrementos de las emisiones de CO, partículas y especialmente NO_x (2%).

Considerando los contaminantes de forma individual (Figura 5.31), el transporte por carretera es el principal responsable de las emisiones de CO (84%), partículas (tanto PM₁₀ -41%- como PM_{2,5} -82%-) y NO_x (72%).

Figura 5.31. Contribución del transporte por carretera a las emisiones de determinados contaminantes en el Ayuntamiento de Madrid (%). Año 2005.



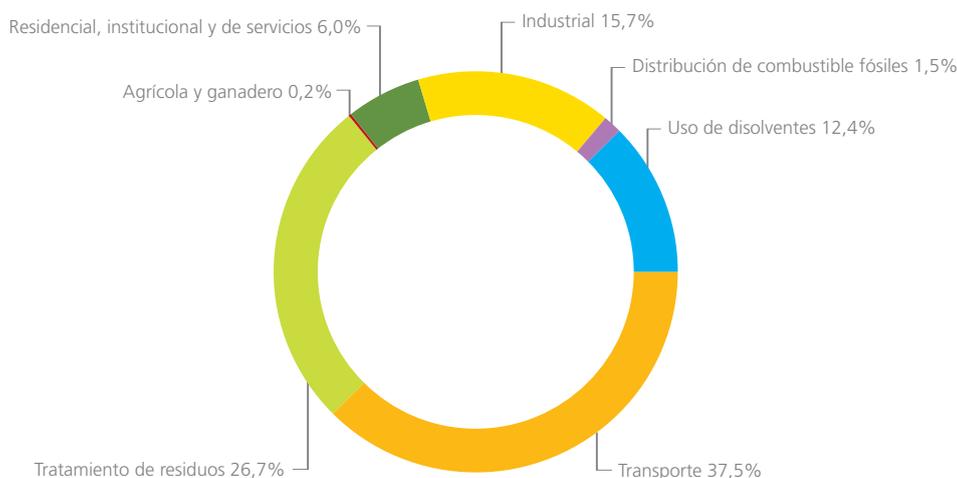
• Fuente: Sistema de Información Medioambiental (SIM). www.munimadrid.es.

El caso del municipio de Zaragoza

Según la información recogida en el Inventario de emisiones a la atmósfera de la ciudad de Zaragoza correspondiente al año 2005, el transporte (37,5%), el tratamiento de residuos (26,7%) y la industria (15,7%) fueron los

principales responsables de las emisiones de los contaminantes considerados. En el extremo opuesto se encontraban el sector agrícola y ganadero, la distribución de combustibles y el sector residencial, institucional y de servicios que sólo contribuyeron a las emisiones totales en un 0,2%, 1,5% y 6,0% respectivamente (Figura 5.32).

Figura 5.32. Contribución de las distintas fuentes al total de emisiones de CO, Partículas, SO₂, NO_x, COV, COVNM y CH₄ (%) en la ciudad de Zaragoza. Año 2005.



• Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza, 2007.

El análisis pormenorizado de los contaminantes, indica que los contaminantes que se emitieron en mayor cantidad fueron los NO_x con 20.995 t, el 75,8% de las cuales fueron debidas al transporte. Le siguen en importancia el CH₄ (con 17.598 t), los COVNM (13.550 t) y el CO (9.856 t).

En 2005, el 98,8% de las emisiones de CH₄ se generaron en las operaciones de tratamiento de residuos. Por su

parte, el transporte fue responsable del 80,2% del CO emitido y del 75,8% de los NO_x. El SO₂ se generó en mayor cantidad en el sector residencial, institucional y de servicios (72,6% y 46,9%) aunque en el caso del dióxido de azufre, el sector industrial cobra gran importancia contribuyendo con el 36,8% del SO₂ emitido. Por último, el 60,9% de la emisión de COVNM se debió al uso de disolventes y otros productos (Tabla 5.5).

■ **Tabla 5.5.** Emisiones contaminantes en la ciudad de Zaragoza según actividades generadoras (t). Año 2005.

Contaminante	CO	Partículas	SO ₂	NO _x	COVNM	CH ₄
Sector residencial, institucional y de servicios	116,98	2.445,99	630,86	559,21	256,57	1,4
Sector industrial	1.584,20	784,39	494,4	4.507,07	3.045,18	37,89
Distribución de combustibles fósiles	0	0	0	0	1.030,58	0
Uso de disolventes y otros productos	0	0	0	0	8.246,00	0
Transporte	7.903,37	129,62	22,84	15.926,94	969,64	74,48
Tratamiento de residuos	251,62	7,66	196,56	1,59	2,2	17.381,20
Sector agrícola y ganadero	0	0	0	0,5	0	103,5
Totales	9.856,17	3.367,66	1.344,67	20.995,32	13.550,16	17.598,47

• Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza, 2007.

En Zaragoza, el transporte (37,5%), el tratamiento de residuos (26,7%) y la industria (15,7%) fueron los principales responsables de las emisiones de los contaminantes durante el año 2005.

5.7. Mapas de emisiones en superficie

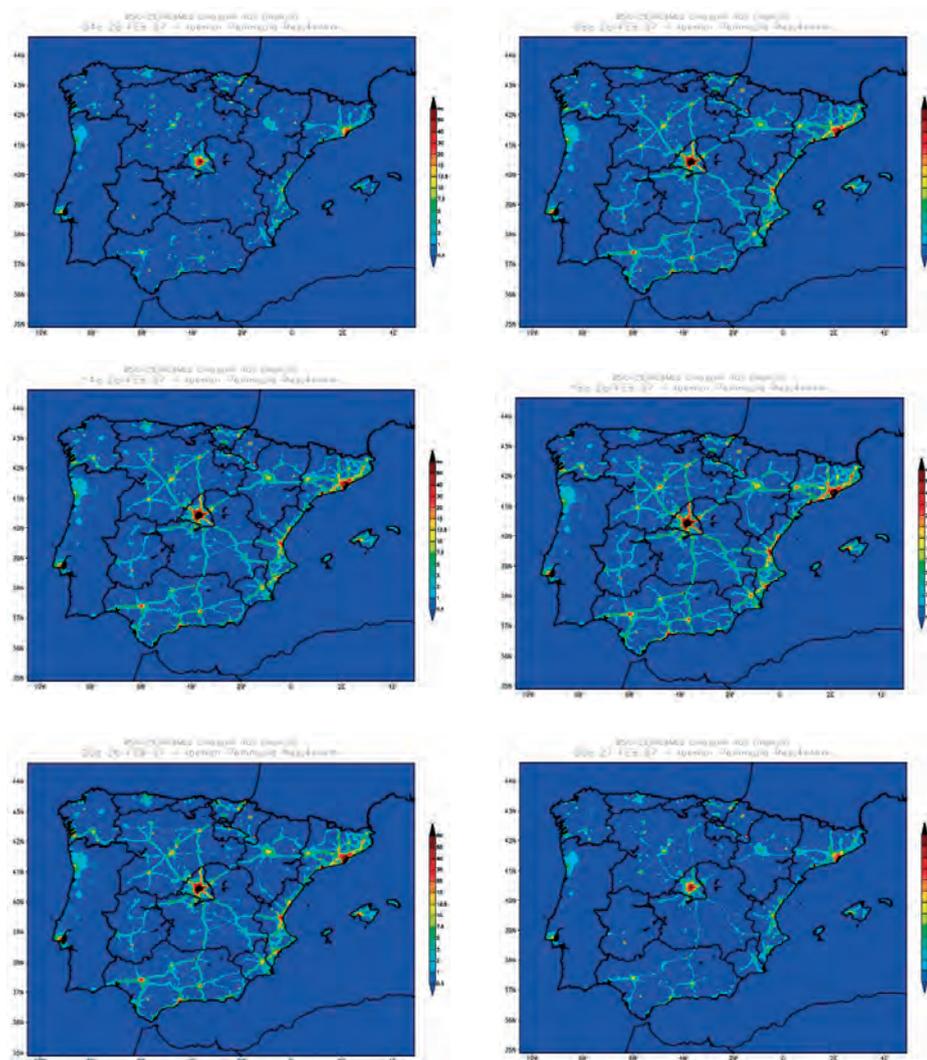
La alta complejidad de España (usos del suelo, topografía, orografía, etc.) y el complejo patrón de emisiones, tanto naturales como antropogénicas, hace que sea de gran utilidad el uso de modelos de emisiones que tengan en cuenta las particularidades citadas anteriormente. Los modelos de emisiones para España se han desarrollado con resoluciones espaciales de un km² y temporales de una hora.

En este informe se presentan los resultados referentes a las

emisiones de NO₂ para la Península Ibérica, Comunidad de Madrid y Cataluña, obtenidos mediante el modelo HERMES. El modelo es desarrollado en el Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), cuya metodología se explica en el capítulo 2.

Los resultados de HERMES para el dióxido de nitrógeno (NO₂) se muestran en las siguientes figuras:

Figura 5.33. Emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno (NO₂, mol/h) en la Península Ibérica.



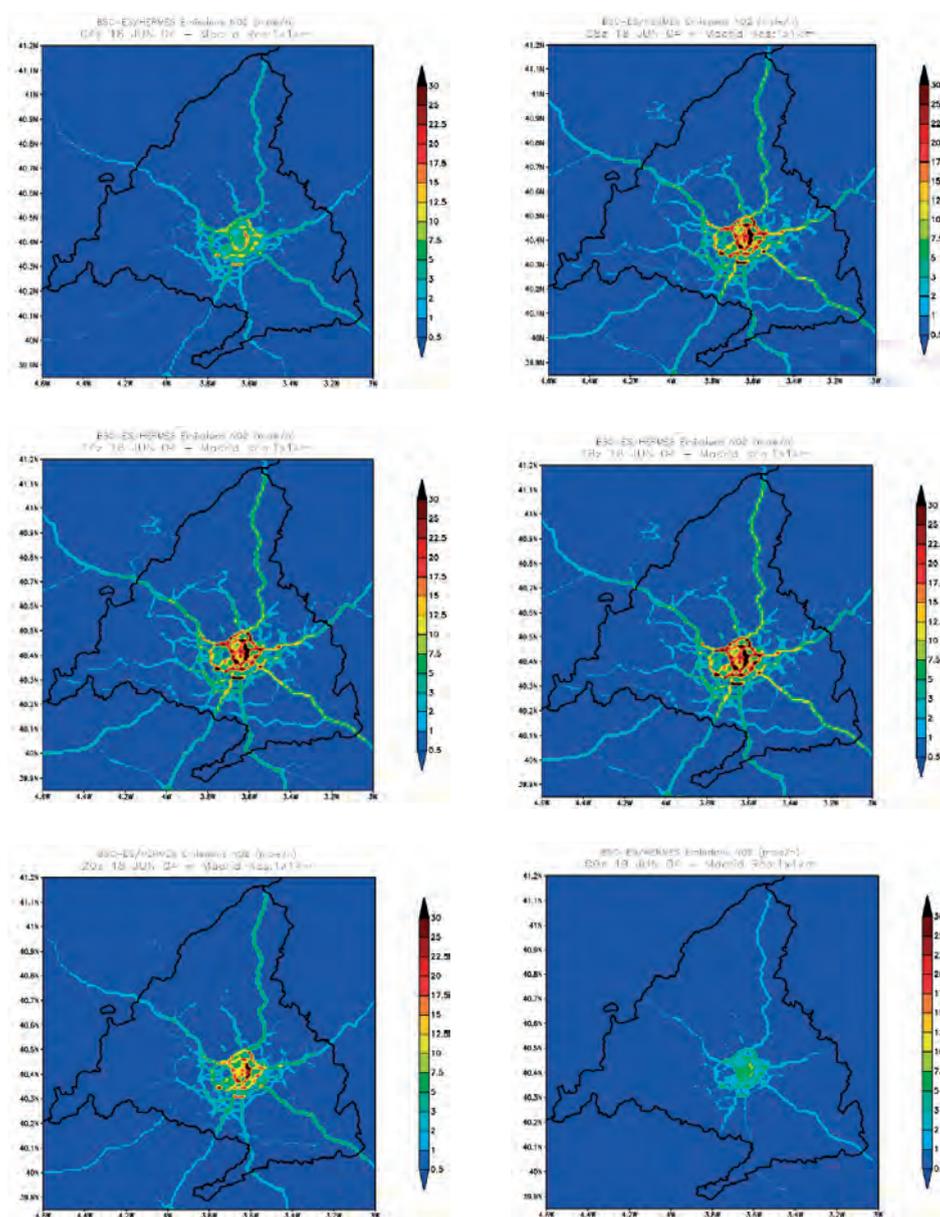
• Fuente: Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), 2007.

Las mayores emisiones de NO₂, cuya fuente mayoritaria son los automóviles, se registran en las áreas de mayor densidad de población (Madrid, Barcelona y Valencia) durante las horas punta.

La figura 5.33 muestra los mapas de emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno para los días 26 y 27 de febrero de 2006, con dominio centrado en la Península Ibérica, y una resolución de 4km x 4km. Los horarios de representación son: 04h, 08h, 14h, 18h, 20h, 24h).

En estos mapas se muestran como en las áreas de mayor densidad de población (Madrid, Barcelona y Valencia), y coincidiendo con las horas punta, se alcanzan las mayores emisiones de NO_2 , cuya fuente principal de emisión son los automóviles (sector transporte).

Figura 5.34. Emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno (NO_2 , mol/h) en la Comunidad de Madrid.



• Fuente: Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), 2007.

En la Comunidad de Madrid las mayores emisiones de NO_2 , como es de esperar, se alcanzan a primera hora de la mañana (8h), al medio día (14h) y a última hora de la jornada laboral (18h), coincidiendo con las horas de mayor tráfico.

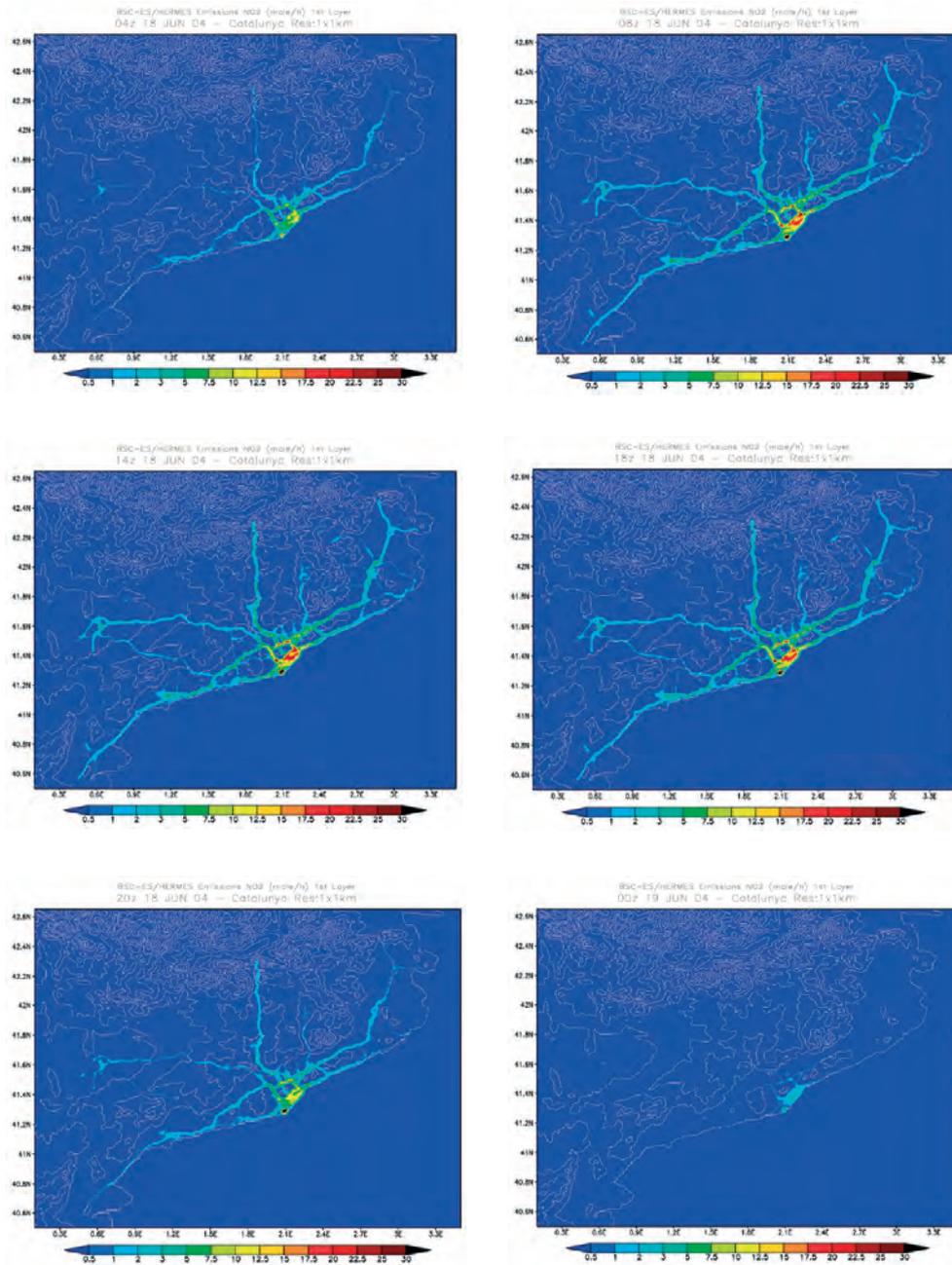
5.7. MAPAS DE EMISIONES EN SUPERFICIE

La figura 5.34 muestra los mapas de emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno para el día 18 de junio de 2004, con dominio centrado en la Comunidad de Madrid, y una resolución de 1km x 1km. Los horarios de representación son: 04h, 08h, 14h, 18h, 20h, 24h).

En la Comunidad de Madrid las mayores emisiones de NO₂,

como es de esperar, se alcanzan a primera hora de la mañana (8h), al medio día (14h) y a última hora de la jornada laboral (18h), coincidiendo con las horas de mayor tráfico. En cambio los mapas reflejan valores bajos de emisiones de NO₂ en la noche y madrugada, pues el tráfico, fuente principal de emisión de este contaminante, es más reducido.

Figura 5.35. Emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno (NO₂, mol/h) en Cataluña.



• Fuente: Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), 2007.

La figura 5.35 muestra los mapas de emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno estimadas por el modelo Hermes para el día 18 de junio de 2004, con dominio centrado en Cataluña, y una resolución de 1km x 1km. Los horarios de representación son: 04h, 08h, 14h, 18h, 20h, 24h).

En Cataluña, al igual que en la Comunidad de Madrid, se observa como los valores más altos de emisión de NO₂ coincide con las horas en que se produce una mayor intensidad de tráfico en la ciudad de Barcelona y alrededores.

En Cataluña, se observa como los valores más altos de emisión de NO₂ coincide con las horas en que se produce una mayor intensidad de tráfico en la ciudad de Barcelona y alrededores.

España en el contexto Europeo

6

España en el contexto Europeo

Tras la publicación de la Directiva Marco de Calidad del Aire (Directiva 96/62/CE del consejo de 27 de septiembre de 1996 sobre la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente), los Estados miembros de la Unión Europea han puesto en marcha mecanismos para la evaluación de la calidad del aire en sus territorios. En este capítulo se analizan las características de las redes de medición existentes, el nivel de cumplimiento de los distintos valores límite y objetivo para los contaminantes NO₂, SO₂, CO, PM₁₀ y O₃ establecidos por las denominadas "directivas hijas"¹, haciendo especial hincapié en la situación española en relación con el resto de Europa.

También se analiza la exposición de la población europea a los distintos niveles de contaminación utilizando los modelos matemáticos de la facultad de informática de la Universidad Politécnica de Madrid. Por último, se estudian los impactos de la exposición a sustancias contaminantes sobre la salud de la población en distintas ciudades europeas y la estimación del coste total de la contaminación del aire.

A nivel europeo, los datos utilizados corresponden al año 2003 y han sido extraídos del informe "Overview of air quality by Members States under the European air quality directives" (TNO, 2006), último informe hasta la fecha en el que se resumen y analizan los resultados de los informes anuales sobre la calidad del aire entre 2001 y 2003 que remitieron los Estados miembros a la Comisión europea, entre los que figura el de España. En la página <http://cdr.eionet.europa.eu/> están disponibles, de forma individualizada, datos más recientes correspondientes al año 2005 de cada uno de los Estados miembros.

El Ministerio de Medio Ambiente también ha facilitado los datos correspondientes al año 2004 para España sobre las cuestiones tratadas en el presente capítulo. Mientras que, para la comparación entre España y el resto de la UE, se han utilizado los datos del año 2003, último año con comparación entre estados miembros, para la comparación entre las distintas Comunidades Autónomas se han utilizado, cuando se encontraban disponibles, los datos más actualizados, correspondientes al año 2004.

¹Directiva 1999/30/CE del consejo de 22 de abril de 1999, relativa a valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y Plomo en el aire ambiente DOCE n° L 163 de 29/06/1999.

Directiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de febrero de 2002, relativa al ozono en el aire ambiente D.O.C.E. n° L 067 de 09/03/2002.

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 D.O.C.E n° L 313 de 13.12.2000.

6.1. Posición de España respecto a otros países de nuestro entorno en relación con las redes de medición

Uno de los objetivos de la Directiva Marco de Calidad del Aire (Directiva 96/62/CE) es la evaluación, basada en métodos y criterios comunes, de la calidad del aire ambiente en los Estados miembros. Para ello, esta Directiva incluye la obligación de delimitar y clasificar las zonas y aglomeraciones donde se deben realizar las mediciones, establece los criterios para la localización de las estaciones de vigilancia y adelanta la necesidad de definir los métodos de muestreo y análisis para los distintos contaminantes, que han sido establecidos posteriormente para cada uno de ellos en las denominadas "directivas hijas".

En función de estas directrices, todos los Estados miembros de la Unión Europea procedieron a dividir su territorio en

zonas y aglomeraciones (área con una concentración de población de más de 250.000 habitantes, o con una densidad de habitantes por km² que justifique que la Administración competente evalúe y controle la calidad del aire ambiente). Tanto el número de zonas designadas como su superficie varía mucho de unos países a otros, en función del tamaño del territorio, los niveles de contaminación, la densidad de población y las condiciones geográficas. La superficie de las zonas designadas en la UE-15 oscila entre 0,8 y 338.145 km², y en España, entre 0,8 y 93.500 km². La población que habita en las zonas designadas varía en la UE-15 entre los 3.000 y los 9.833.408 habitantes, y en España entre 3.065 y 3.016.788 habitantes, lo que supone una población media: 286.291 habitantes.

■ **Tabla 6.1.** Número de zonas designadas por Estado miembro. Año 2003

Estado miembro	Zonas Totales	SO ₂		NO ₂		PM ₁₀	Plomo	Benceno	CO	O ₃
		Salud	Ecosistemas	Salud	Vegetación					
Austria	19	11	11	11	7	11	11	11	11	11
Bélgica	17	12	12	11	11	9	12	11	10	12
Alemania	125	76	86	80	92	81	68	78	78	-
Dinamarca	10	3	3	9	9	9	2	4	9	9
Grecia	4	4	4	4	4	4	4	-	4	3
España	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
Finlandia	18	14	1	14	1	14	14	14	14	2
Francia	88	80	76	85	81	80	28	16	16	35
Irlanda	4	4	4 ²⁾	4	4 ²⁾	4	4	4	4	4
Italia	139	93	55	114	81	81	37	69	69	65
Luxemburgo	3	2	1	2	1	2	2	0	0	-
Holanda	9	9	9	9	9	9	4	0	0	-
Portugal	26	25	25	25	25	25	1	0 ³⁾	0 ³⁾	- ³⁾
Suecia	6	6	6	6	6	6	2	6	3	6
Reino Unido	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
UE-15	654	525	479	560	521	521	375	377	404	342
República Checa	14	14	13	14	14	13	14	5	12	13
Estonia	16	5	5	5	2	5	-	-	3	5
Lituania	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Eslovenia	9	9	6	6	6	6	6	6	6	6
Eslovaquia	10	10	10	10	10	10	7	7	7	7

Notas:

1) Los contaminantes no han sido indicados por Estonia para 11 zonas, por Francia para 1 zona y por Italia para 17 zonas.

2) Irlanda ha indicado recientemente que la información aportada e incluida en la tabla anterior no es completamente correcta, ya que solamente ha designado una zona para la protección de los ecosistemas respecto al SO₂ y para la protección de la vegetación respecto a los NO_x.

3) Portugal indicó que por un error no había incluido información de las zonas designadas de algunos contaminantes. De hecho, Portugal ha designado 25 zonas para el benceno, monóxido de carbono y ozono.

• Fuente: Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006.

Todos los Estados miembros de la Unión Europea procedieron a dividir su territorio en zonas y aglomeraciones.

6.1. POSICIÓN DE ESPAÑA RESPECTO A OTROS PAÍSES DE NUESTRO ENTORNO EN RELACIÓN CON LAS REDES DE MEDICIÓN

En el conjunto de la UE-15 se han designado 654 zonas, de las que algo más de un tercio (231) corresponden a aglomeraciones, que suponen únicamente un 4-5% de la superficie territorial, pero representan el 40-50% de la población. En España el 30% de las zonas designadas corresponden a aglomeraciones. Aproximadamente el 27% de las aglomeraciones tienen menos de 250.000 habitantes y se encuentran principalmente en Italia (24 de las 37 aglomeraciones designadas por el país), España (18 de 43) y Francia (15 de 40).

España era en 2003 el país de la Unión Europea que tenía el mayor número de zonas designadas (143, en parte

debido a las competencias autonómicas en la materia), seguida de Italia (139) y Alemania (129), representando entre los tres Estados más del 60% del total de las zonas existentes en la UE-15. Por otra parte, Grecia (4), Irlanda (4) y Luxemburgo (3) son los países que cuentan con el menor número (tabla 6.1).

A diferencia de la mayoría de países de la Unión Europea, exceptuando Irlanda y el Reino Unido, España no ha designado sus zonas en función de un contaminante o de un objetivo de protección concreto, estableciendo sus 143 zonas para todos los contaminantes y objetivos de protección.

■ **Tabla 6.2.** Número de zonas designadas en España por Comunidad Autónoma en el año 2003*

Comunidad Autónoma	Zonas		Zonas para la protección vegetación / ecosistemas
	Aglomeraciones	No Aglomeraciones	
Andalucía	5	7	1
Aragón	1	4	4
Asturias (Principado de)	1	3	1
Baleares (Islas)	3	9	0
Canarias (Islas)	4	4	0
Cantabria	1	3	1
Castilla-La Mancha	0	4	2
Castilla y León	4	8	0
Cataluña	2	13	2
Comunidad Valenciana	4	14	3
Extremadura	2	2	1
Galicia	7	8	1
Comunidad de Madrid	4	3	1
Región de Murcia	2	5	1
Navarra (Comunidad Foral de)	1	3	3
País Vasco	3	5	0
La Rioja	1	3	0
Total	45	98	21

• Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2004.

*Los datos ofrecidos por el Ministerio de Medio Ambiente para el año 2003 en cuanto al número de zonas designadas (164), incluyen también las zonas para la protección de vegetación y ecosistemas (21).

Por comunidades autónomas, la Comunidad Valenciana, Cataluña y Galicia tienen mayor número de zonas designadas, mientras que en el extremo opuesto se encuentran, por este orden, La Rioja, Principado de Asturias, Cantabria, Extremadura, Castilla-La Mancha y Comunidad Foral de Navarra.

De acuerdo con la Directiva 96/62/CE, los Estados miembros pueden utilizar estaciones de medidas, modelos matemáticos y otros modelos para la evaluación de la calidad del aire. Actualmente, el elemento principal para llevar a cabo esta evaluación en un determinado país es el control de las redes de medición de los diferentes contaminantes.

Tanto el número de zonas designadas como su superficie varía mucho de unos países a otros, en función del tamaño del territorio, los niveles de contaminación, la densidad de población y las condiciones geográficas.

6.1. POSICIÓN DE ESPAÑA RESPECTO A OTROS PAÍSES DE NUESTRO ENTORNO EN RELACIÓN CON LAS REDES DE MEDICIÓN

Todas las estaciones de medida deben utilizarse para llevar a cabo la evaluación de la calidad del aire para la protección de la salud humana. Sin embargo, para la protección de los ecosistemas y de la vegetación, sólo deben utilizarse las estaciones que se encuentren a una distancia suficiente de las fuentes de emisión de los contaminantes SO₂ y NO_x, y en un área representativa inferior a

1.000 km², por lo que son excluidas las medidas realizadas en estaciones urbanas, industriales y de tráfico.

España es el cuarto país de la UE-15 en número de estaciones de vigilancia de la calidad del aire (352), sólo por detrás de Francia (707), Italia (483) y Alemania (457).

Estructura de la red de medición en función de los contaminantes (SO₂, NO₂, PM₁₀ y CO)

Muchas estaciones, tanto a nivel europeo como español, miden más de un contaminante. Por ejemplo, el 47% de las estaciones de la UE-15 miden tanto NO₂ como PM₁₀ y el 3% de las estaciones miden todos los contaminantes regulados en las dos primeras directivas de desarrollo.

lizadores de NO₂, 1.679 para SO₂ y 1.494 para PM₁₀ y el resto de los contaminantes se analizaban en menos de 1.000 estaciones. En España, en la misma línea que el conjunto de la Unión Europea, en 304 estaciones se realizan mediciones de SO₂, en 298 de NO₂ y en 235 de PM₁₀, siendo éstos, los contaminantes medidos con mayor frecuencia en nuestro país. Sólo en 310 estaciones se realizan mediciones del resto de los contaminantes.

La tabla 6.3 muestra que existen importantes diferencias en el número de estaciones por contaminante. Así, en el año 2003 la UE-15 disponía de 2.111 estaciones con ana-

■ **Tabla 6.3.** Número de estaciones por contaminante y Estado miembro. Año 2003

Estado miembro	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	Plomo	Benceno	CO	Número total de estaciones
Austria	125	144	17	95	1	14	20	45	163
Bélgica	79	58	0	36	10	46	35	18	162
Alemania	263	404	21	376	20	156	174	213	457
Dinamarca	5	13	11	1	2	7	1	6	14
Grecia	25	30	0	17	0	0	0	16	30
España	304	298	25	235	44	63	32	146	352
Finlandia	1	12	0	24	3	0	0	1	26
Francia	459	519	235	340	43	34	85	99	707
Irlanda	7	10	10	13	3	9	5	6	20
Italia	233	391	63	203	7	16	95	275	483
Luxemburgo	6	3	3	2	1	3	1	3	6
Holanda	38	41	41	28	0	9	10	18	67
Portugal	21	24	2	20	3	1	4	17	32
Suecia	35	58	5	23	5	0	9	4	71
Reino Unido	78	106	13	71	0	16	38	80	167
UE-15	1.679	2.111	446	1.494	142	375	509	947	2.757
República Checa	333	200	43	156	22	93	21	56	386
Estonia	7	7	7	4	0	1	0	7	7
Lituania	16	16	13	12	0	5	5	7	16
Eslovenia	19	11	11	9	0	5	8	4	19
Eslovaquia	31	26	5	26	6	22	4	11	32

• Fuente: *Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006*

En el año 2004 según los datos del MMA para España, de las 550 estaciones existentes, en el 61%, 54% y 30% se medía SO₂, NO₂ y CO, respectivamente. Sólo dos esta-

ciones disponían de analizadores de plomo, 17 de benceno y 51 de PM₁₀ (tabla 6.4)

6.1. POSICIÓN DE ESPAÑA RESPECTO A OTROS PAÍSES DE NUESTRO ENTORNO EN RELACIÓN CON LAS REDES DE MEDICIÓN

■ **Tabla 6.4.** Número de estaciones por contaminante en España. Año 2004

SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	Plomo	Benceno	CO	Número total de estaciones
335	298	-	51	-	2	17	164	550

• Fuente: *Medio Ambiente en España 2005. Ministerio de Medio Ambiente, 2007.*

En el conjunto de la UE-15 el porcentaje de estaciones de fondo en el año 2003 era del 46%, muy superior a las estaciones destinadas principalmente a la medición de la contaminación originada por el tráfico (28%) y las industrias (17%). En España, se producía la situación inversa: únicamente existían 71 estaciones de fondo, mientras

que se disponía de 142 y 136 estaciones industriales y de tráfico, respectivamente. Del resto de los países de la UE-15, sólo en Finlandia, Grecia, Irlanda e Italia la mayor parte de las estaciones se destinaban al tráfico, mientras que en el resto de la UE-15 eran estaciones de fondo (tabla 6.5).

Estructura de la red de medición en función del tipo de área de ubicación

En cuanto al tipo de área en la que se ubica la estación, el 41% de las estaciones de la UE-15 eran urbanas, el 28% suburbanas y el 17% rurales. Este gradiente también se

observa en el caso español, aunque mucho menos acusado: el 36% de las estaciones eran urbanas, el 33% suburbanas y el 30% restante se clasifican como rurales (tabla 6.5).

■ **Tabla 6.5.** Número de estaciones por tipo de estación y de área en los Estados miembros. Año 2003

Estado miembro	Tipo de estación				Tipo de área donde se ubica la estación			
	Fondo	Industrial	Tráfico	Desconocida	Rural	Suburbana	Urbana	Desconocida
Alemania	268	46	121	22	75	119	242	21
Austria	93	22	48	0	67	38	58	0
Bélgica	87	29	28	18	26	87	31	18
Dinamarca	6	0	4	4	3	0	7	4
España	71	142	136	3	105	116	125	6
Finlandia	6	0	19	1	0	7	18	1
Francia	390	151	88	78	99	253	168	187
Grecia	11	4	13	2	1	10	19	0
Holanda	32	0	13	22	21	4	20	22
Irlanda	6	2	8	4	3	4	9	4
Italia	142	55	234	52	36	127	268	52
Luxemburgo	0	0	0	6	2	0	0	4
Portugal	19	2	11	0	5	6	21	0
Reino unido	117	12	38	0	16	10	138	3
Suecia	20	0	6	45	6	2	18	45
UE-15	1268	465	767	257	465	783	1142	367
Eslovaquia	19	1	4	8	3	2	19	8
Eslovenia	5	0	3	11	1	2	5	11
Estonia	44	2	1	0	3	0	4	0
Lituania	6	3	7	0	3	0	13	0
República Checa	56	2	11	317	21	12	36	317

• Fuente: *Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006*

En España, el 36% de las estaciones eran urbanas, el 33% suburbanas y el 30% restante se clasifican como rurales.

6.1. POSICIÓN DE ESPAÑA RESPECTO A OTROS PAÍSES DE NUESTRO ENTORNO EN RELACIÓN CON LAS REDES DE MEDICIÓN

Existen notables diferencias en la estructura de las redes en los distintos Estados miembros. Así, el número de estaciones por tipo de estación y por tipo de área aún es muy diferente en los distintos países de la Unión Europea. Un claro ejemplo en el caso de España es el claro desequilibrio existente entre el número de estaciones de tráfico y el número de estaciones urbanas de fondo. Sin embargo, en otros países de la Unión Europea como Francia o Suecia se produce la situación inversa: la cantidad de estaciones urbanas de fondo es mucho mayor que el número de estaciones de tráfico. La nueva directiva de calidad del aire, pretende reducir estas diferencias.

En 2004, el número de estaciones, tal y como se puede comprobar en la tabla 6.6, ha aumentado, pasando a registrarse 181 estaciones urbanas, 209 suburbanas, 160 rurales, y, por tipo de estación, 217 industriales, 216 de tráfico y 117 estaciones de fondo.

A nivel autonómico se observa una gran heterogeneidad en el número de estaciones. Destacan Cataluña, con 85 estaciones, la Comunidad Valenciana, con 73, y Andalucía, con 70. Por otra parte, La Rioja, Comunidad Foral de Navarra y Extremadura sólo disponen de 2, 4 y 4 estacio-

nes respectivamente. En el resto de las Comunidades Autónomas, el número de estaciones oscila entre las 10 de Castilla-La Mancha y las 49 de Galicia (tabla 6.6).

Además del número de estaciones, también existen grandes diferencias entre los tipos de estaciones y áreas en que se encuentran las mismas en las distintas Comunidades Autónomas, siendo achacable esta diferencia, únicamente a la decisión tomada por las distintas comunidades autónomas en la configuración de sus estaciones. Así, en Cataluña, Comunidad Valenciana y Comunidad de Madrid la mayor parte de las estaciones son urbanas; en Aragón, Extremadura, Galicia y Comunidad Foral de Navarra son rurales, mientras que en el resto priman las estaciones suburbanas. Es destacable el hecho de que Galicia y Comunidad Foral de Navarra no disponen de ninguna estación urbana. En La Rioja tampoco hay ninguna estación suburbana. Por tipo de estación, sólo en Castilla-La Mancha la mayor parte de las estaciones son de fondo. En Baleares, Canarias, Galicia, Región de Murcia y Comunidad Foral de Navarra se destina el mayor número de estaciones de la red a la medición de la contaminación industrial. Mientras, en el resto de las autonomías, las estaciones más importantes son las de tráfico.

■ **Tabla 6.6.** Número de estaciones por tipo de estación, tipo de área y Comunidad Autónoma. Año 2004

Comunidad Autónoma	Urbanas			Suburbanas			Rurales		
	Fondo	Industrial	Tráfico	Fondo	Industrial	Tráfico	Fondo	Industrial	Tráfico
Andalucía	8	3	13	6	14	13	6	7	0
Aragón	1	0	4	1	9	1	1	22	3
Asturias (Principado de)	2	0	4	0	2	8	1	3	0
Baleares (Islas)	0	1	1	2	2	2	0	5	0
Canarias	1	0	3	3	8	8	0	5	0
Cantabria	0	1	2	2	1	3	1	1	0
Castilla y León	4	2	5	3	5	13	2	11	3
Castilla-La Mancha	1	0	1	3	2	1	2	0	0
Cataluña	7	5	26	3	20	10	6	7	1
Comunidad Valenciana	4	4	27	8	8	6	10	6	0
Extremadura	0	0	1	0	0	1	2	0	0
Galicia	0	0	0	0	7	2	2	38	0
Comunidad de Madrid	5	0	25	3	0	4	5	0	0
Murcia (Región de)	0	1	1	1	3	2	1	1	0
Navarra (Comunidad Foral)	0	0	0	0	0	1	0	3	0
País Vasco	4	0	13	3	8	7	3	1	0
La Rioja	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Total	37	17	127	38	89	82	42	111	7

• Fuente: *Medio Ambiente en España 2005. Ministerio de Medio Ambiente, 2007.*

En Cataluña, Comunidad Valenciana y Comunidad de Madrid la mayor parte de las estaciones son urbanas.

6.1. POSICIÓN DE ESPAÑA RESPECTO A OTROS PAÍSES DE NUESTRO ENTORNO EN RELACIÓN CON LAS REDES DE MEDICIÓN

Estructura de la red de medición para el ozono

En cuanto al tipo de estaciones utilizadas en la medición de los valores objetivo para el O₃, en 2003, prácticamente la mitad de las estaciones de ozono en los quince Estados miembros de la Unión Europea eran urbanas. Las estaciones suburbanas y las rurales representaban el 27% y 18 % del total.

Francia, Austria y República Checa son los países con mayor número estaciones, con 413, 114 y 71 respectivamente. Por

el contrario, Irlanda, Dinamarca como miembros de la Unión Europea, y Estonia, Eslovenia y Lituania son los estados que menor proporción de estaciones presentan (tabla 6.7). Por el contrario España, Alemania, Luxemburgo y Reino Unido son los únicos países que no suministraron información a la Comisión Europea, puesto que no era obligatorio, acerca del tipo de estaciones utilizadas en la medición de los valores objetivos para el ozono.

■ **Tabla 6.7.** Número y tipos de estaciones de medición de ozono por Estado miembro. Año 2003

Estado miembro	Fondo	Industrial	Tráfico	Desconocida	Rural	Suburbana	Urbana
Austria	28	32	38	16	0	0	114
Bélgica	14	9	11	3	0	0	37
Alemania	-	-	-	-	-	-	-
Dinamarca	5	0	1	1	0	0	7
Grecia	13	9	1	0	0	0	23
España	-	-	-	-	-	-	-
Finlandia	2	3	5	6	0	0	16
Francia	224	122	42	6	18	1	413
Irlanda	0	0	2	0	0	0	2
Italia	6	17	5	0	0	19	47
Luxemburgo	-	-	-	-	-	-	-
Holanda	19	3	21	0	0	0	43
Portugal	7	7	3	0	0	0	17
Suecia	10	0	8	0	0	0	18
Reino Unido	-	-	-	-	-	-	-
UE-15	328	202	137	32	18	20	737
República. Checa	35	12	0	24	0	0	71
Estonia	4	0	3	0	0	0	7
Lituania	9	0	0	3	0	0	12
Eslovenia	5	2	1	2	0	0	10
Eslovaquia	13	1	5	4	0	0	23

• Fuente: *Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006*

De acuerdo con los datos facilitados por el Ministerio de Medio Ambiente para el año 2004, en España el número total de estaciones con analizadores para el O₃ era de

251. Las estaciones urbanas suponían el 41% del total, mientras que las estaciones suburbanas y rurales de fondo representaban el 35% y 24% del total (tabla 6.8).

■ **Tabla 6.8.** Número de estaciones de medición de ozono por tipo de área y tipo de estación en 2004.

Tipo de área	Tipo de estación	Número de estaciones
Rural	Fondo	33
	Industrial	23
	Tráfico	5
	Total	61
Suburbana	Fondo	19
	Industrial	32
	Tráfico	37
	Total	88
Urbana	Fondo	24
	Industrial	4
	Tráfico	74
	Total	102

• Fuente: *Medio Ambiente en España 2005. Ministerio de Medio Ambiente, 2007.*

6.1. POSICIÓN DE ESPAÑA RESPECTO A OTROS PAÍSES DE NUESTRO ENTORNO EN RELACIÓN CON LAS REDES DE MEDICIÓN

Por Comunidad Autónoma, Madrid, Cataluña y Andalucía son las que disponen de mayor número de analizadores para el ozono, con 45, 42 y 41 analizadores

respectivamente. En el extremo opuesto se encuentran La Rioja (1), Comunidad Foral de Navarra (3), Baleares (3) y Galicia (4) (tabla 6.9).

■ **Tabla 6.9.** Número de analizadores de ozono por Comunidad Autónoma. Año 2004.

Comunidad Autónoma	Número de analizadores
Andalucía	41
Aragón	18
Asturias (Principado de)	20
Baleares (Islas)	3
Canarias	6
Cantabria	8
Castilla y León	34
Castilla-La Mancha	11
Cataluña	42
Comunidad Valenciana	37
Extremadura	4
Galicia	7
Madrid (Comunidad de)	45
Murcia (Región de)	7
Navarra (Comunidad Foral de)	3
País Vasco	34
La Rioja	1
Total	321

Nota: Únicamente existen analizadores automáticos para el ozono.

• Fuente: Medio Ambiente en España 2005. Ministerio de Medio Ambiente, 2007.

■ 6.2. Posición de España respecto a los países de la Unión Europea en materia de calidad del aire

A continuación se resumen los datos facilitados por los Estados miembros a la Comisión, correspondientes al año 2003, acerca de las superaciones de los valores límite, o

valores objetivo en el caso del ozono, para los distintos contaminantes establecidos por las directivas de desarrollo de la Directiva Marco ("directivas hijas").

Superaciones de los valores límite para el SO₂, NO₂, PM₁₀ y CO

Durante el año 2003, sólo 10 zonas en toda la UE-15 registraron concentraciones horarias de SO₂ por encima de los 410 µg/m³ (valor límite más el margen de tolerancia correspondiente) y 5 se encontraban entre esta concentración y el valor límite de 350 µg/m³. Estas zonas se localizaban en Francia, Italia, Reino Unido.

concentración de 410 µg/m³ y de 4 de las 5 zonas con concentraciones entre 350 y 410 µg/m³. Las 13 zonas que superaron el valor límite diario para el SO₂, que entrará en vigor en 2005, también se encontraban en estos países.

España, responsable de 2 de las 10 zonas que superan la

Los valores límite de SO₂ para la protección de los ecosistemas únicamente se superaron en toda la Unión Europea en 3 zonas, localizadas en Francia e Irlanda (tabla 6.10).

Los valores límite diario y anual de PM₁₀ vigentes desde 2005, son superados en el 50% y 25% de las zonas, respectivamente.

■ **Tabla 6.10.** Número de estaciones por contaminante y Estado miembro. Año 2003

Estado miembro	SO ₂ horario (salud)			SO ₂ diario (salud)		SO ₂ ecosistemas (anual)		SO ₂ ecosistemas (invierno)		NO ₂ Horario (salud)			NO ₂ Anual (salud)		
	↑mot	lv-mot	↓lv	↑lv	↓lv	↑lv	↓lv	↑lv	↓lv	↑mot	lv-mot	↓lv	↑mot	lv-mot	↓lv
Austria	0	0	11	0	11	0	8	0	8	0	0	11	6	2	3
Bélgica	0	0	12	0	12	0	0	0	0	0	0	11	1	3	7
Alemania	0	0	76	0	76	0	19	0	14	0	5	75	16	25	39
Dinamarca	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0	0	9	1	1	7
Grecia	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	1	3	2	1	1
España	2	4	119	3	122	0	20	0	20	0	3	121	2	13	109
Finlandia	0	0	14	0	14	0	1	0	1	0	0	14	0	1	13
Francia	5	1	69	7	68	1	30	1	26	0	7	72	11	15	53
Irlanda	0	0	4	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	4
Italia	2	0	95	2	96	0	44	0	38	8	18	91	33	27	57
Luxemburgo	0	0	3	0	3	0	0	0	1	0	0	3	1	0	2
Holanda	0	0	9	0	9	0	1	0	1	0	3	6	9	0	0
Portugal	0	0	15	0	15	0	9	0	3	0	0	14	1	1	17
Suecia	0	0	6	0	6	0	6	0	6	0	0	6	0	2	4
Reino Unido	1	0	42	1	42	0	15	0	15	1	2	36	35	7	1
UE-15	10	5	482	13	481	2	156	1	136	10	39	475	118	98	17
República. Checa	0	0	14	0	14	4	10	3	11	0	0	14	0	3	11
Estonia	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	0	5	0	0	5
Lituania	0	0	3	0	3	0	1	0	1	0	0	3	0	2	0
Eslovenia	3	0	6	3	6	3	6	3	6	0	0	6	0	0	6
Eslovaquia	0	0	9	0	9	0	3	0	3	0	0	9	0	1	8

Leyenda

↑ mot	Las concentraciones se encuentran, en una ó más ubicaciones, por encima del valor del límite más el margen de la tolerancia (se refiere a los valores límite que aún no habían entrado en vigor en 2003).
lv-mot	Las concentraciones se encuentran, en una ó más ubicaciones, entre el valor límite y el valor límite más el margen de tolerancia.
↑ lv	Las concentraciones se encuentran, en una ó más ubicaciones, por encima del valor límite (se refiere a los valores límite que aún no habían entrado en vigor en 2003).
↓ lv	Las concentraciones se encuentran siempre por debajo o son iguales que el valor límite establecido.
↑ lv	Las concentraciones se encuentran, en una ó más ubicaciones por encima del valor límite (se refiere al valor límite que ya había entrado en vigor en el año 2003).

• Fuente: *Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006*

Los contaminantes NO₂ y PM₁₀ son los que presentaron un peor comportamiento a nivel europeo. En el primer caso (tabla 6.10), la concentración anual se encontraba por encima del valor límite para la protección de la salud humana más el margen de tolerancia en el 22% de las zonas, y entre el valor límite y éste más el margen de tolerancia en el 18% de las zonas de la UE-15. La contaminación por NO₂ era especialmente importante en Reino Unido, Italia y Alemania, con 35, 33 y 16 zonas por encima del valor límite más el margen de tolerancia correspondiente al año 2003. En España, dos zonas superaron este valor.

La concentración horaria de NO₂ presenta un mejor comportamiento tanto a nivel europeo como español. En la UE-15, diez zonas, localizadas en Italia, Irlanda y Reino Unido, registraron concentraciones por encima del valor límite más el margen de tolerancia^{2,3}, y 398 zonas se encontraban entre el valor límite y dicho valor más el margen de tolerancia, repartidas, por orden de importancia en Italia (18), Francia (7), Alemania (5), España (3), Holanda (3), Reino Unido (2) y Grecia (1). Es destacable el hecho de que las superaciones del límite horario coincidieron, en la mayoría de los casos, con superaciones del límite anual (tabla 6.10).

Casi todas las zonas que presentan superaciones del valor límite anual de PM₁₀ también superan el límite diario.

² «valor límite»: un nivel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y/o para el medio ambiente en su conjunto, que debe alcanzarse en un plazo determinado y no superarse una vez alcanzado.

³ «margen de tolerancia»: el porcentaje del valor límite en el que éste puede sobrepasarse con arreglo a las condiciones establecidas en la Directiva 96/62/CE.

6.2. POSICIÓN DE ESPAÑA RESPECTO A LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE

Aunque el valor límite de NO_x para la protección de los ecosistemas y la vegetación ya se encontraban en vigor en 2003, el 20% de las zonas designadas en la UE-15 lo superaban. En este caso, las superaciones de los valores límite para la protección de los ecosistemas para NO₂ y SO₂ no ocurren en las mismas zonas.

El principal problema de calidad del aire en la UE-15 lo constituyen las partículas (PM₁₀). Los valores límite diario y anual, vigentes desde 2005, son superados en el 50% y 25% de las

zonas, respectivamente. En el caso de España estos valores límite diarios y anuales son superados en el 33% y 19% de las zonas respectivamente, inferiores ambos a la media de la UE-15. En general, casi todas las zonas que presentan superaciones del valor límite anual, también superan el límite diario. Los países que presentan un mayor número de zonas que superan estos valores son Italia, España, Reino Unido, Bélgica Alemania y Francia. Sólo Luxemburgo no presenta ninguna zona que supere ambos valores, mientras que en Irlanda e Irlanda no se supera el valor límite anual (tabla 6.11).

■ **Tabla 6.11.** N° de zonas por Estado miembro en relación con los límites establecidos para PM₁₀ y CO. Año 2003

Estado miembro	PM ₁₀ (diarias)			PM ₁₀ (anuales)			CO (anual)		
	↑mot	lv-mot	↓lv	↑mot	lv-mot	↓lv	↑mot	lv-mot	↓lv
Austria	10	1	0	1	2	8	0	0	11
Bélgica	10	0	0	9	0	1	0	0	7
Alemania	20	29	29	8	5	65	0	0	78
Dinamarca	0	2	4	0	1	5	0	0	4
Grecia	4	0	0	4	0	0	0	1	3
España	24	14	78	14	7	95	0	0	109
Finlandia	0	1	13	0	0	14	0	0	14
Francia	5	7	63	4	1	70	0	0	53
Irlanda	0	1	2	0	0	3	0	0	3
Italia	46	17	29	35	5	52	2	0	88
Luxemburgo	0	0	2	0	0	2	0	0	2
Holanda	6	3	0	1	2	6	0	0	9
Portugal	6	2	4	3	3	6	0	0	14
Suecia	0	1	5	0	1	5	0	0	6
Reino Unido	18	15	10	10	5	28	0	0	43
EU15	149	93	239	89	32	360	2	1	444
República Checa	12	2	0	6	1	7	0	0	14
Estonia	1	0	4	0	0	5	0	0	5
Lituania	3	0	0	1	0	2	0	0	3
Eslovenia	4	1	0	3	1	1	0	0	6
Eslovaquia	9	0	0	9	0	0	0	0	8

↑mot Las concentraciones se encuentran, en una ó más ubicaciones, por encima del valor del límite más el margen de la tolerancia (se refiere a los valores límite que aún no habían entrado en vigor en 2003).

lv-mot Las concentraciones se encuentran, en una ó más ubicaciones, entre el valor límite y el valor límite + margen de tolerancia.

↓lv Las concentraciones se encuentran siempre por debajo o son iguales que el valor límite establecido.

NOTA: Los resultados para partículas no son totalmente comparables entre los distintos Estados miembros, ya que algunos países no han utilizado los métodos de medida de referencia y no han asegurado la equivalencia entre los resultados obtenidos y los que se hubieran obtenido de usar los métodos de referencia.

• Fuente: Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006

Como era de esperar, la mayoría de las zonas que superan el valor límite diario y anual de PM₁₀ son aglomeraciones. No obstante, el hecho de que las superaciones también ocurran en el resto de las zonas indica que la contaminación por PM₁₀ no es sólo un problema de las grandes ciudades.

Con respecto a la concentración anual de CO, en la UE-15 sólo Italia presenta dos zonas que superan el valor límite más el correspondiente margen de tolerancia (10 + 4 mg/m³). En Grecia, una zona registró concentraciones por encima del valor límite, pero en todo caso por debajo de los 14 µg/m³ (tabla 6.11).

Como conclusión destacar que en el año 2003 el 62% de las zonas de la UE-15, se encontraban por debajo del valor límite más el margen de tolerancia asignado. El 38% de las zonas tuvieron que desarrollar un plan o programa para al menos un contaminante, con el objetivo de asegurar que no sobrepasará el valor límite en el plazo establecido para cada contaminante, según el artículo 3.8 de la Directiva 1999/30/CE de calidad del aire. Por último, los límites que se superan en más zonas son, por este orden, PM₁₀ diario, NO₂ anual, PM₁₀ anual, NO₂ horario, SO₂ horario, SO₂ diario, SO₂ ecosistemas y CO.

Superaciones del valor objetivo para el ozono

Nueve de los quince Estados Miembros de la UE, entre los que España no está incluida, informaron voluntariamente a la Comisión sobre los niveles de ozono existentes en las zonas designadas en 2003, aunque algunos de estos informes no están completos ya que no cubren el territorio entero.

En total, 158 de las 216 zonas designadas en toda la Unión Europea (incluyendo los países de más reciente

incorporación) superaron el valor objetivo de 120 µg/m³ de O₃, establecido para la protección de la salud humana. Por países, Francia (60), Italia (44), República Checa (14), Austria (11) y Bélgica (9) presentaron el mayor número de zonas que excedían dicho valor en el año 2003. Por el contrario, países del norte de Europa como Dinamarca y Finlandia no presentaban ninguna zona en las que los niveles de concentración fueran más elevados que el valor objetivo (tabla 6.12).

■ **Tabla 6.12.** N° de zonas por estado miembro en relación con el valor objetivo y del valor objetivo a largo plazo para el ozono. Año 2003

Estado miembro	Protección de la salud			Protección de la vegetación		
	Supera el valor objetivo	Entre valor objetivo y objetivo a largo plazo	Por debajo del objetivo a largo plazo	Supera el valor objetivo	Entre valor objetivo y objetivo a largo plazo	Por debajo del objetivo a largo plazo
Austria	11	0	0	8	0	0
Bélgica	9	0	0	0	9	0
Alemania	-	-	-	-	-	-
Dinamarca	0	0	4	0	2	2
Grecia	-	-	-	-	-	-
España	-	-	-	-	-	-
Finlandia	0	2	0	0	2	0
Francia	60	17	3	30	31	5
Irlanda	-	-	-	-	-	-
Italia	44	6	2	39	2	0
Luxemburgo	-	-	-	-	-	-
Holanda	1	8	0	0	6	3
Portugal	3	4	0	0	6	0
Suecia	1	4	1	0	5	1
Reino Unido	-	-	-	-	-	-
República. Checa	14	0	0	13	1	0
Estonia	2	2	1	-	-	-
Lituania	0	0	3	-	-	-
Eslovenia	5	0	1	5	1	0
Eslovaquia	8	0	0	4	4	0
Total	158	43	15	99	69	11

• Fuente: *Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006*

En términos porcentuales, Austria, Bélgica, República Checa y Eslovaquia son los países que mayores problemas presentan respecto a las emisiones de ozono en sus zonas, ya que el 100% de las mismas superan el valor objetivo establecido. En el caso de Francia, Italia y Eslovenia, el porcentaje de zonas que supera el valor objetivo es más pequeño, aunque todavía podemos con-

siderarlo elevado (mayor del 50%). En el extremo opuesto se encuentran Dinamarca y Lituania, donde la concentración de ozono se encuentra por debajo del objetivo a largo plazo. En Finlandia, Holanda, Portugal y Suecia más del 50% de las zonas se encuentran entre el valor objetivo y el objetivo a largo plazo.

Los países mediterráneos mostraron los mayores niveles de ozono en el aire (figura 6.1). España fue el tercer país europeo, después de Francia e Italia, con un mayor número de superaciones del valor objetivo de ozono a largo plazo.

6.2. POSICIÓN DE ESPAÑA RESPECTO A LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE

Al igual que en el caso anterior, Italia (39), Francia (30), República Checa (13), Austria (8), Eslovenia (5) y Eslovaquia (4) eran los países con mayor número de zonas en las que se superaba el valor objetivo para el ozono en la protección de la vegetación (AOT40⁴ de 180 mg/m³, en 5 años). En el extremo opuesto se encontraban países centroeuropeos y nórdicos, además de Portugal, en los que no se alcanzaba este valor (tabla 6.12).

En términos relativos, de nuevo la totalidad de las zonas

designadas en Austria para la protección de los ecosistemas presenta concentraciones de ozono que superan el valor objetivo. En Italia, República Checa, Eslovenia y Eslovaquia son más del 50% de las zonas. Únicamente en Dinamarca, Holanda, Suecia y Francia existen zonas con concentraciones inferiores al objetivo a largo plazo, aunque en un porcentaje inferior al 50% en todos los casos. En Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Holanda, Portugal, Suecia y Eslovaquia, más de la mitad de las zonas se encuentran entre el valor objetivo y el objetivo a largo plazo.

■ **Tabla 6.13.** Panorama europeo del número de superaciones del valor objetivo (O₃) para la protección de la salud humana durante el verano de 2005

Estado miembro	Protección de la salud			
	Estaciones con superaciones del valor objetivo a largo plazo (%)	Estaciones con superaciones del n° máximo de superaciones (%)	Número total de superaciones (%)	Número de días con superaciones (%)
Austria	95	51	3.234	108
Bélgica	100	5	584	38
Alemania	95	25	5.788	107
Dinamarca	57	-	4	4
Grecia	62	48	762	157
España	79	33	6.040	181
Finlandia	63	-	39	21
Francia	96	31	9.871	153
Irlanda	14	-	1	1
Italia	89	55	6.263	177
Holanda	95	-	231	23
Portugal	94	21	1.065	144
Suecia	75	8	55	29
Reino Unido	38	-	107	28
UE-15	87	31	38.058	183
República. Checa	100	49	1.803	78
Estonia	86	-	23	15
Letonia	20	-	1	1
Lituania	67	-	30	16
Eslovenia	82	55	317	85
Chipre	100	50	94	85
Hungría	100	29	162	71
Malta	100	33	93	87
Polonia	78	18	869	86
Noruega	38	-	4	3
Liechtenstein	100	-	22	22
Suiza	100	85	542	100
Bulgaria	82	9	108	68
Eslovaquia	100	50	622	91
Total Area	86	30	38.734	183

Nota: sin datos de Luxemburgo, Islandia, Rumania y Macedonia.

• Fuente: Air pollution by ozone in Europe in summer 2005. European Environment Agency.

Los últimos datos disponibles sobre superaciones de la concentración de ozono en Europa corresponden al verano de 2005. Durante esta época, los países mediterráneos muestra-

ron los mayores niveles de ozono en el aire (figura 6.1). Concretamente, España fue el tercer país europeo, después de Francia e Italia, con un mayor número de superaciones

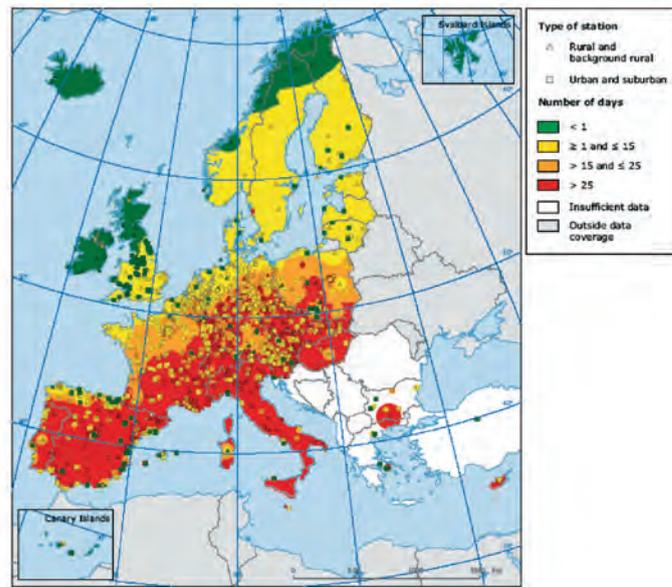
⁴«AOT 40», la suma de la diferencia entre las concentraciones horarias de ozono en la baja atmósfera superiores a 80 µg/m³ (=40 partes por mil millones) y 80 µg/m³ durante las horas de luz natural acumuladas de mayo a julio cada año.

6.2. POSICIÓN DE ESPAÑA RESPECTO A LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE

del valor objetivo a largo plazo (tabla 6.13). En Bélgica, Holanda, este de Francia y oeste de Alemania también se obtuvieron elevadas concentraciones de este contaminante.

Por el contrario, los estados bálticos y escandinavos presentaron los niveles más bajos, aunque también experimentaron superaciones del valor objetivo a largo plazo.

Figura 6.1. Número de días con superaciones del objetivo a largo plazo para la protección de la salud humana. Ozono. Año 2005

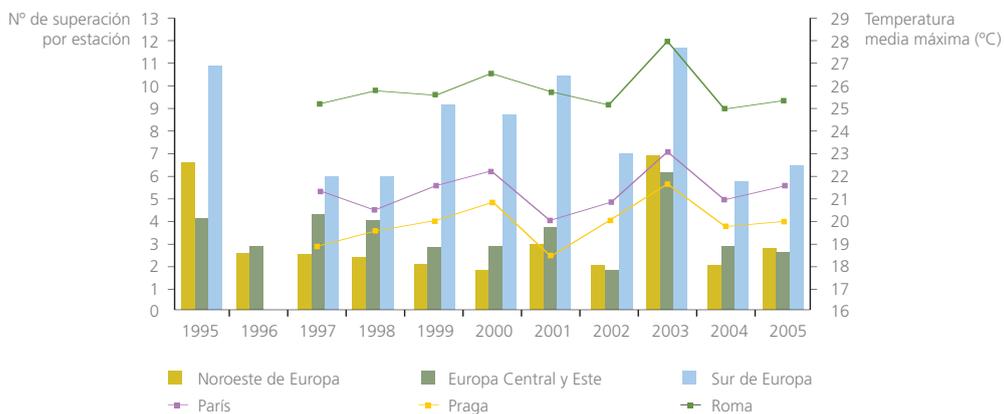


• Fuente: *Air pollution by ozone in Europe in summer 2005. European Environment Agency*

El año 2003, que se caracterizó por lo elevado de sus temperaturas durante el verano, fue el peor de la década 1995-2005 en lo que respecta a la concentración de ozono. Durante los años 2004 y 2005 se ha observado

una mejoría no sólo con respecto al año 2003 sino también respecto a años anteriores. Este descenso ha sido más perceptible en los países mediterráneos (figura 6.2).

Figura 6.2. Evolución de la media del número de días con superaciones de la concentración de ozono por estación y comparación con la temperatura máxima diaria. 1995 - 2005



• Fuente: *Air pollution by ozone in Europe in summer 2005. European Environment Agency*

El año 2003, que se caracterizó por lo elevado de sus temperaturas durante el verano, fue el peor de la década 1995-2005 en lo que respecta a la concentración de ozono.

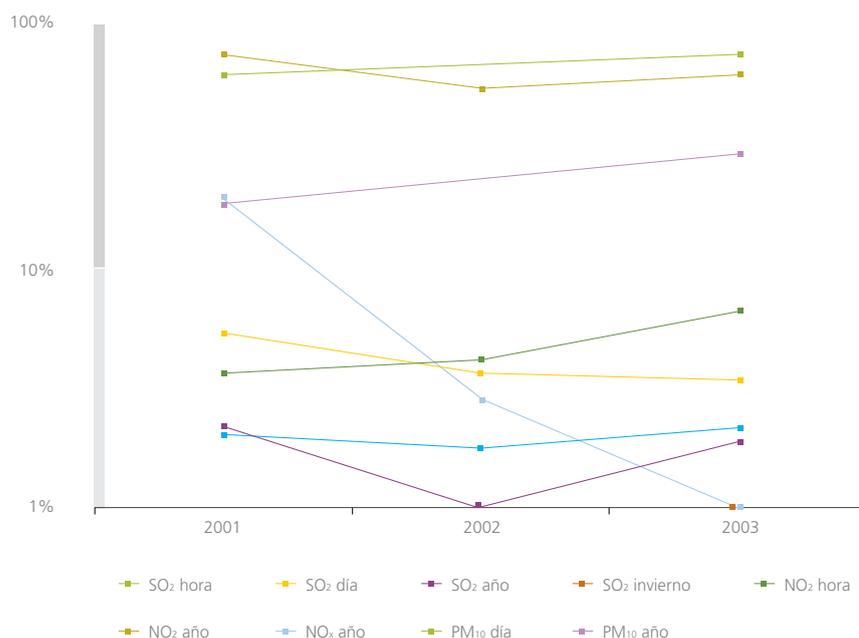
Evolución de la contaminación por SO₂, NO₂ y PM₁₀ (2001-2003)

El porcentaje de zonas que superan los valores límite diario y anual para PM₁₀ y el valor límite horario para NO₂ ha experimentado un claro incremento, posiblemente debido a un aumento gradual de las estaciones de medida dando cobertura a mayor parte del territorio de los Estados y, en el caso de las PM₁₀, a posibles cambios en la aplicación de los factores de corrección (figura 6.3).

Por otro lado, el porcentaje de zonas que superaban el valor límite anual para NO₂, el valor límite para NO_x para la protección de los ecosistemas y el valor límite diario para SO₂ ha disminuido en estos tres años.

En todos los casos, es necesario tener en cuenta que no es posible establecer una tendencia fiable debido a la corta serie de datos disponible.

Figura 6.3. Porcentaje de zonas que superan el valor límite (UE-15, excluyendo Italia). Año 2003



• Fuente: *Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006*

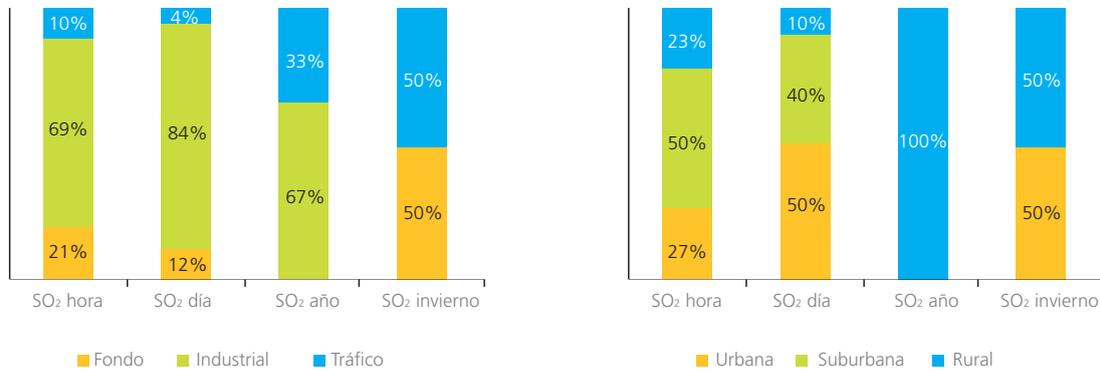
Tipos de estaciones en las que se superan los valores límite

Si se tiene en cuenta las estaciones donde tienen lugar las superaciones, se observa que las superaciones de los límites para el SO₂ son mayoritarias en las destinadas a la

medición de la contaminación industrial y se dan tanto en áreas urbanas, como suburbanas y rurales (figura 6.4).

En el caso del SO₂, la inmensa mayoría de las superaciones son debidas a la industria local y a la generación de energía.

Figura 6.4. Porcentaje de superaciones del valor límite (más el correspondiente margen de tolerancia, si existe) por tipo de estación. Año 2003.

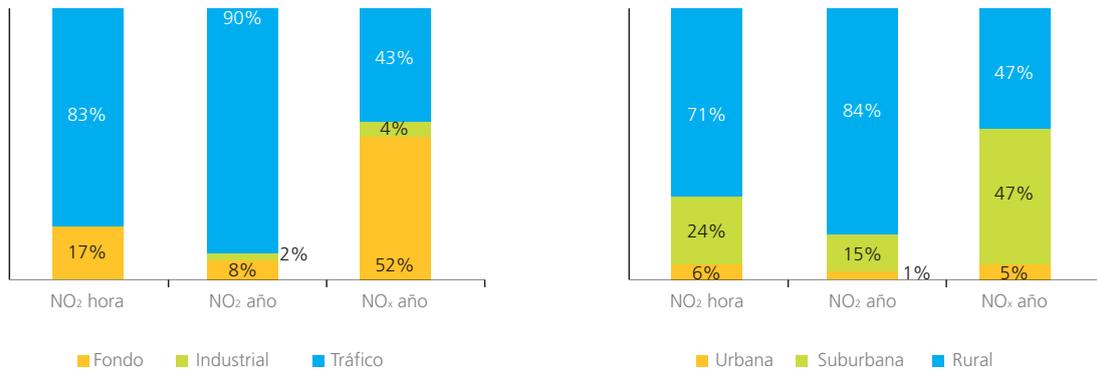


• Fuente: *Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006*

Las superaciones de los límites para el NO₂ ocurren principalmente en las estaciones de tráfico y en áreas rurales, mientras que el límite de NO_x para la protección de la vegetación se supera principalmente en las estaciones de

fondo, y en áreas tanto suburbanas como rurales, aunque también en estaciones destinadas a la medición de la contaminación por el tráfico (figura 6.5).

Figura 6.5. Porcentaje de superaciones (más el correspondiente margen de tolerancia, si existe) por tipo de estación. Año 2003.



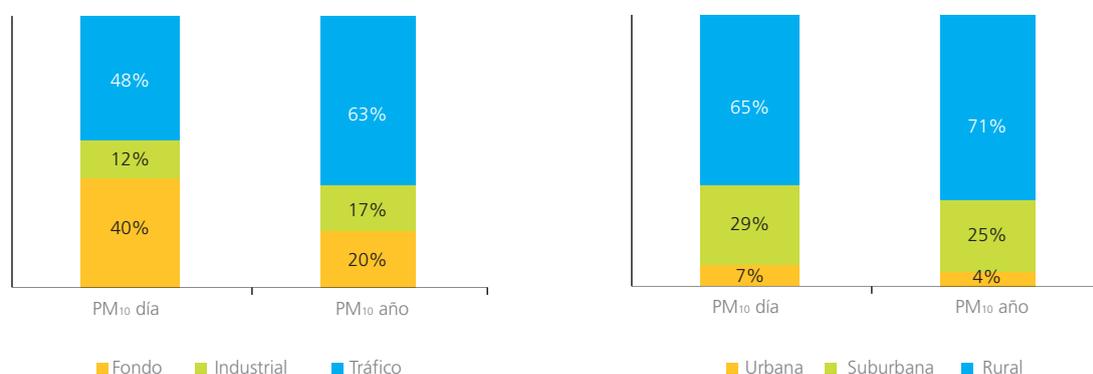
• Fuente: *Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006*

Por último, las superaciones de los límites de PM₁₀ se dan principalmente en las estaciones de tráfico y de fondo y

en áreas rurales y suburbanas (figura 6.6).

En el caso del NO₂ y en general de los NO_x, el tráfico rodado es la principal causa de las superaciones de los valores límite.

Figura 6.6. Porcentaje de superaciones (más el correspondiente margen de tolerancia, si existe) por tipo de estación. Año 2003.



• Fuente: *Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006*

Causas de las superaciones de los valores límite

En el caso del SO₂, la inmensa mayoría de las superaciones son debidas a la industria local y a la generación de energía, y, en menor medida a emisiones industriales accidentales.

En el caso del NO₂ y en general de los NO_x, el tráfico rodado local es la principal causa de las superaciones de los valores límite. También se ha señalado como fuente de emisión la calefacción doméstica pero siempre en combinación con el tráfico rodado y con las emisiones industriales producidas de forma accidental.

Para PM₁₀, la contribución de la industria local y la generación de energía es dos veces y media inferior al tráfico

rodado, el tráfico local fue la causa principal de las superaciones seguida por la industria local y generación de energía. No obstante las calefacciones domésticas, las fuentes naturales y las emisiones industriales accidentales tuvieron una acción notable. Por el contrario, sólo una pequeña parte de los excesos producidos se dieron por efectos del transporte a larga distancia y emisiones industriales accidentales (tabla 6.14).

Para el conjunto de los contaminantes, el 80% de las causas de las superaciones de los valores límite eran locales, lo que da una visión de la importancia de las decisiones y acciones a nivel local para reducir la contaminación.

■ **Tabla 6.14.** Principales causas de las superaciones de los valores límite. Año 2003

Causa	SO ₂ horario salud	SO ₂ diario salud	SO ₂ anual (ecosistemas)	SO ₂ invierno (ecosistemas)	NO ₂ horario	NO ₂ anual	SO ₂ anual (vegetación)	PM ₁₀ diario	PM ₁₀ anual
Tráfico local	0,2%	0%	0%	0%	91%	50%	61%	40%	38%
Industria local y generación de electricidad	86%	93%	80%	80%	0%	0,8%	4%	14%	15%
Calefacciones domésticas	0,7%	0%	0%	10%	6,8%	6,2%	0%	9,4%	10%
Emisiones industriales accidentales	12,5%	5,9%	0%	0%	0%	5%	0%	5,7%	6%
Fuentes naturales	0,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,7%	10%
Transporte a larga distancia	0,0%	0%	0%	10%	2,4%	0,8%	4,4%	6,5%	6%
No indicado	0,3%	0,9%	20%	0%	0%	37%	30%	14,0%	10%
Otras causas	0,0%	0%	0%	0%	0,2%	0,3%	0%	5,1%	5,5%

• Fuente: *Overview of air quality reports by Member States under the European air quality directives. TNO-report. April 2006*

El tráfico local fue la causa principal de la emisión de PM₁₀, seguido de la industria local y generación de energía.

6.3. Población y superficies afectadas en Europa: aplicaciones de los sistemas de modelización de la calidad del aire

Los Modelos de Calidad del Aire son herramientas que permiten la simulación de todos los procesos de emisión, transporte, transformación y deposición de contaminantes en la atmósfera. Sin embargo, la complejidad de los procesos físicos, químicos, biológicos, etc. que tienen lugar en las diferentes interacciones de los contaminantes atmosféricos es tan grande que las capacidades computacionales que se requieren progresivamente son varias veces superiores a las posibilidades actuales.

Para calcular la concentración de contaminantes con muy alta resolución (del orden de metros) se debe limitar el dominio espacial a unas pocas calles para poder tener un coste computacional razonable. Esto condiciona significativamente la operatividad y alcance de los modelos de calidad del aire para predicción en tiempo real. A pesar de todo, estas herramientas en la actualidad constituyen elementos fundamentales en la evaluación y análisis de la contaminación ambiental.

Los modelos matemáticos, como ya se indica en el capítulo de metodología, son una herramienta complementaria a las observaciones realizadas por las redes de monitorización de la calidad del aire al conjugar la calidad de las mediciones, con la cobertura y resolución espacial de los resultados de los modelos.

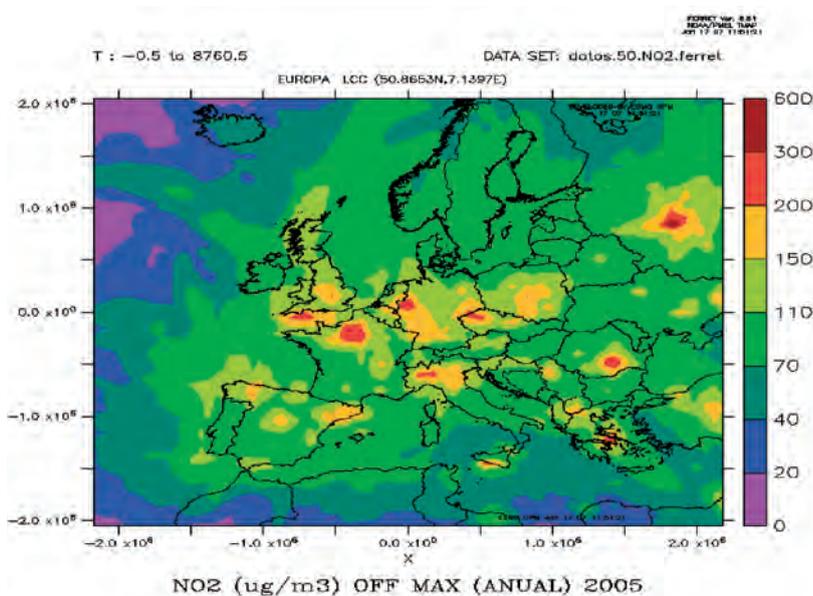
En este contexto, se ha aplicado el sistema de modelización MM5-CMAQ-EMIMO (OPANA), ejecutado sobre toda Europa para todo el año 2005. OPANA (*Operational*

Atmospheric Numerical pollution model for urban and regional Areas) puede incluir diferentes modelos como MM5, CMAQ u otros. Dicho modelo, descrito en el capítulo de metodología, es ejecutado sobre 12 capas en altura y con 50 km de resolución coincidentes con la resolución de las emisiones EMEP correspondientes al año 2004. La resolución temporal de las emisiones producidas por EMIMO es 1 hora. Este modelo produce operativamente previsiones diarias para toda Europa y puede accederse a las mismas en: http://verde.lma.fi.upm.es/cmaq_eu.

A continuación se presentan algunos resultados sobre Europa que describen los niveles de contaminación atmosférica durante ese año. Se exponen los valores máximos anuales para el NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2,5}, y SO₂. También se han añadido unas imágenes que relacionan la población con los valores de la contaminación atmosférica para cada contaminante, por ello se ha creado una escala definida como: $\ln[\text{concentración} \times \text{población}]$, es decir, para cada celdilla se multiplica la concentración media anual por la población como número de habitantes por km². Este índice tiene la ventaja de que ofrece una distribución de cambio suave y muy realista sobre el impacto en la salud de los habitantes.

Los siguientes mapas (figuras 6.7-6.11) corresponden a los máximos horarios de NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2,5}, y SO₂ de cada celdilla de 50Km., obtenida con el sistema de modelización de la calidad del aire OPANA V3.

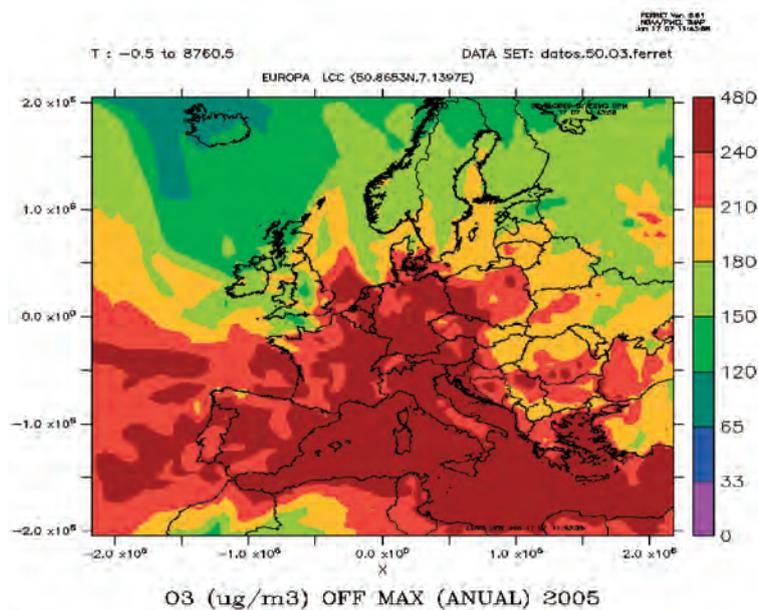
Figura 6.7. Mapa de Europa con los niveles de concentración máxima anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de NO₂ en el año 2005



Se observan elevadas concentraciones asociadas a los grandes núcleos urbanos, previsiblemente relacionadas con el sector del transporte privado, destacando las conurbaciones de París, Londres, Milán, Atenas, Frankfurt-Main, Varsovia y Bucarest, entre otras.

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

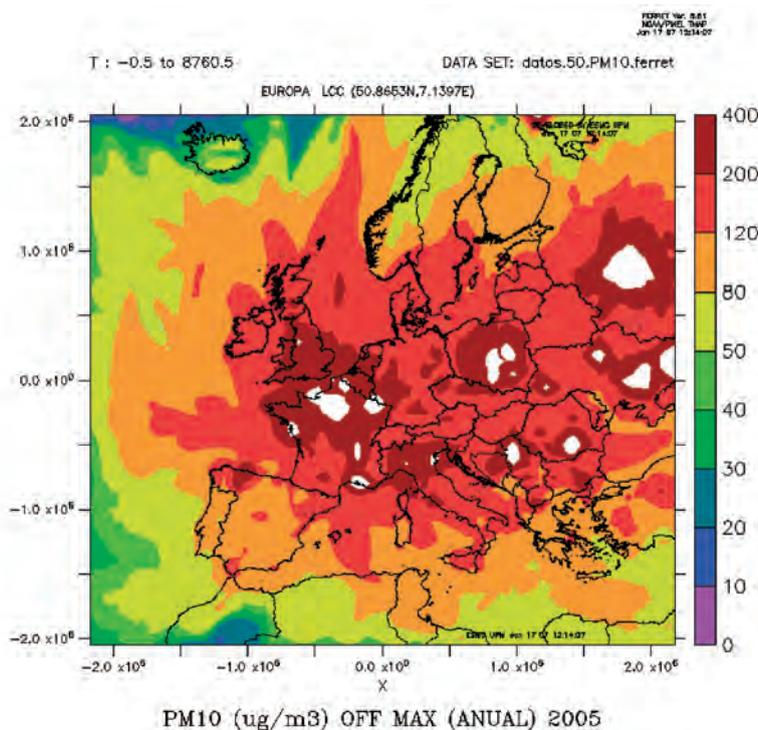
Figura 6.8. Mapa de Europa con los niveles de concentración máxima anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de O_3 en el año 2005



En una gran parte de Europa se superan los valores de 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como valores de información y alerta a la población, respectivamente. En especial en el entorno del mediterráneo.

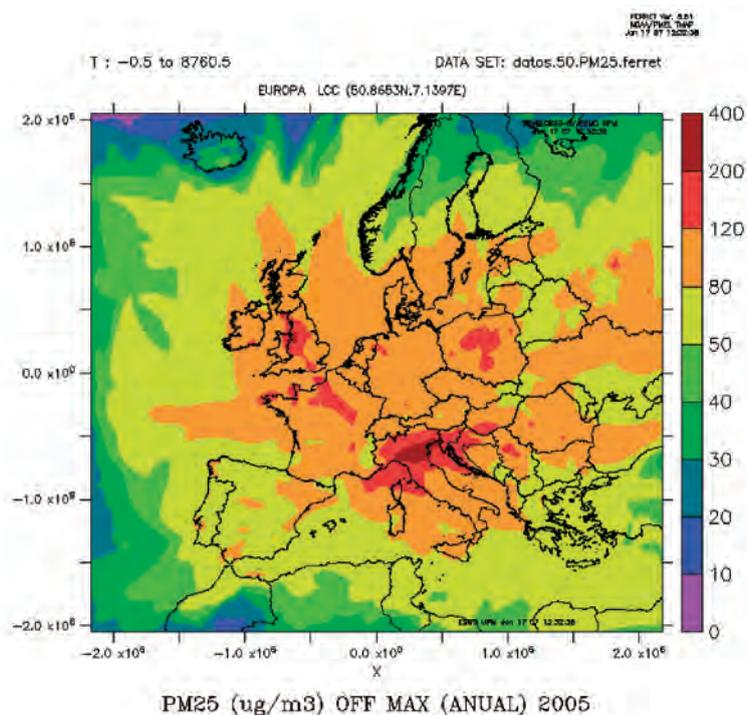
• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

Figura 6.9. Mapa de Europa con los niveles de concentración máxima anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de partículas (PM_{10}) en el año 2005



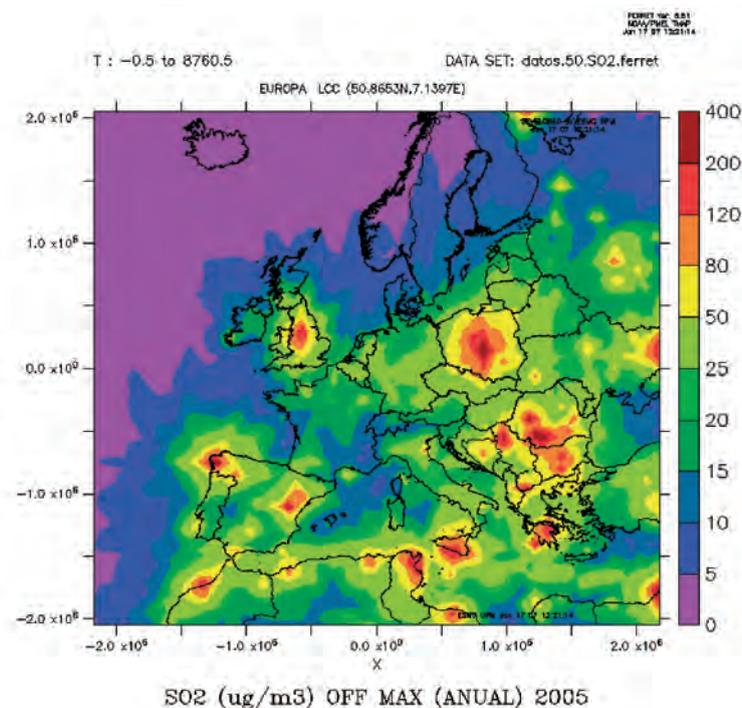
En lo que respecta a las PM_{10} (partículas de tamaño inferior a 10 micras), están asociadas a las emisiones del tráfico urbano, las emisiones industriales y a las emisiones asociadas a la producción energética. Gran parte de Europa central actúa como una subcuenca donde las emisiones de los diferentes países afectan al conjunto de la población de los mismos. Las zonas en blanco indican superaciones por encima de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

Figura 6.10. Mapa de Europa con los niveles de concentración máxima anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de partículas ($\text{PM}_{2.5}$) en el año 2005

Las $\text{PM}_{2.5}$ (partículas con diámetro inferior a 2,5 micras), consideradas las más dañinas para el sistema respiratorio humano, se limitarán en breve por una disposición Europea.

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

Figura 6.11. Mapa de Europa con los niveles de concentración máxima anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de SO_2 en el año 2005

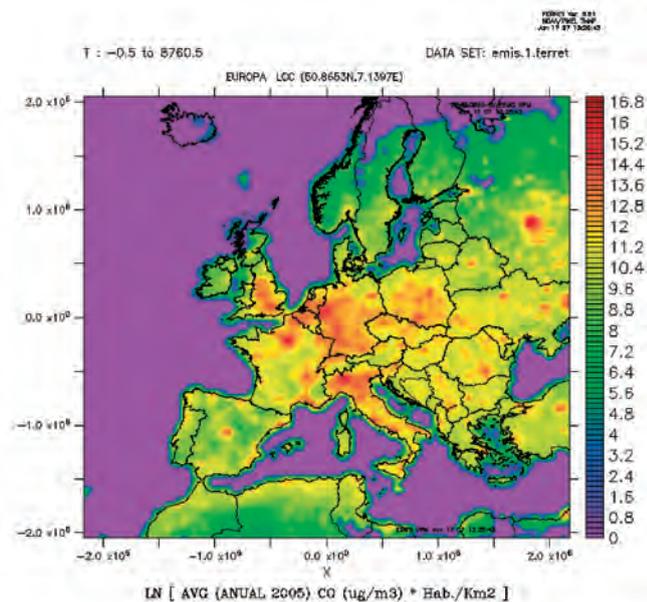
El SO_2 está asociado a una gran cantidad de fuentes, entre ellas aquellas que dependen de las grandes instalaciones de combustión. En el mapa correspondiente a la figura 6.11 se pueden apreciar áreas de inmisión con probable procedencia de emisiones de estas grandes instalaciones industriales como es el caso de As Pontes y Andorra (Teruel) en España, y las europeas existentes en Reino Unido, Polonia, Rumania, etc.

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

Por último se muestran los mapas (figuras 6.12-6.17) que hacen referencia a los contaminantes (a través del valor medido por el logaritmo neperiano del producto de las concentraciones) CO , NO_2 , O_3 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y SO_2 por la densidad de población en la celdilla correspondiente en habitantes por kilómetro cuadrado. En todos ellos puede observar-

se que los colores con índices más elevados se corresponden con áreas de elevada densidad de población y elevadas concentraciones del contaminante. Lógicamente donde la población es nula -mar- el índice es cero. La ventaja de esta representación es la uniformidad de la misma y el hecho de que dicho índice sea muy suave y homogéneo.

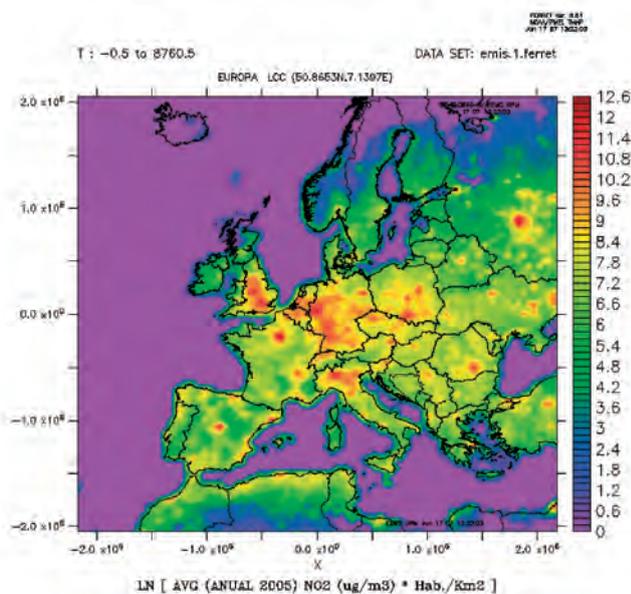
Figura 6.12. Mapa de Europa con los niveles de CO . Media anual en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en relación con la concentración de la población en el año 2005



Obsérvese que en términos de población y de concentración de contaminante, el área de las ciudades de Madrid y Barcelona, aparecen como únicas zonas comparables con altos valores Europeos que cubren el Reino Unido, Alemania, París y norte de Italia, correspondiéndose con zonas de elevada densidad de población.

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

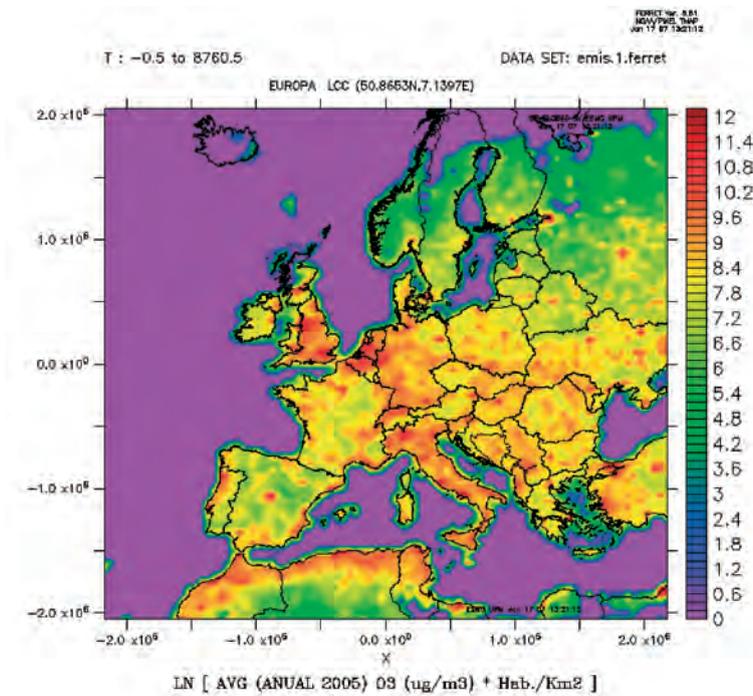
Figura 6.13. Mapa de Europa con los niveles de NO_2 . Media anual en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en relación con la concentración de la población en el año 2005



Para el contaminante NO_2 la mayor parte del territorio español aparece con un índice (verde) inferior a la media europea (amarillo) excepto en las ciudades de Madrid y Barcelona.

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

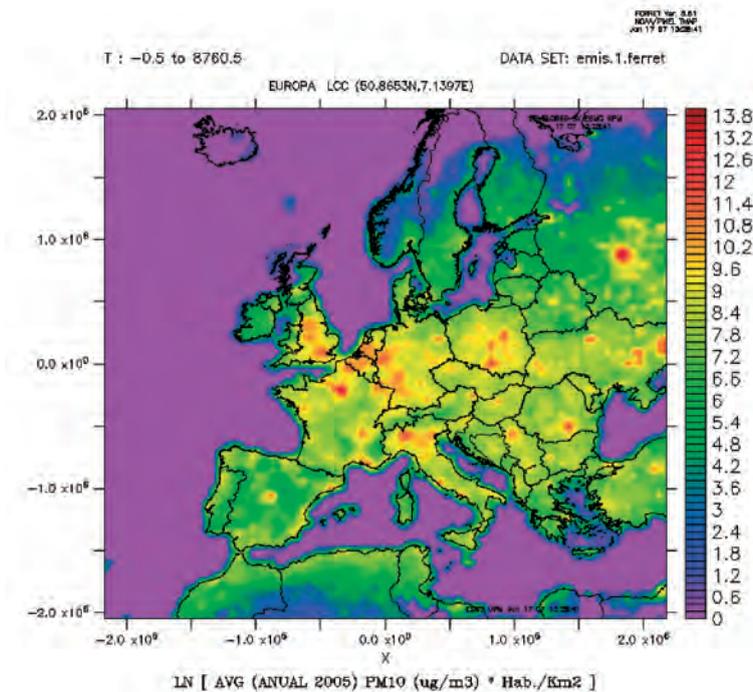
Figura 6.14. Mapa de Europa con los niveles de O₃. Media anual en (µg/m³) en relación con la concentración de la población en el año 2005



Los valores de Ozono en la costa mediterránea, Madrid y la zona de Oporto en Portugal, aparecen con elevados índices de ozono comparables a toda la zona centroeuropea, sur de Reino Unido e Italia completamente. La situación española es más comparable con Francia en este aspecto.

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

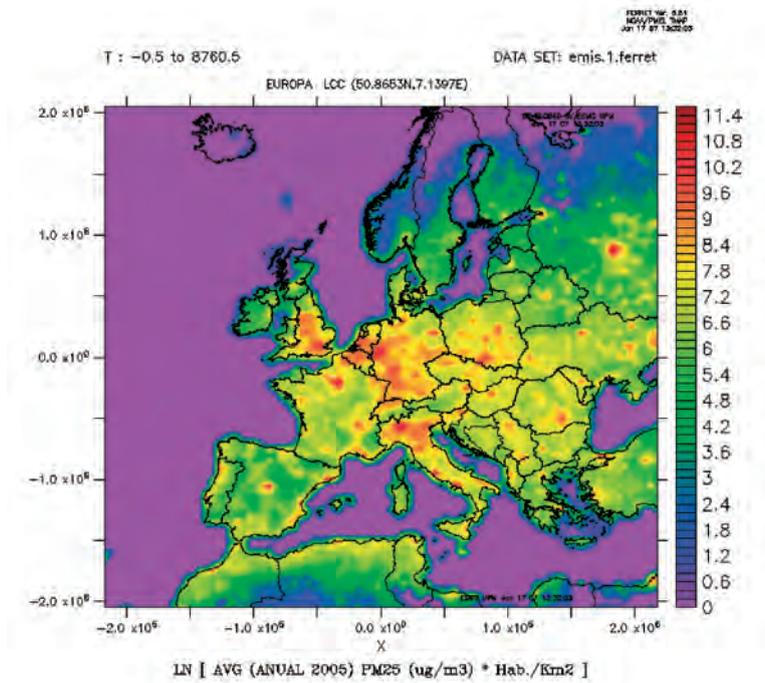
Figura 6.15. Mapa de Europa con los niveles de PM₁₀. Media anual en (µg/m³) en relación con la concentración de la población en el año 2005



Respecto a las PM₁₀, el índice muestra una situación mejor en España que el resto de Europa (excepto en Madrid y Barcelona).

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

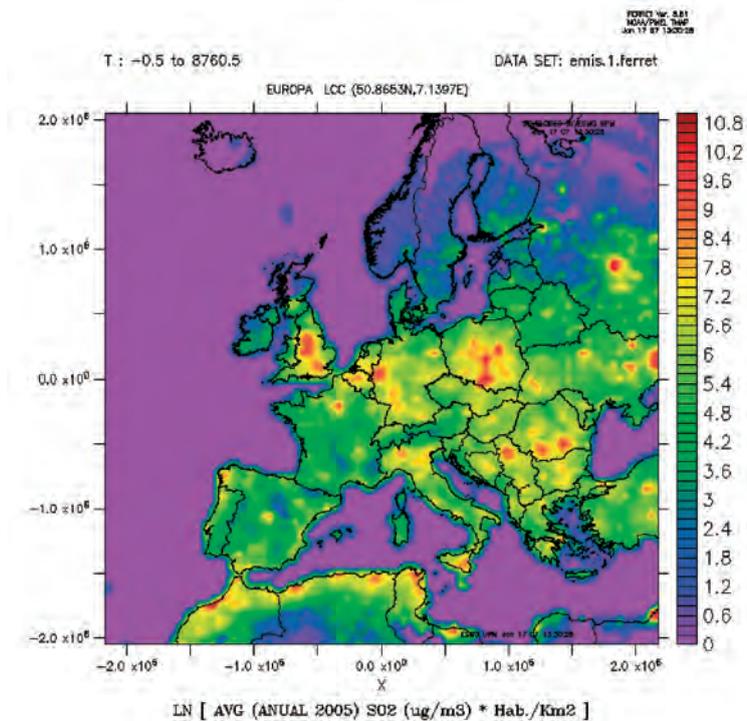
Figura 6.16. Mapa de Europa con los niveles de PM_{2.5}. Media anual en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en relación con la concentración de la población en el año 2005



En el caso de PM_{2.5} la situación es ligeramente peor que en el caso de PM₁₀ pero comparativamente la situación es aceptable para este índice (excepto Madrid y Barcelona).

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

Figura 6.17. Mapa de Europa con los niveles de SO₂. Media anual en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en relación con la concentración de la población en el año 2005



En el caso del SO₂ la situación es buena comparada con el resto de Europa, aunque aparecen puntos en Galicia y Gibraltar un poco elevados.

• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente, Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA). Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

6.4. LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SUPONE UNA AMENAZA PARA LA SALUD PÚBLICA EN EUROPA

Apheis puso en marcha un sistema de vigilancia epidemiológica, cuyo objetivo era proporcionar información actualizada, continua, completa y accesible sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud. Esta información se genera en el ámbito local y europeo, empleando una metodología común y normalizada para los países participantes, lo que facilita la toma de decisiones de los responsables políticos, de los profesionales de la salud ambiental y de los ciudadanos.

Inicialmente los objetivos de *Apheis* fueron: 1) crear un sistema de vigilancia epidemiológica de la contaminación atmosférica y de sus efectos en salud que abarcara toda Europa; 2) cuantificar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud a escala local, nacional y europea; 3) evaluar la importancia de los factores susceptibles de alterar las relaciones entre exposición y respuesta; 4) elaborar informes normalizados y periódicos sobre el impacto de la contaminación atmosférica en la salud pública.

Durante la primera fase de *Apheis* (*Apheis-1*, 1999-2000), se alcanzaron dos objetivos fundamentalmente. En primer lugar, se definieron los mejores indicadores para la vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica en la salud pública en Europa. En segundo lugar, se realizó un estudio de viabilidad, mediante el cual se identificaron las instituciones con capacidad para implantar el sistema de vigilancia epidemiológica en los países participantes y se evaluó la capacidad de cada centro para llevar a cabo, durante la segunda fase de *Apheis*, las directrices indicadas por los grupos asesores (Medina et al, 2001).

En la segunda etapa del programa (*Apheis-2*, 2000-2001) se desarrolló la primera Evaluación de Impacto en Salud (EIS) aplicando las directrices establecidas en *Apheis-1*. Para ello, se consideraron como contaminantes atmosféricos humos negros y PM_{10} para evaluar el impacto sobre la mortalidad (excluyendo causas externas) y las admisiones hospitalarias por causa respiratoria y cardiaca. Entre otros resultados, se estimó que la reducción de la exposición a largo plazo de las concentraciones de PM_{10} en $5 \mu g/m^3$ en 19 ciudades europeas hubiera "evitado" entre 3.300 y 7.700 muertes prematuras anualmente (unas 17 muertes por 100.000 habitantes), de las cuales entre 500 y 1.000 estarían asociadas con la exposición a corto plazo. Ello demuestra que incluso pequeñas reducciones en los niveles de contaminación atmosférica podrían prevenir un gran número de muertes en la población europea (Medina et al, 2004). Por otra parte, si la exposición a largo plazo de las concentraciones de PM_{10} se situara en $40 \mu g/m^3$ (valor límite en vigor desde 2005) se podrían

prevenir del orden de veinticuatro muertes prematuras por cada 100.000 habitantes.

Para hacernos una idea de la importancia de estos datos, basta señalar que La tasa anual de 17 muertes prematuras por cada 100.000 habitantes por contaminación del aire es casi 4 veces la tasa anual de mortalidad por SIDA en los países incluidos en el proyecto, 2,6 veces la tasa anual de mortalidad por leucemia y 1,5 veces la tasa anual de mortalidad por accidentes de tráfico.

La tercera fase de *Apheis* (*Apheis-3*, 2002-2003) se planteó con varios objetivos. En primer lugar, desarrollar una estrategia de comunicación del impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud dirigida a los gestores que influyen sobre las políticas de calidad del aire. Otro de los objetivos fue actualizar la EIS, teniendo en cuenta nuevos contaminantes ($PM_{2,5}$: partículas de diámetro menor de 2,5 μm) y nuevos efectos específicos en la salud (como por ejemplo, la mortalidad por causa cardiovascular). Además, se mejoró la estimación del impacto a corto y largo plazo de la contaminación atmosférica introduciendo innovaciones metodológicas y nuevas funciones exposición-respuesta. Por último, se calculó la reducción en la esperanza de vida atribuible a los niveles actuales de contaminantes.

Apheis-3 muestra el impacto que la contaminación atmosférica tiene en 26 ciudades de 12 países europeos, reforzando las conclusiones de *Apheis 2* que ya señalaban las amenazas que suponían para la salud pública la contaminación atmosférica de los núcleos urbanos en Europa. A continuación se presentan de forma más detallada algunos de los resultados de *Apheis-3*.

Con objeto de ordenar este bloque, en primer lugar se van a exponer algunos datos demográficos, como es la población expuesta en cada una de las 26 ciudades que incluyen *Apheis 3*, así como los contaminantes que se han analizado en cada una de estas ciudades y los niveles que se han alcanzando para cada uno de ellos. Una vez expuesta la situación se procede a ver el impacto que estos niveles de contaminación tienen en la salud de la población, a través de los indicadores: mortalidad anual por todas las causas, mortalidad anual por problemas cardiovasculares, respiratorios, y por cáncer de pulmón. Para terminar se expondrán los beneficios que supondrían para la salud pública los distintos escenarios propuestos por *Apheis-3* y que se traducen en número de muertes prematuras que podrían evitarse al año y los años potenciales de vida que podrían ganarse de limitar la exposición a contaminantes atmosféricos.

La tasa anual de 17 muertes prematuras por cada 100.000 habitantes por contaminación del aire es casi 4 veces la tasa anual de mortalidad por SIDA, 2,6 veces la tasa de mortalidad por leucemia y 1,5 veces la tasa anual de mortalidad por accidentes de tráfico.

Características Demográficas

Apheis-3 abarca un total de 38.669.292 personas. Londres, París, Atenas, Madrid y Roma suponen algo más de la mitad de la población expuesta (el 56%). Entre las ciudades *Apheis* que cuentan con más peso de población mayor de 65 años se encuentran Barcelona, Madrid y

Ljubljana (2 de cada 10 personas), seguidas muy de cerca por otras dos ciudades españolas Bilbao y Valencia. En el extremo opuesto encontramos las ciudades de Lille, Dublín, Bucarest y París donde sólo 1 de cada 10 personas superan los 65 años.⁶

■ **Tabla 6.15.** Características Demográficas de las 26 ciudades *Apheis-3*

Ciudad	Año	Población (n°)	Población > 56 años (%)
Atenas	2001	3188305	15,9
Barcelona	2000	1512971	21,9
Bilbao	2001	708395	19,3
Bordeaux	1999	584164	15,8
Bucarest	2000	2009200	13,0
Budapest	2000	1797088	18,7
Celje	2000	48943	14,9
Cracow	2000	737927	13,6
Dublin	2002	495781	12,8
Gothenburg	2000	462470	16,4
Le Havre	1999	254585	15,1
Lille	1999	1091156	12,8
Ljubljana	2000	263585	20,9
London	2001	6796900	13,8
Lyon	1999	782828	15,7
Madrid	2000	2938723	21,4
Marseille	1999	856165	18,7
París	1999	6164418	13,2
Rome	2000	2643581	18,0
Rouen	1999	434924	15,2
Seville	2000	700715	13,9
Stockholm	2000	1173000	15,6
Strasbourg	1999	451133	13,3
Tel aviv	1998	1139360	15,0
Toulouse	1999	690162	13,5
Valencia	2000	742813	19,0

• Fuente: *Apheis 3*

La contaminación atmosférica hace referencia a la alteración de la atmósfera terrestre por la adición de elementos extraños que pueden ocasionar efectos perjudiciales sobre la salud del hombre y otros seres vivos, así como daños materiales. Sin embargo, la mayoría de los estudios epidemiológicos utilizan como indicador de la exposición a la contaminación del aire las partículas en suspensión (PM) para analizar el efecto que tienen en la salud de la población. La Organización Mundial de la Salud (OMS) en una revisión reciente de estudios epidemiológicos, sostiene que

las PM son responsables de la mayoría de los efectos que la contaminación del aire tiene sobre la mortalidad y la morbilidad. Conclusiones confirmadas a su vez por evidencias toxicológicas. A partir de los estudios epidemiológicos se generan las funciones exposición-respuesta que luego se utilizan para las Evaluaciones de Impacto en la Salud (EIS).

La Directiva europea 1999/30/EC establece los valores límites establecidos para el dióxido de azufre, todos los óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire, para las PM₁₀ se

La Organización Mundial de la Salud (OMS) sostiene que las PM son responsables de la mayoría de los efectos que la contaminación del aire tiene sobre la mortalidad y la morbilidad.

⁶ En el capítulo 4, se señaló que existen tres grupos especialmente vulnerables a la contaminación del aire: los niños, las personas mayores de 65 años y aquellos que sufren enfermedades cardíacas o respiratorias.

6.4. LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SUPONE UNA AMENAZA PARA LA SALUD PÚBLICA EN EUROPA

considera el valor límite diario de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, no debiendo superarse este nivel más de 35 días al año a partir de 2005 o 7 días al año a partir de 2010 en todos los estados miembros. El valor límite anual no debería exceder los 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 1 de enero del 2005 y los 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2010.

Apheis seleccionó los siguientes indicadores de partículas para su estudio: Los Humos Negros, las PM_{10} , y las $\text{PM}_{2.5}$, estas últimas apoyadas en las evidencias recientes (WHO 2003, 2004) y atendiendo a las próximas directivas europeas.

- **Humos Negros⁷ (HN) se han medido en 16 ciudades:** Atenas, Barcelona, Bilbao, Bourdeaux, Celje, Cracow, Dublín, Le Havre, Lille, Ljubljana, Lyon, London, Marseille, Paris, Rouen y Valencia.
- **PM_{10} se han medido en 21 ciudades:** Atenas, Bilbao,

Bourdeaux, Celje, Cracow, Gothenburg, Le Havre, Lille, Ljubljana, Lyon, London, Madrid, Marseille, Paris, Roma, Rouen, Sevilla, Stockholm, Stransbourg, Tel Aviv y Toulouse. Bucarest y Budapest convirtieron las TSP en PM_{10} .

- **$\text{PM}_{2.5}$ se han calculado en 12 ciudades:** Bourdeaux, Gothenburg, Le Havre, Lille, London, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Stockholm, Stransbourg y Toulouse. Para el resto de las ciudades el impacto de las $\text{PM}_{2.5}$ se han calculado a partir de las PM_{10} utilizando factores de conversión.

La mayoría de las ciudades han mostrado una reducción de sus Humos Negros, con respecto a la segunda fase de *Apheis*. Los niveles más altos ($> 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se encuentran en Lyon, Barcelona y Cracow. Las que mostraron niveles más bajos ($< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) son Dublín, Le Havre, Londres y Rouen.

■ **Tabla 6.16.** Niveles de PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y Humos Negros ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en las 26 ciudades *Apheis*

Ciudad	Año	PM_{10} corregido				$\text{PM}_{2.5}$ convertido				Humos negros			
		Media	Desviación Típica	P5	P95	Media	Desviación Típica	P5	P95	Media	Desviación Típica	P5	P95
Atenas	2001									32	13	11	59
Barcelona	2002												
Bilbao	2000/2002	36	17	1						13	6	9	25
Bordeaux	2000	20	10	9	43	13	6	6	25	11	11	3	33
Bucarest	2000	61	20	40	88								
Budapest	2000	29	12	13	50								
Celje (Eslovenia)	2000	36	20	11	70					14	16	1	47
Cracow	2000	32	18	12	70					31	28	8	94
Dublin	2000									9	5	3	18
Gothenburg	2000	18	10	6	36	9	5	3	18				
Le Havre	2000/2002	21	8	11	39	13	8	6	29	7	7	2	19
Lille	2001	26	15	12	48	16	11	7	31	10	4	6	18
Ljubljana	2000	32	24	4	72					15	17	3	44
London	2001	22	8	13	38	13	6	7	24	9	6	3	21
Lyon	2000/2001	23	12	10	45					48	21	20	87
Madrid	2000	37	17	15	69								
Marseille	2000/2002	27	10	13	42	18	8	8	33	18	13	5	43
Paris	2000	22	9	12	37	14	7	7	26	16	11	6	34
Rome	2001	47	17	25	77								
Rouen	2001/2002	21	9	12	38	15	8	7	29	8	7	3	24
Seville	2000	44	12	27	65								
Stockholm	2000	17	9	7	34	9	4	5	18				
Strasbourg	2002	23	12	9	46	16	10	6	34				
Tel aviv	1998	66	119	29	105								
Toulouse	2000	24	10	11	44	16	7	7	30				
Valencia	2000									20	11	8	40

• Fuente: Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. *Apheis* 3

• Nota: PM_{10} corregido: Mediciones de PM_{10} corregidas por un factor de corrección local o europeo. $\text{PM}_{2.5}$ convertido: Mediciones de $\text{PM}_{2.5}$ convertidos desde las PM_{10} a través de un factor de corrección europeo o local.

⁷Según la definición que aparece en la Orden de 22 de marzo de 1990 con respecto al método de referencia para humo normalizado, se entiende por humo normalizado las partículas finas, de origen carbonoso, suspendidas en el medio ambiente atmosférico, que absorben luz y pueden ser medidas por reflectometría después de haber sido recogidas sobre un filtro.

Atenas es la ciudad con mayor nivel de humos negros ($77 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Una de las razones que podrían explicarlo es la ubicación de las estaciones de medida que se encuentran en el centro de Atenas y son caracterizadas como estaciones para medir el tráfico.

En relación a las PM_{10} , los niveles más altos se encuentran en Tel Aviv ($61 \mu\text{g}/\text{m}^3$), parcialmente influido por los vientos procedentes del desierto. Entre 1996 y 1998 los niveles de PM_{10} en esta ciudad se han incrementado en un 15% ($8,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Bucarest también muestra niveles elevados de PM_{10} ($61 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pero a diferencia de Tel Aviv, ha reducido sus niveles. Debe considerarse que en esta ciudad solo se recogen medidas durante cuatro días de la semana (de lunes a jueves), lo que podría explicar estos niveles tan altos. Atenas muestra elevados niveles de PM_{10} ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$), aunque debe tenerse en cuenta que cuatro de las seis estaciones tienen como objeto medir el tráfico.

Roma y Sevilla registran niveles de PM_{10} superiores al límite medio anual ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) establecido para el 2005, cuando la mayoría de las ciudades se encuentran en el rango entre 20 y $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gotherburg y Stockolm arrojan niveles por debajo de los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En cuanto a las $\text{PM}_{2,5}$, existe un amplio rango en las ciudades que van desde $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Gothenburg a los $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Stockolm y Marsella.

Evaluación del impacto de los Humos Negros, las PM_{10} , y las $\text{PM}_{2,5}$ en la salud en los distintos escenarios propuestos por Aphis-3

Para estimar el impacto en salud de la contaminación atmosférica, se diseñaron distintos escenarios posibles con el objeto de estimar los beneficios que reportarían para la salud una reducción de los niveles de contaminación de los distintos contaminantes atmosféricos.

Al ser pocas las ciudades que tienen exposiciones a partículas con niveles superiores a los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el escenario que propone reducir la exposición de los niveles de HN, PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ hasta niveles inferiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ supone nulos beneficios en términos de salud para la población de ciudades que no superan estos niveles. El segundo escenario ($< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) supone beneficios para la mayoría de las ciudades europeas analizadas. Y en el último de los escenarios, que es también el más modesto y conservador (tan solo supone una reducción media de exposición diaria de HN y PM_{10} en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de $\text{PM}_{2,5}$ en $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con independencia de los niveles observados en las ciudades) es en donde se dan beneficios para todas ellas.⁸

⁸ Por razones de espacio sólo vamos a incluir las figuras del tercer escenario.

A) Impacto en la salud por la reducción de la exposición a los niveles de Humos Negros (HN)

Con el objeto de ver el impacto que las Humos Negros tienen en la salud de la población, *Apheis* a partir de las Evaluaciones de Impacto ha estimado el número de muertes prematuras por todas las causas, por problemas cardíacos y respiratorios que podrían evitarse de darse los siguientes escenarios y lo ha calculado para una exposición a corto plazo (1-2 días).

Los escenarios propuestos y analizados por el programa *Apheis* son:

- Reducción de los niveles de HN con niveles de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Reducción de los niveles de HN $< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Si se redujesen en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ los niveles medios diarios de HN.

Impacto en la salud por la reducción de la exposición a los niveles de Humos Negros (HN)

A.1 MORTALIDAD POR TODAS LAS CAUSAS

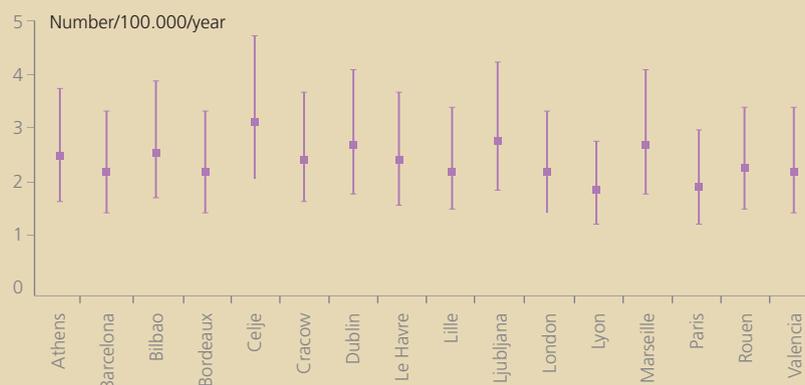
Escenario ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$): Se realizaron mediciones de HN para 16 ciudades, que contabilizan un total de 24.663.565 personas, la Evaluación de Impacto en Salud (EIS) estimó que manteniendo los mismos riesgos relativos un total de 572 muertes prematuras podrían prevenirse si la exposición a corto plazo de HN se redujese hasta los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las ciudades que mayores beneficios obtendrían para la salud de su población en este escenario serían Atenas donde 30 muertes de cada 100.000 habitantes podrían evitarse, seguida de Lyon con 11 muertes, Cracow con 7 y Barcelona con 5 muertes de cada 100.000 habitantes.

En el segundo de los escenarios propuestos ($\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$): el número de muertes prematuras que podrían prevenirse si la exposición a corto plazo de HN se redujese hasta los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sería de 1296 (o una media de 5 muertes/100.000 habitantes).

El tercer escenario (reducción en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$): Un total de 557 muertes prematuras podrían evitarse al año para el conjunto de las 16 ciudades estudiadas (o lo que es lo mismo una media de 2 ó 3 muertes prematuras por cada 100.000 habitantes) de reducirse los niveles diarios de HN en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 6.19. Estimación de número de muertes prematuras por cada 100.000 habitantes si la exposición a corto plazo de HN se redujese en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mortalidad por todas las causas.



• Fuente: Medina S, Boldo E et al. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third year report, 2002-2003.

Impacto en la salud por la reducción de la exposición a los niveles de Humos Negros (HN)

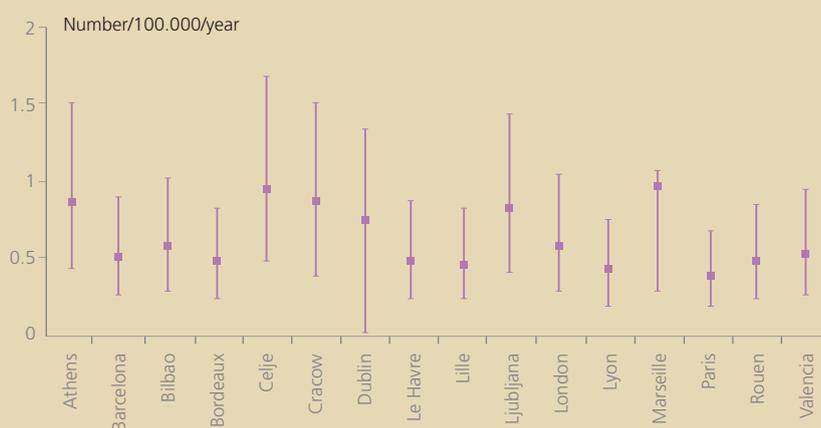
A.2 MORTALIDAD CARDIOVASCULAR

Escenario (HN $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$): En las 16 ciudades para las que se han medido los HN, si se mantuviesen las mismas condiciones, 188 muertes de origen cardiovascular por cada 100.000 habitantes podrían evitarse si se redujese el nivel de exposición de HN hasta los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Escenario (HN $\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$): La Evaluación de impacto en la salud estima que para este segundo escenario el número de muertes que podrían evitarse ascendería hasta 405 por cada 100.000. Los beneficios que producen este escenario son bajos para todas las ciudades excepto para Atenas, Lyon, Cracow y Barcelona.

Escenario (HN en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$): Si los niveles diarios de HN se redujesen en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las 16 ciudades, la EIS estimó que un total de 142 muertes cardiovasculares prematuras al año podrían evitarse.

Figura 6.20. Estimación de número de muertes prematuras por cada 100.000 habitantes si la exposición a corto plazo de HN se redujese en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mortalidad por problemas cardiovasculares.



• Fuente: Medina S, Boldo E et al. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third year report, 2002-2003.

Impacto en la salud por la reducción de la exposición a los niveles de Humos Negros (HN)

A.3 MORTALIDAD RESPIRATORIAS

Escenario ($\text{HN} \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$): Los beneficios que este escenario tiene para todas las ciudades (excepto para Atenas y Lyon) son extremadamente escasos.

En las 16 ciudades, la reducción en la exposición diaria de los HN hasta niveles de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sólo evitaría 47 muertes prematuras anuales de origen respiratorio por cada 100.000 habitantes.

Escenario ($\text{HN} \leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$): En las 16 ciudades para las que se han realizado mediciones, la EIS encontró que manteniendo el resto de las variables en igualdad de condiciones, 109 muertes prematuras anuales por problemas respiratorios podrían evitarse si la exposición a corto plazo de HN se redujese hasta los niveles de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La evaluación estimó que total 61 muertes prematuras por problemas respiratorios anuales podrían prevenirse en este escenario.

Escenario (en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$): Estas ciudades comprenden un total de 24.209.632 ciudadanos, la EIS encontró que 557 muertes (con un rango que va entre las 337 y las 817) podrían prevenirse si la exposición a corto plazo a humos negros se redujese en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De entre ellas, 142 serían muertes por causas cardíacas y 61 por problemas respiratorios.

Figura 6.21. Estimación de número de muertes prematuras por cada 100.000 habitantes si la exposición a corto plazo de HN se redujese en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mortalidad por problemas respiratorios.



• Fuente: Medina S, Boldo E et al. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third year report, 2002-2003.

B) Impacto en la salud de la población por la reducción de los niveles de PM₁₀

Al igual que con el Humos Negros, con el objeto de ver el impacto de las PM₁₀, *Apheis* ha estimado el número de muertes prematuras por todas las causas, problemas cardíacos y respiratorios que podrían evitarse de darse los siguientes escenarios y lo ha calculado teniendo en cuenta

ta que la exposición puede ser a corto (1-2 días), a medio plazo (hasta 40 días) o a largo plazo (años).

Escenarios:

- Con niveles de PM₁₀ ≤ 50 µg/m³
- Con niveles de PM₁₀ ≤ 20 µg/m³
- Si se redujesen en 5 µg/m³

Impacto en la salud de la población por la reducción de los niveles de PM₁₀

B.1 POR TODAS LAS CAUSAS DE MORTALIDAD

Reducción de PM₁₀ hasta ≤ 50 µg/m³: Entre 559 y 1150 muertes prematuras podrían evitarse por la exposición a corto y medio plazo a las PM₁₀ de reducirse los niveles hasta 50 µg/m³ en todas las ciudades. Las ciudades que mayores beneficios obtendrían serían Atenas, Bucarest y Tel Aviv.

En el escenario (PM₁₀ ≤ 20 µg/m³), esta reducción a largo plazo (que coincide con el valor límite para el 2010) suponen beneficios para todas las ciudades. El número de muertes prematuras por cada 100.000 habitantes que podrían prevenirse sería de 161 para Atenas, 165 para Bucarest, 117 para Cleje, 125 para Roma y 194 para Tel Aviv. Se estima que una media de 60 muertes al año por cada 100 000 habitantes podrían evitarse en estas ciudades. La EIS calcula que este escenario podría evitar un total de 21.828 muertes/año en las ciudades arriba mencionadas. Y a medio y corto plazo, esta reducción supondría que entre las 2.580 y las 5.240 el número de muertes que podrían evitarse al año. Las ciudades suecas (Estocolmo y Gothenburgo) no obtendrían ningún beneficio con este escenario, ya que sus niveles de PM₁₀ están por debajo del límite establecido (20 µg/m³).

Escenario (reducción en 5 µg/m³), si la media anual de los niveles de PM₁₀ se redujese en 5 µg/m³ en las 23 ciudades antes expuestas, la reducción de número de muertes prematuras por cada 100.000 habitantes se situaría en un rango que iría desde las 28 en Budapest hasta 13 en Toulouse. La media de muertes prematuras evitables sería de 17/100.000 habitantes. La Evaluación de Impacto estima que de mantenerse las mismas circunstancias, este escenario supondría poder evitar 6.143 muertes prematuras si la exposición fuese a largo plazo. Si la exposición fuese a corto y medio plazo el número de muertes evitables se situaría entre 868 y 1.739 muertes prevenibles al año respectivamente. A la hora de interpretar los datos hay que tener en cuenta que los beneficios que se obtendrían en el escenario a largo plazo comprenden los que se obtendrían a corto y medio plazo.

La Evaluación de Impacto estima que este escenario supondría evitar 6.143 muertes prematuras anuales a largo plazo. Si la exposición fuese a corto y medio plazo el número de muertes evitables se situaría entre 868 y 1.739 anuales.

Figura 6.22. Número de muertes por todas las causas que podrían evitarse a corto, medio y largo plazo al año de situarse los niveles de PM₁₀ en 5 µg/m³



• Fuente: Medina S, Boldo E et al. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third year report, 2002-2003.

Impacto en la salud de la población por la reducción de los niveles de PM₁₀

B.2 MORTALIDAD POR PROBLEMAS CARDIOVASCULARES

En el escenario (PM₁₀ ≤ 50 µg/m³): De conseguir reducir los niveles de PM₁₀ hasta los 50 µg/m³ podrían evitarse una media de 2 muertes por cada 100.000 habitantes anuales en 23 ciudades europeas.

En números absolutos, la EIS estima que 877 muertes por problemas cardiovasculares podrían evitarse al año, de las que 412 serían por una exposición a corto plazo, en el conjunto de las 23 ciudades si cada una de ellas redujese sus niveles de PM₁₀ hasta los 50 µg/m³.

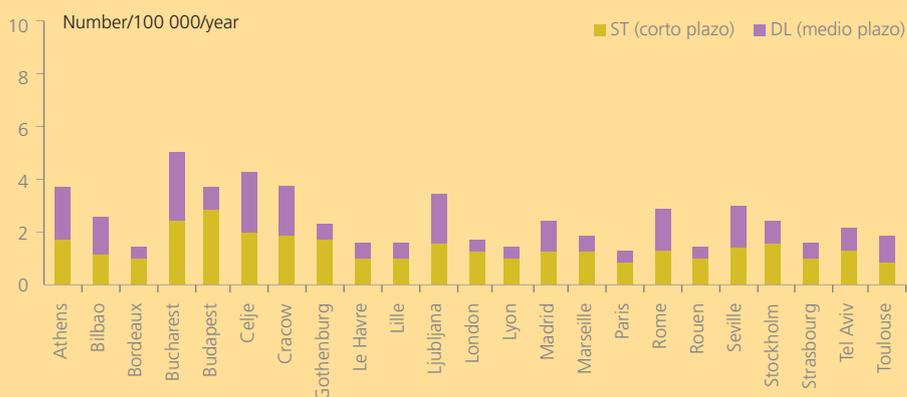
En el escenario (PM₁₀ ≤ 20 µg/m³), si los valores medios diarios de PM₁₀ se redujesen hasta los 20 µg/m³ (valor límite para el 2010) se podrían evitar una media de 10 muertes prematuras por razones cardiovasculares por cada 100.000 habitantes.

La Evaluación de impacto estimó que un total de 3.458 muertes prematuras por razones cardiovasculares podrían evitarse al año (de ellas 1.741 por la exposición a corto plazo) si la exposición a corto y medio plazo de los niveles PM₁₀ se redujese hasta los 20 µg/m³ en cada ciudad.

Para el tercer de los escenarios posibles, observamos que si los niveles medios de PM₁₀ se redujesen en 5 µg/m³ en las 23 ciudades para las que se han medido los PM₁₀, la mortalidad cardiovascular podría reducirse en una media de 2 muertes por cada 100.000 habitantes.

La Evaluación de Impacto estima que un total de 897 muertes cardiovasculares anuales podrían evitarse (de ellas 527 por la exposición a corto plazo) si la exposición a corto y medio plazo a concentraciones de PM₁₀ se redujesen en 5 µg/m³ en cada una de estas ciudades europeas.

Figura 6.23. Número de muertes por problemas cardiacos que podrían evitarse cada 100.000 habitantes a corto y medio plazo al año de situarse los niveles de PM₁₀ en 5 µg/m³



• Fuente: Medina S, Boldo E et al. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third year report, 2002-2003.

Impacto en la salud de la población por la reducción de los niveles de PM₁₀

B.3 MORTALIDAD POR CAUSAS RESPIRATORIAS

En el escenario (PM₁₀ ≤ 50 µg/m³): Si el nivel de PM₁₀ se redujese en todas las ciudades hasta niveles de 50 µg/m³, y se mantuviesen igual el resto de las condiciones, se podría evitar 1 muerte prematura anual por cada 100.000 habitantes en el conjunto de estas 23 ciudades. Las ciudades más beneficiadas de esta reducción son aquellas que mayor número de días exceden estos niveles: Budapest (4/100.000) Atenas y Tel Aviv (3/100.000).

Se estima que en este escenario un total de 288 muertes prematuras anuales por razones respiratorias podrían evitarse (de ellas 87 por una exposición a corto plazo) si la exposición a corto y medio plazo de PM₁₀ se redujesen hasta los 50 µg/m³ en cada ciudad.

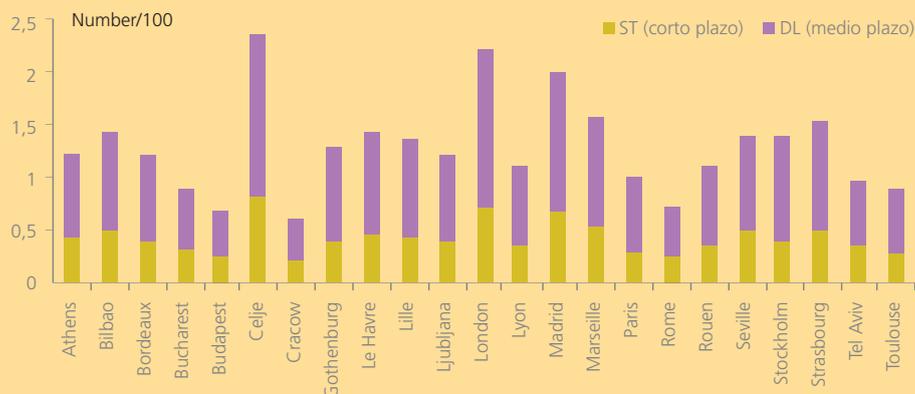
En el escenario (PM₁₀ ≤ 20 µg/m³): En este segundo escenario podrían evitarse 4 muertes prematuras por cada 100 000 habitantes al año. Los beneficios potenciales que se obtendrían varían de una ciudad a otra, las ciudades más beneficiadas serían Atenas, Celje (9 muertes prematuras/100.000 habitantes), Bucarest, Tel Aviv (8,7/100.000 y 8,4/100.000 habitantes respectivamente) seguida de Sevilla (7,7/100.000) Ljubljana y Roma (4/100.000 y 4,6/100.000).

La evaluación estima que un total de 1.348 muertes prematuras anuales por razones respiratorias (de ellas 429 por exposición a corto plazo) podrían evitarse por una exposición a corto y medio plazo.

En el tercer escenario (reducción en 5 µg/m³): Si los valores medios diarios de PM₁₀ se redujesen en 5 µg/m³ en las 23 ciudades para las que se han medido los PM₁₀, y se mantuviesen los riesgos relativos, el mayor número de muertes prematuras que podrían evitarse se conseguiría en Celje, Londres y Madrid y oscilaría entre entre 2 y 2,5/100.000 habitantes. Se calcula se podrían evitar, como media para el conjunto de las 23 ciudades una muerte prematura al año por cada 100.000 habitantes. A corto y medio plazo se estima que podrían evitarse un total de 489 muertes prematuras (162 por una exposición a corto plazo).

Si todas las ciudades redujesen la exposición de PM₁₀ en 5 µg/m³ se podrían evitar un total de 6.143 muertes prematuras por una exposición a largo plazo (LP) y entre 868-1.739 por la exposición a corto plazo (CP). Del total por problemas cardiovasculares, se evitarían 897 muertes derivadas por una exposición a largo plazo (LP) y 527 por exposición a corto plazo (CP), y por causas respiratorias se estimaron un total de 489 muertes por una exposición a largo plazo y 162 por una exposición a corto plazo.

Figura 6.24. Número de muertes prematuras por problemas respiratorios que podrían evitarse por cada 100.000 habitantes si los niveles de PM₁₀ se redujesen en 5 µg/m³



• Fuente: Medina S, Boldo E et al. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third year report, 2002-2003.

C) Impacto en la salud de la población por la reducción de los niveles de PM_{2,5}

Apheis propuso tres escenarios posibles para evaluar los efectos que la exposición a largo plazo (un año) tienen las PM_{2,5} sobre la salud de la población.

Escenarios:

- Reducción del valor medio anual de la exposición de PM_{2,5}

hasta el nivel de 20 µg/m³ y hasta niveles de 15 µg/m³.
- Reducción en 3,5 µg/m³ el valor medio anual de PM_{2,5} (equivalente al 5 µg/m³ de las PM₁₀).

Los indicadores de salud sobre los que se realizaron estimaciones fueron: mortalidad por todas las causas, mortalidad cardiopulmonares y por cáncer de pulmón. Además se incluye el número de años potenciales de vida ganados de reducir los niveles de PM_{2,5} hasta los 15 µg/m³.

Impacto en la salud de la población por la reducción de los niveles de PM_{2,5}

C.1 POR TODAS LAS CAUSAS DE MORTALIDAD

Escenario (PM_{2,5} ≤ 20 y ≤ 15 µg/m³): Si en las 23 ciudades en donde se han medido la exposición a largo plazo de las PM_{2,5} se mantuviesen igual el resto de condiciones y los niveles de exposición se redujesen hasta 20 µg/m³ y 15 µg/m³ respectivamente supondrían el siguiente descenso en número de muertes prematuras: 140/165 en Bucarest, 115/139 en Tel Aviv, 106/127 Roma, 88/122 en Celje, 73/96 Sevilla, 62/86 Cracow, 60/85 Atenas, 57/98 en Budapest, 55/80 en Bilbao y 49/76 en Ljubljana. El resto de las ciudades solo se benefician a partir de las reducciones de niveles inferiores a 15 µg/m³. Excepto las ciudades Suecas (Estocolmo y Gotenburgo) cuyos niveles de exposiciones se sitúan por debajo de estos niveles.

En las 23 ciudades europeas, como media se evitarían 32 muertes prematuras por cada 100.000 al año si se consiguiese reducir los niveles de PM_{2,5} hasta los 20 µg/m³, y la media ascendería hasta los 47 muertes prematuras por cada 100.000 habitantes si la reducción fuese hasta los 15 µg/m³. Si traducimos estas tasas a términos absolutos, tenemos que para el primer escenario (<20 µg/m³) en las 23 ciudades arriba mencionadas podrían prevenirse 11.375 muertes prematuras al año, y alcanzando la cifra de 16.926 muertes evitables al año para el segundo (<15 µg/m³).

En el segundo escenario (PM_{2,5} en 3,5 µg/m³) los mayores beneficios en términos de muertes prevenibles al año por cada 100.000 habitantes lo obtienen las ciudades de Budapest, Celje y Bucarest. Para las 23 ciudades se estima una media de 28 muertes prematuras al año por cada 100.000 habitantes de las que podrían evitarse, en términos absolutos, un total de 6.355.

Figura 6.25. Número de muertes prematuras al año por cada 100.000 que podrían evitarse en las 23 ciudades por la exposición a largo plazo de PM_{2,5} de reducirse los niveles hasta los 3,5 µg/m³



• Fuente: Medina S, Boldo E et al. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third year report, 2002-2003.

Impacto en la salud de la población por la reducción de los niveles de PM_{2,5}

C.2 MORTALIDAD CARDIOVASCULAR

Escenario (PM_{2,5} ≤ 20 y ≤ 15 µg/m³): Para las 23 ciudades se calcula una media de 22 muertes cardiopulmonares por cada 100.000 habitantes al año evitables de reducir los niveles de PM_{2,5} hasta los 20 µg/m³ y de 32/100 000 sí se redujesen hasta los 15 µg/m³. En términos absolutos serían un total de 8.053 muertes para el primer escenario y hasta las 11.612 muertes para el segundo.

En el segundo escenario (reducción en 3,5 µg/m³): Ante este escenario, Budapest, Celje, Bucarest y Atenas serían las ciudades que mayor número de muertes por problemas cardiopulmonar podrían evitar. La media de muertes evitables para estas 23 ciudades europeas se sitúa en 12 muertes prematuras por cada 100.000 habitantes. En términos absolutos, la Evaluación de Impacto en la Salud estima que se podrían evitar un total de 4.199 muertes prematuras por problemas cardiopulmonares en cada una de estas ciudades.

Si pasamos a ver el impacto que tendrían la reducción de los niveles de exposición a largo plazo de las PM_{2,5} en términos de mortalidad por cáncer de pulmón, las evaluaciones arrojan las siguientes cifras.

En el segundo escenario (reducción en 3,5 µg/m³): Budapest, Celje, Bucares y Atenas serían las ciudades que mayor número de muertes por problemas cardiopulmonar podrían evitar. La media de muertes evitables para estas 23 ciudades europeas se sitúa en 12 muertes prematuras por cada 100.000 habitantes. En términos absolutos, la Evaluación de Impacto en la Salud estima que se podrían evitar un total de 4.199 muertes prematuras por problemas cardiopulmonares en cada una de estas ciudades.

Figura 6.26. Impacto en la salud de la exposición a largo plazo de las PM_{2,5} en las tasas de mortalidad cardiopulmonar. Reducción de los niveles de PM_{2,5} en 3,5 µg/m³. Número de muertes por cada 100.000 habitantes



• Fuente: Medina S, Boldo E et al. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third year report, 2002-2003.

Impacto en la salud de la población por la reducción de los niveles de PM_{2,5}

C.3 MORTALIDAD POR CÁNCER DE PULMÓN

Escenario (PM_{2,5} ≤ 20 y ≤ 15 µg/m³): Si los niveles de exposición de PM_{2,5} se redujesen hasta los 20 µg/m³ se podrían prevenir una media de 4 muertes por cáncer de pulmón por cada 100.000 habitantes (1.296 muertes en términos absolutos al año). En el caso de que los niveles de exposición se redujesen hasta los 15 µg/m³ por término medio se podrían prevenir 5 muertes por cada 100.000 al año (o lo que es lo mismo 1.901 muertes prematuras por cáncer de pulmón podrían evitarse al año).

En el segundo escenario (PM_{2,5} en 3,5 µg/m³): Las ciudades que obtendrían mayores beneficios serían Budapest, Estrasburgo, Roma y Celje. Una media de 2 muertes prematuras por cáncer de pulmón por cada 100 000 habitantes podrían prevenirse al año si los niveles de PM_{2,5} se redujesen en 3,5 µg/m³ en estas ciudades. Lo que en números absolutos supondría que 743 muertes prematuras por cáncer de pulmón podrían evitarse al año en el total de las 23 ciudades para las que se han realizado estas estimaciones.

Figura 6.27. Impacto a largo plazo de las PM_{2,5} en la mortalidad por cáncer de pulmón. Reducción de 3,5 µg/m³. Número de muertes por cada 100.000 habitantes.



• Fuente: Medina S, Boldo E et al. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third year report, 2002-2003.

Impacto en la salud de la población por la reducción de los niveles de PM_{2,5}

C.4 AÑOS POTENCIALES GANADOS DE ESPERANZA DE VIDA

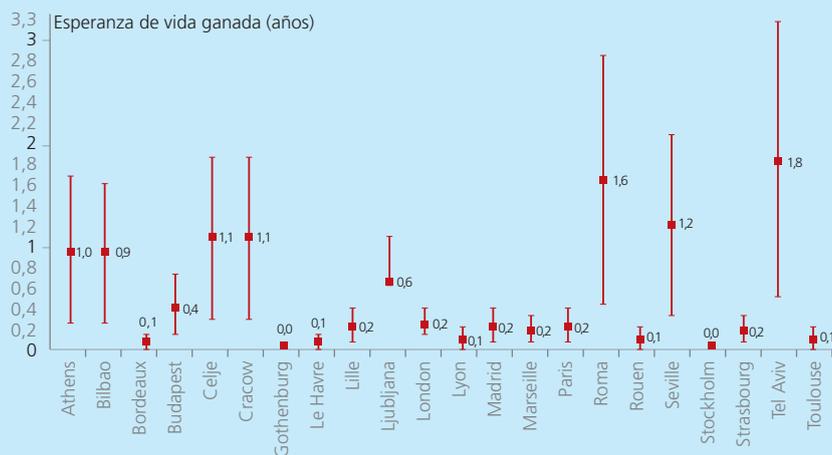
Otro indicador que también nos permite ver el impacto que tiene para la salud la reducción de los niveles de exposición de las PM_{2,5} hace referencia a los años potenciales de vida que una persona de 30 años podría ganar en el caso de reducir los niveles de PM_{2,5} hasta los 15 µg/m³.

De mantenerse los mismos riesgos relativos, en el escenario en que los niveles de PM_{2,5} no excedan los 15 µg/m³, la EIS estima que una persona de 30 años de edad podría ganar una media de entre 2 y 13 meses de vida por los riesgos asociados a la muerte por otras causas.

En este escenario la esperanza de vida ganadas beneficiaria a todas las ciudades. Sin embargo, Tel Aviv, Roma y Sevilla seguidas aunque en menor grado de Celje, Cracow, Atenas, Bilbao y finalmente Ljubljana y Budapest serían las que se beneficiarían más. Las ciudades Suecas no obtendrían beneficios porque ya tienen niveles de PM_{2,5} por debajo de 15 µg/m³. (tomando como referencia este escenario)

De mantenerse los mismos riesgos relativos, en el escenario en que los niveles de PM_{2,5} no excedan los 15 µg/m³. La EIS estima que una persona de 30 años de edad podría ganar una media de entre 2 y 13 meses de vida por los riesgos asociados a la muerte por otras causas.

Figura 6.28. Años potenciales de vida ganados a la edad de 30 años si la media anual de PM_{2,5} no exceden los 15 µg/m³



• Fuente: Medina S, Boldo E et al. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third year report, 2002-2003.

6.4. LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SUPONE UNA AMENAZA PARA LA SALUD PÚBLICA EN EUROPA

PRINCIPALES CONCLUSIONES QUE SE OBTIENEN DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS PRESENTADOS POR APHEIS-3, Y QUE MUESTRAN LOS BENEFICIOS QUE PARA LA SALUD PÚBLICA SUPONER REDUCIR LOS NIVELES DE PARTÍCULO-

LAS (PM₁₀, PM_{2,5} Y HN) EN EL AIRE.

En la siguiente tabla se recogen el número de muertes anuales que podrían evitarse para cada uno de los escenarios y las partículas en suspensión.

■ **Tabla 6.17.** Estimaciones de Apehis-3 sobre los beneficios para la salud que suponen los distintos escenarios de reducción de exposición a contaminantes en términos de potenciales reducciones de muertes prematuras y nº muertes por cada /100 000.

Indicador de contaminación atmosférica	Escenarios HIA	Corto Plazo (1-2 días)		A medio Plazo (hasta 40 días)		A largo Plazo (> 40 días)		
		Nº Muertes	NºMuertes/100.000 año	Nº Muertes	NºMuertes/100.000 año	Nº Muertes	NºMuertes/100.000 año	
HUMOS NEGROS TODAS LAS CAUSAS DE MORTALIDAD	< 50 Ug/m ³	572	2					
	<20	1296	5					
	en 5	557	2					
	MORTALIDAD CARDIOVASCULAR	< 50 Ug/m ³	188	1				
		<20	405	2				
		en 5	142	1				
	MORTALIDAD RESPIRATORIA	< 50 Ug/m ³	47	0,2				
		<20	109	0,4				
		en 5	61	0,2				
PM ₁₀	< 50 Ug/m ³	559	2	1150	3			
	<20	2580	7	5240	15			
	en 5	868	2	1739	5			
	MORTALIDAD CARDIOVASCULAR	< 50 Ug/m ³	412	1	877	2		
		<20	1741	5	3458	10		
		en 5	527	2	897	2		
	MORTALIDAD RESPIRATORIA	< 50 Ug/m ³	87	0,2	288	1		
		<20	429	1	1348	4		
		en 5	162	0,5	489	1		
PM _{2,5}	< 50 Ug/m ³					11375	32	
	<20					16926	47	
	en 5					6355	18	
	MORTALIDAD CARDIOVASCULAR	< 50 Ug/m ³					8053	22
		<20					11612	32
		en 5					4199	12
	MORTALIDAD RESPIRATORIA	< 50 Ug/m ³					1296	4
		<20					1901	5
		en 5					743	2

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

Las principales conclusiones que se desprenden del informe son:

Para las PM₁₀

La UE ya ha establecido unos objetivos a perseguir en donde se fijan límites máximos de exposición para los distintos contaminantes con el objeto de reducir el impacto de la contaminación atmosférica en la salud. *Apehis* determino que mientras que la mayoría de las ciudades estudiadas consiguieron alcanzar el objetivo marcado para el 2005, (no superar la media anual de 40 µg/m³ de PM₁₀) 21 de ellas todavía exceden el valor limite establecido para el 2010 situado en <20 µg/m³, a pesar de ello 9 de ellas están próximas a conseguirlo.

En cuanto al impacto que supone la exposición a PM₁₀ a corto, medio y largo plazo, se estima que en las 23 ciudades en donde se han tomados medidas, y en donde residen 36 millones de personas, si se mantienen las mismas condiciones, una reducción de exposición hasta niveles inferiores a 20 µg/m³ en todas la ciudades, supondría poder prevenir anualmente 2.580 muertes prematuras, de las que 1.741 son por problemas cardiovasculares y 429 por problemas respiratorios. Esto son cifras solo para exposiciones a corto plazo (el día de la exposición y el posterior). El impacto que generaría esta reducción se duplicaría cuando se habla de una exposición a PM₁₀ de hasta 40 días, 5.240 muertes prematuras/año podrían evitarse, de ellas 3.458 muertes por razones cardiovasculares y 1.348 por problemas respiratorios. El impacto a largo plazo sería lógicamente aún mayor, alcanzando hasta las 21.385 muertes prematuras las que podrían prevenirse al año.

Para las PM_{2.5}

Una reducción de tan solo 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la exposición a las PM_{2.5} (o lo que es lo mismo pasar de exposiciones a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a <15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) supone unos beneficios de más de un 30% en términos de mortalidad por todas las causas y por causas específicas.

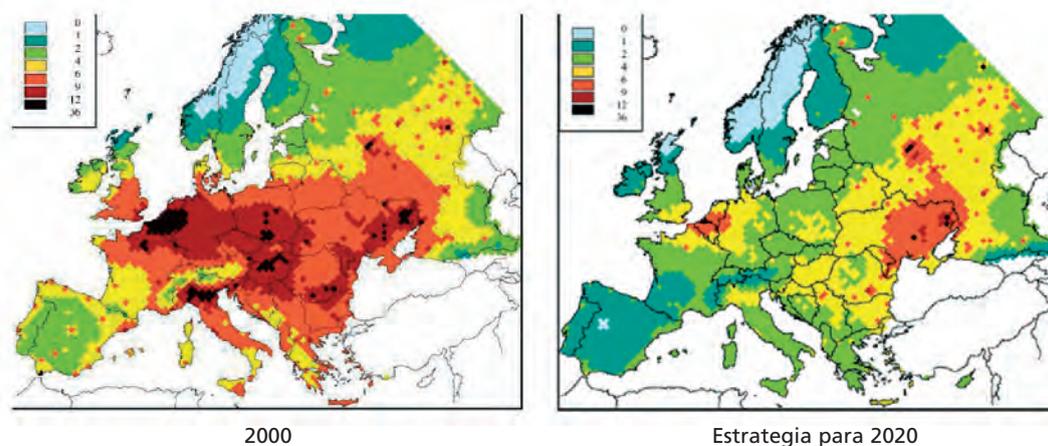
Las Evaluaciones de Impacto Ambiental de *Apheis 3* estiman que si la exposición a largo plazo de la exposición media anual de PM_{2.5} se redujera hasta alcanzar los 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en cada ciudad, se podrían prevenir un total de 11.375 muertes prematuras, de ellas 8.053 tendrían un origen cardiopulmonar y 1.296 se deberían a cáncer de pulmón. En el caso de que los niveles fuesen inferiores a 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se podrían prevenir hasta 16.926 muertes pre-

maturas, incluyendo 11.612 muertes cardiopulmonares y 1.901 por cáncer de pulmón.

En términos de esperanza de vida, si se mantuviesen los mismos riesgos relativos y la media anual de PM_{2.5} calculadas a partir de las PM₁₀ no excediesen de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los años potenciales de vida ganados para una persona de 30 años, podría alcanzar una media de entre 2 y 13 meses, consecuencia de la reducción de la mortalidad por todas las causas.

En los siguientes mapas se muestran los beneficios potenciales que supondría para la salud de la población alcanzar el objetivo marcado por la UE de reducir los niveles de PM_{2.5} para el año 2020, tomando como indicador el número de meses de vida ganados.

Figura 6.29. Cambios que se producirían en la pérdida de meses de vida por la reducción de emisión de contaminantes en la UE del 2000 en caso de cumplir con los niveles de contaminantes fijados como objetivos para el 2020



• Fuente: *Impact Assessment. COM (2005) The communication on Thematic Strategy on Air Pollution.*

Estas mejoras requerirían que para el 2020 se redujesen en la UE-25 el 82% de las emisiones de SO₂, el 60% de las de NO_x, 51% de VOCs, un 27% de NH₃ y un 59% las PM_{2.5}. Aspectos que por otro lado ya se recogen en la legislación actual.

En cuanto a los Humos Negros

Los Humos negros se consideran una buena aproximación a la contaminación atmosférica debida al tráfico. En las 16 ciudades en donde se midieron los humos negros, y que suponen un total de 24 millones de personas, manteniendo las mismas circunstancias si se produjese una

reducción que alcanzase un valor medio para las 24 horas de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se conseguirían prevenir anualmente 1.296 muertes anuales de las que 405 tendrían un origen cardiopulmonar y 109 respiratorio.

En términos generales, se puede concluir diciendo que las Evaluaciones de Impacto de la contaminación atmosférica en la salud de la población de las 26 ciudades europeas realizadas por *Apheis-3* permiten ver en qué medida la contaminación contribuye de manera significativa al total de la mortalidad.

En un escenario donde el resto de las variables o circuns-

Si se produjese una reducción que alcanzase un valor medio para las 24 horas de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas, se conseguirían prevenir anualmente 1.296 muertes anuales (405 de origen cardiopulmonar y 109 respiratorio).

6.4. LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SUPONE UNA AMENAZA PARA LA SALUD PÚBLICA EN EUROPA

tancias se mantengan iguales, la proporción de muertes por todas las causas de mortalidad atribuidas a una reducción hasta los niveles de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} sería un 0,9% de total de carga de la mortalidad en las ciudades donde se han realizado mediciones de PM_{10} . Esta proporción sería incluso mayor, 1,8% en el caso de las exposiciones a medio plazo (hasta 40 días de exposición) y se alcanzaría el 7,2% de carga de la mortalidad en el caso de la reducción a largo plazo.

Para los Humos Negros, solo se consideraron exposiciones a corto plazo. Manteniendo el resto de las condiciones, la proporción de todas las causas de mortalidad atribuible a la reducción hasta $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles de HN representaría un 0,7% del total de la carga de mortalidad.

La Exposición a largo plazo de $\text{PM}_{2,5}$ (convertidas desde PM_{10}), si el resto de las circunstancias son iguales la proporción de muertes por todas las causas de mortalidad atribuible a la reducción de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$ sería del 4% del total de la carga de la mortalidad.

En las 23 ciudades el escenario en donde las $\text{PM}_{2,5}$ se reducen hasta niveles inferiores a los $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se obtendría un efecto positivo en términos de años potenciales de vida ganados.

Con el objeto de proporcionar un marco conservador sobre el impacto que la contaminación atmosférica tiene sobre la salud pública en Europa, en *Apheis 3* como en *Apheis 2* se usó un número limitado de contaminantes

■ **Tabla 6.18.** Estimaciones de *Apheis* sobre las ciudades más beneficiados en un cambio de escenario sobre ciertos contaminantes.

Contaminante	Causa	Escenario	Ciudades*			
HN (Humos Negros)	A1	Todas las causas	$< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Atenas, Lyon, Cracow, Barcelona Todas las ciudades		
		A2	Mortalidad cardiovascular	$< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Atenas, Lyon, Cracow, Barcelona Todas las ciudades	
			A3	Mortalidad respiratoria	$< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Todas las ciudades
	PM ₁₀	B1		Todas las causas	$< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Atenas, Bucarest, Tel Aviv Atenas, Bucarest, Celje, Roma, Tel Aviv Todas las ciudades, en especial, Budapest
			B2	Mortalidad cardiovascular	$< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Todas las ciudades
				B3	Mortalidad respiratoria	$< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
		PM _{2,5}	C1		Todas las causas	$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3 \geq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
				C2	Mortalidad cardiovascular	$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3 \geq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
			C3		Mortalidad respiratoria	$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3 \geq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
C4				Años potenciales ganados de años de vida	$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3 \geq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $< 3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Todas las ciudades

* Ciudades más beneficiadas con el escenario.

• Fuente: Elaboración propia a partir de datos de *Apheis-3*.

atmosféricos y de indicadores de salud para estas Evaluaciones de Impacto Ambiental. *Aphis 3* también supuso una buena base para comparar o revisar metodologías y conclusiones en las distintas ciudades y explorar la importancia de la metodología de las EIS.

Las conclusiones de este informe vienen a apoyar el punto de vista de la Organización Mundial de la Salud que sostiene

que la reducción de la contaminación atmosférica tendrá beneficios seguros en la salud de la población. Así como sus fuertes recomendaciones sobre la necesidad de generar políticas de acción para reducir los niveles de contaminantes atmosféricos, incluyendo PM, NO₂ y ozono (WHO,2004) y profundizar en el conocimiento del efecto que producen estos contaminantes en colectivos de población vulnerable, como son los niños.

SALUD INFANTIL Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EUROPA

El impacto de la contaminación ambiental sobre la salud de los niños es un tema de gran importancia en Europa. En junio de 2004 los ministros de Salud y Medio Ambiente de la Región Europea de la OMS firmaron un Plan de Acción de Salud Infantil y Medio Ambiente en el que se marcan objetivos para la reducción de la mortalidad y la morbilidad por enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental, con atención especial al embarazo, la infancia y la adolescencia. En dicho plan se reconoce la necesidad de colaboración internacional y de investigación. Por otra parte, la Unión Europea en el VI Programa Marco de Investigación plantea como área prioritaria la investigación de la influencia de los alimentos y factores ambientales en la salud de grupos específicos, tales como los niños, mediante el estudio de complejas interacciones entre las exposiciones ambientales, la ingesta de alimentos y factores metabólicos, inmunitarios y genéticos. Más recientemente, la Unión Europea ha puesto en marcha una estrategia para reducir las enfermedades relacionadas con factores ambientales, con especial atención a los grupos más vulnerables de la sociedad y, en particular, a la infancia⁹. La nueva estrategia de medio ambiente y salud incorpora un planteamiento a largo plazo. El objetivo global de la estrategia es reducir las enfermedades causadas por los factores medioambientales en Europa. Para lograr dicho objetivo se reconoce la necesidad de ampliar los conocimientos sobre los problemas sanitarios vinculados con la degradación del medio ambiente, con el fin de prevenir las nuevas amenazas a la salud derivadas de la contaminación ambiental. La estrategia recibe la denominación de SCALE, correspondiente al acrónimo en inglés de los cinco elementos clave en los que descansa (Science, Children, Awareness, Legal instrument, Evaluation). La estrategia se aplicará en varios ciclos. El primer ciclo, correspondiente al período 2004 - 2010, se centrará en cuatro efectos sobre la salud:

- Las enfermedades respiratorias infantiles, el asma, las alergias;
- Los trastornos del desarrollo neurológico;
- El cáncer infantil;
- Los efectos de perturbación endocrina.

Un trabajo reciente llevado a cabo con el objeto de proporcionar información de base para el desarrollo del Plan de Acción sobre medio ambiente y salud infantil en la Región Europea (Valent et al, 2004) informa que en Europa, entre el 1.8 y el 6.4% de las muertes en niños de 0 a 4 años son debidas a contaminación atmosférica en ambiente exterior y un 3.6% a la contaminación atmosférica interior. Aunque el impacto es mayor en los países de Europa Oriental, los autores destacan que un efecto de los riesgos ambientales en la salud de los niños es detectable en todos los países de Europa. Al mismo tiempo se destaca la falta de información adecuada sobre niveles y condiciones de exposición.

Dentro de la preocupación por el impacto de la contaminación causada por el tráfico sobre la salud se enmarca otro proyecto Europeo conocido como '*Transport Health and Environment Pan-european Programme*' (THE PEP)¹⁰. Dicho proyecto parte de la necesidad de avanzar en la integración de las dimensiones de salud y medio ambiente relacionadas con las políticas de transporte, con el fin de conseguir la sostenibilidad ambiental y reducir la carga de enfermedad asociada al transporte. Este programa está especialmente pensado y dirigido a conseguir un futuro viable para los niños.

El Proyecto *Enhis* viene a responder a las sugerencias de la OMS, un programa que utiliza la misma metodología que *Aphis-3*, se desarrolla en 31 ciudades europeas¹¹ y pretende analizar el impacto que tiene las partículas en suspensión (PM₁₀ y el O₃) entre la población infantil.

La Unión Europea ha puesto en marcha una estrategia para reducir las enfermedades relacionadas con factores ambientales, con especial atención a los grupos más vulnerables de la sociedad y, en particular, a la infancia.

⁹ Disponible en http://europa.eu.int/comm/environment/health/strat_en.htm

¹⁰ Disponible en <http://www.unece.org/the-pep/>

¹¹ Atenas, Barcelona, Bilbao, Bourdeaux, Bruselas, Bucarest, Budapest, Copenhague, Cracow, Dublín, Gotherburg, Hamburg, Innsbruck, Le Havre, Lille, Lisboa, Ljubljana, Londres, Lyon, Madrid, Marsella, Paris, Praga, Roma, Róterdam, Rouen, Sevilla, Estocolmo, Toulouse, Valencia y Viena.

Un trabajo reciente llevado a cabo con el objeto de proporcionar información de base para el desarrollo del Plan de Acción sobre medio ambiente y salud infantil en la Región Europa (Valent et al, 2004) informa que en Europa, entre el 1.8 y el 6.4% de las muertes en niños de 0 a 4 años son debidas a contaminación atmosférica en ambiente exterior y un 3.6% a la contaminación atmosférica interior.

Para evaluar el impacto que dichos contaminantes han tenido en la salud de este colectivo se han analizado tres indicadores de mortalidad neonatal; mortalidad posnatal por todas las causas, mortalidad postnatal por problemas respiratorios y el síndrome de muerte súbita.

Además 27 ciudades (de las 31 que forman el estudio) proporcionan datos sobre admisiones en los hospitales por problemas respiratorios. El principal problema que suponen es que no son datos comparables, ya que existen distintos criterios de admisión y de recogida de información, en Barcelona, Dublín, Gutenburgo, Londres, Madrid, Sevilla Estocolmo y Valencia. Mientras que Bordeaux, Bruselas, Copenhague, Innsbruck, Le Havre, Lille, Lisboa, Ljubljana, Lyon, Marsella, Paris, Praga, Roma, Róterdam, Rouen Toulouse y Viena no es posible distinguir entre total de admisiones y emergencias.

Otros resultados que se recogen sobre morbilidad son: Visitas por emergencia por Asma <18 años

Gripe y otros síntomas respiratorios en niños.

El proyecto ENHIS estudió los beneficios que sobre la salud humana se derivarían de la reducción de la presencia de partículas y ozono en el aire que respiramos. En Enhis se estimó el impacto de PM₁₀ sobre la mortalidad post neonatal, es decir las defunciones en niños de 1 a 12 meses de vida (para todas las causas, mortalidad respiratoria y síndrome de muerte súbita), hospitalizaciones por causa respiratoria de niños (0-14 años), tos y problemas de las vías respiratorias bajas (5-17 años). Asimismo, se cuantificaron los efectos del ozono sobre las urgencias debidas a asma (<18 años), incorporando, cuando fue posible, información de las cinco ciudades españolas participantes en la red *Apheis*.

Una reducción de los niveles medios anuales de PM₁₀ en 5 µg/m³ se asociaría con un descenso medio de 4,7 muertes por cada 100.000 niños para la mortalidad postneonatal total, 1,4 muertes por causa respiratoria y 1,8 fallecimientos por el síndrome de muerte súbita (Tabla 6.19).

■ **Tabla 6.19.** Beneficios potenciales de la reducción de los niveles de PM₁₀ en ciudades europeas (proyecto Enhis), números absolutos y tasas de mortalidad (por 100.000 niños).

Mortalidad postneonatal	Reducción de PM ₁₀	Número de casos atribuibles anuales	IC 95%		Tasas anuales por 100.000	IC 95%	
	Niveles medios anuales						
Total	En 5 µg/m ³	23,2	10,7	36,0	4,73	2,18	7,34
	A 20 µg/m ³	55,6	24,9	88,9	14,64	6,57	23,40
	A 40 µg/m ³	15,3	6,9	24,3	18,07	8,14	28,75
Respiratoria	A 5 µg/m ³	4,7	2,3	7,2	1,40	0,68	2,15
	A 20 µg/m ³	13,1	5,3	24,8	5,83	2,36	10,99
	A 40 µg/m ³	6,7	2,9	11,6	11,42	4,92	19,95
Síndrome de muerte súbita del lactante	A 5 µg/m ³	6,7	3,9	9,4	1,77	1,04	2,48
	A 20 µg/m ³	9,3	5,4	13,3	3,29	1,90	4,72
	A 40 µg/m ³	0,7	0,4	1,1	1,68	0,95	2,45

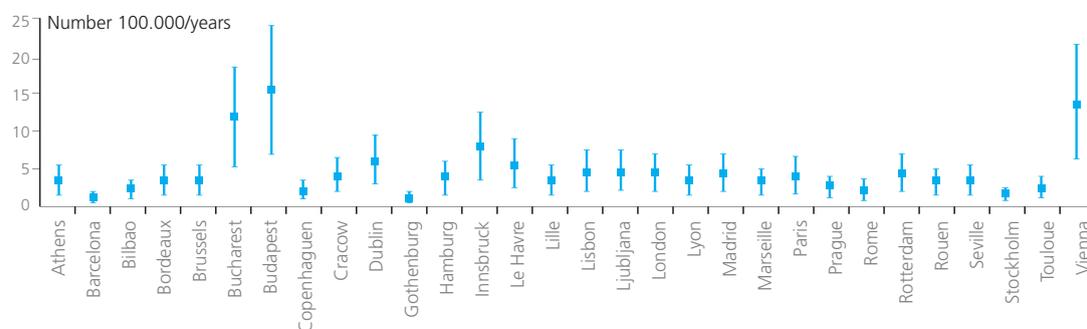
• Fuente: Programa Enhis

Las figuras 6.29, 6.30 y 6.31 muestran, para cada ciudad participante en el proyecto ENHIS, cuanto podría descender la tasa de mortalidad postneonatal total, por causas

respiratorias o por síndrome de muerte súbita del lactante si el valor medio anual de PM₁₀ se redujera en 5 µg/m³.

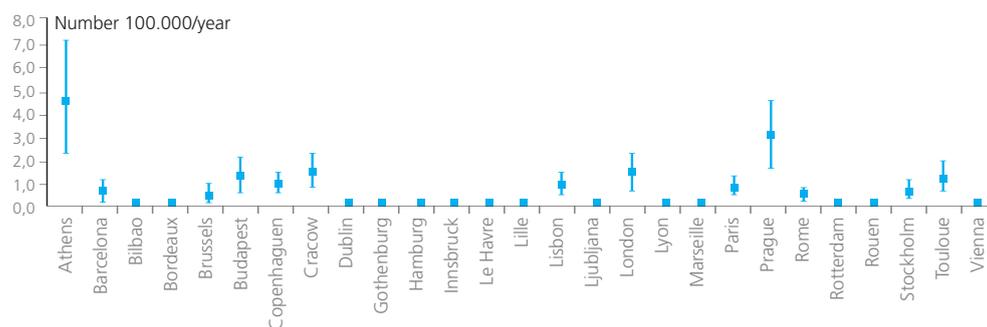
Una reducción de los niveles medios anuales de PM₁₀ en 5 µg/m³ se asociaría con un descenso medio de 4,7 muertes por cada 100.000 niños para la mortalidad postneonatal total, 1,4 muertes por causa respiratoria y 1,8 fallecimientos por el síndrome de muerte súbita.

Figura 6.30. Impacto en la mortalidad postneonatal total de la reducción de los niveles medios anuales de PM₁₀ en 5 µg/m³, número de muertes "prematuras" anuales por 100.000



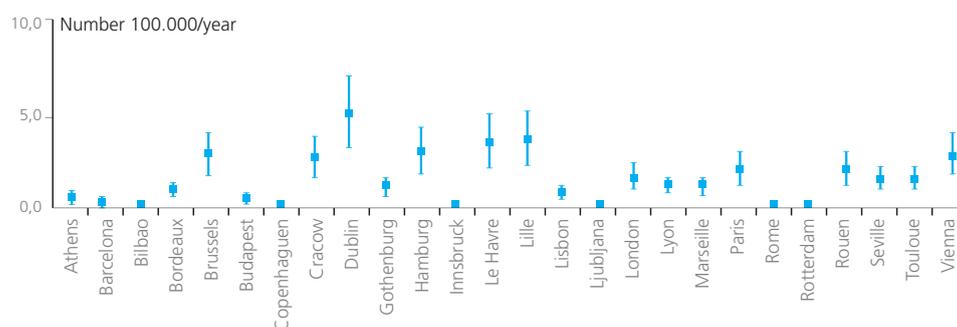
• Fuente: Elaborado por Cambra K, Medina S, Boldo E, Alonso E, Cirarda F, Martínez T, González de Galdeano L. *Implementing Environment and Health Information System in Europe. ENHIS.*

Figura 6.31. Impacto en la mortalidad respiratoria postneonatal de la reducción de los niveles medios anuales de PM₁₀ en 5 µg/m³, Número de muertes "prematuras" anuales por 100.000



• Fuente: Elaborado por Cambra K, Medina S, Boldo E, Alonso E, Cirarda F, Martínez T, González de Galdeano L. *Implementing Environment and Health Information System in Europe. ENHIS.*

Figura 6.32. Impacto en el síndrome de muerte súbita del lactante de la reducción de los niveles medios anuales de PM₁₀ en 5 µg/m³. Número de muertes "prematuras" anuales por 100.000



• Fuente: Elaborado por Cambra K, Medina S, Boldo E, Alonso E, Cirarda F, Martínez T, González de Galdeano L. *Implementing Environment and Health Information System in Europe. ENHIS.*

En cuanto a la morbilidad, se calcularon las fracciones atribuibles, es decir, el porcentaje de casos que podrían evitarse si se disminuyese la exposición al factor de riesgo en los distintos escenarios estudiados. Como se ve en la tabla 6.20, la reducción en 5 µg/m³ de los niveles diarios

de PM₁₀ se asociaría con un descenso en un 2% de las hospitalizaciones por síntomas de vías respiratorias bajas (SVRB) y tos en niños entre 5-17 años y de un 0,5% para el conjunto de las hospitalizaciones por causa respiratoria en menores de 15 años.

6.4. LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SUPONE UNA AMENAZA PARA LA SALUD PÚBLICA EN EUROPA

■ **Tabla 6.20.** Potenciales beneficios de la reducción de los niveles de PM₁₀ en ciudades europeas (proyecto Enhis), Fracciones atribuibles e Intervalos de Confianza (IC) al 95%.

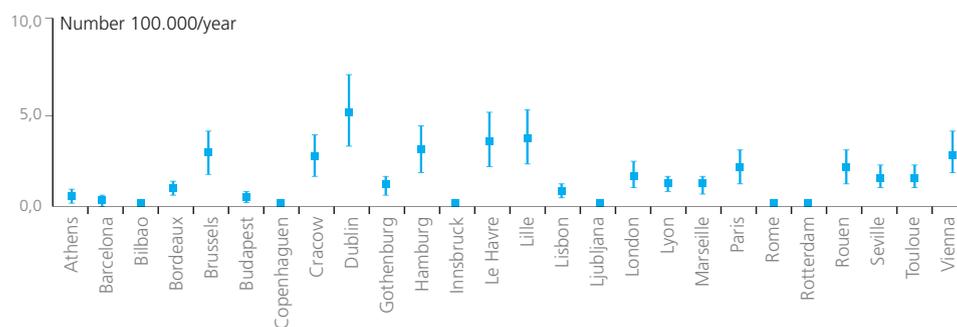
Morbilidad	Reducción de PM10	Fracción atribuible (%)	IC 95%	
	Niveles diarios			
Tos 5-17 años	En 5 µg/m ³	2,0	1,0	2,5
	A 20 µg/m ³	7,0	3,6	8,6
	A 40 µg/m ³	3,7	1,9	4,5
SVRB 5-17 años	A 5 µg/m ³	2,0	1,0	2,9
	A 20 µg/m ³	7,0	3,6	10,1
	A 40 µg/m ³	3,7	1,9	5,3
Ingresos hospitalarios de causas respiratorias en menores de 15 años	A 5 µg/m ³	0,5	0,0	1,0
	A 20 µg/m ³	1,8	0,0	3,8
	A 40 µg/m ³	1,0	0,0	2,0

• Fuente: Programa Enhis

Las figuras 6.33, 6.34 y 6.35 representan el porcentaje de casos evitables en cada ciudad participante si los niveles

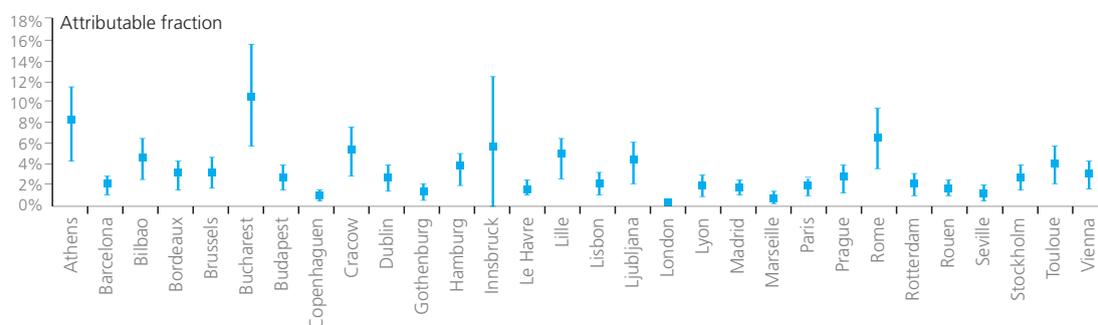
de PM₁₀ no superasen ningún día el límite establecido en la Directiva 1999/30/EC de 50 µg/m³.

Figura 6.33. Tos (5-17 años): Fracciones atribuibles e IC al 95% si los niveles de PM₁₀ de 24 horas se mantuviesen por debajo de 50 µg/m³ todos aquellos días en los que se excedió este valor



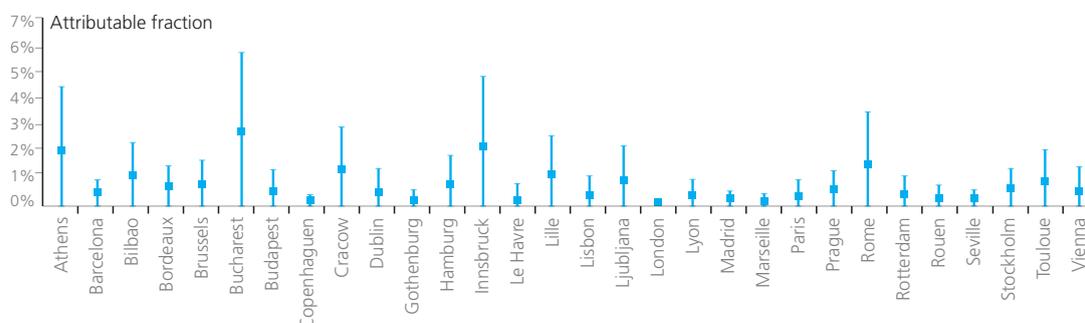
• Fuente: Elaborado por Cambra K, Medina S, Boldo E, Alonso E, Cirarda F, Martínez T, González de Galdeano L. Implementing Environment and Health Information System in Europe. ENHIS.

Figura 6.34. Síntomas respiratorios de vías bajas (5-17 años): Fracciones atribuibles e IC al 95% si los niveles de PM₁₀ de 24 horas se mantuviesen por debajo de 50 µg/m³ todos aquellos días en los que se excedió este valor.



• Fuente: Elaborado por Cambra K, Medina S, Boldo E, Alonso E, Cirarda F, Martínez T, González de Galdeano L. Implementing Environment and Health Information System in Europe. ENHIS.

Figura 6.35. Ingresos hospitalarios por causa respiratoria en menores de 15 años: Fracciones atribuibles e IC al 95% si los niveles de PM₁₀ de 24 horas se mantuviesen por debajo de 50 µg/m³ todos aquellos días en los que se excedió este valor



• Fuente: Elaborado por Cambra K, Medina S, Boldo E, Alonso E, Cirarda F, Martínez T, González de Galdeano L. Implementing Environment and Health Information System in Europe. ENHIS.

En el caso del ozono, debido a su variabilidad diaria, las medidas de exposición habitualmente utilizadas son las medias horarias diarias y las medias en periodos de 8 horas (cada día tiene por tanto 3 medias octohorarias).

Como se observa en la tabla 6.21, una reducción de 10

µg/m³ en los niveles máximos horarios diarios se asociaría con un descenso de un 1,14% en las visitas a urgencias por asma en menores de 18 años. Estos resultados ponen de manifiesto que para similares problemas de salud, los mayores beneficios se consiguen en los niños.

■ **Tabla 6.21.** Potenciales beneficios de la reducción de los niveles de ozono diarios, Fracciones atribuibles e Intervalos de Confianza (IC) al 95%.

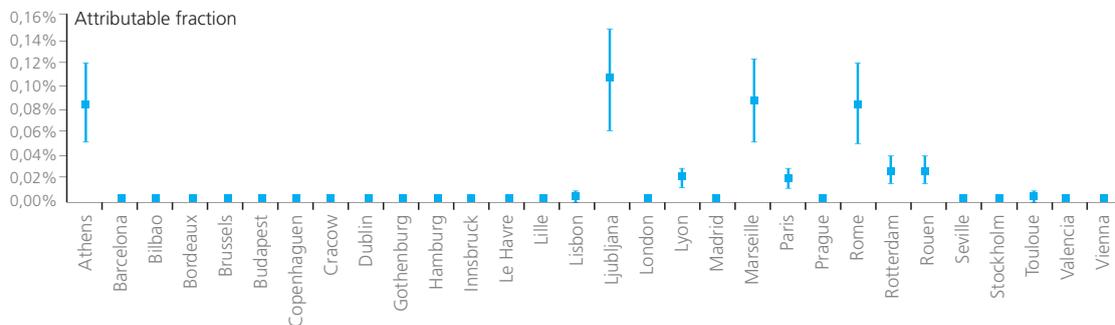
Morbilidad	Reducción de Ozono	Fracción atribuible (%)	IC 95%	
	Máximo horario diario			
Episodios de urgencias por asma en menores de 18 años	En 10 µg/m ³	1,14	0,67	1,60
	A 180 µg/m ³	0,04	0,02	0,06
Episodios de urgencias por asma en menores de 18 años	En 10 µg/m ³	0,10	0,00	1,19
	A 120 µg/m ³	0,02	0,00	0,20
Ingresos hospitalarios respiratorios (15-64 años)	En 10 µg/m ³	0,50	0,00	1,19
	A 120 µg/m ³	0,08	0,00	0,20

• Fuente: Programa Enhis

La figura 6.36 muestra el porcentaje de visitas a urgencias por asma en <18 años que podrían evitarse en las ciudades participantes si los niveles máximos horarios

diarios de Ozono no superasen ningún día el límite de 180 µg/m³ (Directiva 1999/30/EC)

Figura 6.36. Visitas en urgencias por asma en menores de 18 años: Impacto de la reducción de los valores máximos horarios diarios de O₃ a 180 µg/m³ en todos aquellos días en los que se excedió este valor



• Fuente: Elaborado por Cambra K, Medina S, Boldo E, Alonso E, Cirarda F, Martínez T, González de Galdeano L. Implementing Environment and Health Information System in Europe. ENHIS.

PRINCIPALES RESULTADOS QUE SE OBTIENEN DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS PRESENTADOS POR ENHEIS Y QUE MUESTRAN LOS BENEFICIOS QUE PARA SALUD PÚBLICA QUE SUPONE REDUCIR LOS NIVELES DE PARTÍCULAS (PM₁₀) Y OZONO EN EL AIRE

Enhis analiza el impacto que las PM₁₀ tienen en términos de mortalidad postneonatal (mortalidad por todas las causas, mortalidad respiratoria y por muerte súbita), las admisiones en hospitales por problemas respiratorios (0 a 14 años) y otros síntomas respiratorios de menor importancia, como la gripe (en niños de 5 a 17 años), así como los efectos del ozono en las visitas de emergencia por asma (mayores de 18 años).

- De mantenerse los mismos riesgos relativos, una reducción anual de los valores medios de PM₁₀ en 5 µg/m³ supondría reducir en 4,7 muertes /100.000 niños la mortalidad postneonatal, de ellas 1,4/100.000 serían mortalidad respiratoria y 1,8/100.000 muertes por síndrome súbita. En términos absolutos, el número de muertes postnatales que podrían evitarse al año serían 23,5 por problemas respiratorios y 7 de muerte súbita.
- En cuanto a la morbilidad, una reducción de la exposición de PM₁₀ a corto plazo en 5 µg/m³ se asociaría con una disminución en un 2% de toses y síndromes respiratorios de menor importancia en niños de entre 5 y 17 años de edad y de 0,5% en las admisiones a hospitales por problemas respiratorios entre menores de 15 años.
- Y en lo que respecta al Ozono, de mantenerse igual el resto de las condiciones, una reducción de 10 µg/m³ en la media diaria (octohoraria) en verano supondría reducir en 1,28 muertes postnatales /100.000 niños, de las

que 0,75/100.000 serían mortalidad cardiovascular y 0,39/ 100.000 respiratorias. Entre la población de 15 a 65 años de edad el número de admisiones hospitalarias se reducirían en un 0,1% y entre los mayores de 65 años en un 0,5%.

- Una reducción de los niveles máximos de ozono de una 1 hora diaria (durante todo el año) en 10 µg/m³ estaría asociada con un descenso del 1,14% de las visitas a emergencias por asma entre las personas menores de 18 años.
- En números absolutos, en las 33 ciudades para las que se disponen de medidas de Ozono, y que suponen un total de 45 millones de personas, reducir la media diaria (octohoraria) de los niveles de ozono hasta 120 µg/m³ podría prevenir un total de 80 muertes, de ellas 48 por razones cardiovasculares y 21 por problemas respiratorios en el total de la población. Mientras que una reducción absoluta en 10 µg/m³ incrementaría considerablemente estos números hasta 567 muertes prevenibles, de las que 333 serían provocadas por problemas cardiovasculares y 174 por problemas respiratorios.

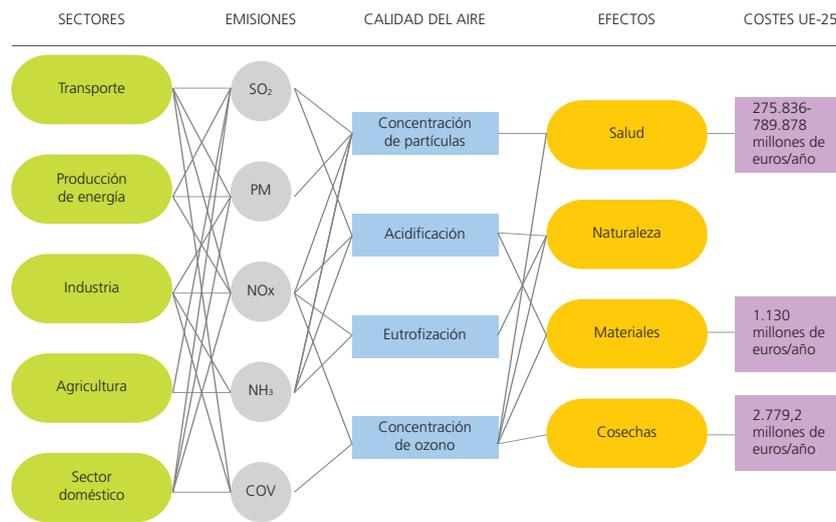
De modo que cualquier tipo de intervención encaminada a la reducción de tiempos de exposición y niveles contaminantes tienen un impacto positivo para la salud pública. Además las estimaciones realizadas por las EIS muestran que las intervenciones encaminadas a reducir las exposiciones crónicas (más prolongadas en el tiempo) implican mayores beneficios en términos de salud para la población, que reducir exposiciones agudas (puntuales) de altos niveles de contaminación, aspecto que debe tenerse en cuenta a la hora de priorizar acciones.

6.5. Estimación del coste total de la contaminación del aire en Europa

La valoración de los costes económicos de los daños que provoca la contaminación atmosférica en la Unión Europea ha sido realizada en el marco del Programa Clean Air for

Europe (CAFE). La cifra global resultante para el año 2000 oscila entre los 280.000 y los 793.000 millones de euros en la UE-25.

Figura 6.37. Los efectos de la contaminación atmosférica y su valoración económica en la UE-25



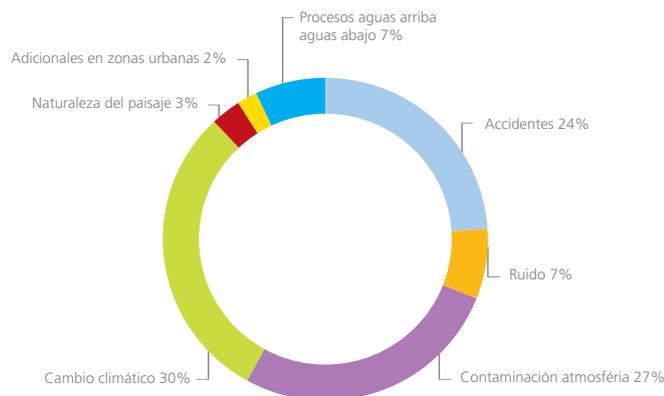
• Fuente: *Impact Assessment. Annex to The Communication on Thematic Strategy on Air Pollution and The Directive on "Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe"*. COM(2005)446 final y COM(2005)447 final, CAFE CBA: Baseline Analysis 2000 to 2020. 2005

Costes externos del transporte

A nivel comunitario se han calculado los costes externos del transporte, uno de los sectores más implicados en la contaminación del aire en los entornos urbanos. Los costes externos totales del transporte se elevan a 650.275

millones de euros (año 2000), excluidos los costes de congestión, de los que el 27% corresponden a la contaminación atmosférica (174.617 millones de euros).

Figura 6.38. Costes externos del transporte en la Unión Europea de los Quince, Suiza y Noruega. Distribución por componentes



• Fuente: *Costes externos del transporte. Estudio de actualización. INFRAS, 2004*

Costes asociados al tipo de contaminante

Los costes externos más importantes derivados de la contaminación del aire son los relacionados con la salud. En la actualidad, el contaminante con un mayor impacto económico son las partículas. En la tabla 6.22 donde se estiman los

costes por tonelada de contaminante emitida en la UE-25 (a excepción de Chipre) se refleja como el coste mayor por tonelada corresponde a las partículas. Las previsiones apuntan a que esta tendencia se mantendrá en los próximos años.

■ **Tabla 6.22.** Costes estimados por tonelada de contaminante emitida en la UE-25 (exceptuando Chipre). Año 2010.

Contaminante	Coste por tonelada emitida (euros)
NH ₃	11.000-31.000
NO _x	4.400-12.000
PM _{2,5}	26.000-75.000
SO ₂	5.600-16.000
COV	950-2.800

• Fuente: *Damage per tonne emission of PM_{2,5}, NH₃, SO₂, NO_x and VOCs from each EU25 Member State (excluding Cyprus) and surrounding seas. March 2005. AEA Technology Environment. European Commission DG Environment*

Alemania es el país que tiene unos costes por contaminación atmosférica más altos. Le siguen Italia, Francia y Reino Unido, todos ellos países muy poblados y caracte-

rizados por su elevado desarrollo económico e industrial. España ocupa la octava posición dentro de la Europa de los 25 (tabla 6.23).

■ **Tabla 6.23.** Costes estimados por tonelada de contaminante emitida en los países miembros de la UE-25 (exceptuando Chipre). Año 2010

Estado miembro	NH ₃	NO _x	PM _{2,5}	SO ₂	COV
Alemania	18.000	9.600	48.000	11.000	1.700
Austria	12.000	8.700	37.000	8.300	1.700
Bélgica	30.000	5.200	61.000	11.000	2.500
República Checa	20.000	7.300	32.000	8.000	1.000
Dinamarca	7.900	4.400	16.000	5.200	720
Eslovaquia	14.000	5.200	20.000	4.900	660
Eslovenia	13.000	6.700	22.000	6.200	1.400
España	4.300	2.600	19.000	4.300	380
Estonia	2.800	810	4.200	1.800	140
Finlandia	2.200	750	5.400	1.800	160
Francia	12.000	7.700	44.000	8.000	1.400
Grecia	3.200	840	8.600	1.400	280
Holanda	22.000	6.600	63.000	13.000	1.900
Hungría	11.000	5.400	25.000	4.800	860
Irlanda	2.600	3.800	15.000	4.800	6.800
Italia	11.000	5.700	34.000	6.100	1.100
Letonia	3.100	1.400	8.800	2.000	220
Lituania	1.700	1.800	8.400	2.400	230
Luxemburgo	25.000	8.700	41.000	9.800	2.700
Malta	8.200	670	9.300	2.200	430
Polonia	10.000	3.900	29.000	5.600	630
Portugal	3.700	1.300	22.000	3.500	500
Reino Unido	17.000	3.900	37.000	6.600	1.100
Suecia	5.900	2.200	12.000	2.800	330

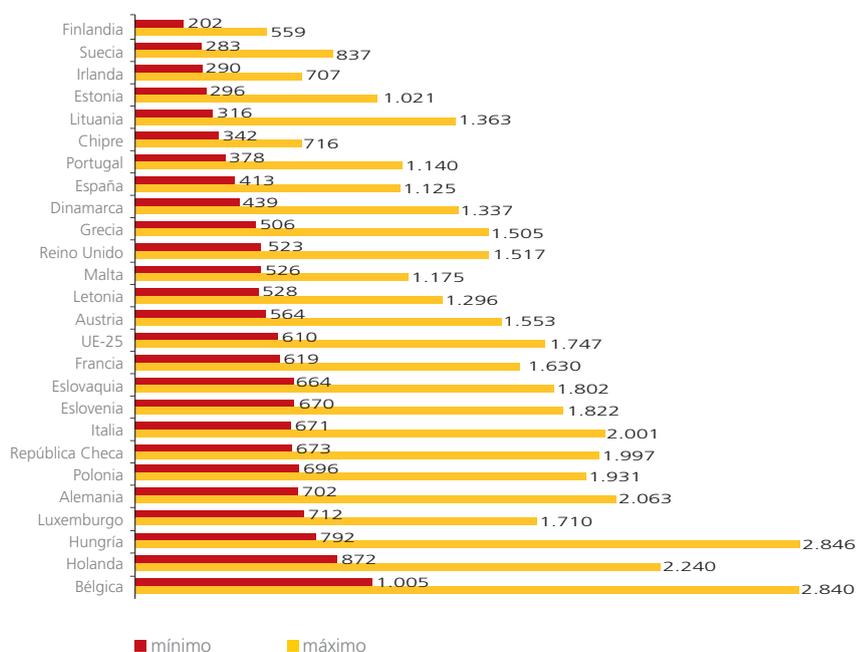
• Fuente: *Damage per tonne emission of PM_{2,5}, NH₃, SO₂, NO_x and VOCs from each EU25 Member State (excluding Cyprus) and surrounding seas. March 2005. AEA Technology Environment. European Commission DG Environment*

Los costes externos más importantes derivados de la contaminación del aire son los relacionados con la salud. En la actualidad, el contaminante con un mayor impacto económico son las partículas.

La situación varía enormemente al analizar los costes por habitante. Bélgica, Holanda y Hungría son los estados comunitarios que presentan los mayores costes por habi-

tante, desplazándose en este caso Alemania a la quinta posición. España se sitúa muy por debajo de la media y ocupa la 18 posición (figura 6.39)

Figura 6.39. Costes económicos anuales por habitante derivados de la contaminación atmosférica. Año 2000. Estados miembros de la UE-25, excepto Chipre. Estimación de menor y de mayor coste.



• Fuente: *Costes externos del transporte. Estudio de actualización. INFRAS, 2004*

Costes sobre la salud

Los costes de tipo sanitario asociados a la contaminación atmosférica por ozono y partículas en el conjunto de la Unión Europea-25 supusieron en el año 2000 al menos 275.836 millones de euros (estimación de menor coste), pudiendo alcanzar los 789.878 millones (estimación de

mayor coste). Esta cifra representaba en el año 2000 entre el 3% y el 9% del Producto Interior Bruto de la UE-25 y unos 610-1.747 euros por habitante y año (teniendo sólo en cuenta dos contaminantes).

Los costes sanitarios de la contaminación atmosférica representaba en el año 2000 entre el 3% y el 9% del Producto Interior Bruto de la UE-25 y unos 610-1.747 euros por habitante y año (teniendo sólo en cuenta dos contaminantes).

■ **Tabla 6.24.** Costes económicos de tipo sanitario asociados a la contaminación atmosférica en los países miembro de la UE-25 (millones de euros).

Estado miembro	Estimación menor coste	Estimación mayor coste
Alemania	57.741	169.760
Austria	4.573	12.582
Bélgica	10.301	29.115
República Checa	6.911	20.505
Chipre	267	561
Dinamarca	2.334	7.331
Eslovaquia	3.577	9.713
Eslovenia	1.333	3.625
España	16.839	45.838
Estonia	405	1.395
Finlandia	1.046	2.892
Francia	36.733	96.650
Grecia	5.513	16.410
Holanda	13.853	35.610
Hungría	7.928	28.493
Irlanda	1.109	2.702
Italia	38.578	115.102
Letonia	1.253	3.073
Lituania	1.108	4.774
Luxemburgo	310	746
Malta	205	457
Polonia	26.909	74.675
Portugal	3.784	11.418
Reino Unido	30.720	89.040
Suecia	2.506	7.414
UE-25	275.836	789.881

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

Las partículas generan más del 97% de los costes sanitarios provocados por la contaminación atmosférica, mientras que los del ozono no alcanzan el 3%. La mortalidad provocada por la concentración de partículas representa entre el 70% y el 89% de los costes sanitarios totales

ligados a la contaminación atmosférica. El coste económico medio de mortalidad asociada a la contaminación atmosférica en la UE-25 ronda los 84.562 millones de euros/año.

■ **Tabla 6.25.** Costes económicos de la morbilidad asociada a la contaminación atmosférica en la UE-25.

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

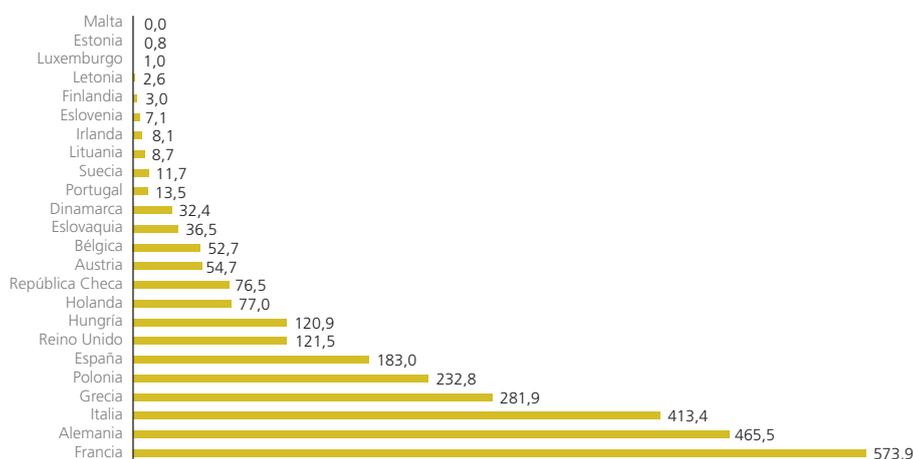
• Fuente: CAFE CBA: Baseline Analysis 2000 to 2020.

Otros costes asociados a la calidad del aire

Los costes en la agricultura, la pérdida de cosechas asociada a la exposición al ozono representa unos costes de 2.779 millones de euros (año 2000) en el conjunto de países de la UE-25. Estos costes son pequeños frente a los sanitarios, aunque los efectos del ozono sobre las cosechas tienen un coste de magnitud similar a los efectos del ozono sobre la salud.

Los mayores costes se producen en Francia, Alemania e Italia. España, con unos costes anuales de 183 millones de euros, ocupa la sexta posición en el marco de la UE-25 (excluido Chipre) por los costes que provoca la contaminación atmosférica por ozono sobre la agricultura.

Figura 6.40. Costes económicos anuales derivados de la pérdida de cosecha provocadas por la contaminación atmosférica por ozono. Año 2000. Estados miembros de la UE-25, excepto Chipre.



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

Los costes derivados de los daños sobre los materiales generados por la contaminación atmosférica se han esti-

mado en unos 1.130 millones de euros anuales en el conjunto de la Unión Europea de los veinticinco.

Instrumentos aplicados para la mejora **de la calidad del aire**



Instrumentos aplicados para la mejora de la calidad del aire

En el presente capítulo se describen los principales instrumentos existentes destinados a la mejora de la calidad del aire, auspiciados y desarrollados desde los diferentes ámbitos con competencias en esta materia (europeo, estatal, autonómico y local).

Además de los instrumentos normativos (que en su mayoría ya se han expuesto en otros capítulos) y los no normativos dirigidos específicamente a la mejora de la calidad del aire, en este epígrafe cobran especial importancia los instrumentos desarrollados en torno a **políticas de transporte urbano y movilidad sostenible**, pues es bien sabido la notable influencia que el transporte ejerce sobre la calidad del aire y la calidad de vida de las ciudades.

El tráfico de vehículos se considera una fuente de contaminación atmosférica no sólo de tipo local, sino también urbana y regional y contribuye en gran medida a la pérdida de calidad del aire urbano. Se estima que los vehículos privados son responsables de casi el 80% del total de emisiones de NOx y del 60% de las emisiones de partículas (ECMT(1995) Urban travel and sustainable development. Paris: ECMT). Asimismo el tráfico urbano da lugar al 40% de las emisiones de CO₂ derivadas del transporte.

Durante las últimas décadas los cambios socioeconómicos acaecidos han afectado significativamente al transporte urbano. La movilidad en las ciudades se caracteriza por unos patrones de movilidad más difusos, con unas distancias de desplazamiento más largas y un continuo crecimiento del nivel de motorización.

Entre las principales causas que han conducido a esta evolución cabe citar el modelo de expansión urbana implantado, que favorece el incremento de las distancias físicas entre los principales usos del suelo (vivienda, trabajo, comercio, servicios públicos) y favorece las estructuras

urbanas dedicadas a un solo uso, con lo que la fragmentación del territorio se hace más acusada y se incrementa la dependencia del vehículo particular.

La congestión del tráfico no cesa e incluso aumenta, obstaculiza la circulación de bienes y personas en muchas ciudades, en paralelo con una disminución de la cuota de personas que utilizan el transporte público, que van a pie o que circulan en bicicleta. El parque móvil aumenta a un ritmo equiparable al PIB y bastante superior al crecimiento de la población.

Según el informe de la OCDE publicado en 1997 sobre los resultados ambientales en España, se necesita reforzar las medidas locales de control del tráfico con objeto de mejorar la calidad de aire local. Esta recomendación se ha mantenido en el informe elaborado por la OCDE en 2004, donde reitera la necesidad de realizar mayores esfuerzos y más continuados para integrar los objetivos de la calidad del aire en la planificación local del transporte.

Asimismo la OCDE recomienda que se formalice la cooperación entre los distintos órganos de gobierno y que se amplíen las consultas más allá de los sectores institucionales.

Según la OCDE, España, necesita reforzar las medidas de control del tráfico con objeto de mejorar la calidad de aire local.

7.1. Instrumentos e iniciativas comunitarias

A nivel europeo son varios los programas e iniciativas implementadas en la actualidad enfocados hacia la mejora de la calidad del aire en las ciudades y la consecución de modelos de transporte sostenible.

A modo de resumen, la Unión Europea teniendo presente como objetivos la reducción sustancial de las emisiones, la mejora de la calidad ambiental y la disminución de los niveles de ruido, ha desarrollado directivas relativas a la emisión de CO₂, al consumo de energía, la promoción del empleo de energías renovables y la mejora ambiental. Además, existen directivas específicas del transporte que regulan la calidad de los combustibles y pretenden incrementar el empleo de biocombustibles, o promueven facilitar información a los compradores de vehículos nuevos sobre la eficiencia energética de los mismos.

Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible

La estrategia de la Unión Europea para un Desarrollo Sostenible (EDS-UE), recientemente revisada (Consejo Europeo 15 y 16 de Junio 2006), determina siete retos principales, así como las correspondientes finalidades, objetivos operativos y actuaciones:

- Cambio climático y energía limpia.
- Transportes sostenibles.
- Consumo y producción sostenibles.
- Conservación y gestión de los recursos naturales.
- Salud pública.
- Inclusión social, demografía y flujos migratorios.
- Pobreza en el mundo y retos en materia de desarrollo sostenible.

El cumplimiento de las finalidades y objetivos operativos marcados en estos siete retos principales, contribuirán de manera significativa a la mejora de la calidad del aire en las ciudades dado que en ellos se incide en aspectos como el transporte, identificado como una de las causas fundamentales de la mala calidad del aire en las ciudades.

A continuación se extractan los objetivos operativos de mayor relevancia para conseguir una mejora en la calidad del aire:

- **Cambio climático y energía limpia**
 - Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero antes de 2008-2012, siendo el objetivo de la UE-15 reducir las emisiones en un 8% con respecto a los niveles de 1990.
 - La política energética deberá ser coherente con los objetivos de seguridad del suministro, competitividad y sostenibilidad medioambiental, con el espíritu de la política energética para Europa iniciada en marzo de 2006 por el Consejo Europeo. La política energética es crucial para abordar el reto del cambio climático.

- Para 2010, una media del 12% del consumo de energía y el 21% del consumo de electricidad, como objetivo común aunque diferenciado, deberán proceder de energías renovables, considerando un aumento de su porcentaje al 15% para 2015.
- Para 2010, el 5,75% del combustible utilizado para el transporte deberá consistir en biocarburantes, como objetivo indicativo (Directiva 2003/30/CE), considerando un aumento de su porcentaje al 8% para 2015.
- Conseguir un ahorro global del 9% de consumo final de energía durante un periodo de nueve años hasta 2017, tal como se indica en la Directiva sobre eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.

• Transportes sostenibles

- Disociar el crecimiento económico y la demanda de transporte con el objetivo de reducir las consecuencias medioambientales.
- Reducir las emisiones contaminantes del transporte a niveles que minimicen sus efectos sobre la salud humana y el medio ambiente.
- Lograr el cambio equilibrado hacia modos de transporte más compatibles con el medio ambiente para conseguir un sistema de transporte y movilidad sostenible.
- Modernizar, para 2010, el marco europeo de servicios públicos de transporte de pasajeros para mejorar su eficiencia y rendimiento.
- De acuerdo con la estrategia de la UE sobre las emisiones de CO₂ de los vehículos utilitarios ligeros, la flota media de coches nuevos deberá alcanzar unas emisiones de CO₂ de 140g/Km. para 2008-2009 y de 120g/Km. para 2012.

• Consumo y producción sostenibles

- Fomentar el consumo y la producción sostenibles atendiendo al desarrollo social y económico por lo que respecta a la capacidad de carga de los ecosistemas y disociando el crecimiento económico de la degradación medioambiental.

• Conservación y gestión de los recursos naturales

- Obtener y mantener una ventaja competitiva con la mejora de la eficiencia de los recursos, en particular, mediante la promoción de las innovaciones ecológicamente eficientes.
- Mejorar la gestión y evitar la explotación excesiva de los recursos naturales renovables, como la pesca, la biodiversidad, el agua, el aire, la tierra y la atmósfera, y restaurar los ecosistemas marinos degradados antes de 2015 de acuerdo con el Plan de Johannesburgo 2002, incluyendo el logro del máximo rendimiento sostenible de la pesca para 2015.

- **Salud pública**
 - Reducir el incremento de las enfermedades relacionadas con formas de vida y de las enfermedades crónicas, especialmente en los grupos y zonas desfavorecidos desde el punto de vista socioeconómico.
 - Mejorar la información sobre la contaminación medioambiental y las repercusiones negativas sobre la salud.

Estrategia de Medio Ambiente Urbano

La Estrategia temática para el medio ambiente urbano surge del VI Programa de Acción Comunitario en materia de medio ambiente, con la finalidad de hacer posible "un alto nivel de calidad de vida y bienestar social para los ciudadanos proporcionando un medio ambiente en el que los niveles de contaminación no tengan efectos perjudiciales sobre la salud humana y el medio ambiente y fomentando un desarrollo urbano sostenible". Dentro de este marco de actuación, la estrategia europea propone acciones en cuatro áreas prioritarias: gestión del entorno urbano, transporte sostenible, construcción y urbanismo.

La Estrategia concluye que la planificación efectiva del transporte requiere una perspectiva de previsión a largo plazo de las necesidades financieras para infraestructura y vehículos, de incentivos para promover un transporte público de gran calidad, el uso de la bicicleta o los desplazamientos a pie y de coordinación con los usos del suelo en los niveles administrativos adecuados. La planificación del transporte, tanto de pasajeros como de mercancías, que abarca todos los modos de transporte, ha de tener en cuenta, entre otros elementos, los asociados a la contaminación atmosférica y acústica y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Puesto que el transporte desempeña un papel primordial dentro del cambio climático, la calidad del aire y el desarrollo sostenible, la Comisión Europea se está planteando establecer un amplio abanico de acciones para la mejora del entorno urbano, en la que se incluyan nuevas normas para vehículos (EURO V, EURO VI), reflexionar sobre medidas que promuevan un mayor uso de las tarifas diferenciadas en zonas sensibles desde el punto de vista ambiental y

por las que se designen zonas de bajas emisiones con limitaciones para el transporte contaminante.

La Comisión adoptó en el año 2005 una propuesta de Directiva sobre la adquisición de vehículos limpios por parte de las autoridades públicas.

Como parte de la actualización de la política común de transportes la Comisión también se propone analizar la necesidad de emprender ulteriores acciones en el ámbito del transporte urbano, en especial examinando el papel de los vehículos particulares en la ciudad y los medios de mejorar la calidad del transporte público.

Utilización de biocarburantes

El desarrollo normativo más reciente en materia de energías renovables en el marco de la Unión Europea tiene por objeto fomentar la utilización de biocarburantes, como sustitutos del gasóleo o la gasolina en los Estados miembros. De esta manera se pretende también contribuir al cumplimiento de los compromisos asumidos en materia de cambio climático, ayudar a garantizar la seguridad de abastecimiento en condiciones ecológicamente racionales y fomentar la utilización de las fuentes de energía renovables.

La Directiva 2003/30/CE ¹ insta a los Estados miembros a velar porque se comercialice en sus mercados una determinada proporción de biocarburantes y de otros combustibles renovables y a tal efecto deberán establecer objetivos indicativos nacionales en consonancia con los siguientes:

- el 2%, calculado sobre la base del contenido energético de toda la gasolina y todo el gasóleo comercializados con fines de transporte a más tardar el 31 de diciembre de 2005.
- el 5,75%, calculado sobre la base del contenido energético de toda la gasolina y todo el gasóleo comercializados con fines de transporte a más tardar el 31 de diciembre de 2010.

España lidera en la Unión europea la producción de biotanol y de ETBE (compuesto a partes iguales por etanol y un derivado del petróleo, el isobutileno), con 194.000 t y 413.000 t, respectivamente en 2004.

La Estrategia del Medio Ambiente Urbano de la UE concluye que la planificación efectiva del transporte requiere de incentivos para promover un transporte público de gran calidad, el uso de la bicicleta o los desplazamientos a pie.

¹Directiva 2003/30/CE, de 8 de mayo de 2003, relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte.

Plan de Fomento de Energías Renovables

Inciendo en la mejora de la eficiencia y en el empleo de combustibles alternativos surge el Plan de Fomento de Energías Renovables 2005-2010 que incluye como medidas las exenciones fiscales (aplicación de tipo impositivo cero a los biocarburantes), primas específicas para las plantas oleaginosas destinadas a la producción de biodiesel, promoción de la construcción de plantas que generen isobutilenos utilizando butano como materia prima y normalización de las características del producto.

Además las estrategias europeas se han centrado en la mejora de las características técnicas de los vehículos y de los combustibles, como lo muestran los programas europeos Auto Oil (1994) y Auto Oil II (1998) que han dado lugar a una normativa dirigida a disminuir progresivamente las emisiones permitidas a los vehículos nuevos y los contenidos de ciertas sustancias en gasolinas y gasóleos.

Estas medidas han supuesto una importante mejora en las emisiones por vehículo, que por el contrario se han visto anuladas por el importante crecimiento de la demanda de transporte acaecido en los últimos años.

Programas relativos al transporte sostenible

En el año 2001 la UE publicó el Libro Blanco del Transporte, que recoge la política europea en materia de transporte, fundamentada en desacoplar el crecimiento económico del crecimiento del transporte, y avanzar hacia un reequilibrio entre los diversos modos de transporte, dando prioridad al transporte por ferrocarril y al marítimo.

Las líneas estratégicas recogidas en la política de transportes comunitaria se resumen en:

- Contener el crecimiento del transporte.
- Mejorar la distribución modal.
- Internalizar los costes externos por medio de una adecuada política tarifaria.
- Establecer acuerdos voluntarios con la industria. Ya se han establecido acuerdos con la industria del automóvil europea, japonesa y coreana orientados a la mejora ambiental de los vehículos de nueva fabricación.
- Revitalización del ferrocarril.
- Mejorar la coordinación entre el transporte y la ordenación del territorio.
- Implantación sistemática de la evaluación ambiental estratégica de planes y programas de transporte.

Como ejemplos de iniciativas y programas surgidos de la aplicación de dicha política cabe citar la Campaña Energía Sostenible para Europa 2005-2008 auspiciada por la Dirección General de Energía y Transportes, iniciativa que se enmarca a su vez en el Programa Energía Inteligente diseñado para contribuir en el logro de los objetivos de la política energética comunitaria en los ámbitos del fomento de energías renovables, eficiencia energética, transporte y empleo de combustibles alternativos.

Otras iniciativas a reseñar son ELTIS, servicio europeo de información sobre transporte local, EPOMM la plataforma europea de gestión de la movilidad y el Consejo europeo de municipios y regiones (CERM) que incluye el transporte entre sus campos de actividad.

Entre los proyectos comunitarios estratégicos se encuentran el *European Road Transport Advisory Council* (ERTRAC), la Plataforma del transporte urbano (EURFORUM) y el programa ECLIPSE enfocado hacia el transporte y su relación con la inclusión social.

Otros proyectos europeos son:

- PILOT. Planificación del transporte local integrado.
- NICHES. Promociona conceptos innovadores de transporte urbano.
- ASK-IT. Servicios de transporte integrado para personas con movilidad reducida.
- CITEAIR. Desarrolla herramientas de monitoreo para la calidad del aire.
- UNI-ACCESS. Servicios de transporte público accesibles.
- CURACAO. Peaje urbano.
- SILENCE. Su objetivo es reducir el ruido asociado al transporte urbano.
- CUIS. Sistemas de cooperación vehículo-infraestructura.

También la Unión Europea se encarga de financiar una serie de proyectos sobre redes de ciudades encaminados a la consecución de una movilidad sostenible en las ciudades europeas.

Polis

A nivel local cabe destacar la iniciativa Polis, red de ciudades y regiones pioneras que cooperan para desarrollar tecnologías y políticas innovadoras para el transporte local en Europa. Desde 1989 diversas autoridades locales y regionales europeas cooperan a través de Polis para implementar políticas de movilidad sostenible con el desarrollo de soluciones innovadoras para el transporte.

Su principal objetivo es mejorar el transporte local a través de estrategias integradas, tomando en cuenta los aspectos económicos, sociales y medioambientales. Para ello, Polis apoya el intercambio de experiencias y la transferencia de conocimientos entre las autoridades locales y regionales europeas.

Polis promueve la cooperación y el partenariado europeo con el objetivo de facilitar el acceso a la investigación y a la innovación en el transporte a las ciudades y regiones. La red y su secretariado apoyan activamente la participación de los socios de Polis en proyectos Europeos y además participa como asociación en diversos proyectos europeos.

Las actividades de Polis están estructuradas en cuatro temas principales ("los pilares temáticos") del transporte urbano y regional sostenible:

7.1. INSTRUMENTOS E INICIATIVAS COMUNITARIAS

- Medio ambiente y salud.
- Movilidad y eficiencia del tráfico.
- Seguridad vial y de los sistemas de transporte.
- Aspectos económicos y sociales del transporte.

Eurocities

Eurocities es la principal asociación de metrópolis europeas y cuenta con más de 120 ciudades repartidas entre 30 países. Su principal objetivo es constituirse en la voz de las ciudades europeas ante las instituciones comunitarias y servir de punto de encuentro para los intereses comunes de las ciudades de Europa. En la plataforma se pueden compartir ideas y conocimientos, experiencias, analizar problemas comunes y desarrollar soluciones innovadoras mediante foros, proyectos y actividades.

La red se ocupa de muchas áreas incluyendo economía, servicios públicos, medio ambiente, transporte y movilidad, empleo, cultura, educación, información y cooperación internacional.

En España son miembros de pleno derecho de la red Barcelona, Bilbao, Gijón, Madrid, Málaga, Murcia, Sevilla, Valencia y Zaragoza y miembros asociados Girona, Santiago de Compostela y Terrasa.

Civitas

La iniciativa CIVITAS (*City VITALity Sustainability*) ha sido creada para la promoción de transportes urbanos sostenibles, limpios y económicos, que permite a las ciudades lograr importantes cambios en el reparto modal de transporte, fomentar el uso de vehículos más limpios y hacer frente a la congestión.

En la iniciativa han participado hasta el momento 36 ciudades en 8 proyectos de demostración. En España sólo Barcelona y Burgos han participado en algún proyecto.

Burgos participa en CIVITAS II con el proyecto CIVITAS CARAVEL, junto con las ciudades de Génova, Cracovia y Stuttgart. El proyecto que comenzó en febrero de 2005, tiene una duración de 48 meses y supone una inversión de 6,9 millones de euros, con una financiación del 41%.

Por otro lado, la adopción y aplicación de planes de transporte urbano es obligatoria en algunos países europeos, como Francia y Reino Unido, en algunas de cuyas ciudades se han adoptado planes voluntarios para mejorar la calidad de aire o para adecuarse a las normas comunitarias de protección de la salud humana (afectada por la calidad del aire).

7.1.1. Experiencias europeas de implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible

Francia

En 1982 el Gobierno francés aprobó la Ley de Orientación de los Transportes Interiores, entre cuyos preceptos se encuentra la creación de los Planes de Desplazamientos Urbanos (*PDU, Plan de Déplacements Urbains*), instrumentos de carácter voluntario que pretendían una utilización más racional del automóvil y una correcta inserción del peatón, de los vehículos de dos ruedas y del transporte público. En 1996, se da un paso más con la aprobación de la Ley sobre el Aire y la Utilización Racional de la Energía, que presenta como objetivo reducir el tráfico de automóviles y establece la obligatoriedad de aprobar PDU en todos aquellos municipios que cuenten con poblaciones superiores a los 100.000 habitantes.

Estos nuevos PDU tienen como objetivos primordiales reducir el tráfico automovilístico, luchar contra la contaminación atmosférica, y coordinar el urbanismo y el transporte promoviendo un concepto de ciudad compacta. Los PDU desarrollan proyectos de transporte público

(tranvía, líneas de autobuses con carriles segregados, etc.), proyectos para la mejora de los desplazamientos a pie o en bicicleta y proyectos para la mejora de la gestión de las mercancías y los planes de movilidad de las empresas.

En el año 2000, se aprobó una nueva Ley relativa a la solidaridad y la renovación urbana, que constituye un interesante instrumento de gobernanza de las ciudades: prevé que las ciudades desarrollen un Plan Local de Urbanismo (PLU), un Plan Local de Vivienda y un Plan de Desplazamientos. Además, dicha ley incluye una disposición que obliga a diseñar procesos de participación ciudadana y concertación social durante toda la fase de elaboración del PLU.

En el año 2003, el Gobierno francés aprueba la Estrategia nacional de desarrollo sostenible, que refleja el compromiso del Gobierno a favor de un modo de desarrollo que concilie el progreso social, el crecimiento económico y el respeto del medio ambiente. Este compromiso, confirmado a nivel institucional en 2005 mediante la inscripción en la Constitución Francesa de una Carta del medio

La iniciativa CIVITAS (City VITALity Sustainability) ha sido creada para la promoción de transportes urbanos sostenibles, limpios y económicos.

ambiente, se ha reflejado en la puesta en marcha de numerosas medidas que convierten al desarrollo sostenible en un asunto general.

La estrategia se estructura en seis puntos: formar a los ciudadanos del futuro gracias a la educación ambiental en la escuela, ayudar a las entidades a presentar esta estrategia, responsabilizar a las empresas, los empresarios y los consumidores, prevenir mejor los riesgos y la contaminación, dar ejemplo desde el Estado (ecorresponsabilidad), y actuar a nivel internacional mediante el programa de Naciones Unidas para el medio ambiente y el Protocolo de Kyoto.

Entre los planes que se están implementando a la luz de esta estrategia cabe citar el Plan clima que reúne, entre otras cosas, unas sesenta medidas destinadas a estabilizar las emisiones de gases responsables del efecto invernadero.

El Plan vehículos limpios, concebido junto con los fabricantes de automóviles franceses, favorece la producción y el uso de vehículos menos contaminantes, menos ruidosos y más económicos desde el punto de vista energético.

En el marco del Plan biocarburantes, el Estado ofrece igualmente su apoyo, mediante la desfiscalización, a los productores de carburante vegetal procedente de la biomasa.

El Plan nacional de salud y medio ambiente tiene por objetivo reducir las consecuencias de la contaminación en la salud.

El Gobierno francés ha puesto en marcha asimismo varios programas específicos para reducir la contaminación producida por el ruido y la contaminación del aire.

Además la Agencia del Medio Ambiente y del Control de Energía pone en marcha campañas de sensibilización dirigidas a la población.

Por último, el tercer Programa Nacional de Investigación e Innovación en los Transportes Terrestres (PREDIT) 2002-2006 ha financiado proyectos de investigación en torno a tres objetivos: incrementar la movilidad sostenible de las personas y de los bienes, aumentar la seguridad de los sistemas de transporte y mejorar el medio ambiente, a través, entre otros, de la reducción de los gases de efecto invernadero y del ruido.

Reino Unido

En el Reino Unido la planificación del transporte local se regula por el Ministerio de Medio Ambiente, Transporte y las Regiones a través de:

- Libro Blanco del Transporte que introduce el concepto de plan local de transporte con el fin de lograr un transporte integrado, tanto a nivel local como nacional.
- Ley de Transporte (Transport Act 2000) que otorga a las autoridades locales las competencias para llevar a cabo los planes.

Los planes locales de transporte (Local Transport Plans, LTP) establecen estrategias de transporte integrado a 5 años para un área determinada, ligadas a las propuestas de desarrollo y regeneración locales. Al cabo de esos 5 años han de ser revisados por las autoridades locales de transporte (Local Transport Authorities, LTA). Los LTP son la base para distribuir subvenciones del gobierno nacional entre las autoridades locales.

En el año 2000 se presentaron los primeros LTPs para el periodo 2001-2005, con financiación para el primer año y unas previsiones para los años posteriores, que son revisadas en función de los informes anuales de seguimiento. El buen funcionamiento de los planes permite recibir subvenciones extras.

En el año 2005 se ha presentado una segunda tanda de planes que cubren el periodo 2006-2011.

El Departamento de Transportes ha publicado en el año 2000 una guía orientativa para la preparación de un LTP en la que se establece la necesidad de entregar un informe anual del seguimiento del plan.

Italia

El Ministerio de Obras Públicas italiano publicó en el año 1995 una Directiva para la redacción, adopción y ejecución de los Planes Urbanos de Tráfico (PUT) que especifica que las ciudades con más de 30.000 habitantes deben preparar un PUT con la finalidad de organizar la circulación de los vehículos y los sistemas de carreteras.

Además en el año 2000 se aprobó la Ley 340/2000 Disposición para la derogación de normas y para la simplificación de procedimientos administrativos y el Plan Nacional de Transporte, donde se define la metodología para preparar y diseñar los planes urbanos de movilidad (PUM). Estos planes se requieren para todas las zonas urbanizadas con más de 100.000 habitantes.

Los PUM son planes a largo plazo (10 años) e incluyen una actualización cada dos años, que tratan sobre las infraestructuras de transporte y el comportamiento de los ciudadanos y deben proporcionar el marco en el que otros instrumentos tengan que ser aplicados.

La normativa asociada está pendiente de desarrollarse totalmente por lo que el gobierno no destina actualmente ninguna partida de financiación para la elaboración de dichos planes. Esta circunstancia ha hecho que su implantación haya sido escasa, aunque ya existen regiones que han tomado la iniciativa de subvencionar a las ciudades que elaboren un PUM.

Se pretende que hasta el 60% de los costes totales provengan de fondos nacionales, destinado los fondos locales a la gestión de los servicios de transporte público y los planes de gestión de la demanda. Además las autorida-

des locales pueden recurrir a las cuotas de aparcamiento o a otras tasas como el peaje urbano.

El PUM debe ser aprobado por la ciudad que lo lidera y ha de ser coherente con los planes de transporte regional y nacional. En su preparación la ciudad está obligada a consultar a los ciudadanos, los distritos y/u otras ciudades situadas en su misma área.

Holanda

El gobierno holandés ha elaborado dos leyes que definen su política de planificación territorial y de movilidad hasta el año 2020, la Política de Ordenación Territorial (Nota Ruimte) aprobada en 2004 y la Política de Movilidad (Nota Mobiliteit) aprobada en 2005.

La primera establece un escenario a largo plazo de desarrollo territorial de Holanda en el que se persigue integrar las políticas económicas y de movilidad, fomentando nuevos

desarrollos urbanísticos de calidad ambiental que den una mayor vitalidad a las ciudades. El Gobierno concede la iniciativa a las autoridades locales y regionales y al sector privado pero establece unas líneas de actuación, concentrándolas en seis redes urbanas de ámbito nacional y 13 ejes de desarrollo económico.

La segunda desarrolla a la primera y planifica el tráfico y el transporte para el horizonte 2020. Los objetivos de esta política son encauzar el crecimiento del tráfico y el transporte, obtener una accesibilidad "puerta a puerta" segura y predecible por medio de una red integral y aumentar la fiabilidad del tiempo de viaje mediante políticas de restricción al vehículo privado. Establece, además, la obligatoriedad de que todas las administraciones regionales y locales desarrollen planes de movilidad y transporte en un plazo de 18 meses. Los tres niveles de la administración realizarán conjuntamente la evaluación y seguimiento de las actuaciones derivadas de dichos planes.

7.2. Instrumentos e iniciativas estatales

Los instrumentos desarrollados para la mejora de la calidad del aire se promueven desde la administración española desde los tres niveles competenciales existentes en España. En el ámbito estatal, además de desarrollar la legislación de carácter básico, se definen los planes y programas nacionales de reducción de emisiones contaminantes, en respuesta a los requisitos emanados de la normativa europea.

El papel de las CCAA es relevante ya que son las que deben garantizar una calidad del aire adecuada en su territorio (art. 3, R.D. 1073/2002), asimismo, en los artículos 5 y 6 del citado R.D. se establece que "se adoptarán las medidas necesarias para garantizar el respeto de los valores límite", además de la elaboración de planes de acción preventivos en los que se podrán incluir medidas de limitación o supresión del tráfico de vehículos.

Por ello, tanto los gobiernos autonómicos como los locales deben establecer normas complementarias en materia de calidad del aire y desarrollar estrategias y planes de saneamiento atmosférico y/o mejora de la calidad del aire.

También en este ámbito se está comenzando a implantar programas relativos a la movilidad urbana sostenible y a adoptar medidas dirigidas a reducir el volumen de tráfico de vehículos privados en las ciudades, principal causante de la contaminación atmosférica urbana y por ende de la pérdida de calidad del aire. En España actualmente no se ha promulgado legislación que regule la movilidad urbana en su conjunto. La normativa existente regula de forma independiente diferentes aspectos vinculados al transporte como aspectos técnicos de los vehículos, ambientales, de seguridad vial, de ordenación del tráfico y del transporte terrestre.

Por otro lado, hay que destacar la puesta en marcha de iniciativas ciudadanas, algunas de ellas auspiciadas por asociaciones ecologistas, desarrolladas con el objetivo de lograr la sensibilización y la participación ciudadana en la adopción de pautas de conducta más sostenibles que contribuyan a mejorar la calidad del aire en las ciudades.

Las iniciativas y programas nacionales destinados a la mejora de la calidad del aire manan de la Directiva Marco

Las CCAA tienen la responsabilidad de la elaboración de planes de acción preventivos en los que se pueden incluir medidas de limitación o supresión del tráfico de vehículos.

sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente (Directiva 96/62/CE) y de sus correspondientes Directivas de aplicación o de desarrollo.

A continuación se desarrollan los instrumentos más significativos desarrollados hasta la fecha con incidencia en la mejora de la calidad del aire en las ciudades.

Estrategia Española de Calidad del Aire

En el caso de España, las evaluaciones de la calidad del aire demuestran que nuestros principales problemas son similares a otros países europeos, aunque en algunos casos agravados por nuestras especiales condiciones meteorológicas (mayor radiación solar que favorece la contaminación fotoquímica y, por tanto, la formación de ozono, la resuspensión de partículas por escasez de lluvia, etc.) y geográficas (episodios de intrusiones de partículas de origen sahariano).

La Estrategia Española de Calidad del Aire presenta el doble objetivo de satisfacer los objetivos de calidad comunitarios a la vez que hacen posible que España pueda cumplir los compromisos asumidos. En particular los relativos a los techos nacionales de emisión (Directiva 2001/81/CE (DO L309, 27.11.2001, p.22) y a los Protocolos del Convenio de Ginebra sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia.

El logro de los objetivos sólo puede alcanzarse por un efecto acumulativo de las medidas adoptadas por las distintas administraciones públicas, conjuntamente con las que se pongan en marcha en el ámbito de la UE y de los diferentes convenios internacionales.

Este enfoque integrador también determina que la estrategia no se centre en una u otra fuente de contaminación, sino que aspire a abordar de manera integral todas las que tengan relevancia ya sean puntuales o difusas.

Como consecuencia de este enfoque integrador e integral la estrategia no tiene una vocación estática sino que aspira a ser un instrumento dinámico que, a partir de los problemas de calidad del aire que se vayan detectando en las evaluaciones periódicas, sea capaz de ir dando adecuada respuesta a través de las medidas que las administraciones competentes deban ir articulando en el tiempo.

El eje central de esta estrategia es el de dotar a España de una norma básica moderna que sustituya la vigente y obsoleta Ley de Protección del Ambiente Atmosférico de 1972 y que como consecuencia inmediata derive en la elaboración de un nuevo reglamento que sustituya al vigente de 1975 logrando una sistematización de normas.

Además de esta medida principal se contemplan también el fortalecimiento de los instrumentos de gestión mediante:

- Transposición de la cuarta directiva hija relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.
- Actualización de la legislación en materia de compuestos orgánicos volátiles (COV).
- Promoción de la mayor integración de las consideraciones relativas a la contaminación atmosférica en otros ámbitos normativos.
- Fortalecimiento de los instrumentos de gestión.
- Desarrollo de instrumentos para la aplicación de la legislación:
 - Elaboración de una Guía para la mejor implantación del RD 117/2003.
 - Desarrollo de una herramienta para la elaboración del Plan de Gestión de Disolventes.
- Implantación del Sistema de Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera:
 - Establecer y mantener los arreglos institucionales, jurídicos y de procedimiento necesarios.
 - Elaborar un Plan de Control de Calidad y de Garantía de Calidad del Inventario
- Fortalecimiento del proyecto para la elaboración de proyecciones de emisión a la atmósfera de contaminantes en España.
- Integración, en los sistemas de alertas sanitarias y vigilancia del Ministerio de Sanidad y Consumo, de la información relativa a la superación de los umbrales de riesgos para la salud.

A su vez el plan contempla los siguientes planes y programas:

- Desarrollo del Plan Nacional Español de Reducción de Emisiones de las Grandes Instalaciones de Combustión (PNRE-GIC).
- Revisión del Programa nacional de reducción de emisiones.
- Seguimiento de otros planes y estrategias con incidencia en la calidad del aire:
 - El Plan de Acción 2005-2007 de la E411.
 - El Plan de Energías Renovables en España 2005-2010.
 - Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2012.
 - Reglamento Euro 5+ Euro 6.

Por último, y dado que la consecución de los objetivos ha de ser producto del desarrollo de acciones de forma integrada y coordinada, la Estrategia contempla los siguientes instrumentos de colaboración:

En España actualmente no se ha promulgado legislación que regule la movilidad urbana en su conjunto.

- Grupo Atmósfera de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente: constituye un foro técnico esencial para la puesta en común de experiencias de gestión de la calidad del aire, armonización de procedimientos, análisis conjunto de evaluaciones, intercambio de información sobre proyectos de investigación y examen y debate de nuevas iniciativas legislativas y técnicas.
- Creación de un grupo de trabajo sobre contaminación atmosférica en el Consejo Asesor de Medio Ambiente.
- Red Española de Ciudades para el Clima.
- Observatorio de la Movilidad Metropolitana.
- Establecimiento de líneas específicas de acción con relación a la salud y calidad del aire, a desarrollar por el Instituto de Salud Carlos III.
- Realización de estudios epidemiológicos del impacto de la contaminación del aire en la salud.
- Colaboración con la Red Nacional de vigilancia Epidemiológica para el análisis de los datos que se refieren al efecto de la contaminación del aire sobre la salud.
- Desarrollo, por el Centro Nacional de Sanidad Ambiental, de procedimientos y técnicas para la detección y el análisis de biomarcadores relacionados con la contaminación del aire.
- Objetivos para una movilidad sostenible
 - Reducir la dependencia respecto al automóvil, invirtiendo el peso del automóvil en el reparto modal.
 - Incrementar las oportunidades de los medios de transporte alternativos, potenciando las condiciones que permitan a los ciudadanos y ciudadanas poder caminar, pedalear o utilizar el transporte colectivo en condiciones adecuadas de comodidad y seguridad.
 - Reducir los impactos de los desplazamientos motorizados, reduciendo sus consumos y emisiones locales y globales, conviviendo con los demás usuarios de las calles en condiciones de seguridad aceptables.
 - Evitar la expansión de los espacios dependientes del automóvil, frenando la expansión del urbanismo dependiente de éste.
 - Reconstruir la proximidad como valor urbano, recreando las condiciones para realizar la vida cotidiana sin desplazamientos de larga distancia.
 - Recuperar el espacio público como lugar donde poder convivir. De lugar de paso y espacio del transporte, las calles han de pasar a ser también lugar de encuentro y espacio de convivencia multiforme.

Estrategia de Medio Ambiente Urbano

De acuerdo con la Estrategia Europea de Medio Ambiente Urbano, el gobierno español desarrolla la Estrategia de Medio Ambiente Urbano, coherente también con la futura Estrategia de Desarrollo Sostenible.

La Estrategia de Medio Ambiente Urbano tiene por objetivo establecer las directrices que han de conducir a los pueblos y ciudades de España hacia escenarios más sostenibles.

Entre sus objetivos cuenta, además, mejorar la calidad urbana de pueblos y ciudades y la calidad de vida de su ciudadanía, entre los que se destacan los siguientes dada su implicación directa con la calidad del aire en las ciudades.

Programa nacional de reducción de emisiones

La Directiva Europea 2001/81/CEE sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos, tiene como objeto limitar las emisiones de contaminantes acidificantes y eutrofizantes y de precursores del ozono, para reforzar la protección en la Comunidad Europea del medio ambiente y de la salud humana y para conseguir proteger de forma eficaz a toda la población frente a los riesgos derivados de la contaminación atmosférica. Para ello ha propuesto el establecimiento de techos nacionales de emisión, tomando como referente los horizontes 2010 y 2020.

En el caso español, los techos correspondientes al año 2010 son:

■ **Tabla 7.1. Techos nacionales de emisión correspondientes a España en el año 2010.**

Contaminante	Kilotoneladas
SO ₂	746
NO _x	847
COV	662
NH ₃	353

• Fuente: Directiva de techos nacionales, Directiva 2001/81/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23/10/2001.

• Notas: Estos valores no incluyen las emisiones de Islas Canarias, emisiones de tráfico marítimo internacional y emisiones de aeronaves fuera del ciclo de aterrizaje y despegue.

La Estrategia Española de Calidad del Aire presenta el doble objetivo de satisfacer los objetivos de calidad comunitarios y, a la par, posibilitar que España pueda cumplir los compromisos asumidos.

En este contexto, el Ministerio de Medio Ambiente aprobó en 2003 el Primer Programa Nacional de reducción progresiva de emisiones nacionales de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y amoníaco. El Programa, tiene por objeto el establecimiento de medidas que favorezcan el logro de los niveles de reducción de contaminantes marcados a nivel europeo para España, y desarrolla medidas de reducción progresiva de las emisiones nacionales significativas para los sectores transporte, industrial, energético y agrario, básicamente.

En el caso del sector transporte, el Programa ha hecho especial hincapié en la oportunidad de mejoras tecnológicas, como por ejemplo, a través de instrumentos como el de la renovación del parque de vehículos. Igualmente reflexiona sobre la instauración a través de las Administraciones públicas y sectores privados, de planes de movilidad urbana. El fomento del uso del ferrocarril para transporte de personas y mercancías y la navegación de cabotaje se han tenido en cuenta, así como el fomento del transporte público urbano e interurbano.

La reducción de emisiones en España, sin embargo, ha sido muy inferior a la media europea, aunque las previsiones apuntan a una situación más favorable. Entre los factores que han marcado la situación española cabe citar dos:

- 1 Las características del parque de vehículos y de los combustibles utilizados: una penetración más lenta de los vehículos con tecnologías limpias, unida a una fuerte tendencia a adquirir vehículos más potentes y vehículos diesel.
- 2 Un fuerte aumento en la demanda de transporte, tanto de mercancías como de viajeros y, en particular, en áreas urbanas, superior a la media europea, con un claro predominio de la carretera. Según datos del IDAE el aumento del número de coches pasó de 170 coches por cada 1.000 habitantes en 1973, a 452 coches por cada 1.000 habitantes en 2001.

Es evidente que se priman las medidas de eficiencia por encima de las medidas de reducción, cuando se comprueba que esta última opción es la manera más efectiva de paliar el problema.

El plan recoge una serie de medidas enfocadas al sector transporte, orientadas en tres direcciones principales:

- Acelerar la introducción de nuevas tecnología limpias en el sector.
- Aprovechar sinergias y efectos positivos entre las iniciativas públicas y privadas.

- Mejorar la información y facilitar un seguimiento continuado de las emisiones del sector.

Entre las medidas consideradas en el Plan cabe destacar las siguientes por su influencia en la calidad del aire urbano:

- Renovación del parque de vehículos, concentrando los incentivos en la adquisición de vehículos menos contaminantes.
- Favorecer la rápida introducción de los combustibles menos contaminantes (por ejemplo gasolinas y gasóleos sin azufre), comenzando por las áreas urbanas, así como de combustibles alternativos y, en el caso de flotas cautivas, combustibles mejorados (por ejemplo emulsiones).
- Vehículos industriales. Combinar programas de apoyo a la renovación (como las bonificaciones existentes) con otros de incentivo a la remodelación (*retrofitting*, actualización) de los vehículos más contaminantes, en particular en flotas cautivas como los vehículos de transporte urbano.
- Promover la aplicación de incentivos tributarios, favoreciendo un transporte ambientalmente más eficiente.
- Formación de conductores, tanto profesionales como particulares, difundiendo pautas de conducción con menos consumos y emisiones de acuerdo a las características de los nuevos vehículos, favoreciendo la formación continuada.
- Programa piloto del Ministerio de Medio Ambiente dirigido al transporte urbano de superficie (autobuses) para la elaboración de planes de adquisición, gestión y mantenimiento de flotas favorables a la reducción de emisiones.
- La administración pública como modelo de gestión de la movilidad: elaboración de un marco legal y metodológico para la preparación de planes de movilidad de las oficinas públicas, criterios de compra y gestión del parque móvil.
- Plan piloto del Ministerio de Medio Ambiente para la movilidad urbana sostenible, en el que podrán incluirse diversas iniciativas de apoyo a las corporaciones locales, tales como apoyo financiero para la elaboración de planes de movilidad o para la introducción de ciertas medidas sobre el transporte urbano, el establecimiento de guías y recomendaciones para la elaboración de planes de movilidad urbana o de determinadas actuaciones, la optimización logística de la distribución urbana, etc.
- Fomento del transporte público urbano y metropolitano.
- Políticas de tarifas por el uso de infraestructuras de transporte urbano.
- Fomento de modos no motorizados.

El eje central de esta estrategia de Calidad del Aire ha sido el de dotar a España de una norma básica moderna que sustituya a la obsoleta Ley de Protección del Ambiente Atmosférico de 1972.

Plan nacional de reducción de emisiones procedentes de grandes instalaciones de combustión (PNRE-GIC)

La Directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión (Directiva GIC), permite a los Estados Miembros la elaboración de un Plan Nacional de Reducción de Emisiones, con el que se consiga de modo global la misma reducción que aplicando los límites individuales a las instalaciones objeto del Plan.

Teniendo en cuenta que los contaminantes que participan en el PNRE-GIC, son los mismos que participan en procesos transfronterizos como la acidificación y eutrofización de suelos y tienen efectos a nivel local en la calidad del aire ambiente, y que además este PNRE-GIC está dirigido a instalaciones cuyas emisiones en función de las condiciones meteorológicas pueden dar lugar a impactos transfronterizos y locales. El PNRE-GIC ha sido elaborado, en la medida de lo posible, considerando los aspectos relacionados con las condiciones de dispersión de los contaminantes y la

legislación relativa a estas condiciones, para determinar los emplazamientos donde las tecnologías aplicables suponen la optimización de los beneficios ambientales.

En relación con los contaminantes involucrados tanto en la Directiva GIC como en la Directiva de Techos, se ha pretendido conseguir el objetivo marcado por el techo, considerando incluso la entrada de nuevas instalaciones necesarias para cubrir la demanda energética prevista a lo largo del periodo de funcionamiento del PNRE-GIC.

Asimismo, se han considerado, en relación con la calidad del aire ambiente, las Directivas de Calidad del Aire, y la Directiva de IPPC (transpuesta a la legislación española en la Ley 16/2002) con la aplicación de las mejores técnicas y tecnologías existentes para adecuar las condiciones ambientales del medio ambiente local. Esta normativa se ha tenido en cuenta tanto desde el punto de vista de la selección de los emplazamientos donde deben aplicarse tecnologías para conseguir el objetivo de no superar los límites de inmisión, como en la selección de la propia tecnología de reducción.

■ **Tabla 7.2. Objetivos de reducción para los contaminantes que participan en las GIC.**

	SO ₂	NO _x	Partículas
Emisiones anuales en 2001 (tpa)	887.539	220.525	29.934
Objetivo GIC (tpa)	177.786	196.971	14.205
% Reducción emisiones con respecto a 2001	81%	14%	55%

• Fuente: MMA.

Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética

Otra iniciativa estatal significativa es la Estrategia de

Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012 (E4), que presta gran atención al sector transporte y propone la implementación de una serie de medidas clave.

■ **Tabla 7.3. Medidas contempladas en la estrategia E4 para el sector transporte.**

Cambio modal hacia medios más eficientes	Uso eficiente de los medios de transporte	Mejora eficiencia energética de vehículos
Planes de movilidad urbana	Gestión infraestructuras transporte	Renovación flota carretera
Planes transporte para empresas	Gestión flotas carretera	Renovación flota aérea
Medios colectivos en transporte carretera	Gestión flotas aeronaves	Renovación flota marítima
Mayor participación ferrocarril	Conducción eficiente	Renovación parque automovilístico
Mayor participación marítimo		

• Fuente: Observatorio de la movilidad metropolitana, 2007.

El Plan de Acción 2005-2007 que concreta para este periodo la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética (E-4) supondrá el ahorro de 4.295,6 millones de euros al reducir en un 8,5% el actual consumo de energía primaria, en un 20% las importaciones de petróleo y en 32,5 millones de toneladas las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera.

El Plan compromete un volumen total de inversiones de 7.926 millones, que comprenden los recursos públicos y privados destinados a las medidas de mejora de la eficiencia energética. Este mismo año se invertirán 909 millones, 3.231 millones en 2006 y 3.786 millones en 2007.

El Plan de Acción de la E-4 centra sus esfuerzos en siete

sectores: los de industria, transporte, edificación, servicios públicos; equipamiento residencial y ofimático, agricultura y transformación de energía, con medidas específicas para cada uno de ellos. En total, identifica 20 actuaciones urgentes y 23 adicionales para aumentar la reducción de emisiones de CO₂.

Las principales medidas son:

- **Industria:** realización de auditorías energéticas, especialmente en los sectores químico, alimentación, bebidas y tabaco, siderurgia y fabricación de minerales no metálicos. Se pondrán en marcha líneas de ayuda para la cofinanciación del coste de estas auditorías y de subvenciones para la financiación de proyectos de ahorro y eficiencia energética en el sector industrial.
- **Transporte:** implantación de planes de transporte en las empresas y centros de actividad de más de 200 trabajadores y de planes para mejorar la conducción eficiente de vehículos privados, así como de camiones y autobuses. Asimismo se contempla la mejora de las infraestructuras, el estricto control de la velocidad en las carreteras y la modernización del parque de turismos.
- **Edificación:** transposición de la Directiva de eficiencia energética de los edificios de 2002, que establece la obligación de fijar unos requisitos mínimos de eficiencia energética para edificios nuevos, para los sujetos a obras de rehabilitación, la certificación energética de edificios y la inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado. Se establecerá además la obligación de mejorar la envolvente térmica en los edificios existentes y las instalaciones térmicas de los edificios existentes con la sustitución de un número de calderas, generadores de frío y equipos de tratamiento y transporte de fluidos que totalice 19.000 MWt en el periodo 2005-2007. También se prevé la mejora de la eficiencia energética en las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes.
- **Servicios públicos:** las principales actuaciones van dirigidas a la mejora de la eficiencia de las nuevas instalaciones de alumbrado público exterior, la implantación de un plan de equipamiento y uso eficiente de la energía en la Administración pública, la mejora en instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas, etc.
- **Equipamiento residencial y ofimático:** introducción de incentivos económicos que estimulen la compra de equipos de clase A. Asimismo, se pretende que los nuevos edificios vayan equipados inicialmente con electrodomésticos de clase A y electrodomésticos bitérmicos.
- **Agricultura:** puesta en marcha un plan de modernización de la flota de tractores agrícolas que ligará las ayudas del Plan Renove en vigor a la calificación energética del nuevo equipo.
- **Energético:** elevación del objetivo de cogeneración en 750 MW adicionales a los ya recogidos en la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética. Además se destinarán apoyos públicos para la realización de 190 auditorías energéticas y para realizar 100 estudios de viabilidad.

Se echa en falta en el Plan de Acción 2005-2007, un sistema de seguimiento y evaluación sobre las medidas urgentes, teniendo en cuenta lo avanzado del periodo de actuación. Este plan termina en el año 2007 y no hay datos de los resultados obtenidos debido a la implementación del plan.

Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT) 2005-2020

Otro instrumento que incide en la calidad del aire es el PEIT, estrategia estatal para la planificación del transporte y el desarrollo de las infraestructuras asociadas.

El PEIT pretende establecer un marco racional y eficiente para el sistema de transporte a medio y largo plazo, y para ello se marca unos objetivos anuales establecidos en términos de desarrollo de infraestructuras pero sobretodo atendiendo a la calidad de las condiciones de movilidad puesta al servicio de un desarrollo sostenible. Los objetivos del PEIT se estructuran alrededor de cuatro áreas clave:

- Mejorar la eficiencia del sistema en términos de calidad de los servicios prestados y atender las necesidades de movilidad de las personas y los flujos de mercancías en condiciones de capacidad, calidad y seguridad adecuadas.
- Fortalecer la cohesión social y territorial asegurando unas condiciones de accesibilidad equitativas al conjunto del territorio.
- Contribuir a la sostenibilidad general del sistema mediante el cumplimiento de los compromisos internacionales de la normativa europea en materia ambiental, en particular en lo que respecta a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
- Impulsar el desarrollo económico y la competitividad para lo que se potenciará el papel de las áreas urbanas y metropolitanas españolas, se reforzarán las relaciones transfronterizas y se fomentará el desarrollo de programas de I+D+i.

El PEIT se marca objetivos específicos sobre la mejora del comportamiento ambiental del transporte desde dos perspectivas: la minimización del impacto global del transporte y la calidad ambiental en el entorno natural y urbano.

En lo que respecta a los efectos de carácter global, se marca como objetivo estabilizar las emisiones del transporte en el periodo 2005-2007 y disminuir las emisiones en 2012 hasta los niveles de 1998, de acuerdo a las directrices del Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión. Asimismo, en consonancia con el Programa Nacional de Reducción de Emisiones, se marcan objetivos de reducción para los contaminantes incluidos en dicho programa.

En lo que concierne a la calidad ambiental, su objetivo es dar cumplimiento a las Directivas europeas de calidad del aire para el 90% de la población en el 2012, disminuyendo como mínimo en un 50% las superaciones actuales de los niveles límite de calidad del aire en ciudades, con respecto a los contaminantes para los que el transporte constituye la

principal fuente. También se compromete al cumplimiento en el menor plazo de tiempo posible de la normativa internacional de calidad ambiental. Por último, se realizará una identificación de ámbitos territoriales sensibles, particularmente frágiles a los impactos del transporte (2008) y se elaborarán programas específicos de actuación (2012).

La construcción de 6.000 Km. de nuevas vías de alta capacidad (autovías), casi 9.000 Km. trenes de altas prestaciones (AVE), duplicar la capacidad de los aeropuertos, e incrementar un 75% la de los puertos, no puede suponer una mejora, sino todo lo contrario, para la calidad del aire. De hecho, el propio Informe de Sostenibilidad Ambiental que lo acompaña, deja claro que tal como está planteado no podrá cumplir los acuerdos sobre cambio climático, y apunta a la necesidad de un cambio en función de las políticas europeas y españolas en relación con el acuerdo de Kioto:

“Se han calculado los niveles de emisión de contaminantes por los diferentes modos de transporte y se ha visto que la reducción de emisiones a esos niveles no permitirá cumplir con los objetivos del Protocolo de Kioto en el escenario PEIT. Por lo tanto, este objetivo, tal cual prevé el PEIT, deberá evolucionar de acuerdo a los compromisos adquiridos por la UE con el Protocolo de Kioto y las decisiones que se adopten a nivel nacional para cumplir con el Protocolo.” Ministerio de Fomento (2004). “Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan Especial de Infraestructuras y Transporte (PEIT)”. Capítulo 9, Evaluación de los Objetivos del PEIT, página 87. (Cálculo de emisiones contaminantes atmosféricos asociados al escenario PEIT del Ministerio de Fomento. Universidad Politécnica de Madrid. Octubre 2004).

Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM)

En 2003 se constituyó el Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM), creado por el Ministerio de Medio

Ambiente con el objeto de impulsar un transporte urbano sostenible, entre cuyos miembros permanentes se encuentra la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), el Instituto de Diversificación y Ahorro Energético (IDAE), el Centro de Investigación del Transporte de la Universidad Politécnica de Madrid (TRANSYT) y diversas autoridades de transporte público como el Consorcio de Transportes de Madrid.

El OMM se ha marcado como objetivo la publicación anual de un informe sobre la movilidad en las ciudades españolas y la realización de jornadas técnicas que versen sobre aspectos relevantes para una mejor gestión de los sistemas de transporte urbano.

Ciudades por el clima

La Red de Ciudades por el Clima es un marco estable de colaboración institucional para la puesta en práctica de iniciativas de prevención de la contaminación y el cambio climático, en un contexto general dirigido al impulso de políticas de desarrollo sostenible a nivel municipal. Tienen como marco normativo el Protocolo de Kioto.

En España, la Red de Ciudades por el Clima se ha puesto en marcha en colaboración con la Federación Española de Municipios y Provincias, y es una iniciativa de carácter voluntario, en la que las ciudades que opten por adherirse deben asumir una serie de compromisos tales como la elaboración y aprobación de un plan de movilidad sostenible que integre el transporte público y el no motorizado en la ciudad y en sus futuros desarrollos.

La Red ha alcanzado en el año 2007, 149 ciudades adheridas, lo que supone una población superior a los 15 millones de habitantes.

7.3. Instrumentos e iniciativas autonómicas

Estrategias de mejora de la calidad del aire

Las Estrategias de Calidad del Aire tienen como punto de referencia fundamental el programa adoptado en 2001 por la Comisión Europea denominado “Aire puro para Europa” (CAFE – Clean Air for Europe). El programa, estrategia temática sobre contaminación atmosférica, presenta los siguientes objetivos generales:

- evaluar la aplicación de las Directivas relativas a la calidad del aire y la eficacia de los programas sobre calidad del aire en los estados miembros,
- mejorar el control de la calidad del aire y la divulga-

ción de la información al público, si procede mediante el empleo de indicadores,

- establecer prioridades para la adopción de nuevas medidas, examinar y actualizar los umbrales de calidad del aire y los límites máximos nacionales de emisión, y desarrollar mejores sistemas de recogida de información, modelización y previsión.

En el caso español, la adopción de estrategias varía sustancialmente de unas comunidades a otras. Mientras se dan casos de desarrollo de verdaderas estrategias para la mejora de la calidad del aire, en otras comunidades únicamen-

te se han implementado o bien está previsto el desarrollo de planes locales o comarcales de saneamiento atmosférico dirigidos a áreas específicas que presentan episodios de superación de los niveles de inmisión permitidos.

Entre las estrategias adoptadas se puede citar la Estrategia para el Control de la Contaminación Atmosférica de la Comunidad Autónoma de Castilla y León (2001-2010) que parte de la Estrategia de Desarrollo Sostenible de Castilla y León: Agenda 21, y el Plan Azul o Plan para la Mejora de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid (Estrategia de calidad del aire y cambio climático de la Comunidad de Madrid).

Entre los Planes de Acción o Saneamiento implementados para limitar el riesgo de superación de los límites de inmisión y para limitar el tiempo de superación cabe citar los desarrollados en Euskadi y Cataluña para áreas industrializadas así como el de Región de Murcia y Andalucía.

Castilla y León

La Estrategia regional de control de la contaminación del aire ambiente pretende diagnosticar la situación de la calidad del aire en Castilla y León para poder sentar las bases de desarrollo de los futuros Planes de Acción, que permitirán mantener la calidad del aire en aquellas zonas donde sea correcta, y mejorarla en zonas con más altos índices de contaminación.

Esta Estrategia tiene como objetivo primordial proteger el medio ambiente en su totalidad, así como la salud humana, por lo que deben de evitarse, prevenirse o reducirse las concentraciones de contaminantes atmosféricos nocivos.

Mediante el desarrollo y aplicación de los Planes de Acción se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- Disponer de un sistema óptimo de evaluación de la calidad del aire en todo su territorio mediante la optimización de los sistemas actuales de vigilancia y control (red de estaciones remotas, sistemas de almacenamiento y tratamiento de datos y unidad móvil), y su puesta al día en virtud de las nuevas exigencias de la legislación (elaboración de modelos de difusión, medida de nuevos contaminantes) que permitirán medir, calcular o predecir el nivel en la atmósfera de los contaminantes legislados o por legislar en la Comunidad Autónoma de Castilla y León.
- Conocer el nivel de exposición de los distintos receptores de la contaminación atmosférica, es decir, la población, los cultivos y los ecosistemas naturales, a los niveles de contaminación, y poder así reaccionar en caso de episodios que pudieran ser perjudiciales.

- Disponer de un sistema que permita la circulación y el intercambio de información sobre los niveles de concentración de compuestos, con otros órganos de control y con la población en general, y aún más en lo que respecta a la superación de los niveles de información o de alerta.
- Estimar y controlar con una precisión aceptable la composición y magnitud de las emisiones a la atmósfera procedente de las principales fuentes de compuestos contaminantes.
- Estimar y controlar las emisiones de las fuentes que pueden causar los principales problemas, como la deposición ácida, la formación de *smog*, el efecto invernadero o la formación de ozono troposférico, para poder así evaluar el impacto de dichas fuentes de cara a su control en el futuro.
- Incorporar las mejores tecnologías disponibles (*Best Available Technologies*, o *BAT*), en la medida que resulte económicamente viable, a los sectores industriales de la Comunidad Autónoma de Castilla y León que lo requieran.
- Disminuir las emisiones de contaminantes emitidos a la atmósfera en toda la Comunidad, especialmente las de los potenciales causantes de los principales problemas de contaminación atmosférica, con medidas a desarrollar en colaboración con el sector industrial y, en general, con todos los ciudadanos, tales como aumentar el grado de producción de energías renovables a escala local y particular, así como inculcar hábitos de consumo a la población que reduzcan las emisiones generadas en el ámbito cotidiano, mejoras productivas, etc.
- Establecer un marco de cooperación entre las diferentes administraciones, con especial relevancia de la administración local, en el control de la contaminación del aire ambiente y en la puesta en marcha de los programas de recuperación y mejora, así como en el establecimiento de las acciones derivadas de las superaciones de los niveles de información o de alerta.

En esta Comunidad también se han adoptado medidas encaminadas a lograr una movilidad más sostenible. Uno de los principales objetivos que impulsó el dictado de la Ley 15/2002, de 28 de noviembre, de Transporte Urbano y Metropolitano de Castilla y León, fue buscar soluciones eficaces a las nuevas necesidades de movilidad derivadas de los también nuevos modelos de asentamientos urbanos vigentes. El Título III de la Ley 15/2002 lleva por rúbrica "Coordinación de los Servicios Urbanos e Interurbanos", estableciendo en su Capítulo I, "Normas Generales", las finalidades y Principios de dicha coordinación (Art. 16), los servicios e infraestructuras a coordinar (Art. 17) y los modos de coordinación (Art. 18).

Mientras en algunas comunidades se han desarrollado verdaderas estrategias para la mejora de la calidad del aire, en otras comunidades se han implementado, o está previsto, el desarrollo de planes locales o comarcales de saneamiento atmosférico.

Entre tales modos de coordinación destaca la aprobación de Planes Coordinados de Explotación, que son definidos en la Exposición de Motivos de la Ley 15/2002 como instrumentos básicos de coordinación entre los servicios de transporte urbano e interurbano, detallando la Ley en su Art. 19 el contenido mínimo de los mismos.

La Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León viene trabajando en el desarrollo del Título III de la referida Ley 15/2002, del Transporte Urbano y Metropolitano de Castilla y León en las principales aglomeraciones urbanas de Castilla y León, con el objetivo prioritario de defender y promocionar el transporte público como la mejor forma de solucionar social y económicamente las necesidades de movilidad de la ciudadanía, mejorando con ello su calidad de vida.

Para el desarrollo de las actuaciones en materia de Transporte Metropolitano en las aglomeraciones urbanas, se han realizado o se están realizando los siguientes Estudios de Movilidad:

- En 2003, la Consejería de Fomento financió un trabajo con el fin de diagnosticar la situación actual del transporte público en Salamanca y su alfoz.
- La Consejería de Fomento procedió a la elaboración y financiación de un estudio del transporte con el fin de diagnosticar la situación preexistente del transporte público en León y su alfoz.
- Se ha finalizado el diagnóstico de la situación actual de los servicios de transporte público en los alfores de Valladolid, Burgos y Ponferrada, así como para determinar las tendencias de movilidad en dichas aglomeraciones urbanas.
- Se están determinando los procesos de definición, reestructuración y mejora del transporte público de viajeros en los alfores o aglomeraciones urbanas de Castilla y León.

Los municipios sobre los que se ha efectuado alguna actuación son: Burgos, León, Ponferrada, Palencia, Salamanca, Segovia y Valladolid.

Asimismo, la Consejería de Fomento está desarrollando e implantando un nuevo sistema de gestión del transporte basado en una petición previa del ciudadano, que se denomina "Transporte a la Demanda" y que se dirige y organiza desde un "Centro Virtual de Transporte".

Objetivos cuantitativos para los contaminantes

- Reducción de las emisiones en 2010 respecto a 2003:

Emisiones contaminantes a reducir	Porcentaje de reducción (%)	Toneladas no emitidas al año
Óxidos de Azufre (SO _x)	15	3.700
Óxidos de Nitrogeno (NO _x)	15	13.300
Compuestos orgánicos volátiles (COVNM)	5	6.500
Monóxido de Carbono (CO)	5	9.000

Comunidad de Madrid

El Plan Azul o Plan para la mejora de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid recoge más de 100 medidas a adoptar a corto, medio y largo plazo, de las cuales 30 ya han sido aprobadas y se están poniendo en marcha. A continuación se exponen los objetivos cualitativos y cuantitativos que recoge la estrategia de calidad del aire y cambio climático (2006-2012) "Plan azul".

Objetivos cualitativos de la estrategia

- Posicionar a la Comunidad de Madrid como un referente en el marco de la gestión de calidad del aire y el cambio climático a nivel nacional e internacional.
- Formular **objetivos prioritarios** ambiciosos pero realistas al mismo tiempo.
- Definir **líneas de actuación** tendentes a disminuir las emisiones de los diferentes focos.
- Involucrar a **todos los agentes** en la gestión de la calidad del aire.
- Potenciar los Acuerdos Voluntarios con los sectores económicos y sociales.
- Impulsar el papel de las **corporaciones locales** en la gestión de la calidad del aire.
- Detectar las principales **tendencias** y elementos externos que pueden afectar al futuro desarrollo medioambiental de la región.
- Identificar cuestiones clave para el **desarrollo sostenible** de la región.
- Diseñar el **modelo organizativo** y la estrategia de comunicación de las acciones y medidas establecidas en la estrategia.
- Seleccionar y desarrollar **actuaciones medioambientales prioritarias** para la región, con vistas a alcanzar los objetivos establecidos por parte de la Comunidad de Madrid.

- Valores objetivos a alcanzar en inmisión para 2010:

Contaminante	Objetivo de inmisión en 2010	Periodo de promedio
Óxidos de Nitrogeno (NO ₂)	40 µg/m ³	Valor medio anual
Partículas en Suspensión (PM ₁₀)	40 µg/m ³	Valor medio anual
Ozono (O ₃)	120 µg/m ³ (*)	Valor medio octohorario máximo en un día

* No se superará en mas de 25 días por cada año civil de promedio en un periodo de 3 años.

La verificación del año 2010 se realizará con el promedio del periodo 2010-2012

- Objetivo de reducción en Gases de Efecto Invernadero para 2012: reducción en un 15% de las emisiones anuales de CO₂ equivalente respecto al escenario previsible según las tendencias de consumo actuales (4,5 millones de toneladas CO₂ equivalente).

Las medidas del Plan Azul se dirigen en buena parte a mejorar la red de transporte de la comunidad y al fomento de transportes alternativos al vehículo privado, potenciar la eficiencia y el ahorro energético, mejorar la red de calidad del aire actualmente existente e introducir criterios de sostenibilidad en el planeamiento urbanístico (tabla 7.4).

■ **Tabla 7.4. Estructura de la estrategia a nivel de programas y líneas de actuación.**

Marco Normativo * Medidas fiscales	Programa Sector Transporte * Infraestructuras * Movilidad urbana * Combustibles y vehículos 41 Medidas	Programa Sector Industrial * Ahorro y eficiencia energética * Control Ambiental * Buenas prácticas y mejores tecnologías * Residuos 13 Medidas
Educación ambiental * Sensibilización y divulgación * Acciones formativas * Información a la población	Programa Sector Residencial * Construcción sostenible * Ahorro y eficiencia energética * Planeamiento sostenible	Programa Sector Agricultura y Medio Natural * Forestal * Agricultura y ganadería
Prevención ambiental * Control de la calidad del aire * Prevención e inspección	27 Medidas	8 Medidas

• Fuente: CAM. Plan Azul

Programas verticales

- Sector transporte, enfocado principalmente al transporte por carretera, y a otros tipos de transporte.
- Sector industrial, orientado a las grandes industrias contaminantes y pymes.
- Sector residencial e institucional, tiene en cuenta las residencias de los ciudadanos y los edificios del sector terciario, tanto públicos como privados.
- Sector agricultura y medio natural, considera principalmente a las explotaciones agrarias y ganaderas, así como a la propia naturaleza.

Programas horizontales

- Marco normativo, define la normativa necesaria para disminuir las emisiones contaminantes.
- Educación ambiental, tiene en consideración acciones encaminadas a la formación e incremento de la sensibilización medioambiental de todos los agentes y sectores implicados.
- Prevención ambiental, se centra en controlar la calidad del aire e inspeccionar a los diferentes focos emisores.

Para aquellas medidas cuya implementación corresponda a la Comunidad de Madrid, serán las diferentes Consejerías competentes las que deberán integrar las consideraciones y previsiones de la Estrategia en la planificación, desarrollo y ejecución de sus políticas sectoriales y territoriales. Será al elaborar los planes y programas correspondientes, cuando se precise el alcance de las diferentes medidas, su programación temporal y, en su caso, las inversiones necesarias para su ejecución durante el período de vigencia de esta Estrategia.

Euskadi

En el año 2002 se aprobó la Estrategia Ambiental Vasca de Desarrollo Sostenible (2002-2020) y el primer Programa Marco Ambiental (2002-2006) que fijan cinco metas ambientales y cinco condiciones necesarias que deben ser impulsadas prioritariamente por la Administración Pública Vasca. Estas metas y condiciones se han establecido en coherencia con las formuladas en la Estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible y con el Sexto Programa de Acción Comunitaria en materia de medio ambiente. Las metas aprobadas son:

- Garantizar un aire, agua y suelos limpios y saludables.
- Gestión responsable de los recursos naturales y de los residuos.
- Protección de la naturaleza y la biodiversidad: un valor único a potenciar.
- Equilibrio territorial y movilidad: un enfoque común.
- Limitar la influencia en el cambio climático.

La estrategia recoge entre sus principales objetivos la mejora de calidad del aire urbano, lo que implica la realización de un inventario y una estrategia de control de las emisiones de NO_x, NH₃ y CO y la elaboración de planes de acción que indiquen medidas para reducir el riesgo de rebasamiento y limitar la duración de las superaciones de los valores límite o de los umbrales de alerta de inmisión de contaminantes atmosféricos.

Tanto los valores diarios de inmisión como los indicadores de calidad del aire asociados están disponibles a través de la página web del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

También en el año 2002 se aprobó el Plan Director de Transporte Sostenible: La política común de transportes en Euskadi 2002-2012, con los siguientes objetivos:

- Desvincular el crecimiento económico del incremento de la demanda de transporte.
- Lograr una accesibilidad universal.
- Impulsar un reequilibrio entre los modos de transporte.
- Potenciar la posición estratégica de Euskadi en Europa.
- Avanzar hacia un modelo de transporte sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Entre las medidas adoptadas por el Plan Director para avanzar hacia esos objetivos se puede citar:

- Creación de la autoridad coordinadora del transporte de Euskadi con funciones de planificación, ordenación y coordinación en el desarrollo de la política común del transporte y en la consecución de un transporte sostenible.
- Creación del observatorio permanente del transporte en Euskadi como órgano de diagnóstico y simulación prospectiva de la evolución del transporte. Entre sus tareas está la redacción anual de una memoria que radiografe la situación del transporte en Euskadi.
- Elaboración del Plan Territorial Sectorial de la Red Intermodal y Logística del Transporte.
- Creación del ente público gestor de las infraestructuras portuarias y ferroviarias de Euskadi.
- Implantar la incorporación de un informe de sostenibilidad a los estudios y proyectos sobre transporte que se desarrollen en Euskadi.
- Elaboración del Plan Director de vías ciclistas de Euskadi.

En lo que respecta a los planes de saneamiento atmosférico, durante los años 90 del siglo XX se aprobaron planes de saneamiento atmosférico para la Cuenca del Deba, el Alto Nervión, Donostialdea y Llanada Alavesa, Ibaizábal y Oria.

En el año 2005, tras el análisis de los resultados de calidad del aire obtenidos durante 2003 y 2004, se optó por elaborar planes de actuación de la calidad del aire en 13 municipios correspondientes a las zonas de Bajo Nervión, Donostialdea, Goierri, Ibaizábal-Alto Deba y Kostaldea.

De acuerdo a lo establecido en el [R.D. 1073/2002](#), y teniendo en cuenta los resultados de las evaluaciones de los datos de la calidad del aire de los años 2003 y 2004 en la CAPV, el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente a través de IHOBE, ha organizado la elaboración de unos planes de actuación para la mejora de la calidad del aire con la ayuda de LABEIN y la colaboración de los 13 ayuntamientos de las zonas afectadas. En función de las problemáticas atmosféricas de cada caso, los planes podrán ser individuales por municipio o conjuntos por zonas geográficas.

Los ayuntamientos afectados son los siguientes clasificados por zonas:

- Bajo Nervión: Alonsotegi, Baracaldo, Basauri, Bilbao, Erandio y Portugalete.
- Donostialdea: Lezo y Rentarúa.
- Goierri: Beasain.
- Ibaizabal-Alto Deba: Amorebieta, Arrasate-Mondragón y Durango.
- Kostaldea: Zierbena.

Cataluña

En Cataluña se aprobó en el año 2003 la Ley de la Movilidad, con el objetivo de gestionar la movilidad de las personas y mercancías según criterios de sostenibilidad y seguridad. La Ley establece la obligatoriedad de desarrollar

Planes de Movilidad Urbana en todos aquellos municipios que están obligados a prestar servicio de transporte público de viajeros, es decir, todos los municipios de más de 50.000 habitantes, según las competencias especificadas en la Ley Reguladora de Bases de Régimen Local.

Los objetivos prioritarios de la Ley de Movilidad son:

- Priorización de sistemas de transporte más sostenibles.
- Promoción de la intermodalidad.
- Garantía de seguridad integral de las personas.
- Respeto al medio ambiente.
- Minimización del consumo de recursos energéticos y del suelo.
- Incorporación de sistemas de transporte más eficientes y seguros.

La Ley establece tres niveles de planificación. A nivel nacional el Gobierno de la Generalitat redactará las Directrices Nacionales de Movilidad, con carácter de Plan Territorial Sectorial. A nivel regional se establecerán varias áreas en todo el territorio catalán cada una de las cuales deberá tener un Plan Director de Movilidad. A nivel local se elaborarán los citados Planes de Movilidad Urbana.

Según datos de julio de 2006, 40 municipios catalanes cuentan ya con planes de movilidad urbana y 5 más están desarrollando dichos planes.

Asimismo se ha constituido el Observatorio Catalán de la Movilidad y la web de la movilidad. En 2006 se ha aprobado el Plan de Infraestructuras del Transporte de Cataluña (PITC) correspondiente al periodo 2006-2026.

Además en Cataluña se está elaborando el Plan de Descontaminación estructurado en planes de descontaminación zonales. Las fases de que se compone el plan son:

- Análisis y diagnóstico de la calidad del aire. Análisis de los episodios de contaminación históricos.
- Definición de áreas de actuación prioritarias.
- Definición de alternativas de reducción de las emisiones atmosféricas.
- Análisis de viabilidad técnico-económica.
- Propuesta de programa de actuaciones y gestión.
- Previsión de la evaluación de los distintos escenarios con o sin aplicación del Plan.

El Departamento de Medio Ambiente ha elaborado ya el Plan de Descontaminación de la zona del Bajo Llobregat. El Decreto 226/2006 declara las zonas de protección especial del ambiente atmosférico de los siguientes municipios donde se superan los niveles de calidad del aire admisibles para el dióxido de nitrógeno:

- Barcelonés: Badalona, Barcelona, Hospitalet de Llobregat, Sant Adrià del Besós, Santa Coloma de Gramenet.
- Baix Llobregat: Castelldefels, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat, Gavá, Molins de Rei, el Prat

de Llobregat, Sant Feliu de Llobregat, Sant Joan Desó, Sant Just Desvern, Sant Vicenç del Horts, Viladecans.

Y los municipios donde se superan los niveles de calidad del aire admisibles para las partículas en suspensión de diámetro inferior a 10 micras:

- Barcelonés: Badalona, Barcelona, Hospitalet de Llobregat, Sant Adrià del Besós, Santa Coloma de Gramenet.
- Baix Llobregat: Castelldefels, Cornellà de Llobregat, Gavá, Martorell, Molins de Rei, Esplugues de Llobregat, Papiol, Pallejá, el Prat de Llobregat, Santa Andreu de la Barca, Sant Feliu de Llobregat, Sant Joan Desó, Sant Just Desvern, Sant Vicenç del Horts, Viladecans.
- Vallès Occidental: Badia del Vallés, Barberá del Vallés, Castellbisbal, Cerdanyola del Vallés, Montcada i Reixac, Ripollet, Rubí, Sabadell, Sant Cugat del Vallés, Sant Quirze del Vallés, Santa Perpetua de Mogola, Terrassa
- Vallès Oriental: Granollers, la Llagosta, Martorelles, Mollet del Vallés, Montmeló, Montornés del Vallés, Paredes del Vallés, Sant Fost de Campsentelles.

Región de Murcia

El Plan Estratégico de la Región de Murcia (2007-2013) se ha definido en cinco grandes Objetivos Estratégicos que a su vez se desarrollan en veinticinco Objetivos Intermedios (u operativos):

- Objetivo y Estrategia Regional para el Crecimiento y calidad en el empleo.
- Objetivo y Estrategia Regional para el Fomento de la Sociedad del Conocimiento.
- Objetivo y Estrategia Regional para la **Sostenibilidad Territorial y Ambiental**.
- Objetivo y Estrategia Regional para la Cohesión y Bienestar Social.
- Objetivo y Estrategia Regional para el Refuerzo de la Capacidad Institucional y la Imagen de la Región de Murcia.

El Fomento de la Calidad Ambiental y Ecoeficiencia en el mundo industrial y en el medio urbano es uno de los objetivos intermedios que se describen dentro de la Estrategia Regional para la sostenibilidad Territorial y Ambiental. Entre los proyectos emblemáticos relacionados con este objetivo estratégico de Sostenibilidad Territorial y Ambiental encontramos:

- **Oficina del cambio climático**
Esta oficina será la encargada de coordinar las acciones encaminadas a combatir las causas probables del cambio climático y a paliar los efectos que producen. El cambio climático, por su carácter multifacético, no tiene una única solución ni puede ser abordado desde

una sola perspectiva. Las respuestas eficaces al cambio climático se podrán arbitrar sólo desde un planteamiento positivo y abierto sobre este complejo asunto. Por ello y en coordinación con la Oficina Española del cambio Climático la oficina fomentará el desarrollo de:

- Programas en medidas preventivas
- Programas de medidas paliativas
- Detección de agentes indirectos
- Información y difusión
- Apoyo a medidas alternativas a la producción de Gases de Efecto Invernadero

Las líneas de actuación por parte de la Consejería en materia de calidad ambiental son:

- Programa de previsión y seguimiento del estado de la calidad ambiental de la Región
- Plan de lucha contra el cambio climático y sus efectos (Acciones encaminadas a combatir las causas probables del cambio climático y a paliar los efectos que producen. Incluidas infraestructuras y medios de medición).

También cabe destacar el **Proyecto ARIES**, un estudio de la modelización de calidad del aire en el entorno de Cartagena y Mar Menor, para el control de las futuras centrales eléctricas de ciclo combinado.

El estudio comprende un muestreo intensivo en varias campañas en las zonas de influencia de las emisiones de las centrales para evaluar el estado de la contaminación antes de la puesta en marcha de las citadas centrales térmicas, y la medida en continuo de las variables meteorológicas y sondeos en altura realizados por el Instituto Nacional de Meteorología. El resultado de los datos obtenidos se utilizarán para caracterizar la meteorología zonal y diseñar el modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos, que servirá en el futuro de herramienta de control de las Centrales térmicas.

Además de la red de vigilancia de la contaminación atmosférica, desde hace alrededor 10 años tiene implementado un plan operativo de intervención industrial en la ciudad de Cartagena con el objetivo de reducir las emi-

siones más significativas sobre la calidad del aire con el fin de atenuar estos valores y conseguir disminuir la intensidad del episodio.

Andalucía

La Estrategia andaluza de desarrollo sostenible incluye entre sus áreas temáticas la denominada como protección atmosférica y clima que recoge, entre otros principios y orientaciones, la evaluación y determinación de los umbrales de contaminantes atmosféricos y la adopción de buenas prácticas y mejores técnicas disponibles encaminadas a reducir la contaminación y mejorar la calidad del aire.

Asimismo se han desarrollado e implementado planes de calidad ambiental para el área de Huelva y su entorno y para el área del Campo de Gibraltar. Se trata de planes de actuación integral que contemplan actuaciones dirigidas a la mejora de la calidad del aire.

En lo que respecta a la política de movilidad y transportes, Andalucía cuenta con la Ley 2/2003 de Ordenación de Transportes Urbanos y Metropolitanos de Viajeros, que tiene por objeto ordenar y gestionar los transportes públicos de viajeros. La citada Ley establece la figura del Plan de Transporte Metropolitano que viene a definir el sistema de transporte en el ámbito metropolitano y sirve para prever las necesidades de gestión y financiación. La elaboración y aprobación inicial del Plan correrá a cargo de la Consejería pertinente, siendo aprobado definitivamente por el Consejo de Gobierno. El único plan aprobado hasta el momento es el Plan de Transporte Metropolitano del Área de Sevilla: Plan de Movilidad Sostenible (2006).

Asimismo se ha aprobado en el año 2006 el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía, que busca la implantación de infraestructuras y servicios de transporte de escala metropolitana en el marco de los respectivos Planes de Transporte Metropolitanos, valorando el avance hacia una movilidad sostenible, así como las dotaciones que refuercen el papel de los Centros Regionales como principales nodos intermodales.

7.4. Instrumentos e iniciativas locales

En el ámbito local las iniciativas desarrolladas se enfocan hacia dos ámbitos. Por un lado, se planifican actuaciones dirigidas a la mejora de la calidad del aire de las ciudades instrumentadas a través de planes de calidad y por otro, se desarrollan instrumentos para la mejora de la movilidad urbana con la finalidad de reducir el tráfico rodado (en especial el privado), principal causante de los problemas ambientales que afectan a las ciudades.

Dentro de los instrumentos desarrollados para la mejora de la movilidad urbana cabe citar, por su relevancia, los Planes de Movilidad Urbana, en algunos casos denominados Planes de Movilidad Urbana Sostenible y los Pactos de Movilidad.

Los primeros son instrumentos desarrollados para la planificación racional del transporte intentando conjugar las

diversas necesidades de movilidad y abastecimiento que se presentan en las ciudades, siempre teniendo presente un enfoque que permita cubrir dichas necesidades con el menor impacto posible. Los segundos son instrumentos de participación que buscan el diálogo, la complicidad y el compromiso de los diferentes agentes implicados.

Los denominados Planes de Movilidad Urbana Sostenible se definen como un conjunto de actuaciones que tienen como objetivo la implantación de formas de desplazamiento más sostenibles (caminar, bicicleta y transporte público) dentro de una ciudad; es decir, modos de transporte que hagan compatible el crecimiento económico, la cohesión social y la defensa del medio ambiente, garantizando, de esta forma, una mejor calidad de vida para los ciudadanos.

Los planes de movilidad urbana sostenible se desarrollan mediante políticas de regulación de la movilidad y de la accesibilidad, entre las que se incluyen:

- Regulación y control de acceso y estacionamiento en centros urbanos.
- Desarrollo y mejora de la oferta de los diferentes modos de transporte público.
- Desarrollo de medidas de integración institucional, tarifaria y física de los diferentes sistemas de transporte público y su intermodalidad.
- Potenciación de estacionamientos de disuasión en las estaciones o paradas de las afueras de las ciudades o en el ámbito metropolitano.
- Ordenación y explotación de la red principal del viario, en relación a los diferentes modos de transporte.
- Fomento de la movilidad a pie y en bicicleta, mediante la construcción y/o reserva de espacios y la supresión de barreras arquitectónicas, para el peatón y la bicicleta, en un entorno adecuado, seguro y agradable para los usuarios.
- Gestión de la movilidad en aspectos relativos a grandes centros atractores.
- Regulación de carga, descarga y reparto de mercancía en la ciudad.

A pesar de la existencia de los instrumentos citados, la revisión del panorama nacional de actuaciones referidas a la movilidad y la accesibilidad confirma la hipótesis de que este campo presenta unas especiales condiciones de rigidez y dificultad para la introducción de criterios de sostenibilidad. La calificación de escollo para la sostenibilidad parece quedar plenamente justificada.

Se puede afirmar que la mayoría de las ciudades españolas son víctimas de su afán por incrementar la movilidad del automóvil, manteniéndose cuantiosas inversiones públicas - en infraestructuras para la circulación y el aparcamiento- y privadas -en la compra y funcionamiento de los vehículos-.

En los últimos diez años, se ha producido un fuerte incremento en la motorización apoyado en la creación de infraestructuras. Lo que ha favorecido la expansión de las distancias recorridas. Esta tendencia no está siendo frenada por políticas rigurosas que busquen invertir dichas tendencias en aras de la sostenibilidad. Al contrario, por lo general en las propuestas que atañen a la movilidad y la accesibilidad parecen realimentar la espiral de las necesidades de desplazamientos motorizados.

No es así de extrañar que no existan indicios de políticas rigurosas de moderación general o local de la circulación, es decir, de políticas que busquen la reducción del número y de la velocidad de los vehículos motorizados, en particular de los automóviles.

Se mantienen y desarrollan las políticas que tradicionalmente se habían aplicado con el fin de resolver problemas localizados de congestión, incluyendo las que suponen la peatonalización de algunas calles céntricas, y se sostienen también los esfuerzos de mejora/mantenimiento de las redes de transporte colectivo.

De ese modo, se puede hablar de una generalización de los sistemas de restricción localizada del aparcamiento de vehículos. Las operaciones de restricción del aparcamiento se han implantado con diversos nombres (ORA, OTA, SARE, AREA), mecanismos de control (vigilancia, parquímetros) y reglas en gran parte de los núcleos urbanos del país. Es significativo al respecto que más de un centenar de ciudades cuenten con concesión privada de sistemas de regulación del aparcamiento, cubriendo del orden de 150.000 plazas de sus áreas centrales, y que otras muchas apliquen la normativa desde los propios servicios de la administración municipal.

Se puede hacer también referencia a la amplia difusión de las zonas peatonales en los centros urbanos, que alcanza hoy a la mayoría de las ciudades españolas, habiéndose convertido casi en un equipamiento estándar. E incluso se aprecia una dispersa e inmadura pero ya numerosa aparición de tramos aislados de vías para bicicletas, que denotan como mínimo una nueva posición de la opinión pública en favor de este medio de transporte.

En el ámbito local se han planificado actuaciones dirigidas a la mejora de la calidad del aire de las ciudades a través de planes de calidad y por otro lado, se han desarrollado instrumentos para la mejora de la movilidad urbana con la finalidad de reducir el tráfico rodado (en especial el privado).

Igualmente se puede hablar de un sostenimiento general del sistema de transporte colectivo público, aunque con muy diferentes grados de calidad y de prioridad en la inversión y en la gestión viaria. Además de las grandes áreas metropolitanas (Madrid, Barcelona, Bilbao, Valencia y Sevilla), otras ochenta ciudades españolas mantienen subvencionado el transporte regular en autobús.

Pero todas esas políticas de control leve del aparcamiento, de peatonalización o de subvención al transporte colectivo siguen cabiendo en el epígrafe de la racionalidad o de la habitabilidad, sin aproximarse a la sostenibilidad del sistema urbano y desvelando la auténtica dimensión del escollo al que aquí se hace referencia. Por esa razón, en este contexto de insostenibilidad creciente, las prácticas seleccionadas, con sus contradicciones y limitaciones, son signos esperanzadores de que se puede cambiar de rumbo en materia de movilidad y accesibilidad, aunque la tarea que queda por delante parezca, y lo es, enorme.

Cabe destacar la relación que existe entre los instrumentos e iniciativas locales para la mejora de la movilidad con otros instrumentos de gestión y planificación ambiental. Según un informe de la Comisión Europea publicado en 2005, parece existir una correlación positiva entre la adopción por parte de los municipios de Planes de Gestión Ambiental, la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental y la aplicación de Planes de Transporte Urbano Sostenible.

Hay que tener en cuenta que tanto las Agendas 21 como los planes estratégicos ambientales y los sistemas de gestión ambiental, van dirigidos, en mayor o menor profundidad y medida, hacia la mejora continua de aspectos asociados a la sostenibilidad. No en vano entre los Compromisos de Aalborg +10 se encuentran la mejor movilidad y reducción del tráfico y la gestión municipal hacia la sostenibilidad, y la protección del clima, elementos ligados, entre otras cosas, a la calidad del aire de las ciudades.

Asimismo en el contexto de las Agendas 21 locales algunos municipios han comenzado a utilizar herramientas de evaluación ambiental estratégica para evaluar planes y programas en materia de transporte.

A continuación se exponen algunos ejemplos de instrumentos desarrollados en diferentes municipios españoles.

Ayuntamiento de Madrid

Los antecedentes de la Estrategia Local de la Calidad del Aire de la Ciudad de Madrid 2006-2010, se encuentran en el Plan de Saneamiento Atmosférico cuya primera etapa se inició en 1982.

La estrategia se marca objetivos de reducción de emisiones de NO_x, partículas en suspensión, gases de efecto invernadero (GEI), de CO y de SO_x. Para ello plantea actua-

ciones que se desarrollarán en torno a aspectos claves de la ciudad como la limitación del tráfico, el fomento del transporte público o la reducción de emisiones domésticas, potenciando aquellas actuaciones que ya se están llevando a cabo y estableciendo nuevas medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos planteados.

Entre las actuaciones que el Ayuntamiento de Madrid ha venido implementando en los últimos años se puede citar el Plan de subvenciones para la transformación de generadores de calor de carbón, que ha permitido en el periodo 1990-2004 la sustitución de 6.528 instalaciones de carbón; la realización del inventario de emisiones a la atmósfera en el término municipal de Madrid; el desarrollo del Sistema integral de vigilancia, predicción e información de la contaminación atmosférica; y la realización de campañas de censado y comprobación de calderas colectivas durante las temporadas invernales de 1999-2000 y 2000-2001 gracias a las cuales fueron revisadas 14.000 calderas.

Asimismo en 2003 se revisó la Ordenanza General de Protección del Medio Ambiente urbano en los términos relativos a la protección a la atmósfera y se aprobó la ordenanza municipal sobre la captación de energía solar para usos térmicos.

En lo que respecta al ámbito de la movilidad, Madrid dispone de un Pacto por la Movilidad que recoge los siguientes elementos:

- Convertir al peatón en el principal protagonista de la movilidad en la ciudad.
- Fomentar la utilización del transporte público.
- Acometer actuaciones que ayuden a mejorar la circulación de los vehículos en la ciudad.
- Favorecer otros medios de transporte alternativos.
- Organizar el espacio para aparcamiento en superficie y crear nuevas plazas de aparcamiento subterráneo para residentes.
- Conseguir una distribución de mercancías ágil y una carga y descarga ordenada.
- Hacer de la disuasión y la prevención la base de la disciplina circulatoria en la ciudad.
- Mejorar la seguridad vial.
- Conseguir una movilidad más respetuosa con el medio ambiente.
- Hacer de la formación y la información las claves para un mejor futuro.

El Pacto se articuló en torno a la Mesa por la Sostenibilidad en la que participan, de manera resumida, representantes de la Administración local, autonómica y estatal y representantes de sindicatos, asociaciones ciudadanas y de profesionales. Asimismo se dispone de mesas sectoriales para el tratamiento de temas específicos como la seguridad vial o las necesidades del peatón.

A pesar de estas iniciativas los resultados de estas medidas en lo que a calidad del aire se refiere se alejan enor-

mamente de las condiciones admisibles. Todavía existen demasiadas políticas en otros ámbitos que desvirtúan los objetivos anteriormente descritos, entre ellas se podría citar la importante construcción de infraestructuras de transporte para el vehículo privado.

Municipios vasco

Entre las actuaciones estables que ya han sido adoptadas por los municipios vascos relativas a la movilidad sostenible cabe citar:

Municipio	Actuaciones
Andoain	Desarrollo de nuevas zonas peatonales Desarrollo de nuevas zonas de carriles bici Eliminación de barreras arquitectónicas Colocación de pivotes para proteger las aceras
Barakaldo	Ampliación de áreas peatonales Prolongación de carriles bici Instalación de aparcamientos para bicicletas Medidas para calmar el tráfico
Beasain	Carril bici Aparcamientos de bicis Planes de accesibilidad
Arrasate-Mondragón	Semipeatonalización Tráfico restringido
Azpeitia	Nuevas líneas y ampliación de frecuencia del transporte público Medidas para calmar el tráfico
Getxo	Programa de coche compartido en la web oficial Carril bici

Bailén

La Junta de Andalucía ha aprobado el Plan de Mejora de la Calidad del Aire en el Municipio de Bailén según Decreto 31/2006, de 14 de febrero.

En el término municipal de Bailén se han producido superaciones del valor límite, incrementado en el margen de tolerancia correspondiente, de partículas en suspensión de tamaño inferior a diez micras. Estas superaciones de los límites convierten a Bailén en uno de los lugares (sino el que más) con un aire más contaminado. Sus habitantes soportan más de la mitad de los días del año (casi 200 días) unos niveles de este contaminante dañinos para su salud.

Como resultado de las mismas la Consejería de Medio Ambiente, a propuesta del Ayuntamiento de Bailén, dicta la Orden de 27 de enero de 2003, por la que se aprueba la formulación del Plan de Mejora de la Calidad del Aire en el Municipio de Bailén. La citada Orden realiza una coordinación entre los mecanismos incluidos en el Capítulo I del Reglamento de la Calidad del Aire para los Planes de Prevención y Corrección de la Contaminación

Atmosférica y los que recoge el Real Decreto 1073/2002 para los planes de actuación obligatorios cuando se superen los niveles de contaminación correspondientes.

Desde la entrada en vigor de esta Orden, la Consejería de Medio Ambiente, a través de la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental, ha realizado los estudios tendentes a la elaboración del plan de mejora necesario. Una vez concluidos los mismos, se ha procedido a la aprobación del Plan con objeto de conseguir una mejora sustancial de la calidad del aire a corto plazo, así como el cumplimiento de los límites legales recogidos en la normativa vigente.

Alguna de las medidas previstas en el plan se han iniciado o ejecutado con anterioridad a la aprobación del presente Decreto, ya que tanto las Administraciones implicadas, como los titulares de las actividades industriales de la zona, conscientes del problema medioambiental, han anticipado ciertos proyectos de mejora de la calidad del aire.

En lo que respecta a la Consejería de Medio Ambiente, se han ido concediendo subvenciones destinadas tanto a la

En la mayoría de las ciudades españolas se mantienen cuantiosas inversiones públicas y privadas para incrementar la movilidad del automóvil.

mejora de las instalaciones contaminantes, como a la financiación de distintos estudios de asesoramiento y consultoría. Asimismo se ha constituido una comisión de seguimiento del Plan que verifique la correcta ejecución de las actuaciones previstas.

Sin perjuicio de lo previsto en el artículo 7 de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, con carácter general y de conformidad con lo previsto en el Plan, las instalaciones de fabricación de productos cerámicos, tanto industriales como artesanales, deberán respetar los siguientes valores límite de emisión a la atmósfera:

- 1 Instalaciones de combustión (hornos y secaderos), con exclusión de los hornos morunos artesanales:
Emisiones de partículas: 50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.
Emisiones de SO_2 : 400 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.
Los valores están referidos al 18% de oxígeno y en condiciones exentas de humedad, a 0 °C y 1 atm. El muestreo deberá ser representativo del ciclo completo de cocción en el caso de los hornos, según los criterios que apruebe la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. La opacidad de los humos no superará el número 4 de la Escala de Bacharach, incluyendo los períodos de arranque y parada.
- 2 Hornos morunos artesanales:
Emisiones de partículas: 100 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.
Los valores están referidos al 18% de oxígeno y en condiciones exentas de humedad, a 0 °C y 1 atm. El muestreo deberá ser representativo del ciclo completo de cocción, según los criterios que apruebe la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. La opacidad de los humos no superará el número 4 de la Escala de Bacharach, incluyendo los períodos de arranque y parada.
- 3 Otras fuentes puntuales:
Emisiones de partículas: 50 mg/Nm^3 .
Los valores están referidos al porcentaje real de oxígeno y en condiciones exentas de humedad, a 0 °C y 1 atm.

Salamanca

El Plan Coordinado de Explotación del Transporte Metropolitano de Salamanca fue aprobado por Acuerdo 62/2006, de 27 de abril, de la Junta de Castilla y León y ya se encuentra en funcionamiento.

Se trata de la primera experiencia de estas características que se pone en práctica en Castilla y León y tiene como objetivo prioritario el fomento del transporte público, primando al usuario más habitual.

- Va a beneficiar a casi 200.000 personas de Salamanca y su alfoz. Va dirigido a todos los usuarios del transporte público especialmente a los trabajadores, estudiantes y pensionistas.

- Se reduce significativamente el precio del transporte público.
- Se crea un nuevo sistema tarifario con un sistema de bonos común para todos los municipios incluidos.
- Tiene como principal objetivo mejorar la movilidad y las necesidades de transporte de los ciudadanos así como integrar en una sola red los servicios de transporte de la capital y toda el área urbana de influencia.
- Persigue una reducción de la congestión del tráfico, con la consiguiente mejora medioambiental al reducir la contaminación, tanto acústica como de polución.
- La inversión global en el Plan asciende a 3,16 millones de euros, de los que la Junta aporta el 52,67%, esto es 1,66 millones de euros.

El Plan afecta a nueve términos municipales: Aldeatejada, Cabrerizos, Carbajosa de la Sagrada, Carrascal de Barregas, Doñinos de Salamanca, Salamanca, Santa Marta de Tormes, Villamayor y Villares de la Reina.

Los objetivos del Plan son:

- Fomento del transporte público.
- Integración con el transporte urbano.
- Incrementar el número de servicios, recorridos y paradas para cada ayuntamiento.
- Soluciones específicas para cada ayuntamiento.
- Extensión de itinerarios en el casco urbano de la ciudad de Salamanca.
- Conexión de los itinerarios de las líneas con los principales focos de atracción de la ciudad de Salamanca (Universidad, hospitales, centros de ocio, zonas administrativas, etc.).
- Racionalización de los puntos de parada y aumentos de su funcionalidad y seguridad.
- Potenciación del trasbordo e intercambio de redes (urbana-interurbana).
- Se adquieren 8 vehículos nuevos mejorando el confort para el usuario.
- Descongestión del tráfico urbano y sustancial mejora medioambiental.
- Mejoras en la red de explotación.

El sistema prevé una integración tecnológica que permita optimizar la gestión del sistema integrado de transporte a través de la implantación de un sistema electrónico de pago con la instalación en un total de 39 autobuses de máquinas canceladoras sin contacto y un sistema de ayuda a la explotación (SAE, actualmente en fase final de desarrollo), con la implantación en los vehículos y en ciertas paradas de GPRS y paneles informativos. Los citados 39 autobuses son el total de los que operan en las concesiones interurbanas. El sistema de máquinas canceladoras sin contacto tendrán las mismas características técnicas que el ya operativo en los autobuses de la red urbana de la ciudad de Salamanca.

7.5. Otros instrumentos aplicables

Entre los principales instrumentos de mercado que se pueden aplicar para la mejora de la calidad del aire se encuentran los **impuestos ambientales**, aunque este sistema no está generalizado en España.

Atendiendo a las categorías de impuestos ambientales establecida por la OCDE, la mayoría de los impuestos autonómicos ambientales se enmarcan en el grupo de los denominados impuestos sobre la contaminación, que abarca impuestos sobre la emisión al aire y al agua, residuos sólidos y contaminación acústica, exceptuados los impuestos sobre emisión de gases, que se incluyen como impuestos sobre la energía (este grupo incluye los impuestos sobre productos energéticos, utilizados o no para el transporte, tales como gasolina, gasoil, gas natural, carbón y electricidad, así como los impuestos sobre las emisiones de gases).

Actualmente las únicas iniciativas que se pueden encontrar sobre impuestos ambientales dirigidos a la calidad del aire, es el impuesto sobre emisión de gases a la atmósfera implantado en Galicia, en Andalucía, en Aragón y en Región de Murcia. Este impuesto grava la emisión de sustancias, tales como NOx, SOx o CO₂, siendo sujetos pasivos del impuesto, las personas que exploten las instalaciones que emiten las sustancias contaminantes, estableciendo la base imponible en función de la cuantía de la carga contaminante y el tipo impositivo según tarifa.

También se puede citar en este sentido, el impuesto sobre determinadas actividades e instalaciones que inciden sobre el medio ambiente, implantado en Castilla-La Mancha y Extremadura, que grava la realización de determinadas actividades de emisión de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno o cualquier otro compuesto oxigenado del azufre o del nitrógeno, así como la producción termonuclear de energía eléctrica y el almacenamiento de residuos radioactivos, siendo sujetos pasivos los que realicen las actividades gravadas y estableciendo la cuota tributaria en función del tipo de actividad realizada.

La aplicación de instrumentos económicos puede ser útil para incentivar el uso de modos de transporte más eficientes y menos eficaces, combinados con campañas informativas (publicación de datos de emisiones de los vehículos, consejos para la compra y mantenimiento de los vehículos, sensibilización sobre la infrautilización del transporte público en muchas zonas urbanas).

Entre los instrumentos económicos cabe citar los parquímetros, cada vez más extendidos en las grandes urbes y en las ciudades de tamaño medio o la aplicación de tasas

de circulación urbana como la implantada en Londres, práctica inexistente en España.

Otra medida pueden ser los incentivos fiscales, como el Plan PREVER puesto en marcha a nivel nacional en 1997, con el que se anima a la renovación de la flota de vehículos por medio de un descuento en el impuesto de circulación de los vehículos nuevos a cambio del desguace de los vehículos de más de 7 años (si son industriales) y de más de 10 (si son particulares).

Hay que resaltar que los principales problemas de contaminación están asociados a los vehículos diesel, la mayor parte de los cuales se encuentran fuera del Plan. Esta situación se agrava pues la fiscalidad española favorece el combustible diesel, siendo un 38% más baja que la fiscalidad de la gasolina y la más baja de la Europa de los 15. Esto hace que desde 2002 las dos terceras partes de las matriculaciones sean de vehículos diesel (en especial coches de lujo o con motores más potentes).

Para promover el empleo del transporte público, se aplica un tipo de IVA reducido al transporte por ferrocarril y autobús.

Entre las iniciativas de sensibilización e información a nivel europeo cabe citar la celebración de la semana de movilidad sostenible y el día europeo sin coches (22 de septiembre), iniciativa de carácter voluntario que promueve entre los ciudadanos el empleo de un transporte alternativo al vehículo privado y entre las ciudades que se adhieren a la campaña la adopción de buenas prácticas y la puesta en marcha de actuaciones encaminadas a lograr una movilidad más sostenible y menos impactante. En el año 2006 el tema de la campaña ha sido "Cambio climático" y el lema del día internacional sin coches "En ciudad, sin mi coche". En cuanto al nivel de participación en Europa, 1.322 ciudades (227 españolas) se han adherido a la semana europea de la movilidad y 1.308 (263 españolas) han celebrado el día europeo sin coches. El nivel de participación es muy desigual, y en el caso de nuestro país la repercusión que tiene este día en el descenso de la utilización del coche es, en la mayoría de los casos, insignificante.

Entre las iniciativas ciudadanas cabe citar la Asociación para la Promoción del Transporte Público (PTP), ONG catalana creada en 1993 que trabaja de forma continuada por una movilidad sostenible y el fomento del transporte público principalmente en Cataluña. Para ello se basa en el diálogo con los diferentes agentes implicados y ejerce una labor de concienciación y sensibilización de la ciudadanía,

Los impuestos ambientales, aunque este sistema no está generalizado en España, son uno de los principales instrumentos de mercado para la mejora de la calidad del aire.

a la vez que participa en diversos foros de debate institucional y participa con la administración pública en el desarrollo de políticas de ecomovilidad. Entre los principales avances en los que ha participado en materia de transporte público se puede citar la integración tarifaria, la ley de movilidad de Cataluña o la implantación del tranvía.

También la PTP destaca en la modalidad de iniciativas de protección y mejora del medio ambiente en movilidad sostenible, por la iniciativa de introducir el servicio de carsharing, de flota compartida de vehículos en España.

A lo largo del presente documento queda suficientemente demostrado que las causas principales de la contaminación del aire y, en consecuencia, del problema de salud pública que provoca, son dos:

1. El **transporte**, en particular el privado. Este modo de movilidad ha aumentado espectacularmente en los últimos años, y todas las medidas de eficiencia que se han llevado a cabo han chocado frontalmente con varios hechos: el incremento desmesurado del número de vehículos, su peso y su potencia, la disminución de la tasa de ocupación de los mismos y el incremento de los usos del coche. Numerosos estudios y experiencias, desarrollados en diferentes lugares del mundo, establecen que la mejor manera para atajar el problema del tráfico pasa por una combinación de políticas de fomento del transporte público colectivo (y de otros medios alternativos como la bicicleta o caminar) y de limitación del uso del coche. Ambas políticas deben presentarse simultáneamente para lograr unos resultados efectivos. En la medida en que no exista un equilibrio en la importancia que se le otorga a las dos políticas, lo que en inglés se conoce como push and pull, la contaminación atmosférica seguirá suponiendo un grave problema de salud pública. Corresponde al lector realizar un ejercicio de agudeza e identificar este mal, desgraciadamente tan común, en las estrategias, planes y programas anteriormente descritos.

El grado de detalle y la concreción de las medidas citadas disminuye preocupantemente cuando aparece el tema del transporte. El fomento del transporte público parece poseer un carácter positivo y suele presentarse como el eje de los planes de movilidad, mientras que en los mismos se evita nombrar al coche y cualquier medida que pueda restringir su uso o adquisición.

Un indicador muy válido para evaluar un plan, estrategia o programa es el grado de restricción al coche privado que incluya entre sus medidas. Cuanto más descompensado esté hacia el fomento de medios de transporte alternativos en detrimento de los obstáculos a la utilización del coche, menor será la eficacia del mismo. En cuanto al tráfico, como ya se ha apuntado, es necesario un cambio radical en las políticas de transporte y urbanismo que pasen por:

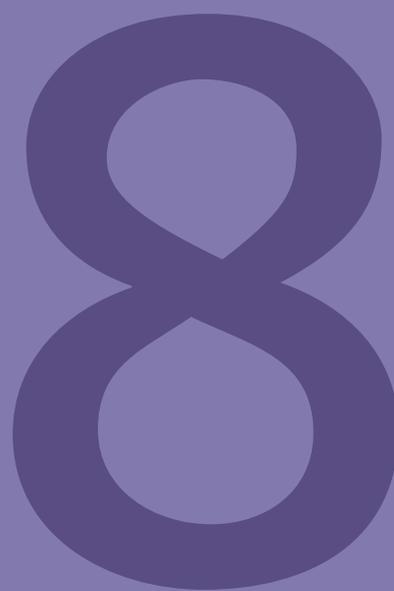
- Poner en marcha de forma inmediata planes de reducción de la contaminación, en cumplimiento de la ley.
- No incrementar la capacidad viaria de las ciudades, ya que este incremento atrae día a día a más usuarios del coche.
- Reservar carriles exclusivos para los autobuses, segregados del resto del tráfico, en las vías de acceso a las grandes ciudades.
- Potenciar el transporte no motorizado para las distancias medias y cortas, como los desplazamientos a pie y la bicicleta, como se hace en la mayoría de las ciudades europeas.
- Ampliar las aceras y recuperar espacios para el peatón.
- Establecer medidas de restricción del vehículo privado cuando se superen los niveles de contaminación peligrosos para la salud.
- Reorientar la política urbanística hacia la creación de cascos urbanos compactos que reduzcan las necesidades de desplazamiento.
- Suspender los proyectos de nuevas zonas especializadas en ocio, consumo, residencial, etc, separadas de los cascos urbanos.
- Estudiar el cierre al tráfico motorizado de determinadas zonas potencialmente "sensibles" de la ciudad (como las zonas verdes).
- Hacer cumplir la normativa en cuanto a aparcamientos en doble fila, en zonas prohibidas, velocidad máxima en ciudad 50 km/h, etc.

Existen experiencias en otras ciudades europeas que poco a poco van mostrando su eficacia. Así, en París se han propuesto medidas para la reducción del tráfico en el centro de París que pasan por establecimiento de carriles bici, reducción de la limitación de velocidad a 30 km/h, o reducir el ancho de la calzada de varias vías principales, ganando espacio para el peatón. Algunas ciudades como Londres, Oslo, o Estocolmo, han establecido un sistema de peajes para acceder al centro de la ciudad. Otras ciudades han optado por permitir el tráfico en días alternos. En otras zonas de Europa están empezando a establecerse reducciones obligatorias de la velocidad para reducir la contaminación.

2. El segundo problema son las **industrias** y la **producción energética** a partir de fuentes fósiles. En relación con la contaminación industrial, las soluciones necesariamente van de la mano de la planificación de las mejores tecnologías disponibles, la relocalización de actividades contaminantes fuera de las ciudades, además de un cambio en el modelo energético, que antes que por el comercio de emisiones, pasa en primer lugar por el ahorro energético, el impulso a las energías renovables, el cierre de grandes plantas de combustión, medidas de eficiencia energética, y el empleo de tecnologías limpias.

La aplicación de instrumentos económicos combinada con campañas informativas puede ser útil para incentivar el uso de modos de transporte más limpios.

Perspectivas **futuras**



Perspectivas futuras

8.1. Previsiones en Europa

8.1.1. Previsiones para 2020

La UE ha realizado diversas proyecciones, en el marco del programa CAFE, Clean Air for Europa, (Aire limpio para Europa) y de la Estrategia temática sobre la contaminación atmosférica, acerca de la situación de la calidad del aire que existirá en Europa en el año 2020 tras la aplicación de la normativa actualmente vigente o de próxima entrada en vigor, concretamente:

- Directiva sobre grandes instalaciones de combustión.
- Directiva sobre el contenido de azufre en combustibles líquidos.

- Directiva sobre calidad de combustibles líquidos.
- Directiva IPPC.
- Directivas Euro sobre emisiones de vehículos.
- Directiva emisiones COVs.
- Obligaciones derivadas del Protocolo de Kioto.

Está previsto que las emisiones de los principales contaminantes se reduzcan en el año 2020 en la UE-25 entre un 3,6% (amoníaco) y un 67,9% (dióxido de azufre) (tabla 8.1).

■ **Tabla 8.1.** Emisiones de los principales contaminantes de la UE-25 en los años 2000 y 2020 y porcentajes de reducción esperados (kt)

Contaminante	2000	2020	Reducción (%)
SO ₂	8.735	2.805	67,9%
NO _x	11.581	5.888	49,2%
COV	10.661	5.916	44,5%
NH ₃	3.824	3.686	3,6%
PM _{2,5}	1.749	964	44,9%

• Fuente: CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005

Los efectos que provocará este volumen de contaminación atmosférica sobre la salud de la población europea se han estimado en una pérdida de 2,5 millones de años de vida en el año 2020 (considerando únicamente la con-

taminación por partículas), que supone un 32% menos con respecto al año 2000, y unas 292.752 muertes prematuras (por ozono y partículas), un 21% menos que en 2000 (tabla 8.2).

Se ha estimado que la contaminación del aire prevista para 2020 provocará una pérdida de 2,5 millones de años de vida y unas 292.752 muertes prematuras.

■ **Tabla 8.2.** Efectos previsibles de la contaminación atmosférica sobre la salud en la UE-25 en el año 2020 y comparación con el año 2000.

Contaminante	Afección	Unidad	Año 2000	Año 2020	Diferencia
Ozono	Mortalidad aguda (todas las edades)	Nº muertes prematuras	21.400	20.800	600
	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias (personas mayores de 64 años)	Nº de casos	14.000	20.100	-6.100
	Días con restricción menor de actividades (personas de 15 a 64 años)	Nº de días	53.913.600	42.415.500	11.498.100
	Utilización de medicamentos para trastornos respiratorios (niños de 5 a 14 años)	Nº de días	21.355.900	12.925.900	8.430.000
	Utilización de medicamentos para trastornos respiratorios (adultos mayores de 20 años)	Nº de días	8.833.600	8.171.700	661.900
	Síntomas de insuficiencia respiratoria, incluyendo tos (en niños de 0 a 14 años)	Nº de días	108.076.600	65.278.600	42.798.000
Partículas	Mortalidad crónica (todas las edades)	Pérdida de años de vida (número)	3.618.700	2.467.300	1.151.400
	Mortalidad crónica (mayores de 30 años)	Nº de muertes prematuras	347.900	271.600	76.300
	Mortalidad postneonatal (0-1 año)	Nº de muertes prematuras	677	352	325
	Bronquitis crónica (mayores de 27 años)	Nº de casos	163.800	128.100	35.700
	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias (todas las edades)	Nº de casos	62.000	42.300	19.700
	Ingresos hospitalarios por causas cardíacas (todas las edades)	Nº de casos	38.300	26.100	12.200
	Días con restricción de actividades (en personas de 15 a 64 años)	Nº de días	347.687.000	221.999.100	125.687.900
	Utilización de medicamentos para trastornos respiratorios (niños de 5 a 14 años)	Nº de días	4.218.500	1.987.700	2.230.800
	Utilización de medicamentos para trastornos respiratorios (adultos mayores de 20 años)	Nº de días	27.741.700	20.879.800	6.861.900
	Síntomas de insuficiencia respiratoria, incluyendo tos (niños de 0 a 14 años)	Nº de días	192.756.400	88.852.300	103.904.100
Síntomas de insuficiencia respiratoria, incluyendo tos (en personas mayores de 15 años)	Nº de días	285.345.000	207.562.100	77.782.900	

• Fuente: CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005

Las estimaciones para España en 2020 son algo más favorables, reduciéndose en un 42% la pérdida anual de años de vida debida a contaminación por partículas y en un 26% la mortalidad anual asociada a ozono y partícu-

las respecto al año 2000. La mortalidad provocada por el ozono experimentará en España un ligero aumento, a diferencia de lo previsto en el conjunto de la UE-25 (tabla 8.3).

■ **Tabla 8.3.** Efectos previsibles de la contaminación atmosférica sobre la salud en España en el año 2020 y comparación con el año 2000.

Contaminante	Afección	Unidad	Año 2000	Año 2020	Diferencia
Ozono	Mortalidad aguda (todas las edades)	Nº muertes prematuras	2.030	2.120	-90
	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias (personas mayores de 64 años)	Nº de casos	1.560	1.990	-430
	Días con restricción menor de actividades (en personas de 15 a 64 años)	Nº de días	5.880.340	4.794.480	1.085.860
	Utilización de medicamentos para trastornos respiratorios (niños de 5 a 14 años)	Nº de días	2.280.180	1.497.950	782.230
	Utilización de medicamentos para trastornos respiratorios (adultos mayores de 20 años)	Nº de días	966.860	906.750	60.110
	Síntomas de insuficiencia respiratoria, incluyendo tos (niños de 0 a 14 años)	Nº de días	10.265.080	6.404.020	3.861.060
Partículas	Mortalidad crónica (todas las edades)	Pérdida de años de vida (número)	217.190	125.050	92.140
	Mortalidad crónica (mayores de 30 años)	Nº de muertes prematuras	19.940	14.190	5.750
	Mortalidad postneonatal (0-1 año)	Nº de muertes prematuras	36	14	22
	Bronquitis crónica (mayores de 27 años)	Nº de casos	9.920	6.900	3.020
	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias (todas las edades)	Nº de casos	3.720	2.140	1.580
	Ingresos hospitalarios por causas cardíacas (todas las edades)	Nº de casos	2.300	1.320	980
	Días con restricción de actividades (personas de 15 a 64 años)	Nº de días	21.287.840	11.695.930	9.591.910
	Utilización de medicamentos para trastornos respiratorios (niños de 5 a 14 años)	Nº de días	235.030	104.050	130.980
	Utilización de medicamentos para trastornos respiratorios (adultos mayores de 20 años)	Nº de días	1.715.440	1.084.080	631.360
	Síntomas de insuficiencia respiratoria, incluyendo tos (niños de 0 a 14 años)	Nº de días	9.714.700	4.300.540	5.414.160
Síntomas de insuficiencia respiratoria, incluyendo tos (personas mayores de 15 años)	Nº de días	17.626.590	10.659.620	6.966.970	

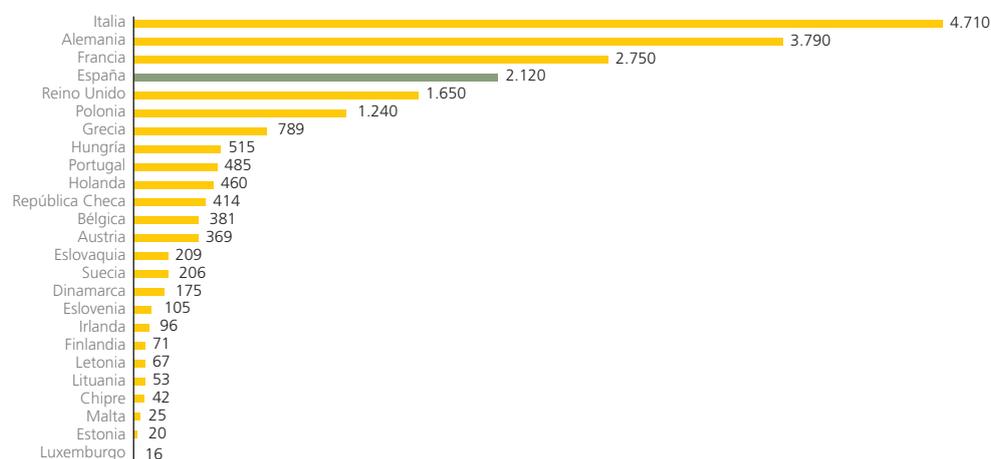
• Fuente: CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005

Tanto la mortalidad asociada al ozono como a partículas, en términos absolutos, tendrá más importancia en los países más poblados (figuras 8.1 y 8.2). En el caso del

ozono, la situación será comparativamente peor en los países del sur de Europa.

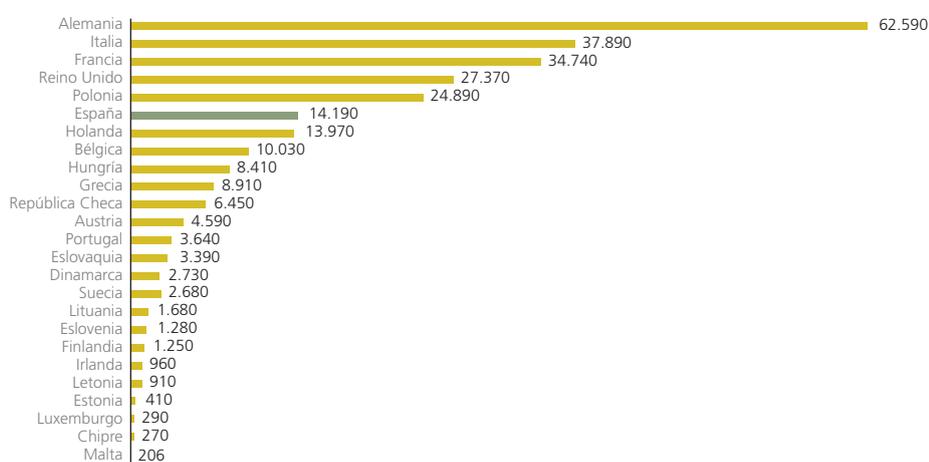
La mortalidad asociada al ozono será más alta en los países del sur de Europa.

Figura 8.1. Mortalidad aguda asociada al ozono en la UE-25 en 2020 (previsión de número de muertes prematuras en el total de población)



• Fuente: CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005

Figura 8.2. Mortalidad aguda asociada a la contaminación por partículas en la UE-25 en 2020 (previsión de número de muertes prematuras en la población mayor de 30 años)



• Fuente: CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005

Los costes anuales sanitarios asociados a la contaminación atmosférica se reducirán entre un 23 y un 32% en el conjunto de la UE-25 en 2020 con respecto a 2000. Los países que tendrán los mayores costes en términos

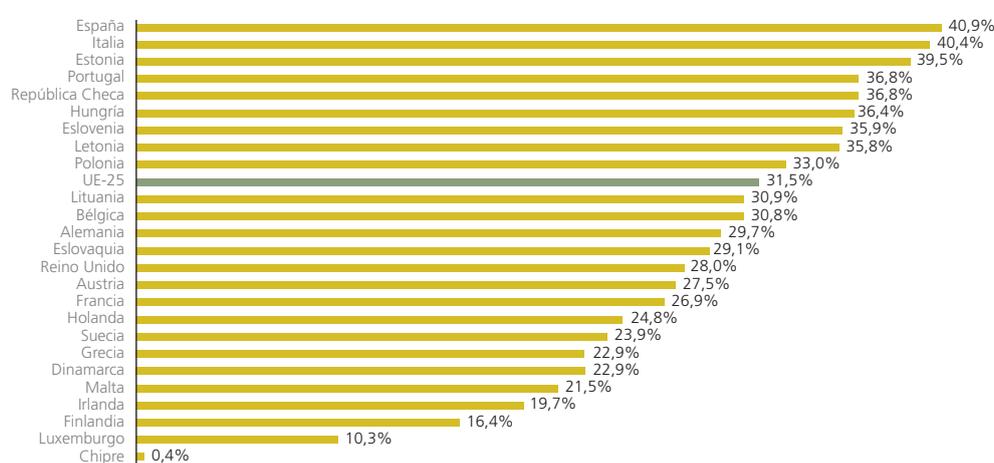
absolutos son Alemania, Italia, Francia y Reino Unido (tabla 8.4). España es el país más beneficiado en materia de reducción de costes como consecuencia de la puesta en práctica de la normativa existente (figura 8.3).

■ **Tabla 8.4.** Costes sanitarios asociados a la contaminación atmosférica en la UE-25. Previsiones para 2020 (millones de euros/año)

Estado miembro	Escenario de menor coste	Escenario de mayor coste
Alemania	40.583	138.991
Austria	3.317	10.339
Bélgica	7.127	22.421
Chipre	266	638
Dinamarca	1.799	6.068
Eslovaquia	2.536	7.683
Eslovenia	855	2.867
España	9.957	32.162
Estonia	245	899
Finlandia	874	2.798
Francia	26.870	78.661
Grecia	4.249	15.384
Holanda	10.421	31.333
Hungría	5.044	18.611
Irlanda	890	2.244
Italia	22.993	84.213
Letonia	804	2.107
Lituania	766	3.634
Luxemburgo	278	664
Malta	161	469
Polonia	18.019	56.092
Portugal	2.391	7.972
Reino Unido	22.129	62.221
República Checa	4.368	14.420
Suecia	1.906	6.004
UE-25	188.848	608.893

• Fuente: CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005.

Figura 8.3. Reducción de costes sanitarios asociados a la contaminación atmosférica en la UE-25. Previsiones para 2020. Escenario de menor coste (% reducción con respecto al año 2000)

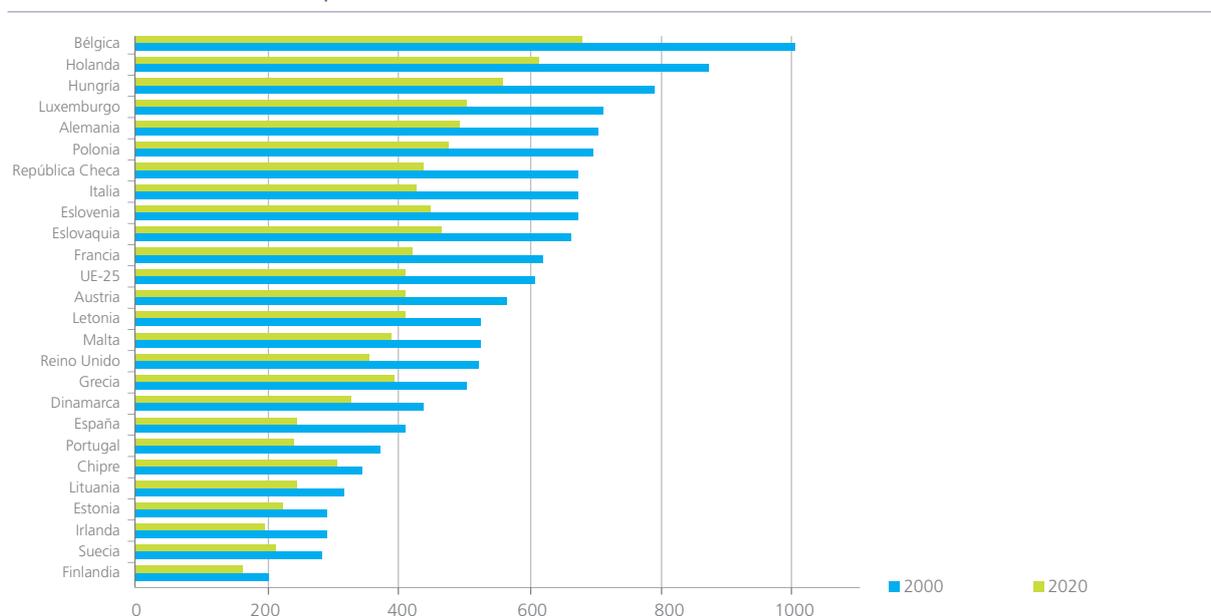


• Fuente: CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005 CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005.

Los costes sanitarios por persona pasarán de ser un promedio de 670-1.747 euros anuales en 2000, hasta 414-1.335 euros anuales en 2020 en la UE-25. Bélgica, Holanda y Hungría seguirán teniendo los costes *per capita* más eleva-

dos, mientras que Finlandia, Suecia e Irlanda tendrán los más bajos. Las cifras previstas para 2020 en España son de 244-788 euros por persona y año, frente a los 413-1.125 euros correspondientes al año 2000 (figura 8.4).

Figura 8.4. Costes sanitarios asociados a la contaminación atmosférica en la UE-25. Comparación 2000-2020. Estimación de menor coste (euros anuales/persona)



• Fuente: CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005.

Ecosistemas

Respecto a los daños que el ozono troposférico provoca en la vegetación, concretamente en las cosechas, la situación que se prevé en 2020 será sensiblemente mejor, aunque seguirá suponiendo un importante coste, estimado en algo más de mil quinientos millones de euros anuales (2.779 en

el año 2000). Las perspectivas son más favorables en los países del centro de Europa, siendo Francia, Italia, Alemania, Grecia y España los que soportarán los mayores costes en el año 2020 a pesar de que su nivel de ozono troposférico se reducirá en dicho periodo (tabla 8.5).

Tabla 8.5. Costes previstos para 2020 asociados a los daños en cosechas en la UE-25 (millones de euros/año)

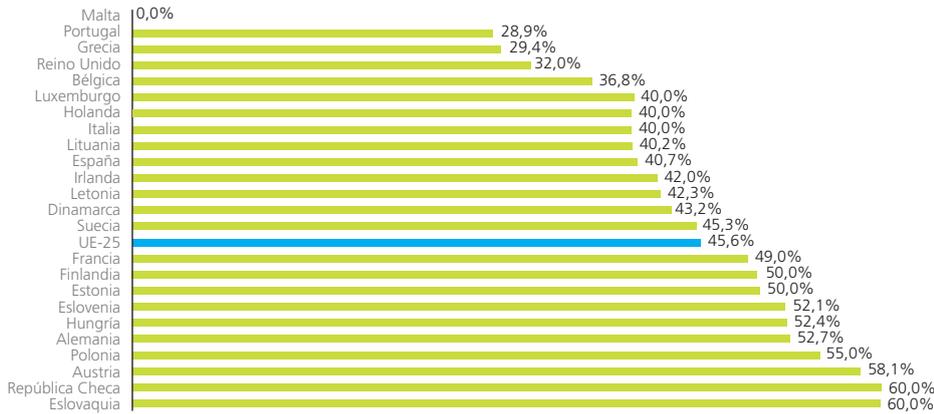
Estado miembro	2020
Alemania	220,0
Austria	22,9
Bélgica	33,3
Dinamarca	18,4
Eslovaquia	14,6
Eslovenia	3,4
España	108,6
Estonia	0,4
Finlandia	1,5
Francia	292,5
Grecia	198,9
Holanda	46,2
Hungría	57,6
Irlanda	4,7
Italia	247,2
Letonia	1,5
Lituania	5,2
Luxemburgo	0,6
Malta	0,0
Polonia	104,8
Portugal	9,6
Reino Unido	82,6
República Checa	30,6
Suecia	6,4
UE-25	1511,5

• Fuente: CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005.

En el año 2020 se prevé una reducción del 34,5% de los daños sobre las cosechas provocados por la contamina-

ción atmosférica, que pasarán de 1.130 millones de euros en 2000 a 740 millones en 2020. (Figura 8.5)

Figura 8.5. Reducción de costes asociados a los daños en cosechas debidos a la contaminación por ozono en la UE-25. Porcentaje de reducción 2000-2020.



• Fuente: CAFE CBA; Baseline Analysis 2000 to 2020. April 2005.

8.1.2. Previsiones para 2030

A continuación se describen los cambios esperados en las emisiones europeas de contaminantes atmosféricos para el periodo 2000-2030, dentro de los escenarios de referencia y de máximas reducciones tecnológicamente viables (*Maximum Technically Feasible Reductions, MTR*). Estos escenarios son completamente coherentes con los desarrollados dentro del programa CAFÉ.

Sobre la base de las medidas y políticas existentes, se espera que disminuyan de manera significativa todas las emisiones de contaminantes atmosféricos de origen terrestre (salvo el amoníaco) en más de un 35% hasta el año 2030. Puesto que se espera que la calidad del aire en Europa mejore de forma importante puede que el impacto sobre la salud humana y sobre los ecosistemas disminuya de forma sustancial.

Emisiones de contaminantes atmosféricos

Óxidos de nitrógeno (NOx)

- En el escenario de referencia, se prevé una disminución del 47% en las emisiones de NOx de la UE para el año 2030 en comparación con las producidas en el año 2000.
- En el escenario MTR, se estima que las emisiones se reduzcan a la mitad en el año 2030, alcanzando los 2,8 millones de toneladas.

Compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM)

- Se espera que las emisiones de COVNM se reduzcan un 45% (hasta los 5,9 millones de toneladas) en el escenario de referencia.
- La implantación de la mejor tecnología disponible de control dentro del escenario MTR reduce las emisio-

nes en más de un tercio (hasta 4,1 millones de toneladas).

Dióxido de azufre (SO₂)

- Para el año 2030 se prevén reducciones importantes de las emisiones de SO₂. En el escenario de referencia se espera que las emisiones disminuyan un 67% (hasta 2,9 millones de toneladas).
- El escenario MTR indica que, a pesar de las sustanciales reducciones alcanzadas en el escenario de referencia, existe todavía un elevado potencial para reducir las emisiones mediante la implantación de la mejor tecnología disponible. Las emisiones en este escenario se ven reducidas en otro 45%.

Amoníaco (NH₃)

- Se estima que las emisiones disminuirán sólo un 6% para el año 2030 dentro del escenario de referencia.
- El escenario MTR indica que el potencial para reducir las emisiones de NH₃ sigue siendo sustancial y que puede haber una reducción del 40% en comparación con las emisiones del escenario de referencia.

Partículas

- El escenario de referencia prevé que las futuras emisiones de PM₁₀ y PM_{2,5} decrezcan aún más, aunque mucho más lentamente que en la década pasada. En el año 2030 se estima que la reducción de PM₁₀ y PM_{2,5} sea del 38% y el 46% respectivamente.
- El escenario MTR sugiere que el potencial de disminución para el año 2030 estará próximo al 46% para PM₁₀ y al 50% para PM_{2,5}, en comparación con el escenario de referencia.

Salud

A continuación se exponen los impactos sobre la salud que se prevé provocarán las emisiones de los contaminantes atmosféricos descritos en el apartado anterior.

En el año 2000 la pérdida de esperanza de vida en la UE atribuible a las emisiones de PM_{2,5} fue aproximadamente 9 meses. Para el año 2030, el escenario MTRF sugiere que la disminución de la esperanza de vida se podría reducir en 2 meses.

La media de muertes prematuras a las exposiciones al ozono fue de 49 casos por millón de habitantes en el año 2000 para la región de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). Esta cifra se reducirá a 26 casos por millón de habitantes en el año 2030 dentro del escenario MTRF.

Ecosistemas

La evaluación de los impactos sobre los ecosistemas incluye los daños en la vegetación provocados por el ozono de las capas bajas de la atmósfera, la lluvia ácida sobre los bosques, los ecosistemas seminaturales y las masas de agua dulce, así como el exceso de vertidos de nitrógeno.

En el escenario MTRF, el área afectada de bosques en el año 2030 se vería reducida a un determinado número de puntos de alarma, situados principalmente en Italia. El exceso de ozono se calculó para el año 2000 en grandes zonas de la UE, especialmente en el sur y en el centro.

Respecto a los bosques que recibieron lluvias ácidas por encima de las cargas críticas (18% en los países de la UE-15, en el año 2004), el escenario MTRF indica disminuciones drásticas del área de superaciones para el año 2030, y que menos de un 5% de los bosques de la UE-15 correrá riesgo de acidificación, mientras que prácticamente ninguno de los bosques de los Nuevos-10 sufrirá acidificación.

Para los ecosistemas naturales, el escenario MTRF indica una disminución drástica para el año 2030 en el área de superficie y que menos de un 2% de la superficie total correrá riesgo de acidificación.

Alrededor del 23% de la superficie total, en los cinco países europeos que han estimado cargas críticas para las grandes cuencas de agua dulce, recibía lluvias ácidas por encima de sus cargas críticas en el año 2000. El escenario MTRF pronostica importantes reducciones en el área de superaciones para el año 2030 y que menos de un 6% de la superficie total correrá riesgo de acidificación.

En el año 2000, más del 55% de los ecosistemas estaban en peligro debido al proceso de eutrofización (54% en la UE-15 y 71% en los Nuevos-10). El escenario MTRF sugiere que para el año 2030 la superficie total de ecosistemas con tasas de superación se podría reducir alrededor de 10% en la UE. Por tanto, se prevé que la mayoría de los ecosistemas en los países europeos no recibirán deposiciones de nitrógeno superiores a las cargas críticas.

8.2. Propuestas de la Unión Europea

La Unión Europea ha intensificado su política para la mejora de la calidad del aire. Dicha política se ha plasmado en la *Estrategia temática sobre la contaminación atmosférica* (COM (2005) 446), cuyo horizonte temporal abarca hasta el año 2020. La Comisión Europea ha desarrollado además otras dos estrategias que guardan relación con la calidad del aire: la *Estrategia temática para el medio ambiente urbano* y la *Estrategia temática sobre medio ambiente y salud*.

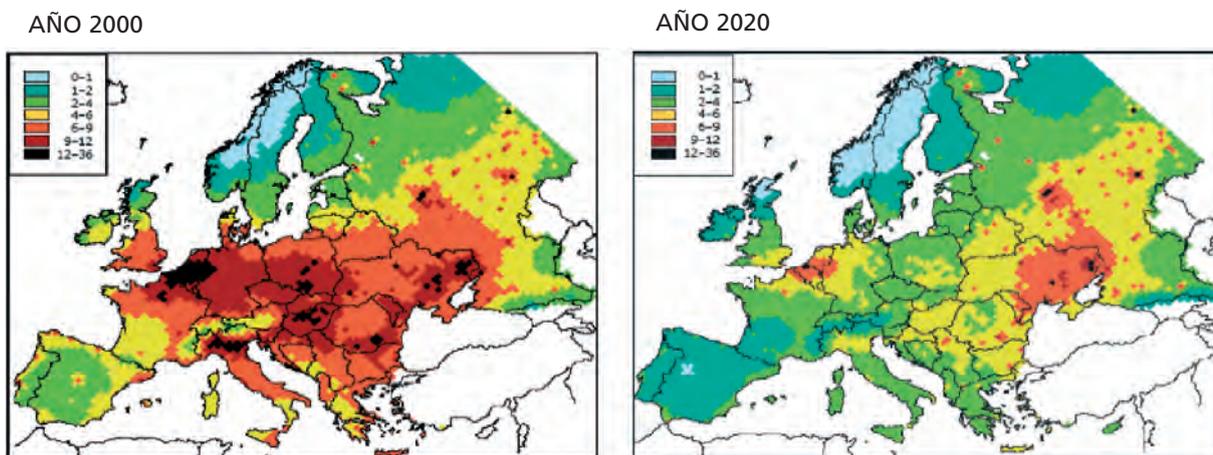
Estrategia temática de UE sobre la contaminación atmosférica

La *Estrategia temática sobre la contaminación atmosférica* parte de la base de los considerables progresos a escala

européa en la reducción de las emisiones de los principales contaminantes a la atmósfera, pero señala que los efectos que genera esta contaminación sobre la salud de la población y los ecosistemas siguen siendo muy preocupantes (figuras 8.6 y 8.7). Es más, la propia Estrategia prevé que, a pesar de las medidas que propone, la contaminación atmosférica seguirá provocando en el año 2020 más de doscientas mil muertes prematuras y una pérdida de 4,2 meses en la esperanza de vida de las personas.

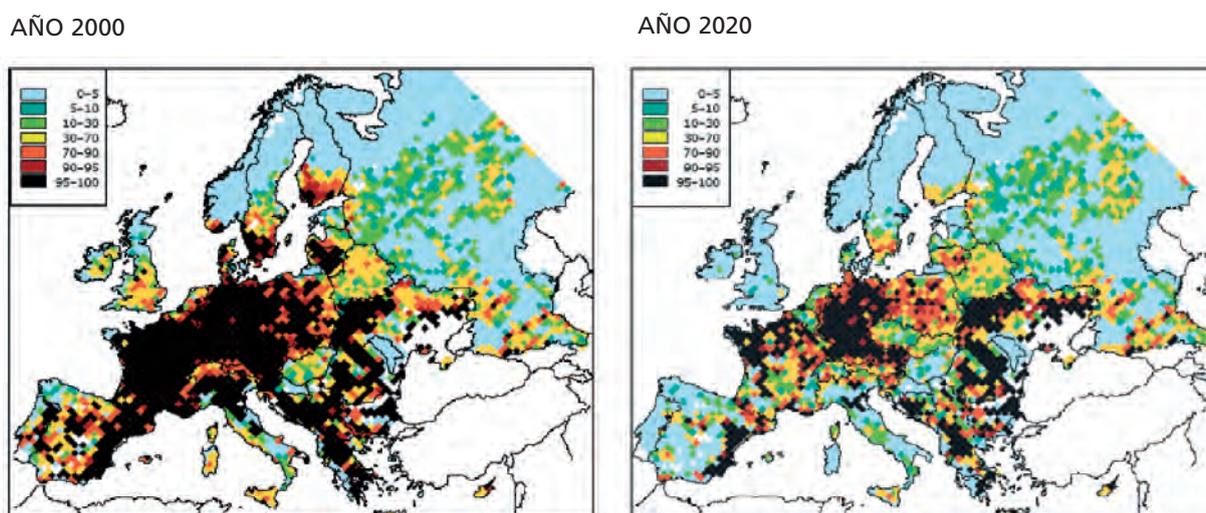
La Estrategia temática sobre la contaminación atmosférica señala que los efectos que genera esta contaminación sobre la salud de la población y los ecosistemas seguirán siendo muy preocupantes.

Figura 8.6. Pérdida de esperanza de vida, en meses, atribuible a fuentes antropogénicas de emisión de $PM_{2.5}$. Comparación del año 2000 con el 2020, según las previsiones de la *Estrategia temática de la UE sobre la contaminación atmosférica*.



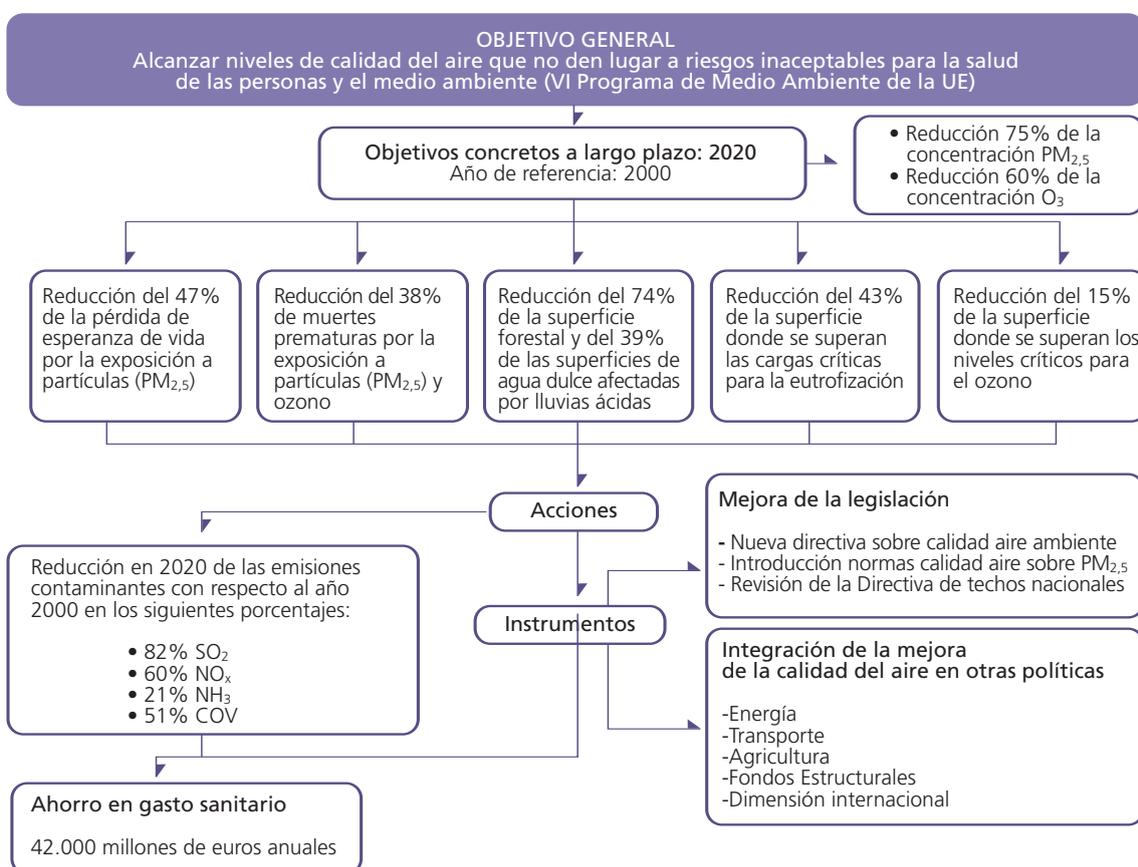
• Fuente: *Air quality and ancillary benefits of climate change policies. EEA Technical report N° 4/2006*

Figura 8.7. Porcentaje de superficie de ecosistemas que soportan niveles de deposición de nitrógeno por encima de las cargas críticas. Comparación del año 2000 con el 2020), según las previsiones de la *Estrategia temática de la UE sobre la contaminación atmosférica*.



• Fuente: *Air quality and ancillary benefits of climate change policies. EEA Technical report N° 4/2006*

OBJETIVOS DE LA ESTRATEGIA TEMÁTICA DE LA UE SOBRE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA



La Estrategia de la UE, como describe el cuadro anterior, define los objetivos a alcanzar en 2020 y propone medidas para su consecución, mejorando los resultados de las estimaciones realizadas para 2020 y descritas en el apartado 8.1. Para ello, se centra en los contaminantes más nocivos y en la actuación sobre las fuentes emisoras, buscando conseguir una mayor implicación de los sectores y políticas que más pueden influir en la mejora de la calidad del aire.

Entre las actuaciones que plantea la Estrategia de la UE, cabe destacar:

- Reducir las emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, amoníaco, compuestos orgánicos volátiles y partículas primarias, en el marco de la revisión de la Directiva de techos nacionales de emisión. Esta revisión podrá incluir, además de nuevos techos nacionales de emisión para 2020 (los actuales están fijados para 2010 y no incluyen partículas), la utilización de un sistema de comercio de emisiones, introducido ya a nivel comunitario para las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Establecer valores indicativos de niveles de concentración de partículas de diámetro inferior a $2,5 \mu m$ ($PM_{2,5}$) en el año 2010 y fijar objetivos de reducción

de la concentración de estas partículas a lo largo del periodo 2010-2020.

- Revisar los límites de emisión de los vehículos, tanto pesados como ligeros, que puede conllevar la adopción de incentivos fiscales para los vehículos diesel que emitan por debajo de las normas Euro vigentes.
- Imponer contenidos máximos de azufre en los combustibles marinos que utilicen los barcos en aguas y puertos de la UE. La contaminación atmosférica que generan los buques puede llegar a ser más importante que la procedente de fuentes terrestres en 2020 si no se adoptan medidas.
- Integrar la mejora de la calidad del aire en otras políticas, como la energía (aumento de la eficiencia en su uso), el transporte (paso a modos menos contaminantes, internalización de los factores externos en los costes del transporte y combustibles alternativos), la agricultura (reducción del uso excesivo de nitrógeno), la investigación (aumento del conocimiento sobre emisiones, química atmosférica y dispersión de contaminantes, así como sobre los efectos de la contaminación y su evaluación monetaria), y los Fondos Estructurales (ayuda a sistemas de transporte sostenible, fuentes de energía más limpias, etc.)

■ **Tabla 8.6.** Beneficios y costes de la Estrategia temática de la UE sobre contaminación atmosférica

Beneficios								Costes	
Escenarios	Pérdida de años de vida por partículas finas (millones)	Muertes prematuras por partículas y ozono (miles)	Beneficios sanitarios (miles de millones de euros)	Superficie de ecosistemas afectada por acidificación (miles de km ²)			Superficie de ecosistemas afectada por eutrofización (miles de km ²)	Superficie forestal afectada por ozono (miles de km ²)	Miles de millones de euros
				Bosques	Seminaturales	De agua dulce			
2000	3,62	370	-	243	24	31	733	827	-
2020 (*)	2,47	293	-	119	8	22	590	764	-
Estrategia	1,91	230	42-135	63	3	19	416	699	7,1

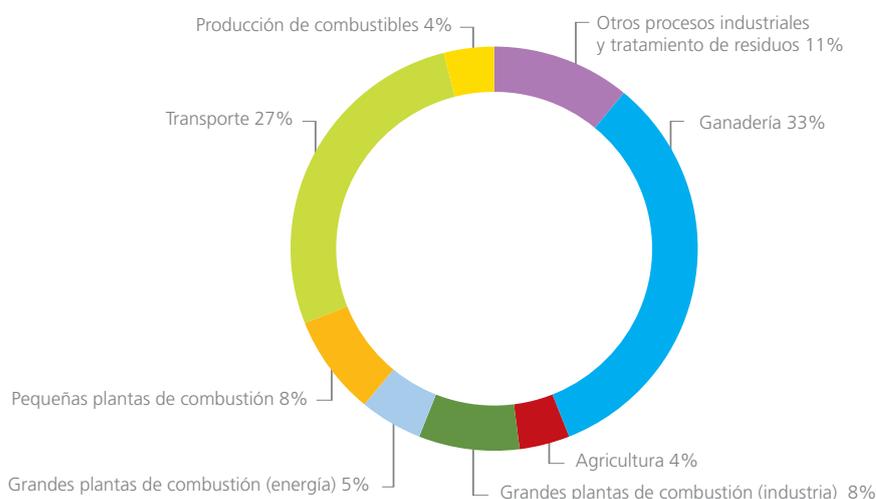
(*) Escenario de cumplimiento de la legislación vigente.

• Fuente: Anexo 3 de la Estrategia temática sobre la contaminación atmosférica. COM (2005) 446 final.

La Estrategia calcula que el coste anual para alcanzar los objetivos se sitúa en unos 7.100 millones de euros, el 0,05% del PIB de la UE-25 (Tabla 8.6). Los sectores de la

ganadería y del transporte serán los que tengan que afrontar los mayores costes (figura 8.8).

Figura 8.8. Distribución de los costes entre los distintos sectores implicados para alcanzar los objetivos la Estrategia Temática de la UE sobre la contaminación atmosférica.



• Fuente: Modificado a partir de Annex to the Communication on Thematic strategy on Air Pollution and The Directive on "Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe". Impact Assessment. SEC (2005) 1133. 2005.

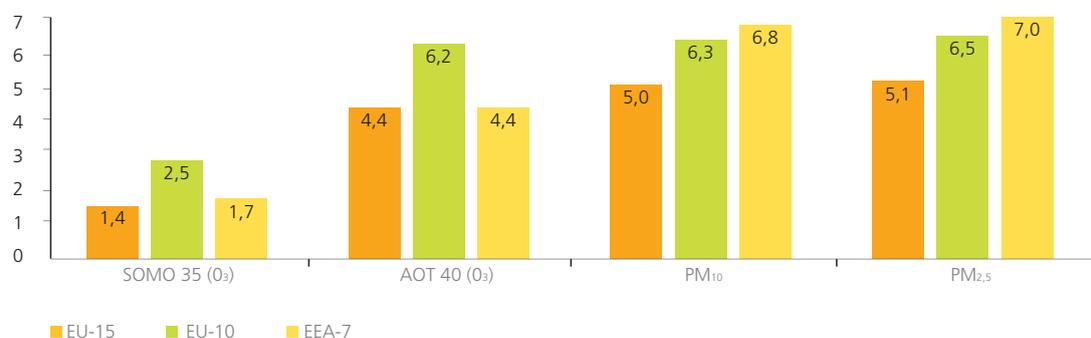
Detener el cambio climático implica cambiar de raíz el paradigma energético, y sobre todo, eliminar la quema de combustibles carbonados. Una disminución de esta quema produce automáticamente una disminución de las emisiones de NO_x (el precursor básico del ozono), y de los contaminantes que afectan a la salud de forma notable. De la misma manera se reducen las emisiones de partículas de carbón, de los anhídridos de azufre y del resto de los contaminantes generados en la combustión de los productos carbonados y en los hornos de altas temperaturas. Por tanto, la política de la UE relativa a la lucha contra el cam-

bio climático también tendrá repercusiones en la mejora de la calidad del aire en las ciudades europeas.

La reducción adicional de las concentraciones de partículas (PM_{2,5} y PM₁₀) para 2020 asociada a las políticas de cambio climático varía de un país a otro, aunque se estima entre el 5-10%. El beneficio será menor en el caso del ozono, con una reducción estimada de entre el 1 y el 6%. Los nuevos países de la UE-25 y los candidatos obtendrán los mayores beneficios en materia de calidad del aire por la aplicación de la política comunitaria de cambio climático (figura 8.9).

Una disminución de la quema de combustibles carbonados produce automáticamente una disminución de las emisiones de NO_x (el precursor básico del ozono) y de los contaminantes que afectan a la salud.

Figura 8.9. Reducción esperada en 2020 en los indicadores de concentración de ozono (AOT40, SOMO35) y en las concentraciones medias anuales de PM_{2,5} y PM₁₀ como resultado de la aplicación de la política europea de cambio climático.



- Nota: EEA-7 comprises of Bulgaria, Ireland, Liechtenstein, Norway, Romania, Turkey and Switzerland
- Source: EEA, 2006
- Fuente: Air quality and ancillary benefits of climate change policies. EEA Technical report N° 4/2006

La Agencia Europea de Medio Ambiente ha estimado la situación que existirá en esta materia en 2030 en 20 ciudades europeas tras la aplicación efectiva de la actual legislación

sobre calidad de aire y sobre cambio climático (Escenario de la Acción Climática y de la Máxima Reducción posible (MRP). Entre estas ciudades se encuentra Barcelona (tabla 8.7).

Tabla 8.7. Concentración media anual de NO₂, PM₁₀ y O₃ en 20 ciudades europeas para el año de referencia (2000), acción climática (2030) y acción climática de la Máxima Reducción Posible (MRP)

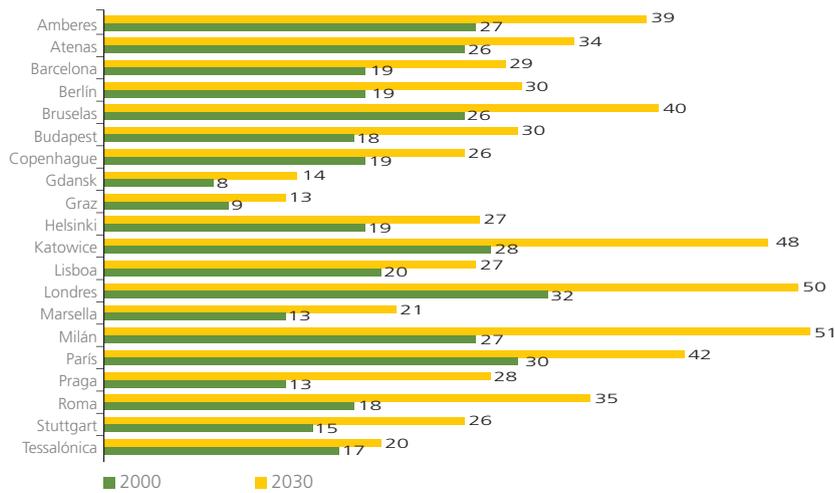
Ciudad	Año de referencia (2000)			Acción Climática (2030)			Acción Climática de la MRP (2030)		
	NO ₂ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	O ₃ ppb.días	NO ₂ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	O ₃ ppb.días	NO ₂ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	O ₃ ppb.días
Antwerp	39	26	3 400	27	16	3 600	18	10	3 900
Athens	34	12	6 300	26	9	6 400	14	5	5 400
Barcelona	29	16	7 300	19	10	6 600	10	5	5 600
Berlín	30	10	4 300	19	7	3 500	15	4	3 000
Brussels	40	21	3 500	26	13	3 900	17	8	4 200
Budapest	30	21	6 200	18	8	4 800	10	4	3 700
Copenhagen	26	9	3 200	19	7	3 300	12	4	2 900
Gdansk	14	10	4 000	8	5	3 400	5	3	2 500
Graz	13	8	6 700	9	6	4 800	6	4	3 700
Helsinki	27	9	1 500	19	6	2 000	12	3	1 500
Katowice	48	30	3 500	28	13	3 600	16	7	3 300
Lisbon	27	11	3 900	20	9	5 100	12	5	5 000
London	50	12	1 300	32	9	2 600	23	6	2 900
Marseille	21	11	7 800	13	8	7 400	8	4	5 900
Milan	51	19	7 900	27	10	7 400	17	6	6 600
Paris	42	24	4 700	30	16	5 400	20	8	5 300
Prague	28	13	5 200	13	5	4 100	8	3	3 400
Rome	35	12	6 300	18	7	6 600	10	4	5 500
Stuttgart	26	10	7 100	15	6	5 500	12	4	4 700
Thessaloniki	20	10	6 800	17	8	6 100	7	4	4 400

- Fuente: EEA, 2005c.

En el escenario "Acción Climática", se prevé que las veinte ciudades estudiadas logren reducciones de la concentración media anual de NO₂ de entre el 15% (Tesalónica)

y el 54% (Praga), situándose su concentración media en todas ellas por debajo de los 30 µg/m³ en 2030 (figura 8.10).

Figura 8.10. Concentración media anual de NO₂ (µg/m³), en 20 ciudades europeas. Comparación entre el año 2000 y el 2030 (previsiones de la AEMA en el escenario de política actual de cambio climático y calidad del aire).

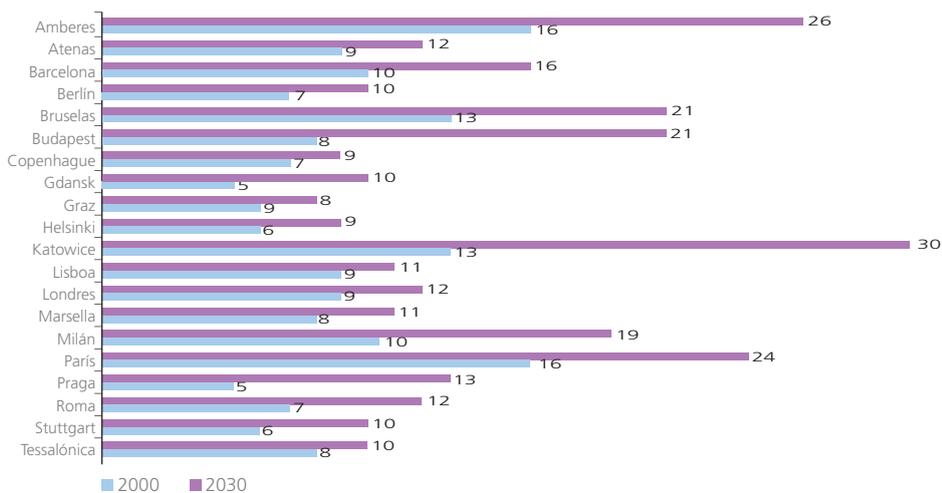


• Fuente: *Air quality and ancillary benefits of climate change policies. EEA Technical report N° 4/2006.*

La reducción estimada de las partículas (PM₁₀), variará entre el 18% (Lisboa) y el 62% (Budapest). En todas las ciudades,

a excepción de Ambers y París, la concentración media anual será inferior a los 15 µg/m³ en 2030 (figura 8.11).

Figura 8.11. Concentración media anual de PM₁₀ (µg/m³) en 20 ciudades europeas. Comparación entre el año 2000 y el 2030 (previsiones de la AEMA en el escenario de política actual de cambio climático y calidad del aire).

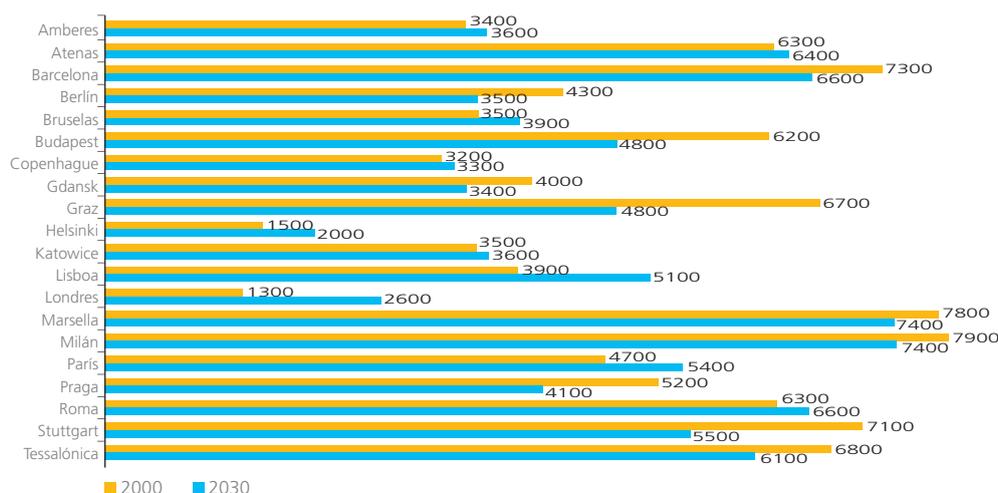


• Fuente: *Air quality and ancillary benefits of climate change policies. EEA Technical report N° 4/2006.*

La tendencia para el ozono no es tan favorable. En la mitad de las ciudades consideradas se producirá un aumento de la concentración de ozono, especialmente

en Londres y Lisboa. En las 10 ciudades restantes se esperan reducciones, aunque no tan significativas como en los casos anteriores (figura 8.12).

Figura 8.12. Índice de concentración media anual de O₃ (SOMO35, partes por mil millones / día). Comparación entre el año 2000 y el 2030 (previsiones de la AEMA en el escenario de política actual de cambio climático y calidad del aire).



• Fuente: *Air quality and ancillary benefits of climate change policies. EEA Technical report N° 4/2006.*

En suma, la estrategia europea contra el cambio climático, cuyo objetivo es la reducción parcial de la quema de combustibles fósiles es al mismo tiempo una estrategia válida contra la contaminación atmosférica, pues implica una reducción de las concentraciones de ozono, de NO₂ y de partículas PM₁₀.

Junto con la *Estrategia temática de la UE sobre la contaminación atmosférica*, la UE ha preparado una propuesta de *Directiva sobre calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia en Europa* (COM (2005) 447). Esta propuesta tiene como objeto simplificar la legislación actualmente vigente en materia de calidad del aire. Su aspecto más novedoso es el establecimiento de un límite máximo de concentración de las partículas PM_{2,5} en 2010 (25 µg/m³), y de objetivos de reducción para este contaminante antes de 2020, tal y como señala la Estrategia temática.

Estrategia temática para el Medio Ambiente Urbano

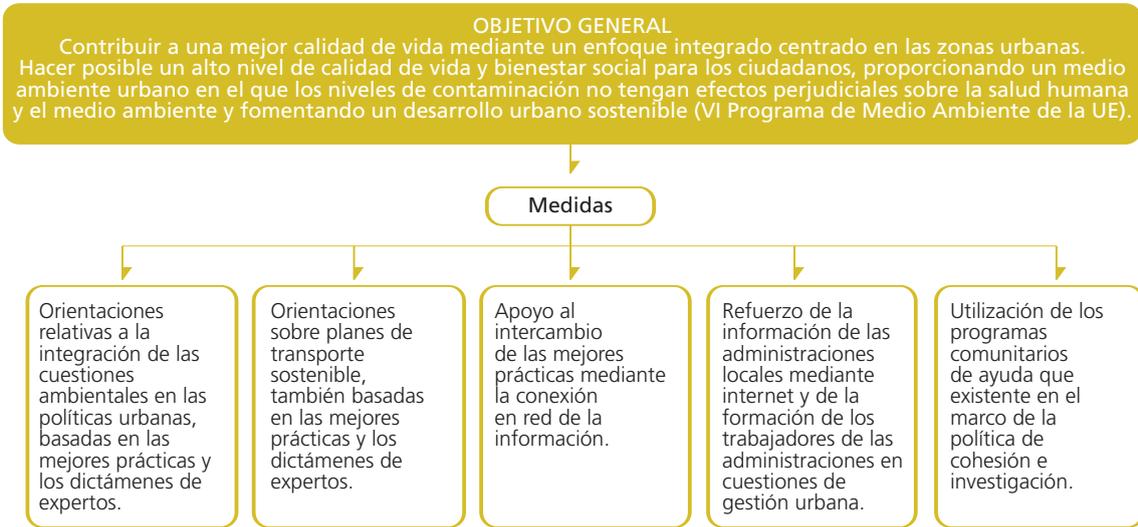
La *Estrategia temática para el Medio Ambiente Urbano* (COM (2005) 718) está diseñada para abordar soluciones a medida y desarrollarlas a nivel local, con el fin de tener en cuenta la diversidad del entorno urbano en cuanto a historia, geografía, clima y condiciones adminis-

trativas y jurídicas. La UE considera que es el cauce más adecuado para respaldar a las autoridades locales en el fomento de las mejores prácticas, facilitando su uso generalizado e impulsando la creación más efectiva de redes de intercambio de experiencias entre ciudades. Según esta Estrategia, la legislación no es el mejor medio para alcanzar sus objetivos, por lo que propone un enfoque de cooperación y no de regulación.

El transporte es una de las áreas prioritarias de la *Estrategia temática para el medio ambiente urbano* por su impacto sobre la calidad del aire, el cambio climático y el desarrollo sostenible. En ella se propone establecer un amplio abanico de acciones para la mejora del entorno urbano, incluyendo la posibilidad de utilizar tarifas diferenciadas en zonas sensibles desde el punto de vista ambiental, la designación de zonas de bajas emisiones con limitaciones para el transporte que contamina, la adquisición de vehículos limpios por parte de las autoridades públicas y la mejora de la calidad del transporte público. En este marco, la Comisión anima a las Administraciones locales a poner en práctica planes de transporte urbano sostenible y aportará orientación técnica sobre los principales aspectos que éstos deben contemplar, siguiendo las recomendaciones del Grupo de expertos y dando a conocer ejemplos de las mejores prácticas.

La Estrategia Europea de Medio Ambiente y Salud, ha previsto instituir un sistema integrado de vigilancia del medio ambiente y la salud para la recogida sistemática y exhaustiva de información.

OBJETIVOS DE LA ESTRATEGIA TEMÁTICA DE LA UE PARA EL MEDIO AMBIENTE URBANO



Estrategia Europea de Medio Ambiente y Salud

La *Estrategia Europea de Medio Ambiente y Salud* (COM 2003, 338 final), conocida como iniciativa SCALE, está orientada a desarrollar un marco que garantice la protección de la sociedad en su conjunto, basado en la ciencia, orientado hacia la infancia, destinado a fomentar la concienciación: Este marco debe utilizar los instrumentos jurídicos facilitados por el Tratado y llevar a cabo una evaluación constante y continuada destinada a comprobar la eficacia de las acciones a la hora de atacar los problemas sanitarios relacionados con el medio ambiente. La Estrategia advierte acerca del hecho de que aproximadamente el 20% de la incidencia total de enfermedades puede achacarse a factores ambientales en los países industrializados, afectando sobre todo a los niños y a los grupos más vulnerables, como los pobres y las mujeres en edad reproductiva.

La iniciativa SCALE surge como respuesta a la necesidad de integrar la legislación ambiental con las medidas de protección de la salud humana, ya que las evaluaciones ambientales y las medidas políticas se habían venido centrando en contaminantes concretos de ámbitos ambientales definidos (la atmósfera, el agua, el suelo, etc.). Este enfoque ha permitido resolver muchos problemas sanitarios de origen ambiental, pero subestima las repercusiones sanitarias porque, en la práctica, la situación es mucho más complicada: los contaminantes se desplazan de un ámbito ambiental a otro y las personas están expuestas a un conjunto de contaminantes que interactúan con el medio ambiente y con el organismo humano. Las medidas políticas actuales no tienen suficientemente en cuenta estos hechos y, además, no están suficientemente integradas, por lo que no siempre abordan eficazmente la interacción entre el medio ambiente y la salud.

OBJETIVOS DE LA ESTRATEGIA TEMÁTICA DE LA UE PARA EL MEDIO AMBIENTE URBANO



La mala calidad del aire es actualmente un problema fundamentalmente urbano estrechamente ligado al tráfico, al modelo de desarrollo urbanístico predominante y a la existencia de determinadas industrias en el centro de las ciudades.

Para lograr sus objetivos, la *Estrategia Europea de Medio Ambiente y Salud* ha previsto instituir un sistema integrado de vigilancia del medio ambiente y la salud para la recogida sistemática y exhaustiva de información, que Los Estados miembros llevan ya a cabo a nivel nacional, cuya extensión a escala europea aportaría el valor añadido de generar efectos sinérgicos y facilitar la difusión de datos y metodologías.

El nuevo sistema de vigilancia e información de la salud, con el respaldo de la iniciativa GMES (Global Monitoring for Environment and Security), facilitará la creación de una sólida base de conocimientos en la UE, que a su vez

constituiría el fundamento de las políticas en materia de salud y medio ambiente y permitirá detectar los nuevos aspectos que vayan surgiendo.

La Estrategia se aplicará de forma progresiva y por ciclos. El primer ciclo va desde 2004 a 2010 y se centra en la relación entre los factores ambientales y:

- Las enfermedades respiratorias, el asma y las alergias infantiles.
- Los problemas de desarrollo neurológico.
- Los cánceres infantiles.
- Los efectos de los alteradores del sistema endocrino.

8.3. Tendencias en España en materia de calidad del aire

En España, tal y como ya se ha comentado, la mala calidad del aire es actualmente un problema fundamentalmente urbano estrechamente ligado al tráfico y al modelo de desarrollo urbanístico predominante. Las partículas y el ozono son los principales responsables del deterioro de la calidad del aire en las áreas urbanas españolas (y suburbanas en el caso del ozono), y los que provocan mayores problemas para cumplir los límites establecidos por la UE para 2010.

Las perspectivas a corto y medio plazo respecto a la calidad del aire en España no son halagüeñas. Por un lado, el clima imperante en España, con muchas horas de insolación y escasas lluvias, incide negativamente en la calidad del aire. Las frecuentes intrusiones de masas de aire cargadas de partículas en suspensión procedentes de África contribuyen a que este contaminante tenga concentraciones elevadas, ocasionando episodios de superación de forma periódica. Por otro lado, las fuentes productoras de contaminación no están reduciendo sus emisiones hasta los niveles previstos. El grado de motorización de la sociedad española mantiene un crecimiento sostenido y no hay indicios que permitan intuir un cambio de tendencia. El proceso urbanizador sigue caracterizándose por su ritmo frenético y su ausencia de criterios de sostenibilidad, y el ambicioso desarrollo de infraestructuras propuesto en el PEIT incrementará sustancialmente los kilómetros de autovías existentes y los accesos a los núcleos urbanos a pesar de optar prioritariamente

por el ferrocarril. A todos estos factores se suma la escasa predisposición de los españoles a cambiar sus hábitos de movilidad, basados en una utilización intensiva del automóvil.

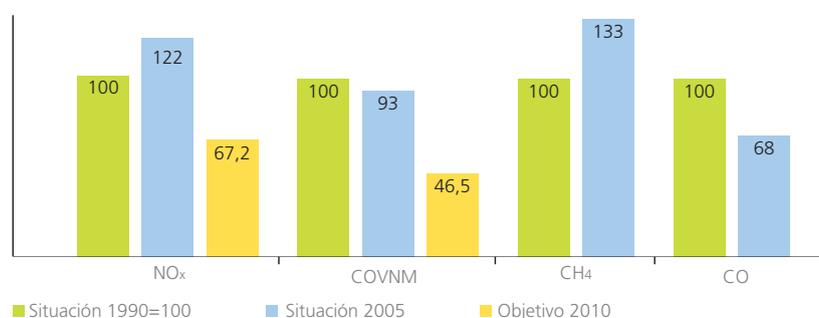
Evolución de las emisiones contaminantes (SO₂, NH₃, NO_x, COVNM, CH₄ y CO)

El compromiso comunitario de reducir las emisiones contaminantes en origen –Directiva de techos nacionales– constituye uno de los principales instrumentos para reducir los daños que provoca la contaminación atmosférica sobre la salud y los ecosistemas. El esfuerzo español en esta materia es claramente insuficiente.

Las cantidades emitidas en España de óxidos de nitrógeno y de compuestos orgánicos volátiles en 2005 auguran el incumplimiento de los techos nacionales de emisión establecidos por la UE (figura 8.13). Para el caso del amoníaco, la situación tampoco es favorable y el techo de 2010, aunque factible, es de difícil cumplimiento. Sólo en el caso del dióxido de azufre podría alcanzarse el objetivo de 2010, a pesar de la distancia que aún nos separa del mismo y del retroceso experimentado en 2004 (figura 8.14). A partir de estos datos es evidente que el Programa Nacional de reducción de emisiones de estos contaminantes, que en realidad consistía únicamente en una declaración genérica de actuaciones, no está teniendo los resultados esperados.

Las partículas y el ozono son los principales responsables del deterioro de la calidad del aire en las áreas urbanas. En el caso del ozono, la mala calidad del aire se extiende hasta zonas suburbanas.

Figura 8.13. Evolución de las emisiones de precursores del ozono durante el periodo 1990-2005 y techo nacional español -sólo para NOx y COVNM- para 2010 (unidad adimensional. Año base=100).



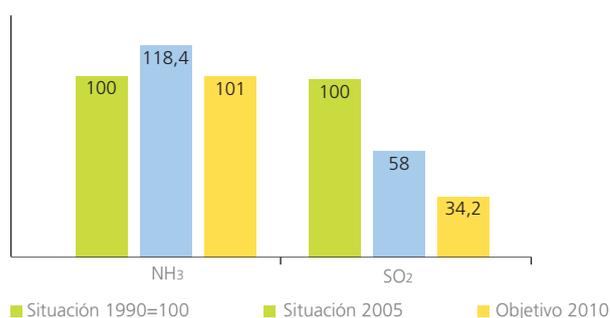
• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

La evolución de las emisiones de los precursores del ozono troposférico es muy desfavorable. Las emisiones de metano (CH₄) son las que más han aumentado desde 1990 (33%), aunque este contaminante es el que menor incidencia tiene sobre los niveles de ozono. A continuación se sitúan los óxidos de nitrógeno (NO_x), con un aumento del 22% respecto a 1990. Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVNM) han experimentado un ligero descenso (7%), excluyendo los de origen natural, que han disminuido hasta la mitad sus emisiones respecto a 1990. Las emisiones de monóxido de carbono

(CO) se han reducido de forma apreciable (32%) y mantienen una tendencia a la progresiva reducción (figura 8.13).

Es de esperar que se sigan produciendo episodios de superación de los niveles de ozono (O₃) y que el valor objetivo para la concentración de ozono en 2010 no se cumpla en muchas ciudades españolas. La misma situación se producirá con los niveles de concentración de óxidos de nitrógeno (NO_x), con límites más restrictivos en 2010, y que presentan, junto con el metano (CH₄), una marcada tendencia al alza.

Figura 8.14. Evolución de las emisiones de dióxido de azufre y amoníaco durante el periodo 1990-2005 y techos nacionales españoles para 2010 (unidad adimensional. Año base = 100).



• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

Transporte

El crecimiento del transporte de viajeros por carretera (en millones de viajeros/km.) ha aumentado un 18% durante el

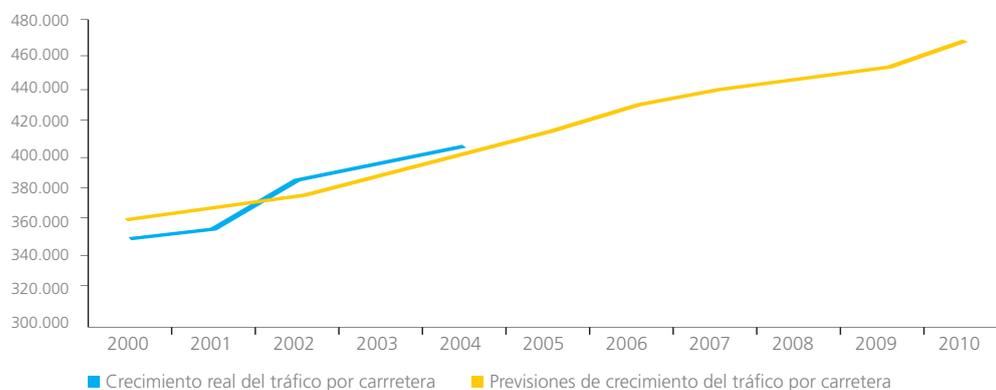
periodo 2000-2005 y el de mercancías un 23% (millones de t/km.). Las previsiones de crecimiento desde 2005 hasta 2010, en la hipótesis más conservadora, se sitúan en torno al 15% tanto para mercancías como para viajeros (figura 8.15).

El grado de motorización de la sociedad española mantiene un crecimiento sostenido.

El proceso urbanizador sigue caracterizándose por su ritmo frenético y su ausencia de criterios de sostenibilidad.

El ambicioso desarrollo de infraestructuras propuesto en el PEIT incrementará los accesos por carretera a los núcleos urbanos.

Figura 8.15. Estimación del crecimiento del tráfico por carretera durante la década 2000-2010 (escenario de menor crecimiento) y crecimiento real experimentado durante el periodo 1995-2005 (millones de viajeros/Km.).



• Fuente: *El sector del transporte en España y su evolución. Horizonte 2010*, UPM (Universidad Politécnica de Madrid) y Ministerio de Fomento.

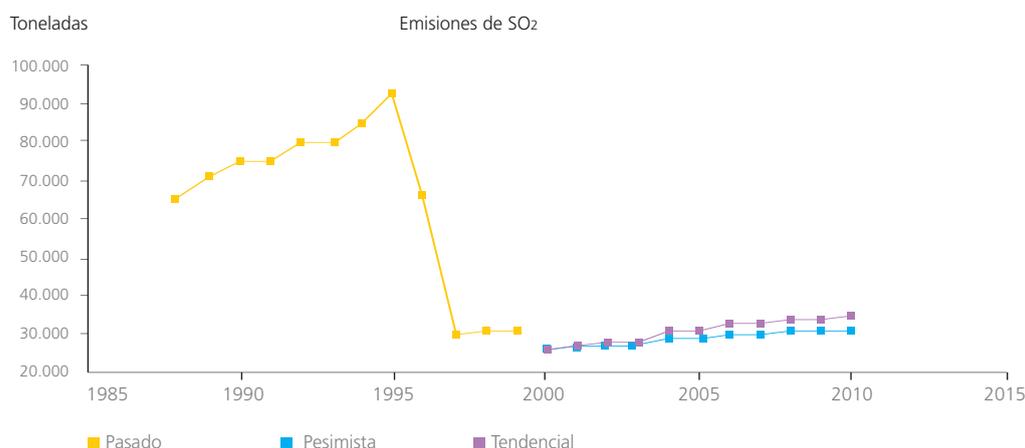
Parece que el crecimiento del transporte de viajeros no va a ir acompañado de un aumento de las emisiones de contaminantes atmosféricos, a excepción de las de gases de efecto invernadero (CO_2). De hecho, gracias a las mejoras tecnológicas del sector de la automoción y de la calidad de los combustibles, el transporte por carretera ha disminuido drásticamente sus emisiones a lo largo del periodo 1990-2005: un 96% las de SO_2 , un 56% las de COVNM, un 57% las de CO y un 28% las de CH_4 . Este descenso ha tenido lugar a pesar del crecimiento del parque de vehículos y del tráfico de viajeros y mercancías. Ha habido un aumento de las emisiones de NO_x de un 1,5% (aunque con tendencia a la reducción desde 1999), de las emisiones de CO_2 (84%), y,

sobre todo, de las de amoníaco (1,8%) (figuras 8.16 a 8.19).

Las previsiones hasta 2010 confirman las tendencias apuntadas de reducción de la contaminación atmosférica debida al transporte. No parece tan clara, a tenor del comportamiento experimentado hasta la fecha con una clara tendencia continuista al alza, la evolución de las emisiones de NO_x y de partículas, así como las de CO_2 . Estas últimas, aunque no tienen un efecto directo sobre la salud, tienen una gran importancia en relación con el cambio climático. Por tanto, el tráfico, especialmente en el ámbito urbano, seguirá incidiendo de forma muy importante sobre la calidad del aire de las ciudades españolas.

Se espera que el valor objetivo para la concentración de ozono en 2010 no se cumpla en muchas ciudades españolas.

Figura 8.16. Estimación de las emisiones de SO_2 (t), durante la década 2000-2010.

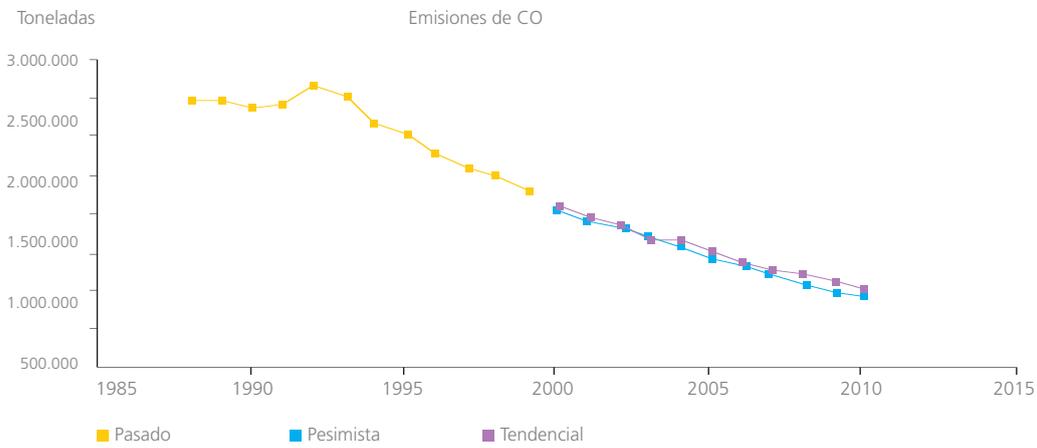


• Fuente: *El sector del transporte en España y su evolución. Horizonte 2010*, UPM y Ministerio de Fomento.

Los niveles de concentración de los óxidos de nitrógeno (NO_x) y de metano (CH_4) presentan una marcada tendencia al alza.

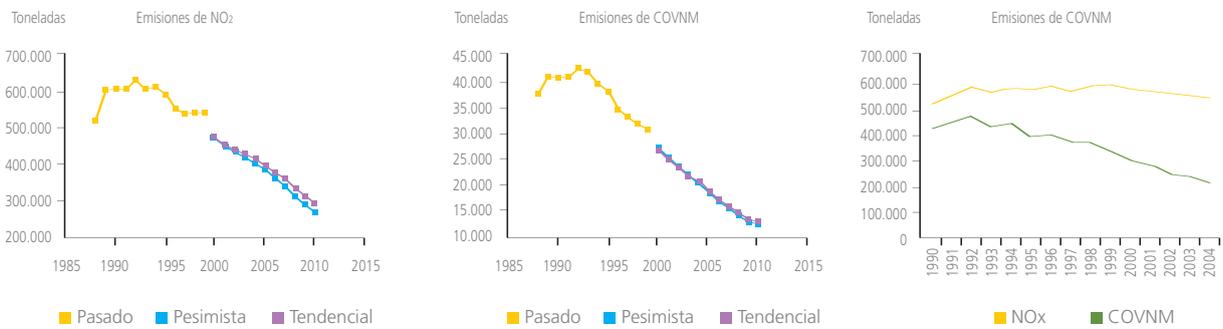
8.3. TENDENCIAS EN ESPAÑA EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE

Figura 8.17. Estimación de las emisiones de CO (t), durante la década 2000-2010.



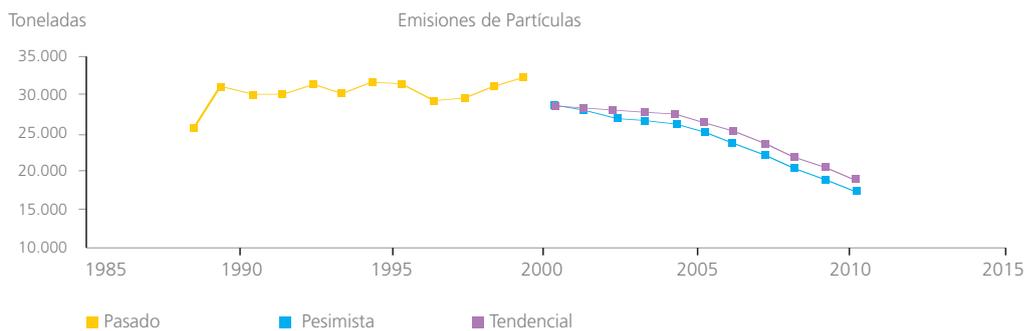
• Fuente: *El sector del transporte en España y su evolución. Horizonte 2010*, UPM y Ministerio de Medio Ambiente.

Figura 8.18. Estimación de las emisiones de NOx y COVNM (t), durante la década 2000-2010.



• Fuente: *El sector del transporte en España y su evolución. Horizonte 2010*, UPM y Ministerio de Medio Ambiente.

Figura 8.19. Estimación de las emisiones de partículas durante la década 2000-2010 (t).



• Fuente: *El sector del transporte en España y su evolución. Horizonte 2010*, UPM y Ministerio de Medio Ambiente.

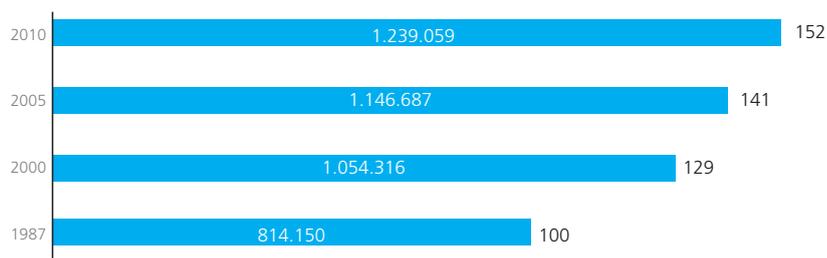
El tráfico seguirá incidiendo de forma muy importante sobre la calidad del aire de las ciudades españolas.

Artificialización

El marcado proceso de artificialización que está experimentando España ha supuesto un crecimiento de la superficie artificial del 29,5% en el periodo 1987-2000, y

las previsiones para la presente década apuntan hacia una intensificación del mismo, con un aumento estimado de la superficie artificial del 9% en el periodo 2000-2005 y del 8% en el periodo 2005-2010 (figura 8.20).

Figura 8.20. Estimaciones lineales de la evolución de la superficie artificial en España (ha e índice adimensional. Año base=100).



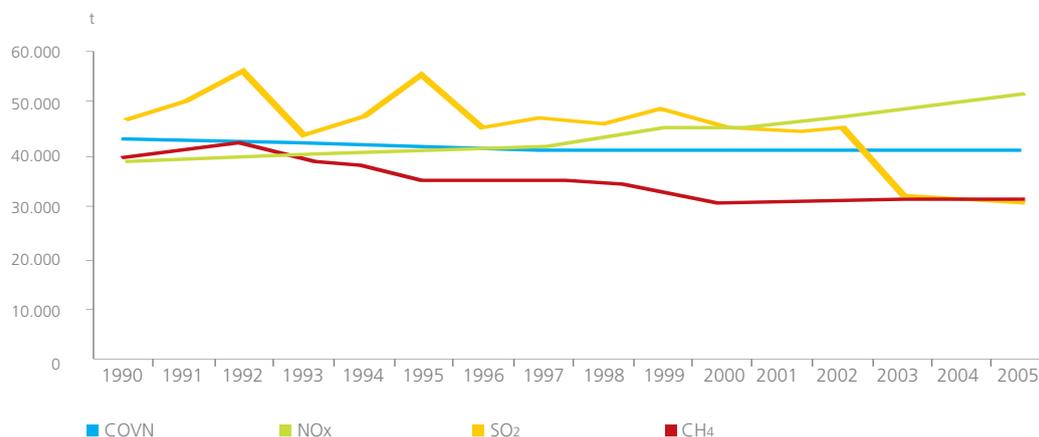
• Fuente: *Cambios de ocupación del suelo en España. Observatorio de la Sostenibilidad en España.*

Este incremento de la superficie artificial se está produciendo principalmente a expensas del modelo urbanístico de ciudad extensa y poco densa. Este modelo es muy exigente en necesidades de movilidad, que son satisfechas básicamente por el automóvil privado, y en la utilización de recursos naturales.

Así, las emisiones atmosféricas procedentes del sector doméstico y servicios, relacionadas fundamentalmente

con la climatización de los edificios, no han mostrado un comportamiento muy favorable en los últimos años (1990-2005). Las emisiones de SO₂, CO y COVNM han experimentado una reducción muy inferior a la de otros sectores, concretamente en un 35%, un 8% y un 4,5%, respectivamente. Las emisiones de óxidos de nitrógeno y de dióxido de carbono han aumentado en este sector un 33% y un 70%, respectivamente.

Figura 8.21. Evolución de las emisiones del sector de combustión no industrial –doméstico y servicios- durante el periodo 1990-2005 (t).



• Fuente: *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos, MMA, 2007.*

El modelo urbanístico de ciudad extensa y poco densa es muy exigente en necesidades de movilidad que son cubiertas por el automóvil privado.

8.4. Prioridades para la acción

El Ministerio de Medio Ambiente ha expresado las graves dificultades que existen para poder cumplir en 2010 los techos nacionales de emisión impuestos a España y para asegurar los límites de concentración de calidad del aire que entrarán en vigor en 2010. Estos son los principales motivos que han llevado al desarrollo de una nueva Ley de Calidad del Aire, de carácter preconstitucional, cuyo principal objetivo es reducir las emisiones contaminantes en los entornos urbanos, especialmente las asociadas al transporte.

Aunque será necesario adoptar medidas en otras áreas, como la de producción energética y la industrial, el *transporte urbano* y el *modelo urbano* constituyen las dos

prioridades de acción, tanto en el ámbito general de la sostenibilidad urbana como en el de la calidad del aire. Es cierto que ya se han comenzado a tomar medidas en este sentido, pero existe un consenso general sobre la insostenibilidad del modelo actual de desarrollo urbanístico español y de los sistemas de transporte urbano en la mayor parte de las ciudades del mundo.

En este marco, los procesos de planificación y planeamiento municipal y territorial y los planes de movilidad sostenible se configuran como instrumentos básicos para definir asentamientos urbanos de calidad, creativos y sostenibles, dentro de una estrategia integral de desarrollo sostenible local/regional.

Un sistema de transporte y usos del suelo es sostenible cuando

- Proporciona acceso a bienes y servicios de forma eficiente a todos los habitantes de la ciudad.
- Protege el medio ambiente, el patrimonio cultural y el ecosistema de la generación actual.
- No compromete las posibilidades de las generaciones futuras de disfrutar, al menos, de la misma calidad de vida que la generación actual.

• Fuente: *Guía para la toma de decisiones. Estrategias de Desarrollo Sostenible de Usos del Suelo y Transporte. Institut for Transporte Studies, University of Leeds, UK. Comisión Europea.*

Tal y como señala la *Estrategia de medio ambiente urbano de la Unión Europea* no existe una solución universal, sino que ésta debe diseñarse a medida para cada ciudad. Existen numerosos instrumentos relacionados con los usos del suelo, la dotación y gestión de infraestructuras, los cambios de actitud y comportamiento de los ciudadanos, las políticas tarifarias y el suministro de información. Independientemente de la solución adoptada, ésta debe incluir:

- Una mayor coordinación entre las diferentes administraciones implicadas en las decisiones sobre usos del suelo y transporte.

- Una mayor participación pública en este tipo de actuaciones.
- El fomento de un transporte público rápido y fiable.
- La mejora de la accesibilidad para personas de movilidad reducida.
- La progresiva internalización de los costes derivados del transporte privado (ruidos, contaminación atmosférica, accidentes, ocupación del suelo, etc.).
- El fomento de modos de transporte más sostenibles y saludables, como la bicicleta o el caminar.

El transporte urbano y el modelo urbano constituyen las dos prioridades de acción, tanto en el ámbito general de la sostenibilidad urbana como en el de la calidad del aire.

En otras áreas, como la producción energética, serán necesarias la utilización de nuevas tecnologías y relocalización industrial.

Los siete objetivos de las estrategias de usos de suelo y transporte que deberían contribuir a la sostenibilidad

Eficiencia económica para el mercado del transporte

Implica maximizar los beneficios de los usuarios del sistema de transporte después de contabilizar los costes de provisión y funcionamiento.

Protección del medio ambiente

Implica reducir algunos de los impactos negativos del sistema de transporte y usos del suelo como la contaminación global (CO₂), la regional (emisiones de NO_x y SO₂), y la local (partículas), así como sus impactos sobre la salud (ruidos y vibraciones), sus impactos visuales (fragmentación y efecto barrera), sus efectos sobre la biodiversidad, el crecimiento de zonas urbanizadas y la pérdida del patrimonio cultural y de los hábitats naturales.

Calles y barrios habitables

Se centra en el viario y las condiciones de sosiego ambiental de las áreas residenciales. Incluye efectos externos positivos sobre las actividades sociales, culturales y de ocio de los barrios, el aumento de la movilidad a pie y en bicicleta, y la reducción de la inseguridad percibida en estos modos de transporte.

Seguridad

Implica la reducción del número y gravedad de accidentes en todas sus modalidades.

Equidad e integración social

La equidad implica el acceso al transporte en condiciones similares para todos y dentro de la integración social. Incluye la accesibilidad para los que no tienen coche y para las personas de movilidad reducida. Aunque la verdadera igualdad de oportunidades nunca será posible, es necesario estudiar medidas compensatorias para quienes tienen menos posibilidades o mayores costes.

Contribución al desarrollo económico

Para muchas ciudades un objetivo importante es que las políticas de transporte y usos del suelo fomenten el desarrollo económico. En este sentido, las mejoras de accesibilidad o de calidad ambiental pueden conducir a un incremento de la actividad económica y posibilitar un desarrollo económico sostenido.

Equidad intergeneracional

Los tres impactos de las actividades actuales que afectarán de manera importante a las generaciones futuras son el efecto invernadero (emisiones de CO₂), la ocupación de suelo y el agotamiento de los recursos naturales no renovables.

• Fuente: *Guía para la toma de decisiones. Estrategias de Desarrollo Sostenible de Usos del Suelo y Transporte. Institut for Transport Studies, University of Leeds, UK. Comisión Europea.*

Por último, aunque el concepto de gestión sostenible del transporte y del territorio lleva asociado la participación pública en la toma de decisiones, es muy importante conseguir la concienciación de los ciudadanos sobre el importante papel que desempeñan en el cambio hacia unas ciudades más sostenibles. El coche, uno de los sím-

bolos de nuestra sociedad, ha permitido unos niveles de movilidad desconocidos hasta fechas muy recientes, pero su uso indiscriminado está afectando seriamente a la calidad de vida, especialmente en las zonas urbanas, y a la salud de la población, con mayor incidencia en los grupos más vulnerables.

El uso indiscriminado del coche está afectando seriamente a la calidad de vida, especialmente en las zonas urbanas, y a la salud de la población, con mayor incidencia en los grupos más vulnerables.

Anexos

9

ANEXO I

Datos de la calidad el aire del Ministerio de Medio Ambiente (1995-2005)

INDICADOR OZONO (O₃). DIARIO DE PROTECCION DE LA SALUD (Ciudades de más de 100.000 habitantes)

Número de días en que se superan 120 µg/m³ de máximo diario de medias móviles octohorarias. (Valor límite más de 25 días promedio de tres años a partir de 2010).

Sólo han intervenido las estaciones que las CCAA han utilizado para la evaluación de la calidad del aire (2001-2005).

Se han considerado estaciones con número de datos mayor del 85%.

Dato en blanco: o bien no hay estaciones o si hay, ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos.

Clase 1: población entre 100.000-250.000.

Clase 2: población entre 250.000-500.000.

Clase 3: población > 500.000.

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
3	MADRID	3.155.359	0.4	5.0	1.0	14.3	3.3	1.0	3.1	2.6	15.0	5.1	2.9
	Nº estaciones MADRID		5	5	4	3	22	25	22	23	26	26	24
3	BARCELONA	1.593.075				2.0	3.0	2.3	0.7	0.7	14.5	3.0	2.0
	Nº estaciones BARCELONA					1	2	3	3	3	4	1	2
3	VALENCIA	796.549	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
	Nº estaciones VALENCIA		2	4	5	4	5	5	4	4	5	4	1
3	SEVILLA	704.154	0.0	1.0	2.0	5.0	10.3	11.7	6.0	12.5	16.3	33.2	29.6
	Nº estaciones SEVILLA		1	2	2	2	3	3	3	2	3	4	5
3	ZARAGOZA	647.373	42.3	0.8	0.9	2.3	0.0	0.0	0.4	0.0	1.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ZARAGOZA		3	6	7	7	7	6	7	6	6	7	5
3	MALAGA	558.287	0.0	2.0	1.0	10.5	2.0	0.0	4.0	6.0	6.0	10.0	27.0
	Nº estaciones MALAGA		1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1
2	MURCIA	409.810									0.0	53.0	
	Nº estaciones MURCIA										1	1	
2	PALMAS DE GRAN CANARIA	378.628			0.0	0.0	4.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
	Nº estaciones P. DE G. CANARIA				2	2	1	2	2	1	2	2	2
2	PALMA DE MALLORCA	375.773		2.0			0.0	0.0		16.5	10.0	6.0	1.5
	Nº estaciones P. DE MALLORCA			1			1	1		2	2	2	2
2	BILBAO	353.173	1.0	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0		2.0	0.0	4.5
	Nº estaciones BILBAO		1	4	3	5	4	3	3		1	1	2
2	CORDOBA	321.164				29.5	28.0	28.0	29.0	32.0	27.5	28.0	
	Nº estaciones CORDOBA					2	2	2	2	2	2	2	
2	VALLADOLID	321.001	1.2	4.8	8.8	8.8	1.0	7.3	9.4	13.2	27.8	24.5	44.5
	Nº estaciones VALLADOLID		5	4	5	6	4	6	5	5	5	6	6
2	ALICANTE	319.380	2.5	0.0	0.0	2.0	0.0	2.0	1.0	4.0	0.0	3.5	0.5
	Nº estaciones ALICANTE		2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
2	VIGO	293.725											
	Nº estaciones VIGO												
2	GIJON	273.931	4.5	1.2	3.5	1.5	0.0	1.8	1.5	0.2	0.2	0.0	1.0
	Nº estaciones GIJON		4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
2	HOSPITALET	252.884							9.0		12.0		
	Nº estaciones HOSPITALET								1		1		
1	CORUÑA (A)/ARTEIXO	243.349											
	Nº estaciones CORUÑA (A)/ARTEIXO												
1	GRANADA	236.982	0.0	5.0	5.0	4.0	2.5	0.0	7.0	3.0	8.5	16.5	36.0
	Nº estaciones GRANADA		1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1
1	VITORIA-GASTEIZ	226.490					13.0	0.5	4.0	0.5	10.0	1.0	6.7
	Nº estaciones VITORIA-GASTEIZ						2	2	1	2	2	2	3
1	SANTA CRUZ DE TENERIFE	221.567	1.0		0.0	0.0	11.0	0.0	0.5	2.0	0.0	0.5	0.0
	Nº estaciones S. CRUZ DE TENERIFE		1		2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	BADALONA	218.553								9.0	25.0		
	Nº estaciones BADALONA									1	1		
1	ELCHE	215.137		0.0	0.5	8.0	9.5	2.5	10.0		10.5	4.0	0.0
	Nº estaciones ELCHE			1	2	2	2	2	1		2	2	1
1	OVIEDO	212.174	5.0	2.5	0.0	2.0			1.0	1.0	4.2	1.0	7.8
	Nº estaciones OVIEDO		1	2	2	1			3	3	4	4	4
1	MOSTOLES	204.463			15.0	10.0	32.0		11.0	1.0	60.0	34.0	18.0
	Nº estaciones MOSTOLES				1	1	1		1	1	1	1	1

ANEXO I. DATOS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1995-2005)

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	CARTAGENA	203.945	0.0	19.0	1.5	1.7	5.2	0.7	4.8	7.0	7.7	0.0	13.0
	Nº estaciones CARTAGENA		1	1	4	3	4	3	4	4	3	1	4
1	ALCALA DE HENARES	197.804			16.0	22.0	32.0		50.0	35.0	43.0	11.0	62.0
	Nº estaciones ALCALA DE HENARES				1	1	1		1	1	1	1	1
1	SABADELL	196.971		7.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
	Nº estaciones SABADELL			1	2	2	2	2	2	1	1	1	1
1	JEREZ DE LA	196.275				0.0	1.0	7.0	0.0	1.0		36.0	30.5
	Nº estaciones JEREZ DE LA FRONTERA					1	1	1	1	1		1	2
1	FUENLABRADA	195.131	4.0		10.0	19.0	5.0		15.0	7.0	96.0	71.0	42.0
	Nº estaciones FUENLABRADA		1		1	1	1		1	1	1	1	1
1	TERRASSA	194.947	2.0	7.0	2.0	4.0	2.0	4.0	4.0				
	Nº estaciones TERRASSA		1	1	1	1	1	1	1				
1	PAMPLONA/IR	193.328				18.0	5.0	1.0	7.0			2.0	5.0
	Nº estaciones PAMPLONA					1	1	1	1			1	1
1	SANTANDER	183.955						15.0	1.0	0.0	0.0	0.0	7.0
	Nº estaciones SANTANDER							1	1	1	2	2	2
1	DONOSTIA-SA	182.930						0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	6.3
	Nº estaciones DONOSTIA-SA							1	1	1	1	1	3
1	ALMERIA	181.702	0.0			4.0	9.0	0.5	4.0	1.5	5.0	3.0	0.0
	Nº estaciones ALMERIA		1			1	1	2	2	2	2	1	1
1	LEGANES	181.248					1.0		10.0	40.0	36.0	24.0	32.0
	Nº estaciones LEGANES						1		1	1	1	1	1
1	BURGOS	172.421	3.0	7.0	13.7	11.0	4.7	2.3	8.5	16.0	23.5	18.0	46.0
	Nº estaciones BURGOS		1	2	3	3	3	3	2	2	2	1	1
1	CASTELLON DE LA PLANA	167.455	24.0	13.0	13.0	32.0	15.0	6.5	17.0	17.5	10.0	13.0	7.7
	Nº estaciones CASTELLON DE LA PLANA		1	1	2	2	2	2	2	2	4	3	3
1	ALCORCON	162.524					27.0	1.0	0.0	7.0	3.0	0.0	1.0
	Nº estaciones ALCORCON						1	1	1	1	1	1	1
1	SALAMANCA	160.331	8.0	13.0	13.3	18.0	12.7	8.7	14.7	10.0	21.3	3.0	13.0
	Nº estaciones SALAMANCA		1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2
1	ALBACETE	159.518						74.0	101	55.0	81.0	58.0	60.0
	Nº estaciones ALBACETE							1	1	1	1	1	1
1	GETAFE	157.397					7.0	0.0	1.0	17.0	33.0	25.0	22.0
	Nº estaciones GETAFE						1	1	1	1	1	1	1
1	HUELVA	145.150	1.0			63.0	31.5	25.0	10.0	11.0	24.0	9.0	32.0
	Nº estaciones HUELVA		1			1	2	1	2	2	1	1	1
1	LOGROÑO	144.935								7.0	31.0	18.0	38.0
	Nº estaciones LOGROÑO									1	1	1	1
1	BADAJOS	143.019								42.0	16.0	23.0	31.0
	Nº estaciones BADAJOZ									1	1	1	1
1	LEON	136.414	2.5	20.0	10.0	1.0	5.5	0.5	3.5	0.0	5.0	0.3	3.7
	Nº estaciones LEON		2	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3
1	CADIZ	131.813	0.0	20.0	15.0	69.0	46.5	14.0	28.0		11.0	14.0	5.0
	Nº estaciones CADIZ		1	1	1	2	2	1	1		1	1	1
1	TARRAGONA	128.152	19.5	15.0	5.0	6.0	2.0	4.0	9.0	4.0			15.0
	Nº estaciones TARRAGONA		2	1	1	1	1	1	1	1			1
1	LLEIDA	124.709	13.0		5.0			10.0	0.0	3.0	14.0	9.0	17.0
	Nº estaciones LLEIDA		1		1			1	1	1	1	1	1
1	MARBELLA	124.333										28.0	25.0
	Nº estaciones MARBELLA											1	1
1	SANTA COLOMA	118.129					1.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	3.0
	Nº estaciones SANTA COLOMA						1	1	1	1	1	1	1
1	MATARO	116.698	48.0	29.0	25.0	18.0	4.0	2.0	11.0				
	Nº estaciones MATARO		1	1	1	1	1	1	1				
1	JAEN	116.540	0.0	0.0	3.0	7.5	13.0	0.0	12.0	8.5		46.0	44.0
	Nº estaciones JAEN		1	1	1	2	2	2	2	2		1	1
1	DOS HERMANA	112.273										45.0	33.0
	Nº estaciones DOS HERMANA											1	1
1	TORREJON DE	109.483			0.0	7.0	1.0	2.0	1.0	0.0	9.0	2.0	90.0
	Nº estaciones TORREJON DE ARDOZ				1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	OURENSE	108.358											
	Nº estaciones OURENSE												
1	ALCOBENDAS	103.149	10.0		16.0	44.0	18.0	24.0	22.0	76.0	91.0	6.0	15.0
	Nº estaciones ALCOBENDAS		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1

• Fuente: Base de datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente, 2007

INDICADOR MONÓXIDO DE CARBONO (CO).
DIARIO PROTECCION DE LA SALUD (Ciudades de más de 100.000 habitantes).

Número de días en que se superan 10 mg/m³ de máximo diario de medias móviles octohorarias. (Valor límite 0 días; en vigor 1 de enero de 2005).

Sólo han intervenido las estaciones que las CCAA han utilizado para la evaluación de la calidad del aire (2001-2005).

Se han considerado estaciones con número de datos mayor del 85%

Dato en blanco: o bien no hay estaciones o si hay, ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos.

Clase 1: población entre 100.000-250.000.

Clase 2: población entre 250.000-500.000.

Clase 3: población > 500.000.

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
3	MADRID	3.155.359	0.0	1.6	0.2	1.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones MADRID		4	5	5	4	9	10	8	9	10	10	10
3	BARCELONA	1.593.075					0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones BARCELONA						3	2	3	3	4	2	4
3	VALENCIA	796.549	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones VALENCIA		4	4	4	4	4	4	3	4	4	1	1
3	SEVILLA	704.154	7.0		0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones SEVILLA		1		3	2	2	3	3	2	4	1	3
3	ZARAGOZA	647.373	0.0	0.0	0.0	16.0	4.3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ZARAGOZA		1	3	3	3	3		3	2	3	3	2
3	MALAGA	558.287				0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones MALAGA					1			1	1	1	1	1
2	MURCIA	409.810									0.0		
	Nº estaciones MURCIA										1		
2	PALMAS DE GRAN CANARIA	378.628						1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones PALMAS DE GRAN CANARIA							1	1	1	1	1	1
2	PALMA DE MALLORCA	375.773								0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones PALMA DE MALLORCA									2	2	2	1
2	BILBAO	353.173	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones BILBAO		2	2	2	2	3	1	2	2	2	1	2
2	CORDOBA	321.164				0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones CORDOBA					1	1	1	1	1	1	1	1
2	VALLADOLID	321.001	8.0	1.0	1.0		0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones VALLADOLID		2	1	2		2	2	1	1	2	2	2
2	ALICANTE	319.380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALICANTE		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
2	GIJON	273.931	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones GIJON		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	HOSPITALET	252.884					0.0				0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones HOSPITALET						1				1	1	1
1	CORUÑA (A)/ARTEIXO	243.349						0.0					
	Nº estaciones CORUÑA (A)/ARTEIXO							1					
1	GRANADA	236.982	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones GRANADA		1	1	1		1	2	2	2	2	2	1
1	VITORIA-GASTEIZ	226.490						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones VITORIA-GASTEIZ							1	1	1	1	1	3
1	SANTA CRUZ DE TENERIFE	221.567								0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones SANTA CRUZ DE TENERIFE									1	1	1	1
1	BADALONA	218.553					0.0			0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones BADALONA						1			1	1	1	1
1	ELCHE	215.137		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	
	Nº estaciones ELCHE			1	1	1	1	1	1		1	2	
1	OVIEDO	212.174							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones OVIEDO								1	1	1	1	1
1	MOSTOLES	204.463							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones MOSTOLES								1	1	1	1	1
1	CARTAGENA	203.945											
	Nº estaciones CARTAGENA												

ANEXO I. DATOS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1995-2005)

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	ALCALA DE HENARES	197.804							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALCALA DE HENARES								1	1	1	1	1
1	SABADELL	196.971	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones SABADELL		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
1	JEREZ DE LA	196.275											0.0
	Nº estaciones JEREZ DE LA FRONTERA												1
1	FUENLABRADA	195.131							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones FUENLABRADA								1	1	1	1	1
1	TERRASSA	194.947	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
	Nº estaciones TERRASSA		1	1	1	1	1	1	1				
1	PAMPLONA/IR	193.328						0.0	0.0			0.0	
	Nº estaciones PAMPLONA							1	1			1	
1	SANTANDER	183.955					0.5	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones SANTANDER						2	2	1	1	2	2	2
1	DONOSTIA-SA	182.930						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones DONOSTIA-SA							1	1	1	1	1	3
1	ALMERIA	181.702											
	Nº estaciones ALMERIA												
1	LEGANES	181.248							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones LEGANES								1	1	1	1	1
1	BURGOS	172.421	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones BURGOS		2	2	2	1	2	2	1	2	2	3	3
1	CASTELLON DE LA PLANA	167.455		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Nº estaciones CASTELLON DE LA PLANA			1	2	2	1	2	2	2	3		
1	ALCORCON	162.524			4.0	5.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALCORCON				1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	SALAMANCA	160.331		0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones SALAMANCA			1	2	1	1	1	1	1	2	2	2
1	ALBACETE	159.518						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALBACETE							1	1	1	1	1	1
1	GETAFE	157.397							0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
	Nº estaciones GETAFE								1	1	1	1	1
1	HUELVA	145.150										0.0	0.0
	Nº estaciones HUELVA											1	1
1	LOGROÑO	144.935								0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones LOGROÑO									1	1	1	1
1	BADAJOS	143.019								0.0		0.0	
	Nº estaciones BADAJOS									1		1	
1	LEON	136.414	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones LEON		1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
1	CADIZ	131.813											
	Nº estaciones CADIZ												
1	TARRAGONA	128.152	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	
	Nº estaciones TARRAGONA		1	3	3	2	1	1	3		2	1	
1	LLEIDA	124.709	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0			0.0	0.0
	Nº estaciones LLEIDA		1	1	1		1	1	1	1		1	1
1	MARBELLA	124.333										0.0	0.0
	Nº estaciones MARBELLA											1	1
1	SANTA COLOMA	118.129						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Nº estaciones SANTA COLOMA							1	1	1	1	1	
1	MATARO	116.698	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						
	Nº estaciones MATARO		1	1	1	1	1						
1	JAEN	116.540										0.0	0.0
	Nº estaciones JAEN											1	1
1	DOS HERMANAS	112.273										0.0	0.0
	Nº estaciones DOS HERMANAS											1	1
1	ALGECIRAS	111.283				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
	Nº estaciones ALGECIRAS					1	1	1	1	1		1	1
1	TORREJON DE	109.483			1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones TORREJON DE ARDOZ				1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	ALCOBENDAS	103.149						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALCOBENDAS							1	1	1	1	1	1

• Fuente: Base de datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente, 2007

INDICADOR DIOXIDO DE AZUFRE (SO₂).
DIARIO PROTECCION DE LA SALUD (Ciudades de más de 100.000 habitantes).

Número de DIAS AL AÑO en que se superan 125 µg/m³ DE MEDIA DIARIA. (Valor límite no mas de tres días. En vigor 1 de enero de 2005).

Sólo han intervenido las estaciones que las CCAA han utilizado para la evaluación de la calidad del aire (2001-2005).

Se han considerado estaciones con número de datos mayor del 85%

Dato en blanco: o bien no hay estaciones o si hay, ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos.

Clase 1: población entre 100.000-250.000.

Clase 2: población entre 250.000-500.000.

Clase 3: población > 500.000.

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
3	MADRID	3.155.359	2.9	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones MADRID		7	7	7	7	9	10	8	9	10	10	9
3	BARCELONA	1.593.075				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones BARCELONA					1	1	1	1	1	2	1	3
3	VALENCIA	796.549	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones VALENCIA		1	3	4	4	4	4	3	4	5	5	5
3	SEVILLA	704.154	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones SEVILLA		1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2
3	ZARAGOZA	647.373	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ZARAGOZA		8	11	11	12	8	10	9	8	5	2	2
3	MALAGA	558.287				0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones MALAGA					1			1	1	1	1	1
2	MURCIA	409.810									0.0	0.0	
	Nº estaciones MURCIA										1	1	
2	PALMAS DE GRAN CANARIA	378.628			0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
	Nº estaciones PALMAS DE GRAN CANARIA				1	1	1	3	2	2	3	3	2
2	PALMA DE MALLORCA	375.773								0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones PALMA DE MALLORCA									2	2	1	2
2	BILBAO	353.173	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones BILBAO		2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2
2	CORDOBA	321.164				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Nº estaciones CORDOBA					1	1	1	1	1	1	1	
2	VALLADOLID	321.001	1.2	1.0	0.0	0.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones VALLADOLID		4	4	3	4	4	4	2	3	4	4	2
2	ALICANTE	319.380			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALICANTE				1	1	1	1	1	1	2	1	1
2	VIGO	293.725				0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones VIGO					2	2	1		1	1	1	1
2	GIJON	273.931						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones GIJON							1	1	1	1	1	1
2	HOSPITALET	252.884						0.0	0.0	0.0		0.0	
	Nº estaciones HOSPITALET							1	1	1		1	
1	CORUÑA (A)/(ARTEIXO)	243.349		0.0	10.0	0.0	0.0	0.0					4.0
	Nº estaciones CORUÑA (A)/ARTEIXO			1	1	1	1	1					1
1	GRANADA	236.982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones GRANADA		1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1
1	VITORIA-GASTEIZ	226.490					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones VITORIA-GASTEIZ						2	2	2	2	2	2	3
1	SANTA CRUZ DE TENERIFE	221.567	2.0		0.0	0.0	1.0	3.4	4.1	4.5	1.0	1.3	0.7
	Nº estaciones SANTA CRUZ DE TENERIFE		1		2	2	2	7	7	4	6	6	6
1	BADALONA	218.553								0.0	0.0		
	Nº estaciones BADALONA									1	1		
1	ELCHE	215.137			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ELCHE				1	1	1	1	1		2	2	2
1	OVIEDO	212.174							2.0	0.0	4.0	5.0	4.0
	Nº estaciones OVIEDO								1	1	1	1	1
1	MOSTOLES	204.463							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones MOSTOLES								1	1	1	1	1
1	CARTAGENA	203.945	1.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.7	0.9	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones CARTAGENA		8	9	9	10	9	9	10	7	6	1	5

ANEXO I. DATOS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1995-2005)

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	ALCALA DE HENARES	197.804							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALCALA DE HENARES								1	1	1	1	1
1	SABADELL	196.971		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
	Nº estaciones SABADELL			1	1	1		1	1	1	1		1
1	JEREZ DE LA	196.275											0.0
	Nº estaciones JEREZ DE LA FRONTERA												1
1	FUENLABRADA	195.131							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones FUENLABRADA								1	1	1	1	1
1	TERRASSA	194.947	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
	Nº estaciones TERRASSA		2	2	2	2	2	2	2				
1	PAMPLONA/IR	193.328				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones PAMPLONA					1	1	1	1	1	1	1	2
1	SANTANDER	183.955						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones SANTANDER							2	1	1	2	2	2
1	DONOSTIA-SA	182.930						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones DONOSTIA-SA							1	1	1	1	1	3
1	ALMERIA	181.702	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALMERIA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	LEGANES	181.248							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones LEGANES								1	1	1	1	1
1	BURGOS	172.421	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones BURGOS		3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3
1	CASTELLON DE LA PLANA	167.455	0.0	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones CASTELLON DE LA PLANA		1	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3
1	ALCORCON	162.524	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALCORCON		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	SALAMANCA	160.331	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones SALAMANCA		1	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4
1	ALBACETE	159.518						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALBACETE							1	1	1	1	1	1
1	GETAFE	157.397							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones GETAFE								1	1	1	1	1
1	HUELVA	145.150	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones HUELVA		1	2		2	2	1	2	2	1	2	2
1	LOGROÑO	144.935								0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones LOGROÑO									1	1	1	1
1	BADAJOS	143.019								0.0		0.0	0.0
	Nº estaciones BADAJOZ									1		1	1
1	LEON	136.414	7.5	2.0	1.5	1.0	2.5	0.0	2.0	0.0	0.0	0.3	0.0
	Nº estaciones LEON		2	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3
1	CADIZ	131.813											
	Nº estaciones CADIZ												
1	TARRAGONA	128.152	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
	Nº estaciones TARRAGONA		4	2	4	4	3	4	4	4	3	4	3
1	LLEIDA	124.709					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones LLEIDA						1	1	1	1	1	1	1
1	MARBELLA	124.333										0.0	0.0
	Nº estaciones MARBELLA											1	1
1	SANTA COLOMA	118.129							0.0		0.0		0.0
	Nº estaciones SANTA COLOMA								1		1		1
1	MATARO	116.698	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
	Nº estaciones MATARO		2	2	2	2	2	1	1				
1	JAEN	116.540										0.0	0.0
	Nº estaciones JAEN											1	1
1	DOS HERMANA	112.273										0.0	0.0
	Nº estaciones DOS HERMANA											1	1
1	ALGECIRAS	111.283	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALGECIRAS		1	1	1	1	1	1	1		1	2	2
1	TORREJON DE	109.483			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones TORREJON DE ARDOZ				1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	OURENSE	108.358		0.0		0.0	0.0	0.0					
	Nº estaciones OURENSE			1		1	1	1					
1	ALCOBENDAS	103.149						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALCOBENDAS							1	1	1	1	1	1

• Fuente: Base de datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente, 2007

INDICADOR PARTÍCULAS (PM₁₀).**ANUAL DE PROTECCION DE LA SALUD (Ciudades de más de 100.000 habitantes).**

Valor límite para la media anual: 40 µg/m³ (entrada en vigor 1 de enero de 2005).

Sólo han intervenido las estaciones que las CCAA han utilizado para la evaluación de la calidad del aire (2001-2005).

Se han considerado estaciones con número de datos mayor del 50%.

Dato en blanco: o bien no hay estaciones o si hay, ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos.

Datos sin descontar intrusiones naturales (Sahara).

Clase 1: población entre 100.000-250.000.

Clase 2: población entre 250.000-500.000.

Clase 3: población > 500.000.

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
3	MADRID	3.155.359	37.1	33.0	31.6	31.1	37.8	38.0	35.7	33.8	35.1	33.3	34.9
	Nº estaciones MADRID		7	8	7	7	9	10	10	10	10	10	10
3	BARCELONA	1.593.075						59.1	45.5	47.2	46.4	34.2	35.7
	Nº estaciones BARCELONA							1	3	3	3	1	2
3	VALENCIA	796.549									36.9	34.6	30.8
	Nº estaciones VALENCIA										1	1	1
3	SEVILLA	704.154	55.0	39.4	39.0	52.5	43.2	42.0	42.5	42.2	38.7	41.0	31.4
	Nº estaciones SEVILLA		1	3	2	4	4	4	4	4	4	5	2
3	ZARAGOZA	647.373	27.2	24.3	32.8	27.8	25.4	33.2	32.8	27.2	29.5	27.1	38.5
	Nº estaciones ZARAGOZA		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	MALAGA	558.287				46.3	34.4	27.5	22.5	25.1	21.1	27.0	32.7
	Nº estaciones MALAGA					1	1	1	1	1	1	2	2
2	MURCIA	409.810								22.1	18.5	13.3	25.2
	Nº estaciones MURCIA									1	1	1	1
2	PALMAS DE GRAN CANARIA	378.628						45.6	29.8	40.3	35.0	33.4	28.4
	Nº estaciones PALMAS DE GRAN CANARIA							2	2	2	2	2	2
2	PALMA DE MALLORCA	375.773								19.8	20.1	27.2	24.6
	Nº estaciones PALMA DE MALLORCA									1	1	2	2
2	BILBAO	353.173							54.1		37.2	32.3	33.0
	Nº estaciones BILBAO								1		1	1	1
2	CORDOBA	321.164				66.1	57.1	61.7	56.7	56.4	62.0	62.5	40.9
	Nº estaciones CORDOBA					1	1	1	1	1	1	1	2
2	VALLADOLID	321.001					43.2	37.7	35.4	30.4	29.6	34.1	33.6
	Nº estaciones VALLADOLID						3	3	5	8	8	7	8
2	ALICANTE	319.380									34.1		37.7
	Nº estaciones ALICANTE										1		1
2	VIGO	293.725											24.3
	Nº estaciones VIGO												1
2	GIJON	273.931				57.0	59.9	68.2	56.6	51.3	48.4	38.8	38.7
	Nº estaciones GIJON					1	1	1	1	1	1	1	1
2	HOSPITALET	252.884							32.7	33.0			
	Nº estaciones HOSPITALET								1	1			
1	CORUÑA (A)/ARTEIXO	243.349											13.8
	Nº estaciones CORUÑA (A)/ARTEIXO												1
1	GRANADA	236.982	56.1	43.8	49.8	37.4	35.5	47.3	44.9	37.6	31.2	34.8	40.0
	Nº estaciones GRANADA		1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
1	VITORIA-GASTEIZ	226.490							27.2	23.5	25.1	24.0	21.8
	Nº estaciones VITORIA-GASTEIZ								2	2	2	3	3
1	SANTA CRUZ DE TENERIFE	221.567						42.8	37.1	42.0	40.7	45.3	48.4
	Nº estaciones SANTA CRUZ DE TENERIFE							2	2	2	2	2	2
1	ELCHE	215.137									32.9	31.1	30.2
	Nº estaciones ELCHE										1	1	1
1	OVIEDO	212.174									55.9	44.1	29.6
	Nº estaciones OVIEDO										1	1	1
1	MOSTOLES	204.463						35.3	23.8	28.6	32.4	36.1	33.9
	Nº estaciones MOSTOLES							1	1	1	1	1	1
1	CARTAGENA	203.945			31.1	33.2	10.8	14.2	13.4	6.3	6.3		39.9
	Nº estaciones CARTAGENA				1	1	1	1	1	1	1		6

ANEXO I. DATOS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1995-2005)

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	ALCALA DE HENARES	197.804						30.7	20.2	32.4	43.4	48.2	45.5
	Nº estaciones ALCALA DE HENARES							1	1	1	1	1	1
1	SABADELL	196.971											
	Nº estaciones SABADELL												
1	JEREZ DE LA	196.275											36.9
	Nº estaciones JEREZ DE LA FRONTERA												1
1	FUENLABRADA	195.131						32.5	15.7	27.2	33.4	34.7	35.0
	Nº estaciones FUENLABRADA							1	1	1	1	1	1
1	TERRASSA	194.947							44.3	44.1			
	Nº estaciones TERRASSA								1	1			
1	PAMPLONA/IR	193.328				27.9	31.0	31.1	28.5	29.9	29.9	25.2	23.2
	Nº estaciones PAMPLONA					1	1	1	1	1	1	1	3
1	SANTANDER	183.955					43.4	40.7	34.8	30.6	34.2	33.6	31.3
	Nº estaciones SANTANDER						2	2	2	2	2	2	2
1	DONOSTIA-SA	182.930							27.5	28.7	29.7	24.4	23.3
	Nº estaciones DONOSTIA-SA								1	1	1	3	3
1	ALMERIA	181.702	55.2	47.7	54.8	48.3	44.3	48.1	43.0	37.8	39.8	40.9	41.2
	Nº estaciones ALMERIA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	LEGANES	181.248						48.7	25.3	32.8	38.8	45.4	47.3
	Nº estaciones LEGANES							1	1	1	1	1	1
1	BURGOS	172.421					40.5	35.3	36.4	39.3	36.9	37.5	32.3
	Nº estaciones BURGOS						3	3	3	3	3	4	4
1	CASTELLON DE LA PLANA	167.455							27.8		49.9		
	Nº estaciones CASTELLON DE LA PLANA								1		1		
1	ALCORCON	162.524						25.1	16.1	22.7	37.5	41.9	44.8
	Nº estaciones ALCORCON							1	1	1	1	1	1
1	SALAMANCA	160.331					55.0	48.2	45.4	42.7	28.8	29.3	21.0
	Nº estaciones SALAMANCA						1	1	1	2	1	2	2
1	ALBACETE	159.518						44.6	43.7	47.9	51.7	51.9	47.9
	Nº estaciones ALBACETE							1	1	1	1	1	1
1	GETAFE	157.397						56.6	30.9	38.1	44.8	48.1	48.9
	Nº estaciones GETAFE							1	1	1	1	1	1
1	HUELVA	145.150	34.6	37.4	34.0	34.7	29.8	35.5	30.9	27.0	33.8	37.9	38.2
	Nº estaciones HUELVA		1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	LOGROÑO	144.935								32.7	34.1	32.9	34.5
	Nº estaciones LOGROÑO									1	1	1	1
1	BADAJOS	143.019								7.9	7.2	16.5	17.3
	Nº estaciones BADAJOZ									1	1	1	1
1	LEON	136.414					43.3	48.0	42.8	44.7	37.3	41.7	36.3
	Nº estaciones LEON						1	1	1	1	1	1	3
1	CADIZ	131.813											
	Nº estaciones CADIZ												
1	TARRAGONA	128.152											
	Nº estaciones TARRAGONA												
1	LLEIDA	124.709											
	Nº estaciones LLEIDA												
1	MARBELLA	124.333									38.4	32.8	32.1
	Nº estaciones MARBELLA										1	1	1
1	SANTA COLOMA	118.129											
	Nº estaciones SANTA COLOMA												
1	MATARO	116.698							29.9	44.5	36.4	35.5	33.3
	Nº estaciones MATARO								1	1	1	2	1
1	JAEN	116.540									46.8	43.6	45.9
	Nº estaciones JAEN										1	1	1
1	ALGECIRAS	111.283			41.3	47.2	59.7	49.4	32.0		42.2	38.2	38.3
	Nº estaciones ALGECIRAS				1	1	1	1	1		1	2	2
1	TORREJON DE	109.483							34.7	53.4	56.7	57.2	48.9
	Nº estaciones TORREJON DE ARDOZ								1	1	1	1	1
1	ALCOBENDAS	103.149						31.4	20.3	31.7	41.1	36.0	35.0
	Nº estaciones ALCOBENDAS							1	1	1	1	1	1

• Fuente: Base de datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente, 2007

INDICADOR PARTÍCULAS (PM₁₀).**DIARIO PROTECCION DE LA SALUD (Ciudades de más de 100.000 habitantes).**

Número de DIAS AL AÑO en que se superan 50 µg/m³ DE MEDIA DIARIA. (Valor límite no más de 35 días. En vigor 1 de enero de 2005).

Sólo han intervenido las estaciones que las CCAA han utilizado para la evaluación de la calidad del aire (2001-2005).

Se han considerado estaciones con número de datos mayor del 85%.

Dato en blanco: o bien no hay estaciones o si hay, ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos.

Datos sin descontar intrusiones naturales (Sahara).

Clase 1: población entre 100.000-250.000.

Clase 2: población entre 250.000-500.000.

Clase 3: población > 500.000.

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
3	MADRID	3.155.359	78.0	41.1	44.1		74.2	86.0	57.4	49.6	65.0	60.0	69.4
	Nº estaciones MADRID		7	7	7		9	10	7	9	10	9	10
3	BARCELONA	1.593.075						186	101	117	150		66.0
	Nº estaciones BARCELONA							1	3	2	1		1
3	VALENCIA	796.549											
	Nº estaciones VALENCIA												
3	SEVILLA	704.154	201	104	72.5	140	137	87.2	89.5	77.5	63.0	73.7	47.0
	Nº estaciones SEVILLA		1	2	2	3	3	4	4	4	4	3	2
3	ZARAGOZA	647.373	4.0	26.0	62.3	38.7	24.7	47.7	40.3	36.5	34.0	22.3	92.0
	Nº estaciones ZARAGOZA		1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
3	MALAGA	558.287				111			2.0	5.0	0.0	0.0	
	Nº estaciones MALAGA					1			1	1	1	1	
2	MURCIA	409.810									1.0	0.0	
	Nº estaciones MURCIA										1	1	
2	PALMAS DE GRAN CANARIA	378.628						64.0	23.0	52.5	47.0	34.0	21.0
	Nº estaciones PALMAS DE GRAN CANARIA							2	2	2	1	2	2
2	PALMA DE MALLORCA	375.773								0.0			6.5
	Nº estaciones PALMA DE MALLORCA									1			2
2	BILBAO	353.173											51.0
	Nº estaciones BILBAO												1
2	CORDOBA	321.164				227	206	234	187	210	224	219	
	Nº estaciones CORDOBA					1	1	1	1	1	1	1	
2	VALLADOLID	321.001					106	78.0	57.3	51.2	39.3	57.7	65.2
	Nº estaciones VALLADOLID						1	3	3	4	7	6	6
2	ALICANTE	319.380											
	Nº estaciones ALICANTE												
2	VIGO	293.725											
	Nº estaciones VIGO												
2	GIJON	273.931				200	253	297	207	148	124	73.0	63.0
	Nº estaciones GIJON					1	1	1	1	1	1	1	1
2	HOSPITALET	252.884							28.0	32.0			
	Nº estaciones HOSPITALET								1	1			
1	CORUÑA (A)/ARTEIXO	243.349											
	Nº estaciones CORUÑA (A)/ARTEIXO												
1	GRANADA	236.982	223	110	166	69.0	43.0	124	118	62.0	29.5	53.0	99.0
	Nº estaciones GRANADA		1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1
1	VITORIA-GASTEIZ	226.490								22.0	24.5	21.5	14.3
	Nº estaciones VITORIA-GASTEIZ									2	2	2	3
1	SANTA CRUZ DE TENERIFE	221.567						57.0	44.0	54.0	57.0	65.5	77.5
	Nº estaciones SANTA CRUZ DE TENERIFE							2	2	2	2	2	2
1	ELCHE	215.137											
	Nº estaciones ELCHE												
1	OVIEDO	212.174									164	107	30.0
	Nº estaciones OVIEDO										1	1	1
1	MOSTOLES	204.463							22.0	32.0	49.0	66.0	56.0
	Nº estaciones MOSTOLES								1	1	1	1	1
1	CARTAGENA	203.945				34.0	1.0	0.0	0.0	0.0			63.0
	Nº estaciones CARTAGENA					1	1	1	1	1			5

ANEXO I. DATOS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1995-2005)

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	ALCALA DE HENARES	197.804							12.0	42.0	108	143	130
	Nº estaciones ALCALA DE HENARES								1	1	1	1	1
1	SABADELL	196.971											
	Nº estaciones SABADELL												
1	JEREZ DE LA	196.275											56.0
	Nº estaciones JEREZ DE LA FRONTERA												1
1	FUENLABRADA	195.131							5.0	22.0	60.0	66.0	67.0
	Nº estaciones FUENLABRADA								1	1	1	1	1
1	TERRASSA	194.947								98.0			
	Nº estaciones TERRASSA									1			
1	PAMPLONA/IR	193.328					46.0				24.0		8.0
	Nº estaciones PAMPLONA						1				1		1
1	SANTANDER	183.955						91.5	61.0	33.0	55.5	38.0	28.0
	Nº estaciones SANTANDER							2	1	1	2	2	2
1	DONOSTIA-SA	182.930							13.0	20.0	22.0	38.0	15.5
	Nº estaciones DONOSTIA-SA								1	1	1	1	2
1	ALMERIA	181.702	167	135	199	138	105	136	95.0	50.0	82.0	77.0	75.0
	Nº estaciones ALMERIA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	LEGANES	181.248							35.0	55.0	80.0	116	136
	Nº estaciones LEGANES								1	1	1	1	1
1	BURGOS	172.421					43.0	42.3	35.3	50.3	54.7	64.8	44.8
	Nº estaciones BURGOS						2	3	3	3	3	4	4
1	CASTELLON DE LA PLANA	167.455									151		
	Nº estaciones CASTELLON DE LA PLANA										1		
1	ALCORCON	162.524						18.0	9.0	13.0	83.0	90.0	124
	Nº estaciones ALCORCON							1	1	1	1	1	1
1	SALAMANCA	160.331					177	135	83.0	177	24.0	28.5	5.0
	Nº estaciones SALAMANCA						1	1	1	1	1	2	2
1	ALBACETE	159.518						117	108	136	166	156	134
	Nº estaciones ALBACETE							1	1	1	1	1	1
1	GETAFE	157.397							62.0	88.0	124	135	142
	Nº estaciones GETAFE								1	1	1	1	1
1	HUELVA	145.150	60.0	66.0		53.5	24.0	61.0	24.0	13.5	9.0	76.5	73.0
	Nº estaciones HUELVA		1	1		2	2	2	2	2	1	2	2
1	LOGROÑO	144.935								33.0	39.0	39.0	43.0
	Nº estaciones LOGROÑO									1	1	1	1
1	BADAJOS	143.019								0.0	0.0	2.0	7.0
	Nº estaciones BADAJOS									1	1	1	1
1	LEON	136.414					95.0	137	85.0	93.0	70.0	75.0	51.7
	Nº estaciones LEON						1	1	1	1	1	1	3
1	CADIZ	131.813											
	Nº estaciones CADIZ												
1	TARRAGONA	128.152											
	Nº estaciones TARRAGONA												
1	LLEIDA	124.709											
	Nº estaciones LLEIDA												
1	MARBELLA	124.333										45.0	40.0
	Nº estaciones MARBELLA											1	1
1	SANTA COLOMA	118.129											
	Nº estaciones SANTA COLOMA												
1	MATARO	116.698											
	Nº estaciones MATARO												
1	JAEN	116.540										120	125
	Nº estaciones JAEN											1	1
1	ALGECIRAS	111.283						139	20.0		95.0	62.0	43.0
	Nº estaciones ALGECIRAS							1	1		1	2	1
1	TORREJON DE	109.483							51.0	177	195	194	140
	Nº estaciones TORREJON DE ARDOZ								1	1	1	1	1
1	ALCOBENDAS	103.149						43.0	24.0	44.0	101	77.0	66.0
	Nº estaciones ALCOBENDAS							1	1	1	1	1	1

• Fuente: Base de datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente, 2007

INDICADOR DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂).
ANUAL DE PROTECCION DE LA SALUD (Ciudades de más de 100.000 habitantes).

Valor límite para la media anual: 40 µg/m³ (entrada en vigor 1 de enero de 2010).

Sólo han intervenido las estaciones que las CCAA han utilizado para la evaluación de la calidad del aire (2001-2005).

Se han considerado estaciones con número de datos mayor del 50%.

Dato en blanco: o bien no hay estaciones o si hay, ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos.

Clase 1: población entre 100.000-250.000.

Clase 2: población entre 250.000-500.000.

Clase 3: población > 500.000.

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
3	MADRID	3.155.359	60.1	62.8	66.5	65.1	66.1	62.6	58.7	56.9	54.9	58.5	58.6
	Nº estaciones MADRID		7	7	6	7	9	10	10	10	10	10	10
3	BARCELONA	1.593.075	48.7	50.4	48.9	57.1	67.2	57.4	49.2	53.6	54.3	50.9	58.2
	Nº estaciones BARCELONA		3	4	4	5	2	5	5	4	4	4	5
3	VALENCIA	796.549	71.1	98.8	78.5	68.5	75.7	68.1	68.7	59.2	51.4	50.9	58.2
	Nº estaciones VALENCIA		2	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
3	SEVILLA	704.154	86.5	42.4	42.4	41.9	42.6	43.7	39.4	36.7	31.9	32.8	36.7
	Nº estaciones SEVILLA		1	2	3	4	4	4	4	4	5	5	4
3	ZARAGOZA	647.373	32.0	35.7	54.9	57.2	49.9	53.4	61.7	49.0	40.1	42.9	41.0
	Nº estaciones ZARAGOZA		3	3	3	2	1	3	3	3	3	3	3
3	MALAGA	558.287				42.4	43.6	42.5	40.9	45.1	40.9	32.0	22.0
	Nº estaciones MALAGA					1	1	1	1	1	1	2	1
2	MURCIA	409.810								48.7			21.9
	Nº estaciones MURCIA									1			1
2	PALMAS DE GRAN CANARIA	378.628			26.1	33.3	30.5	28.0	33.9	34.8	40.5	34.9	19.7
	Nº estaciones PALMAS DE GRAN CANARIA				1	1	1	3	3	3	3	3	3
2	PALMA DE MALLORCA	375.773								33.6	31.8	26.4	27.2
	Nº estaciones PALMA DE MALLORCA									2	2	2	2
2	BILBAO	353.173	46.1	56.4	50.3	48.3	44.7	35.0	40.3	46.1	35.6	30.9	36.5
	Nº estaciones BILBAO		2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2
2	CORDOBA	321.164				37.9	36.0	36.1	36.3	37.4	37.0	35.7	40.8
	Nº estaciones CORDOBA					1	1	1	1	1	1	1	1
2	VALLADOLID	321.001	26.2	32.4	45.3	27.5	29.7	26.3	26.5	30.0	27.9	24.5	26.1
	Nº estaciones VALLADOLID		6	6	3	6	6	6	8	11	12	12	12
2	ALICANTE/	319.380	56.0	47.1	69.3	58.2	55.0	34.9	41.4	48.0	28.4	33.8	39.7
	Nº estaciones ALICANTE		1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
2	VIGO	293.725		27.4	19.9	20.4	14.3	8.5	3.6	9.7	5.9		17.9
	Nº estaciones VIGO			2	1	2	2	2	1	1	1		1
2	GIJON	273.931	37.6	44.2	24.5	23.0	52.4	45.1	39.0	43.3	44.5	42.8	36.1
	Nº estaciones GIJON		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	HOSPITALET	252.884	53.2	47.9	51.3	44.1	49.1	47.3	48.3	39.1	43.0	34.4	35.8
	Nº estaciones HOSPITALET		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	CORUÑA (A)/ARTEIXO	243.349		54.7	39.1	40.5	28.6	16.4					29.2
	Nº estaciones CORUÑA (A)/ARTEIXO			1	1	1	1	1					2
1	GRANADA	236.982	60.0		66.9	69.8	61.9	53.7	51.9	53.0	49.1	51.5	37.0
	Nº estaciones GRANADA		1		1	1	1	2	2	2	2	2	2
1	VITORIA-GASTEIZ	226.490				39.4	39.8	37.7	37.0	35.4	33.9	30.4	34.3
	Nº estaciones VITORIA-GASTEIZ					2	2	2	2	2	2	4	4
1	SANTA CRUZ DE TENERIFE	221.567	33.3		26.4	24.7	25.5	30.6	33.1	37.0	28.9	21.0	22.7
	Nº estaciones SANTA CRUZ DE TENERIFE		1		2	2	2	2	2	2	2	3	3
1	BADALONA	218.553	50.2	47.0	45.1		62.8	50.0	56.6	44.6	42.6	50.7	53.4
	Nº estaciones BADALONA		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
1	ELCHE	215.137			21.3	17.5	14.7	18.2	13.2	26.6	21.1	23.6	26.7
	Nº estaciones ELCHE				1	1	1	1	1	1	2	2	2
1	OVIEDO	212.174						12.5	21.1	24.0	25.9	18.4	23.8
	Nº estaciones OVIEDO							1	1	1	1	1	1
1	MOSTOLES	204.463						32.1	33.5	25.2	28.7	31.0	29.1
	Nº estaciones MOSTOLES							1	1	1	1	1	1
1	CARTAGENA	203.945	15.1	28.1	31.3	23.2	23.1	16.6	15.8	19.0	19.3	14.7	28.1
	Nº estaciones CARTAGENA		3	4	5	6	5	6	6	5	5	2	7

ANEXO I. DATOS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1995-2005)

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	ALCALA DE HENARES	197.804						28.0	37.4	36.8	32.0	36.5	35.7
	Nº estaciones ALCALA DE HENARES							1	1	1	1	1	1
1	SABADELL	196.971	61.2	52.6	59.0	56.2	53.7	49.5	47.3	50.4	42.9	43.5	43.6
	Nº estaciones SABADELL		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	JEREZ DE LA	196.275											18.3
	Nº estaciones JEREZ DE LA FRONTERA												1
1	FUENLABRADA	195.131							42.7	47.7	43.0	47.0	44.9
	Nº estaciones FUENLABRADA								1	1	1	1	1
1	TERRASSA	194.947	40.7	45.1	54.0	59.8	53.3	50.0	55.6				
	Nº estaciones TERRASSA		1	1	1	1	1	1	1				
1	PAMPLONA/IR	193.328			28.4	34.2	37.1	25.3	25.9	16.9	29.2	33.3	25.5
	Nº estaciones PAMPLONA				1	1	1	1	1	1	1	1	3
1	SANTANDER	183.955					48.4	40.9	36.0	24.1	30.9	32.2	26.2
	Nº estaciones SANTANDER						2	2	2	2	2	2	2
1	DONOSTIA-SA	182.930				32.3	31.5	39.8	43.2	38.2	37.4	29.9	33.3
	Nº estaciones DONOSTIA-SA					1	1	1	1	1	1	3	3
1	ALMERIA	181.702	38.8	42.4	42.7	39.6	44.1	43.6	43.3	46.7	43.5	44.2	37.5
	Nº estaciones ALMERIA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	LEGANES	181.248						39.2	35.1	40.3	39.9	51.4	47.9
	Nº estaciones LEGANES							1	1	1	1	1	1
1	BURGOS	172.421	46.1	48.7	53.7	50.7	44.6	38.6	36.5	42.3	37.5	30.3	30.5
	Nº estaciones BURGOS		3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
1	CASTELLON DE LA PLANA	167.455	19.9	20.1	29.7	21.8	21.8	21.8	26.6	32.3	35.7	28.8	30.3
	Nº estaciones CASTELLON DE LA PLANA		1	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
1	ALCORCON	162.524	57.8	75.4	58.8	87.9	53.0	55.8	57.9	43.9	60.1	61.1	67.1
	Nº estaciones ALCORCON		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	SALAMANCA	160.331	46.8	47.2	51.7	48.5	45.3	42.2	41.8	41.5	38.6	38.7	35.8
	Nº estaciones SALAMANCA		2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4
1	ALBACETE	159.518						15.8	12.6	14.5	17.2	20.0	14.9
	Nº estaciones ALBACETE							1	1	1	1	1	1
1	GETAFE	157.397						51.0	48.1	50.4	50.2	56.7	58.3
	Nº estaciones GETAFE							1	1	1	1	1	1
1	HUELVA	145.150	28.6	26.0	22.0	17.3	22.0	24.8	20.8	19.8	18.1	17.8	15.4
	Nº estaciones HUELVA		1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
1	LOGROÑO	144.935								25.1	26.1	21.5	16.6
	Nº estaciones LOGROÑO									1	1	1	1
1	BADAJOS	143.019								15.3	10.1	8.6	14.9
	Nº estaciones BADAJOS									1	1	1	1
1	LEON	136.414	61.7	55.5	59.7	52.2	61.2	63.0	42.6	43.0	38.5	30.0	37.8
	Nº estaciones LEON		2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
1	CADIZ	131.813											
	Nº estaciones CADIZ												
1	TARRAGONA	128.152	36.3	33.8	30.9	30.8	29.4	24.7	26.8	24.9	23.8	25.0	27.8
	Nº estaciones TARRAGONA		4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
1	LLEIDA	124.709	39.4	37.5	34.3	29.7	25.6	18.3	13.7	29.5	33.4	24.6	25.8
	Nº estaciones LLEIDA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	MARBELLA	124.333										17.7	16.1
	Nº estaciones MARBELLA											1	1
1	SANTA COLOMA	118.129			45.3	45.2	46.7	31.6	53.5	47.3	51.6	47.9	47.2
	Nº estaciones SANTA COLOMA				1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	MATARO	116.698	37.0	38.5	38.7	36.4	32.5	33.9	33.2				
	Nº estaciones MATARO		1	1	1	1	1	1	1				
1	JAEN	116.540									26.6	31.4	30.7
	Nº estaciones JAEN										1	1	1
1	DOS HERMANA	112.273									20.0	23.2	26.7
	Nº estaciones DOS HERMANA										1	1	1
1	ALGECIRAS	111.283	35.9	40.1	44.3	46.7	46.0	45.0	37.0	35.9	26.1	26.2	31.9
	Nº estaciones ALGECIRAS		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
1	TORREJON DE	109.483	54.9	50.0	39.5	72.7	88.3	52.8	37.3	30.9	46.3	38.7	27.5
	Nº estaciones TORREJON DE ARDOZ		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	OURENSE	108.358		13.4	40.6	25.7	13.3	11.5					
	Nº estaciones OURENSE			1	1	1	1	1					
1	ALCOBENDAS	103.149						35.6	31.3	27.4	46.8	37.3	48.5
	Nº estaciones ALCOBENDAS							1	1	1	1	1	1

• Fuente: Base de datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente, 2007

INDICADOR DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂).
HORARIO PROTECCION DE LA SALUD (Ciudades de más de 100.000 habitantes).

Número de HORAS AL AÑO en que se superan 200 µg/m³ (Valor límite no mas de 18 HORAS. En vigor 1 de enero de 2010). Sólo han intervenido las estaciones que las CCAA han utilizado para la evaluación de la calidad del aire (2001-2005).

Se han considerado estaciones con número de datos mayor del 85%.

Dato en blanco: o bien no hay estaciones o si hay, ninguna ha alcanzado el número suficiente de datos.

Clase 1: población entre 100.000-250.000.

Clase 2: población entre 250.000-500.000.

Clase 3: población > 500.000.

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
3	MADRID	3.155.359	24.1	12.0	40.2	51.2	29.4	31.0	31.6	8.8	14.2	25.2	37.5
	Nº estaciones MADRID		7	6	6	6	9	10	8	9	10	10	10
3	BARCELONA	1.593.075		2.0	5.0		12.0	6.5	0.0	3.7	4.0		8.8
	Nº estaciones BARCELONA			1	1		1	2	3	3	4		4
3	VALENCIA	796.549	37.5	57.5	142	43.0	313	54.5	67.0	41.8	1.2	1.0	5.0
	Nº estaciones VALENCIA		2	2	4	4	3	4	3	4	4	1	1
3	SEVILLA	704.154	360	15.0	3.5	7.5	2.0	23.0	11.2	7.0	1.6	1.8	4.0
	Nº estaciones SEVILLA		1	1	2	2	2	4	4	2	5	4	4
3	ZARAGOZA	647.373	0.0	1.0	0.5	0.0		0.0	24.7	1.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ZARAGOZA		3	3	2	1		3	3	1	3	3	3
3	MALAGA	558.287				0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones MALAGA					1			1	1	1	1	1
2	MURCIA	409.810											
	Nº estaciones MURCIA												
2	PALMAS DE GRAN CANARIA	378.628				0.0	1.0	0.0	0.0	0.3	1.3	0.7	0.0
	Nº estaciones PALMAS DE GRAN CANARIA					1	1	3	2	3	3	3	1
2	PALMA DE MALLORCA	375.773								3.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones PALMA DE MALLORCA									2	1	1	2
2	BILBAO	353.173	0.0	4.0	1.0	0.0	2.3	0.0	1.7	0.3	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones BILBAO		2	2	2	2	3	2	3	3	2	1	2
2	CORDOBA	321.164				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones CORDOBA					1	1	1	1	1	1	1	1
2	VALLADOLID	321.001	1.2	36.4	99.3	9.8	1.2	0.5	5.4	0.2	0.5	0.8	0.8
	Nº estaciones VALLADOLID		4	5	3	5	5	6	5	5	10	12	8
2	ALICANTE	319.380	67.0	0.0	36.0	68.0	44.0	1.0	0.0	0.0	3.0	0.5	
	Nº estaciones ALICANTE		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
2	VIGO	293.725				0.0	0.0	0.0			0.0		
	Nº estaciones VIGO					1	1	1			1		
2	GIJON	273.931	8.0	1.0	0.0	2.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones GIJON		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
2	HOSPITALET	252.884					1.0		15.0		2.0	5.0	
	Nº estaciones HOSPITALET						1		1		1	1	
1	CORUÑA (A)/ARTEIXO	243.349		4.0	58.0	21.0		0.0					3.0
	Nº estaciones CORUÑA (A)/ARTEIXO			1	1	1		1					1
1	GRANADA	236.982	10.0		3.0	20.0	15.0	3.0	2.5	2.5	0.5	2.0	0.0
	Nº estaciones GRANADA		1		1	1	1	1	2	2	2	1	1
1	VITORIA-GASTEIZ	226.490					0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones VITORIA-GASTEIZ						2	2	2	2	2	2	4
1	SANTA CRUZ DE TENERIFE	221.567	71.0		0.0	2.0	0.0	1.0	1.0	4.5	4.5	0.0	1.5
	Nº estaciones SANTA CRUZ DE TENERIFE		1		1	2	2	2	2	2	2	2	2
1	BADALONA	218.553								0.0	0.0	1.0	
	Nº estaciones BADALONA									1	1	1	
1	ELCHE	215.137			4.0	0.0	0.0				0.0	0.0	
	Nº estaciones ELCHE				1	1	1				2	2	
1	OVIEDO	212.174							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones OVIEDO								1	1	1	1	1
1	MOSTOLES	204.463							0.0	0.0	9.0	11.0	1.0
	Nº estaciones MOSTOLES								1	1	1	1	1
1	CARTAGENA	203.945	0.0	58.0	210	13.8	75.2	84.0	0.0	0.8	0.5	0.0	0.0
	Nº estaciones CARTAGENA		3	4	3	5	5	4	6	5	4	1	4

ANEXO I. DATOS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1995-2005)

Clase	Municipios	Pobl. 2005	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	ALCALA DE HENARES	197.804							0.0	13.0	0.0	28.0	22.0
	Nº estaciones ALCALA DE HENARES								1	1	1	1	1
1	SABADELL	196.971	21.0	10.0	13.0	8.0	5.0	6.0		1.0	0.0		0.0
	Nº estaciones SABADELL		1	1	1	1	1	1		1	1		1
1	JEREZ DE LA	196.275											0.0
	Nº estaciones JEREZ DE LA FRONTERA												1
1	FUENLABRADA	195.131							0.0	3.0	1.0	10.0	7.0
	Nº estaciones FUENLABRADA								1	1	1	1	1
1	TERRASSA	194.947	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0				
	Nº estaciones TERRASSA		1	1	1	1	1	1	1				
1	PAMPLONA/IR	193.328				0.0	0.0						0.0
	Nº estaciones PAMPLONA					1	1						1
1	SANTANDER	183.955					10.5	1.0	16.0	0.0	0.5	0.5	0.0
	Nº estaciones SANTANDER						2	2	1	1	2	2	2
1	DONOSTIA-SA	182.930						0.0	2.0	0.0	2.0	0.0	0.0
	Nº estaciones DONOSTIA-SA							1	1	1	1	1	3
1	ALMERIA	181.702			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALMERIA				1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	LEGANES	181.248							0.0	0.0	12.0	29.0	17.0
	Nº estaciones LEGANES								1	1	1	1	1
1	BURGOS	172.421	3.7	1.0	4.0	6.0	2.0	0.3	0.3	0.7	3.3	0.2	0.5
	Nº estaciones BURGOS		3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
1	CASTELLON DE LA PLANA	167.455	0.0	1.0	0.0	1.7	0.0	0.7	0.0	1.0	0.3	0.3	0.0
	Nº estaciones CASTELLON DE LA PLANA		1	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
1	ALCORCON	162.524			193	332	11.0	7.0	21.0	3.0	25.0	24.0	48.0
	Nº estaciones ALCORCON				1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	SALAMANCA	160.331	0.0	4.5	16.7	36.0	13.0	7.3	14.3	23.3	10.5	3.5	0.2
	Nº estaciones SALAMANCA		1	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4
1	ALBACETE	159.518						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALBACETE							1	1	1	1	1	1
1	GETAFE	157.397						0.0	0.0	0.0	11.0	47.0	64.0
	Nº estaciones GETAFE							1	1	1	1	1	1
1	HUELVA	145.150	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones HUELVA		1	1		1	2	2	2	2	1	2	2
1	LOGROÑO	144.935								0.0	0.0	0.0	3.0
	Nº estaciones LOGROÑO									1	1	1	1
1	BADAJOS	143.019								0.0		0.0	0.0
	Nº estaciones BADAJOS									1		1	1
1	LEON	136.414	27.0	5.0	21.5	11.5	5.0	5.5	1.5	0.0	0.0	0.0	1.7
	Nº estaciones LEON		2	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3
1	CADIZ	131.813											
	Nº estaciones CADIZ												
1	TARRAGONA	128.152	7.7	2.3	5.5	6.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones TARRAGONA		3	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4
1	LLEIDA	124.709	12.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones LLEIDA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	MARBELLA	124.333										0.0	0.0
	Nº estaciones MARBELLA											1	1
1	SANTA COLOMA	118.129							2.0	0.0	2.0	0.0	
	Nº estaciones SANTA COLOMA								1	1	1	1	
1	MATARO	116.698	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0				
	Nº estaciones MATARO		1	1	1	1	1	1	1				
1	JAEN	116.540										0.0	0.0
	Nº estaciones JAEN											1	1
1	DOS HERMANA	112.273										0.0	0.0
	Nº estaciones DOS HERMANA											1	1
1	ALGECIRAS	111.283		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0
	Nº estaciones ALGECIRAS			1	1	1	1	1	1		1	1	1
1	TORREJON DE	109.483			13.0	90.0	24.0	10.0	3.0	18.0	13.0	31.0	0.0
	Nº estaciones TORREJON DE ARDOZ				1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	OURENSE	108.358				8.0	0.0	0.0					
	Nº estaciones OURENSE					1	1	1					
1	ALCOBENDAS	103.149						8.0	0.0	0.0	31.0	7.0	12.0
	Nº estaciones ALCOBENDAS							1	1	1	1	1	1

• Fuente: Base de datos de Calidad del Aire del Ministerio de Medio Ambiente, 2007

■ ANEXO II

Relación entre contaminación industrial y salud pública

El Atlas Municipal de mortalidad por Cáncer en España 1989-1998 muestra, por un lado cómo se distribuye el riesgo de padecer Cáncer a lo largo del territorio español, la reiteración y concentración de determinadas zonas, de alto riesgo, advierten sobre la existencia de factores de riesgo en estas zonas inexistentes en otras, que se encuentran asociados con factores ambientales, en concreto a las fuentes de emisión de determinados contaminantes procedentes de la industria. Y además permite ver que existen diferencias en el patrón geográfico entre hombres y mujeres, lo que sugiere que esta distribución espacial se debe a factores de riesgo con distribución distinta para ambos sexos, y que están asociados a estilos de vida, pautas de consumo –drogas, alcohol, tabaco- actividades laborales -exposición a sustancias químicas, incorporación tardía de la mujer al mercado laboral, etc.-.

El registro EPER - España contiene información sobre 1437 industrias que superan los umbrales de notificación en uno o varios de los contaminantes incluidos en la Decisión 2000/479/CE de la UE, referente 2001. En donde se registran tres tipos de emisiones:

- 1 Contaminación emitida al aire.
- 2 Contaminación emitida a las aguas de manera directa.
- 3 Contaminación emitida a las aguas de manera indirecta (depuradoras).

La Decisión establece que cuando los contaminantes estimados (un total de 50) superen los umbrales establecidos deberán notificarlo. La Comisión recibirá datos cada tres años de los contaminantes seleccionados y sus fuentes de emisión por parte de los estados miembros, datos que habrán de hacerse públicos. La información disponible permite identificar los diferentes tipos de actividades industriales, los tipos de emisión y la cantidad anual emitida.

Las actividades industriales clasificadas en el EPER pertenecen a seis categorías:

- 1 Instalaciones de Combustión
- 2 Producción y Transformación de metales
- 3 Industrias Minerales
- 4 Industria Química e instalaciones químicas
- 5 Gestión de Residuos
- 6 Otras actividades (papeleras, tinte de textiles, fabricación de cuero, mataderos, cría intensiva de aves y cerdos, instalaciones que utilizan disolventes orgánicos, fabricación de carbón y grafito).

Las sustancias contaminantes del EPER se han clasificado en los siguientes grupos:

- 1 **Contaminantes por "temas ambientales"**: metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrofluorocarburos, óxido de nitrógeno, amoníaco, compuestos orgánicos volátiles (salvo metano), dióxido de nitrógeno, perfluorocarburos, hexafluoruro de azufre, dióxido de azufre, nitrógeno, fósforo.
- 2 **Metales Pesados**: arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo, zinc.
- 3 **Sustancias Organocloradas**.
- 4 **Otros compuestos organoestánicos**, hidrocarburos aromáticos, policíclicos, fenoles, carbono orgánico total.
- 5 **Otros Compuestos**: cloruros, cloro y compuestos orgánicos, cianuros, fluoruros, fluor y compuestos inorgánicos, cianuro de hidrógeno, PM₁₀.

■ **Tabla 1. Complejos Industriales que emiten sustancias contaminantes y distribución Geográfica.**

	Al aire	Al agua de manera directa	Al agua de manera indirecta
Ubicación	- Aragón, 425 (34%) - Andalucía, 208 (17%) - Cataluña, 190 (15%)	Cataluña, 26 (20%) País Vasco, 23 (18%) Andalucía, 22 (17%)	Cataluña, 50 (31%) País Vasco, 31 (19%) Andalucía, 18 (11%)
Actividades Industriales	Gestión de abonos orgánicos, Cría de Aves y ganado porcino → 723 industrias	Fabricación de papel, pasta de papel y productos papeleros, 25 industrias.	Fabricación Alimentos y bebidas → 33 industrias.
	Fabricación de yeso, asfalto, hormigón, cemento, vidrio, fibras, ladrillos azulejos o proa. cerámicos → 136 industrias	Fabricación de productos químicos orgánicos, 19 industrias.	Tratamiento de metales y plásticos → 29 industrias.
	Fermentación entérica, cría de aves y ganado porcino → 75 industrias	Fabricación Productos químicos inorgánicos de base o fertilizantes → 14 industrias	Fabricación Productos Químicos orgánicos → 24 industrias

• Fuente: *Elaboración propia a partir del Atlas Municipal de Mortalidad por Cáncer en España 1989-1998.*

La contaminación industrial al aire, recogidos por el EPER y referidos al año 2001, es más intensa para el grupo de sustancias incluido en el grupo de "temas ambientales" en Andalucía, Aragón, Principado de Asturias, Castilla-La Mancha y Cataluña.

La tabla 2 muestra la gran concentración geográfica de los distintos tipos de contaminantes clasificados por grupos y hacia dónde se dirigen las emisiones (al aire, al agua de manera directa o indirecta -a través de depuradoras-).

■ **Tabla 2. Tipos de contaminantes clasificados por grupos y distribución Geográfica.**

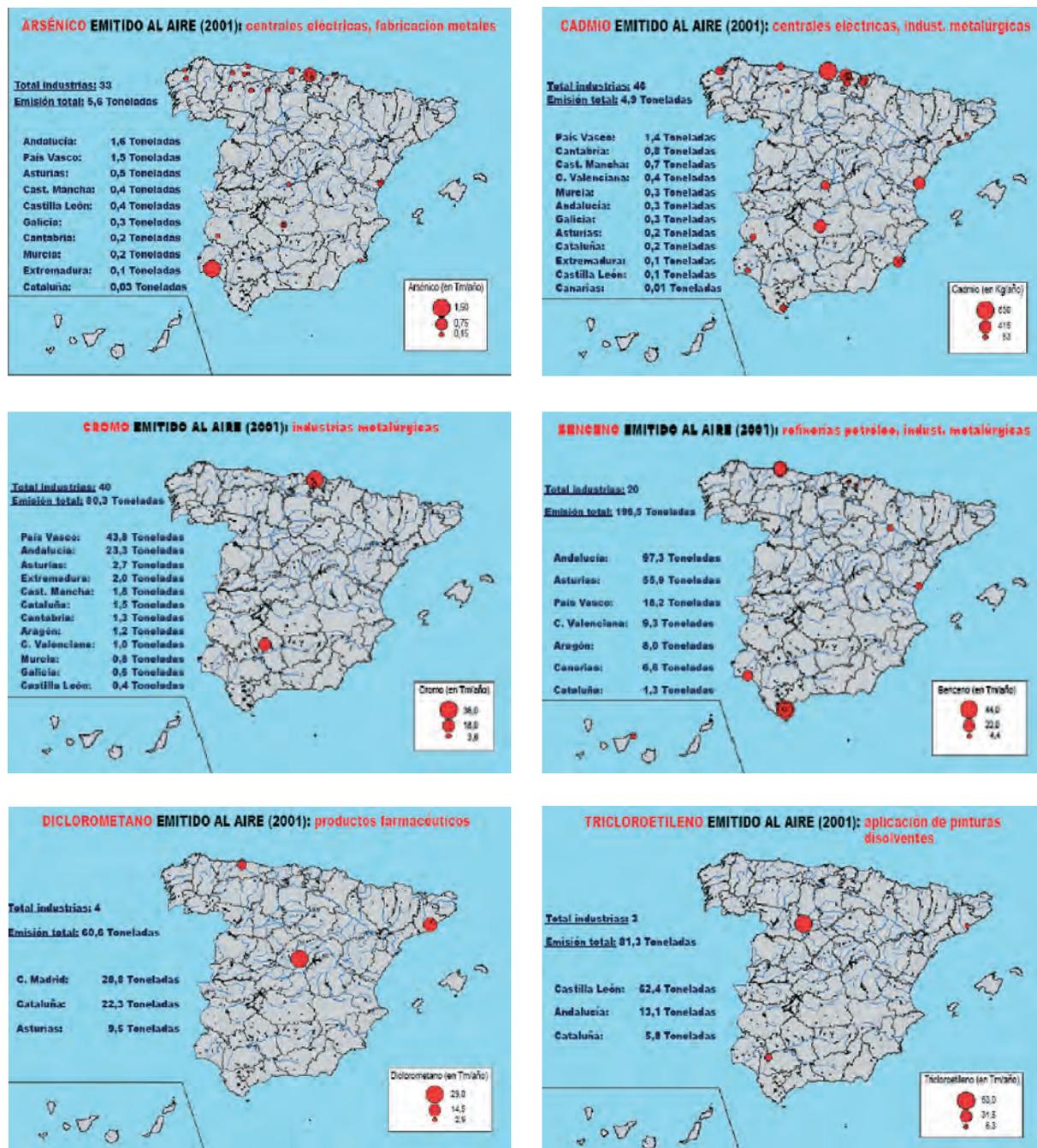
Comunidad	Sustancias incluidas en el grupo de temas medioambientales			Sustancias incluidas en el Grupo de Metales Pesados			Sustancias Organocloradas			Otros componentes orgánicos			Otras sustancias		
	Aire	Agua I	Agua II	Aire	Agua I	Agua II	Aire	Agua I	Agua II	Aire	Agua I	Agua II	Aire	Agua I	Agua II
Andalucía	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x		x
Aragón	x	x			x	x									
Asturias	x													x	
Castilla-La Mancha	x														
Castilla y León							x						x		
Cataluña	x			x	x		x	x	x			x			x
C. Madrid							x								
Extremadura							x								
Galicia	x					x									
P. Vasco				x	x	x	x		x		x	x	x	x	x
Cantabria					x	x		x							

• Fuente: *Elaboración propia a partir del Atlas Municipal de Mortalidad por Cáncer en España 1989-1998.*

La contaminación industrial se concentra en la Comunidad de Andalucía, Cataluña y País Vasco. Y en la que respecta a las emisiones al aire los grupos que más le afectan son las sustancias que afectan al medio ambiente, y las sustancias organocloradas. Definidos los contaminantes, las fuentes que los generan y donde se emiten, nos queda por ver el efecto que dichos contaminantes tienen en la salud.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer considera al benceno, arsénico, cadmio y cromo como contaminantes emitidos al aire carcinógenos, el tricloroetileno y el diclorometano son posibles carcinógenos. En cuanto a los contaminantes emitidos a las aguas de manera directa se han considerado carcinógenos el plomo y el níquel.

Figura 1. Distribución geográfica de los focos industriales según contaminantes específicos.



• Fuente: López-Abente G, Ramis R, Pollán M, Aragonés N, Pérez-Gómez B, Gómez-Barroso D, Carrasco JM, Lope V, García-Pérez J, Boldo E, García-Mendizábal MJ. Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España, 1989-1998. Atlas Municipal de Mortalidad por Cáncer en España 1989-1998, Área de Epidemiología Ambiental y Cáncer del Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III.

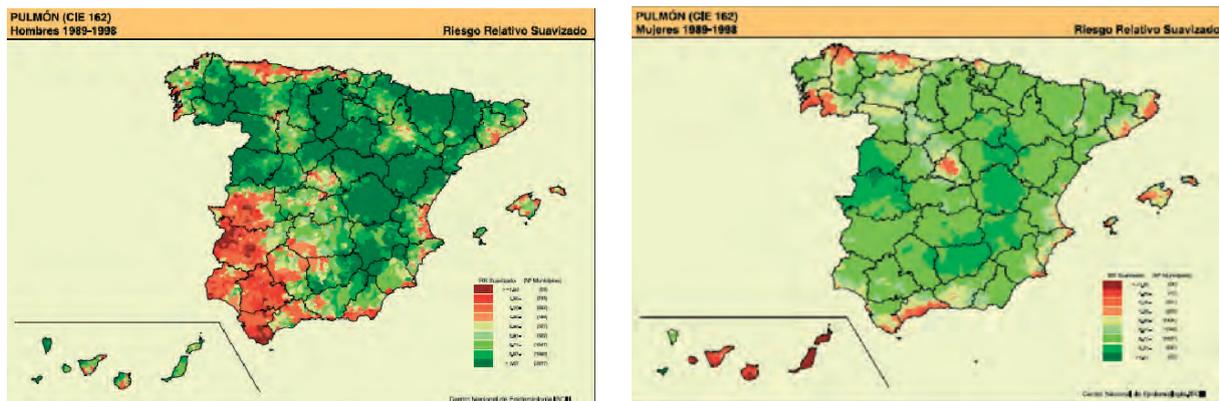
En este informe sólo nos referimos a los primeros, benceno, arsénico, cadmio, tricloroetileno y el didorometano, el siguiente paso es mostrar, que no demostrar, si las zonas

donde existen mayores riesgos de cáncer se corresponden con las mayores concentraciones de estos contaminantes. Para ello vamos a ver cómo se distribuyen geo-

gráficamente los riesgos de cáncer de pulmón (Figura 2), de pleura (Figura 3) y los casos de bronquitis, asma y enfisema (Figura 4), todos ellos relacionados con la contaminación atmosférica. Además, para el cáncer de pulmón se presentan los mapas de riesgo para hombres y mujeres (Figura 2), con el objeto de identificar riesgos asocia-

dos a factores de riesgo que nada tienen que ver con la contaminación del aire (como son las pautas de consumo, el estilo de vida, la exposición a sustancias peligrosas en el lugar de trabajo, que hacen que exista patrones geográficos asociados al riesgo de cáncer diferenciados para hombres y mujeres).

Figura 2. Distribución geográfica de los riesgos de cáncer de pulmón para hombres y mujeres.



• Fuente: López-Abente G, Ramis R, Pollán M, Aragonés N, Pérez-Gómez B, Gómez-Barroso D, Carrasco JM, Lope V, García-Pérez J, Boldo E, García-Mendizábal MJ. Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España, 1989-1998.

Algunas notas sobre el cáncer de pulmón

El cáncer de pulmón es el más importante en cuanto a mortalidad en el mundo occidental. Se trata de un tumor de alta letalidad, como lo evidencia la escasa diferencia entre el número de casos prevalentes e incidentes, menos del 15% de los pacientes logran sobrevivir 5 años tras el diagnóstico.

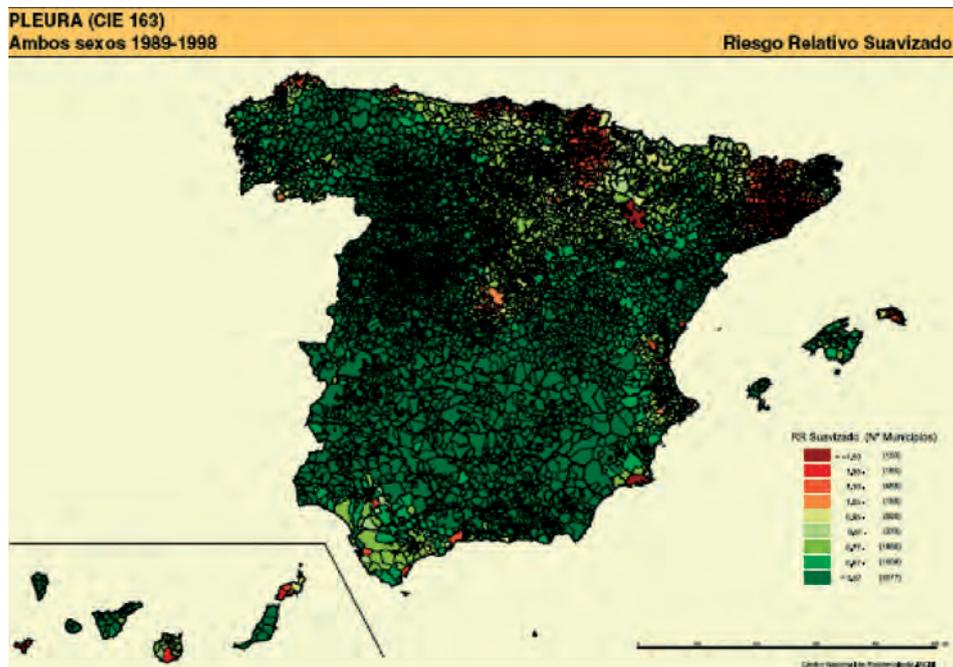
En España suponen unos 18.500 casos nuevos al año y ha sido el responsable de 16.628 muertes en el 2004. Como se pueden observar en los mapas existe una alta variabilidad geográfica y temporal que reflejan la distribución de los factores de riesgo, entre los que se destaca: el consumo de tabaco puede explicar entre el 80-90% de los cánceres de pulmón en hombres y entre el 55-80% de los casos en las mujeres, la exposición a sustancias peligrosas explicaría el 18% de los casos para los hombres y el 1% para las mujeres (Olsen, 1997). Otros factores de riesgo son las radiaciones ionizantes, la contaminación atmosférica y la menor ingesta de verduras y frutas frescas, reflejando el efecto de los agentes antioxidantes contenidos en estos alimentos (Blot, 1996).

La razón varón varón/mujer es de 4,5 en Europa y de 11 en España. Diferencia que se explica por el menor consumo de tabaco por parte de las mujeres españolas y por su tardía incorporación al mercado laboral. Aunque la tasa de cáncer de pulmón entre la población femenina es mucho menor que entre la masculina, hay que señalar

que cuesta mucho más estabilizarla, disminuir su incidencia y que está sujeta a una mayor variabilidad geográfica; el número de cáncer de pulmón entre la población femenina de Reino Unido y Dinamarca es cinco veces superior al número de casos registrados en España, sin embargo el aumento de consumo de tabaco entre las mujeres españolas puede disminuir esta diferencia. Dentro de nuestro país, la mortalidad muestra mayor heterogeneidad entre los hombres que entre las mujeres (Figura 2). Las tasas más altas entre la población masculina se concentra en el noroeste (Cádiz y Sevilla) y en algunas provincias del norte (Principado de Asturias y Vizcaya), mientras que llama la atención las altas tasas de mortalidad de mujeres en Gran Canarias.

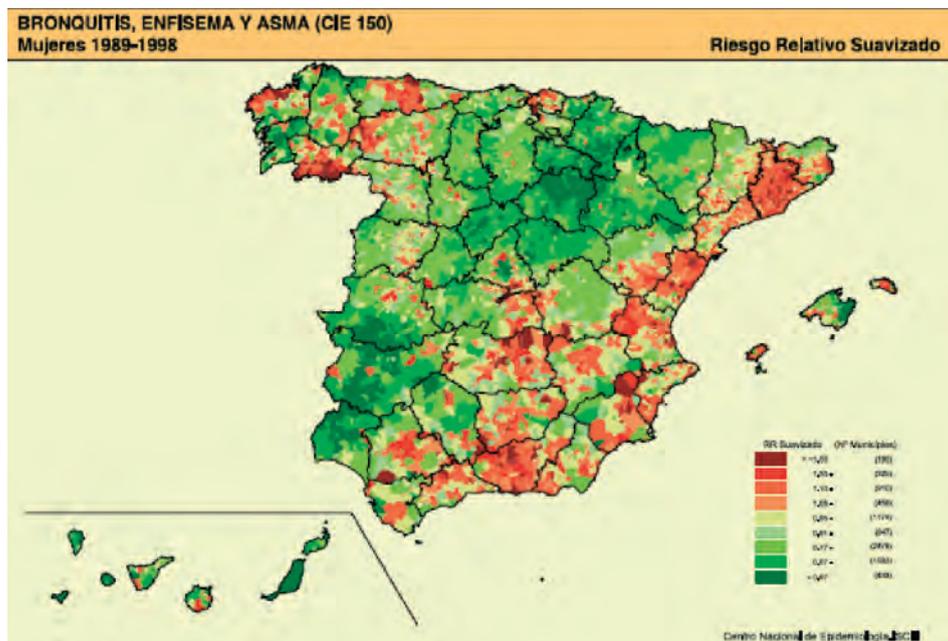
Un análisis pormenorizado de la evolución de la mortalidad por cáncer de pulmón en España muestra que el ritmo se ralentiza a partir de 1988 y en 1994 comienza a descender un 0,35% anual. En algunas CCAA, como Aragón, Castilla-León, Región de Murcia, Comunidad Foral de Navarra y La Rioja, el ascenso no se ha interrumpido, mientras que destaca el fuerte descenso del País Vasco (un 2% anual) a partir del 1995. En mujeres la mortalidad aumenta a un ritmo del 2,4% anual desde 1990, afectando principalmente a las mujeres de las CCAA de Aragón, Castilla-León, País Vasco y Comunidad Valenciana.

Figura 3. Distribución geográfica de los riesgos de cáncer de pleura.



• Fuente: López-Abente G, Ramis R, Pollán M, Aragonés N, Pérez-Gómez B, Gómez-Barroso D, Carrasco JM, Lope V, García-Pérez J, Boldo E, García-Mendizábal MJ. Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España, 1989-1998.

Figura 4. Distribución geográfica de los riesgos de cáncer de bronquitis, enfisema y asma.



• Fuente: López-Abente G, Ramis R, Pollán M, Aragonés N, Pérez-Gómez B, Gómez-Barroso D, Carrasco JM, Lope V, García-Pérez J, Boldo E, García-Mendizábal MJ. Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España, 1989-1998.

Algunas notas sobre el cáncer de pleura y bronquitis¹, enfisema² y asma³.

En el 2004 se produjeron 234 defunciones por esta causa en España (163 en hombres y 71 en mujeres), representando un 2,4% de los tumores malignos. España ocupa un lugar bajo en incidencia y mortalidad respecto a los países de nuestro entorno en hombres y entre mujeres sus tasas son de las menores de Europa.

Durante el periodo de estudio del Atlas se registraron 1647 defunciones en 601 municipios, todos ellos mayores de 3500 habitantes. El mapa suavizado apunta a aquellos municipios en los que se ha producido alguna forma de exposición al asbesto, que generalmente es de carácter laboral. Así en localidades donde han existido durante

muchos años astilleros u otro tipo de industria en la que se empleasen este elemento aparecen resaltados como son: El Ferrol, Cartagena, Cádiz, Avilés y Santander.

La provincia de Barcelona muestra un llamativo patrón de exceso de mortalidad. Los municipios con mayor riesgo se encuentran en la comarca del Valles, siendo Cerdanyola el municipio que representa el riesgo relativo más alto de España. La industria del fibrocemento es posible que sea la responsable de este incremento del riesgo en la provincia de Barcelona (Gonzalez, 1993) y también el municipio del sur de Madrid, Getafe.

A modo de conclusión

A pesar de lo difícil que resulta establecer relaciones causa-efecto entre contaminación del aire y riesgo a padecer cáncer, debido al efecto multiplicador que los distintos fenómenos tienen sobre la salud, es evidente que las zonas donde se concentra mayor contaminación industrial coinciden con las zonas donde se da una mayor riesgo de padecer Cáncer. Este solapamiento territorial muestra lo trascendente que para la salud pública es investigar en mayor profundidad, adoptar medidas preventivas en zonas concretas, y realizar intervenciones encaminadas a reducir la contaminación industrial y su impacto en a salud pública.

Además es importante señalar la importancia que ha tenido la desagregación de datos por razón de género para identificar los agentes de riesgo asociados a estilos de vida

(hábitos de consumo, seguridad en el mercado laboral...) por un lado y por otro identificar aquellos que afectan de manera indiscriminada a ambos sexos. Teniendo en cuenta lo fructuoso de esta desagregación, los futuros estudios deberían seguir trabajando en la misma línea, atendiendo, a la ocupación laboral y a las pautas de consumo.

Nos gustaría concluir diciendo que contamos con importantes avances: se conocen las zonas calientes, los previsibles factores de riesgo, a quién afecta y cómo y lo más importante las fuentes que lo generan. El paso ahora les corresponde a todos aquellos que han de tomar decisiones en beneficio de la salud pública, la mejora en calidad de vida y el respeto al Medio Ambiente, y que supone intervenciones dirigidas a la reducción de todo tipo de contaminación, incluida la industrial.

¹ Bronquitis: Es una inflamación de las principales vías aéreas hacia los pulmones, puede ser aguda (de corta duración) o crónica (de larga duración). Factores que agravan la bronquitis son el humo del tabaco, la contaminación del aire, ocupaciones laborales (extracción del carbón, fabricación de textiles y manipulación de granos) infecciones y alergias.

² Enfisema: Enfermedad pulmonar que comprende daños a los sacos alveolares de los pulmones. Los Alveolos no pueden desinflarse completamente, y por tanto son incapaces de llenarse con aire nuevo para garantizar una adecuada provisión de oxígeno al cuerpo.

³ El Asma es una enfermedad de los pulmones. Las vías aéreas de las personas con asma son más sensibles a las alergias y a sustancias irritantes, como contaminantes del aire.

■ **Tabla 3.** Actividad industrial en las ciudades medianas y pequeñas en España. Riesgos para la salud.

Municipio	Población 2005	Actividades industriales: industria	Contaminante básico emitido	Actividad industrial predominante respecto emisiones	Riesgo para la salud
Alcoy/Alcoi	60.931	883	NOx (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos, SOx (como SO ₂) NMVOC (COVS sin metano)	Industrias textil, metal y alimentación	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Almansa	24.974	392	CO ₂ , NOx (como NO ₂) PM ₁₀ , Cloro y compuestos inorgánicos (HCL), Flúor y compuestos inorgánicos (HF), Hg y compuestos, Ni y compuestos NMVOC (COVS sin metano)	Industrias textil, madera y minerales no metálicos (cerámica)	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Alzira	42.543	261	CO ₂ NOx (como NO ₂) PM ₁₀	Industria alimenticia, papelera, madera.	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Aranda de Duero	31.247	216	CO ₂ , NOx (como NO ₂) PM ₁₀ , Hg y compuestos, NH ₃	Industrias química, farmacéutica y alimenticia	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Arnedo	14.092	323	CO ₂ , NOx (como NO ₂) PM ₁₀	Industrias calzado, madera y auxiliares	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Arrasate/Mondragón	22.611	158	CO ₂ , NOx (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SOx (como SO ₂)	Fabricación de productos metálicos, electrodomésticos, bienes de equipo, componentes para maquinaria, componentes para automoción, artículos de ferretería y cerrajería	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Avilés	83.855	334	CO ₂ , NOx (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SOx (como SO ₂)	Metalurgia y fabricación de productos metálicos	Cancer de Pulmón, Cancer de Pleura
Azpeitia	13.884	170	CO ₂ , NOx (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SOx (como SO ₂)	Industrias de la madera y metalurgia	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Bergara	14.879	202	CO ₂ , NOx (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SOx (como SO ₂) NMVOC (COVS sin metano)	Industrias textil y metalurgia	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.

ANEXO II. RELACIÓN ENTRE CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL Y SALUD PÚBLICA

Municipio	Población 2005	Actividades industriales: industria	Contaminante básico emitido	Actividad industrial predominante respecto emisiones	Riesgo para la salud
San Roque	25.548	143	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , Hg y compuestos, NH ₃ As y compuestos Cd y compuestos Cr y compuestos	Industrias energética, química	Cancer de Pulmon y de Pleura
Los Barrios	20.119	83	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , Hg y compuestos, NH ₃ As y compuestos Cd y compuestos Cr y compuestos	Industrias energética, química	Cancer de Pulmon y de Pleura
Carballo	29.689	310	CO ₂ NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂)	Industrias de plástico, automóvil, metal y maquinaria agrícola	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Crevillent	27.323	664	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), Pb y compuestos, SO _x (como SO ₂) NMVOC (COVS sin metano)	Industria textil, madera, metal y alimentación	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Monzón	15.806	168	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂), Hg y compuestos NH ₃ As y compuestos Cd y compuestos Cr y compuestos	Industria pesada, industria química	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Eibar	27.784	373	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂)	Industria de armas y transf. de metales	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Elda	55.571	828	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ ,	Industria del calzado	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Ermua	16.449	99	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), Pb y compuestos, SO _x (como SO ₂)	Industria del calzado	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.

ANEXO II. RELACIÓN ENTRE CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL Y SALUD PÚBLICA

Municipio	Población 2005	Actividades industriales: industria	Contaminante básico emitido	Actividad industrial predominante respecto emisiones	Riesgo para la salud
Ferrol	77.155	252	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ ,	Industrias de construcción naval	Cancer de Pulmon y de Pleura
Ibi	23.059	639	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂)	Industrias manufactureras e Industrias transf. de metales; mec. precisión	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Igualada	35.933	647	CO ₂ NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , NMVOC (COVS sin metano)	Industria textil, papel y piel	Broquitis, Enfisema, Asma
Langreo	46.558	298	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), Pb y compuestos, SO _x (como SO ₂)	Industrias transf. de metales	Cancer de Pulmón y Cancer de Pleura
Linares	60.807	242	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), Pb y compuestos, SO _x (como SO ₂)	Industrias transf. de metales, industria alimentaria	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Llodio	18.633	95	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂)	Industrias siderúrgica y de transformación del vidrio	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Lucena	39.783	843	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ ,	Industrias manufactureras (mueble y frío industrial)	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Manresa	70.343	597	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), Pb y compuestos, SO _x (como SO ₂) NMVOC(COVS sin metano)	Industria del caucho, metalúrgica, minería de potasa, textil y la alimentaria	Cancer de Pulmón, Bronquitis, Efisema y Asma
Mieres	45.943	150	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂)	Industrias metalúrgicas	Cancer de Pulmón y Cancer de Pleura

ANEXO II. RELACIÓN ENTRE CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL Y SALUD PÚBLICA

Municipio	Población 2005	Actividades industriales: industria	Contaminante básico emitido	Actividad industrial predominante respecto emisiones	Riesgo para la salud
Miranda de Ebro	37.664	248	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂) As y compuestos Cd y compuestos Cr y compuestos	Industria agroalimentaria, siderúrgica y energética	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Narón	35.083	228	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂) Cloro y compuestos inorgánicos (HCL) Flúor y compuestos inorgánicos (HF) Hg y compuestos Ni y compuestos NMVOC(COVS sin metano)	Industria metalúrgica, plástico, textil, cemento	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Novelda	26.233	281	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , Cloro y compuestos inorgánicos (HCL) Flúor y compuestos inorgánicos (HF) Hg y compuestos Ni y compuestos	Fabricación y el aboración de mármol y piedra natural y alimentaria envasado	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Olot	31.271	384	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂) NMVOC(COVS sin metano)	Industria textil, alimentario, metalúrgico, papelera, químico y plásticos	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Onda	22.281	286	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , Cloro y compuestos inorgánicos (HCL) Flúor y compuestos inorgánicos (HF) Hg y compuestos Ni y compuestos	Industria del sector cerámico	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Ontinyent	35.517	482	NMVOC(COVS sin metano)	Industrias textil	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Oñati	10.711	111	NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂)	Industrias transf. de metales; mec. Precisión e Industrias manufactureras	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.

ANEXO II. RELACIÓN ENTRE CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL Y SALUD PÚBLICA

Municipio	Población 2005	Actividades industriales: industria	Contaminante básico emitido	Actividad industrial predominante respecto emisiones	Riesgo para la salud
Petrer	32.388	499	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀	Industrias calzado	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Puertollano	50.082	161	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , Hg y compuestos NH ₃	Industria química, energética y minería	Cancer de Pulmón, Bronquitis, enfisema, asma
Siero	48.991	537	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂) Hg y compuestos NH ₃	Industrias metalúrgica, alimentaria, minería y química	Cancer de Pulmón, Cancer de Pleura
Talavera de la Reina	82.975	670	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , Cloro y compuestos inorgánicos (HCL) Flúor y compuestos inorgánicos (HF) Hg y compuestos Ni y compuestos	Industrias cerámica, y demás manufactureras	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Torrelavega	56.230	273	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , NMVOC (COVS sin metano) NH ₃	Industria química, caucho y plásticos y metalúrgica	Cancer de Pulmón y Cancer de Pleura
Ubrique	17.362	358	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀	Industrias piel y curtidos	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Arteixo	26.272	397	NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂) Hg y compuestos NH ₃	Industrias metalúrgica, química, papel, y fabricación de maquinaria	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Valls	22.851	241	NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂) NMVOC (COVS sin metano) NH ₃	Industria plástico y metalúrgica	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Vic	37.825	422	NO _x (como NO ₂) PM ₁₀	Industrias transformadora y mecánica, industria alimentación e industria piel y cuero	Bronquitis, enfisema, asma
Villarreal/ Vila-real	46.696	416	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , Cloro y compuestos inorgánicos (HCL) Flúor y compuestos inorgánicos (HF) Hg y compuestos Ni y compuestos Hg y compuestos NH ₃	Industria del sector cerámico, papel y química	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.

ANEXO II. RELACIÓN ENTRE CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL Y SALUD PÚBLICA

Municipio	Población 2005	Actividades industriales: industria	Contaminante básico emitido	Actividad industrial predominante respecto emisiones	Riesgo para la salud
Villena	34.185	510	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ ,	Industria calzado y alimentaria	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Yecla	33.553	790	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ ,	Industrias manufactura madera	Afecciones respiratorias tales como Bronquitis, Asma, etc.
Pontes de García Rodríguez (As)	15070	52	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂) As y compuestos Cd y compuestos Cr y compuestos	Industria energía, metalúrgica	Bronquitis, Enfisema, Asma
Ponferrada	65.984	306	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , Cloro y compuestos inorgánicos (HCL) Flúor y compuestos inorgánicos (HF) Hg y compuestos Ni y compuestos	Industria siderúrgica, minería, agroalimentaria, cemento, vidrio y aerogeneradores	Bronquitis, Enfisema, Asma
Bailén	18.202	252	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , Cloro y compuestos inorgánicos (HCL) Flúor y compuestos inorgánicos (HF) Hg y compuestos Ni y compuestos	Industrias de productos minerales no metálicos	Cancer de Pulmón, Bronquitis, Enfisema y Asma
Carboneras	7.267	169	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂) As y compuestos Cd y compuestos Cr y compuestos	Industria energía	Cáncer de pulmón
Aceca	1.614	14	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂) As y compuestos Cd y compuestos Cr y compuestos	Industria energía	Bronquitis, enfisema, asma
Andorra (Teruel)	8.000	48	CO ₂ , NO _x (como NO ₂) PM ₁₀ , CO Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) Pb y compuestos SO _x (como SO ₂) As y compuestos Cd y compuestos Cr y compuestos	Industria energía	Bronquitis, enfisema, asma

Municipio	Población 2005	Actividades industriales: industria	Contaminante básico emitido	Actividad industrial predominante respecto emisiones	Riesgo para la salud
Cercs	1.342	17	Contaminación de SO ₂	Industria energía	Bronquitis, enfisema, asma
Cerdanyola	57.114	426	Contaminación de PM ₁₀	Industria del fibrocemento	Cáncer de pleura

• Fuente: *Elaboración propia a partir de: "Las pequeñas ciudades industriales Españolas: Economía, sociedad y nuevas políticas urbanas" (J.L. Sánchez, J. Aparicio, V. Rodero), EPER. Anuario Económico de La Caixa. Base de datos municipal de Caja España. Datos de inmisión (registrados en las estaciones de medición) ofrecidos por las Comunidades Autónomas correspondientes. Información suministrada por Ecologistas en Acción. López-Abente G, Ramis R, Pollán M, Aragonés N, Pérez-Gómez B, Gómez-Barroso D, Carrasco JM, Lope V, García-Pérez J, Bolado E, García-Mendizábal MJ. Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España, 1989-1998. Atlas Municipal de Mortalidad por Cáncer en España 1989-1998, Área de Epidemiología Ambiental y Cáncer del Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III. (Se ha realizado una comparación únicamente con los tipos relacionados más directamente con la contaminación atmosférica: Cáncer de pulmón, Cáncer de pleura, y Bronquitis, enfisema, asma). Información elaborada a partir del estudio sobre el impacto en la salud de las grandes instalaciones de combustión energéticas Health Impacts of Emissions from Large Point Sources (2006), The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain.*

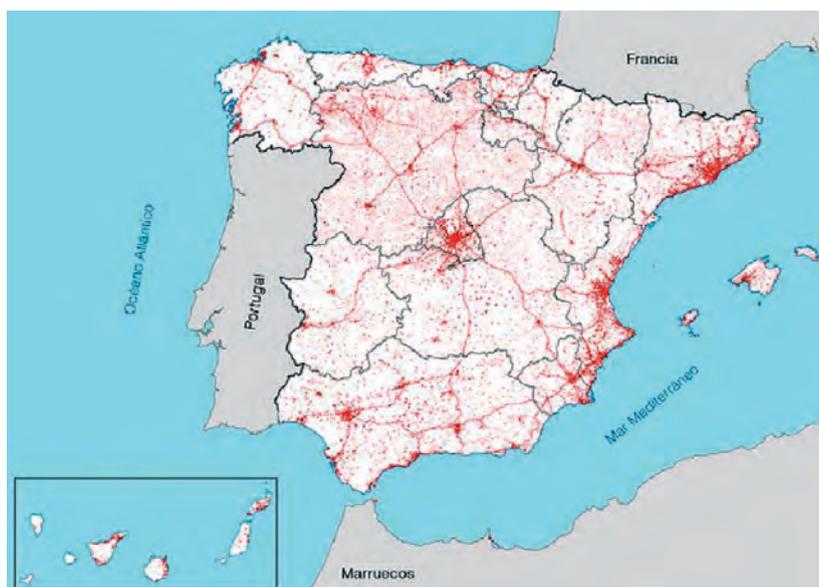
ANEXO III

Crecimiento de las ciudades y calidad del aire urbano

La distribución de las zonas urbanas en España presenta grandes desequilibrios territoriales debidos fundamentalmente a la concentración de la mayor parte de la población en grandes aglomeraciones urbanas, localizadas sobre todo en torno a

Madrid y en el arco mediterráneo. Los datos indican que en el 12% de los municipios españoles, que suponen el 19% de la superficie del territorio de España, reside el 79% de la población y se localiza el 78% de las viviendas principales.

Figura 1. Distribución espacial de las superficies artificiales en España, 2000



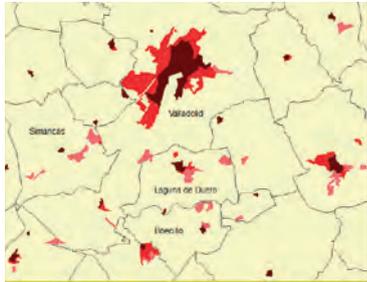
• Fuente: *Corine Land Cover para España 2000.*

Además, en las últimas décadas esta tendencia se ha mantenido e incluso se está viendo acrecentada en España por un intenso proceso de urbanización, que ha provocado el aumento de casi un 30% del suelo artificial a lo largo del periodo 1987-2000 (Fuente, CLC), el cual no guarda relación con el crecimiento experimentado por la población, que en el periodo 1991-2001 fue de casi 5%.

Por otra parte, este elevado incremento de superficie de suelo artificial tiene relación directa con un proceso de declive de la ciudad tradicional, densa y compacta, en favor de la *ciudad difusa*, que va progresivamente extendiéndose y ocupa ya casi la misma superficie que la primera (Figura 2). La influencia de este proceso en la calidad del aire urbano es enorme ya que tiene importantes implicaciones para los procesos de contaminación atmosférica.

Figura 2. Representación cartográfica de las superficies urbanas de algunas zonas de España. Años 2000 y 2007.

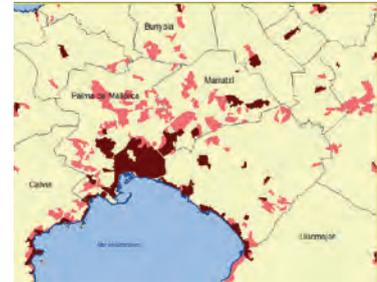
Año 2000



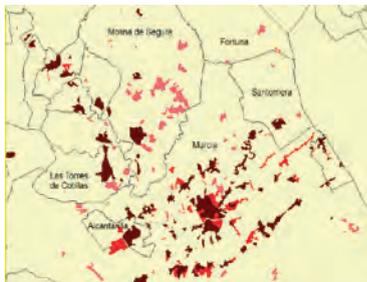
VALLADOLID



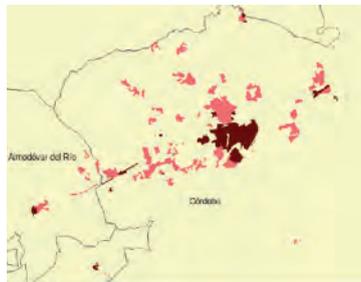
ALICANTE



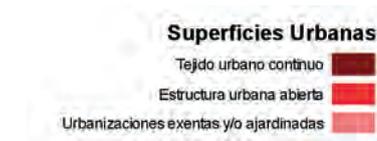
PALMA DE MALLORCA



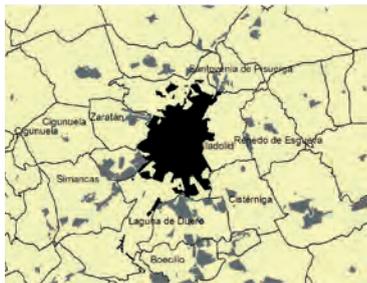
MURCIA



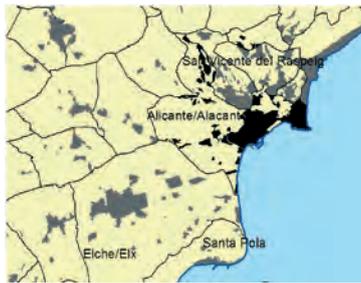
CÓRDOBA



Año 2007



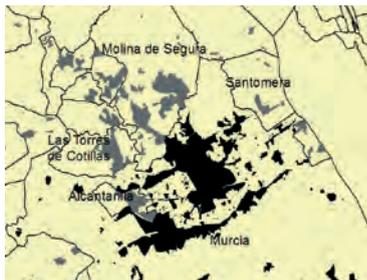
VALLADOLID



ALICANTE



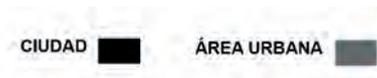
PALMA DE MALLORCA



MURCIA



CÓRDOBA



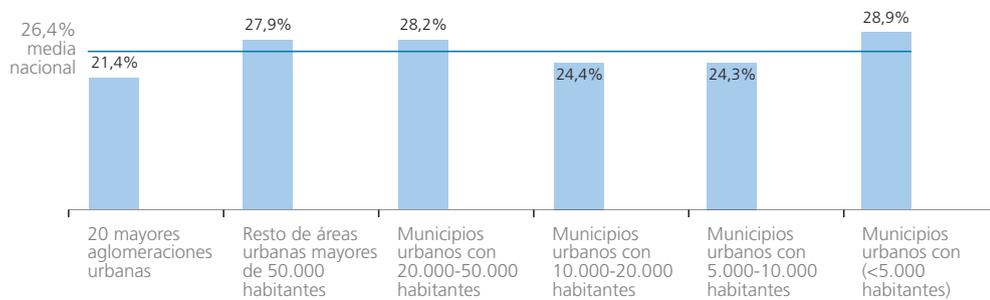
• Fuente: Representaciones cartográficas 1-5. Año 2000. Elaboración propia a partir de datos del proyecto Corine Land Cover para España (Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional). Representaciones cartográficas 6-10. Año 2007. Elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Catastro (Ministerio de Economía y Hacienda).

A partir de los datos del proyecto Corine Land Cover se ha podido cuantificar la evolución de las zonas urbanas compactas y difusas en el periodo 1987-2000. En el año 2000, la superficie de tejido urbano continuo era de 340.882 hectáreas en el conjunto del el estado español (51,5% de la superficie urbana total), con un crecimiento del 4,1% respecto a 1987. La superficie de tejido urbano discontinuo en 2000 alcanzaba las 320.428 hectáreas (48,5%), habiendo experimentado un incremento del 26,4% a lo largo del periodo 1987-2000. Este crecimiento se ha producido en todos los tamaños de municipios,

aunque ha sido más intenso en los de menos de 5.000 habitantes y en los de más de 20.000 habitantes, exceptuando las veinte mayores aglomeraciones urbanas.

En algunas ciudades como en Alicante/Elx (103%), Valladolid (85%), Palma de Mallorca (73%), Madrid (37%) Murcia (37%) y Córdoba (35%) han registrado tasas de crecimiento muy notables de este tipo de tejido urbano. Por el contrario, en Las Palmas de Gran Canaria y Vigo/Pontevedra el incremento ha sido nulo (0%).

Figura 3. Crecimiento experimentado en España por el tejido urbano discontinuo según tipo de municipios. 1987-2000



- Nota: La línea horizontal corresponde a la media nacional.
- Fuente: Cambios de ocupación del suelo en España, OSE

La generalización de los desarrollos residenciales de baja densidad en las afueras de las ciudades y, en general, el intenso proceso urbanizador sin control que experimenta el territorio español tiene sus raíces, entre otros, en los siguientes factores:

- El estilo de vida basado en el uso del automóvil, promocionado por los mecanismos de marketing inmobiliario, en el que se promociona como *vivienda ideal* una casa amplia, con un pequeño jardín y en un *entorno natural* alejado del centro urbano.
- La constante alza de los precios de las viviendas, que está expulsando del centro de las ciudades a los jóvenes y a las familias de rentas medias y bajas.
- La fuerte demanda de vivienda existente, ligada a un aumento de la población activa, la entrada de colectivos inmigrantes, la adquisición de viviendas para segunda y tercera residencia -sobre todo en el litoral- y también a la intervención de factores de índole especulativa.
- La desregularización existente en la práctica como consecuencia del marco legal vigente. La introducción de los conceptos de Suelo Urbanizable No Programado (SNUP) por la Ley del Suelo de 1976 y su posterior reformulación en 1998 en Suelo Urbanizable No delimitado o No Sectorizado, ha supuesto que en realidad todo el territorio municipal se considere suelo urbanizable, a excepción de la ciu-

dad existente (suelo urbano) y de las áreas protegidas por sus valores forestales, agrícolas o naturales (Suelo No Urbanizable Protegido). Esta consideración, junto con innovaciones incorporadas por legislaciones autonómicas, como el *agente urbanizador* de la Comunidad Valenciana, ha llevado a la posibilidad de clasificar como suelo urbanizable incluso el 70-80% del suelo vacante de un municipio.

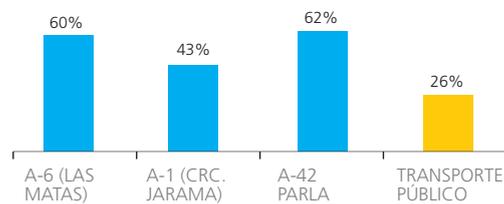
- La ausencia generalizada de marcos territoriales de planeamiento en cualquiera de los ámbitos (comarcal metropolitano, subregional o regional).
- Las prácticamente absolutas competencias que ostentan los municipios para abordar la planificación urbanística de sus territorios. La tupida red de intereses políticos y económicos que existe en torno al suelo y los escasos recursos económicos de que disponen los Ayuntamientos, convierten al proceso urbanizador en fuente primordial para el mantenimiento de las finanzas municipales.

Este nuevo modelo de urbanización y ocupación del suelo, consistentes en grandes comunidades exclusivamente residenciales esparcidas en extensas áreas y en servicios comerciales concentrados en puntos específicos y alejados de aquellas, ocupan fragmentariamente espacios cada vez más distanciados, incrementan la longitud de los viajes y consumos de energía, liberan grandes cantidades de contaminantes, al tiempo que exigen nuevas aportaciones de recursos naturales, especialmente agua. En el caso concreto de la contami-

nación atmosférica, obligan a la población al uso intensivo del automóvil, en detrimento del transporte público que no es capaz de atender de forma eficaz a urbanizaciones con escasa densidad de población, con el consiguiente aumento de las emisiones asociadas al tráfico. Un ejemplo puede observarse en Madrid, concretamente en los crecimientos de tráfico experimentados por la A-1 (CRC. Jarama), A-6 (Las

Matas) y A-42 (Parla) en la década 1995-2004. En estos accesos a la ciudad de Madrid, la intensidad media de circulación de vehículos se ha incrementado entre un 42-63%, mientras que el transporte público lo ha hecho en un 26%. Estos datos reflejan que el aumento de movilidad de los madrileños como consecuencia de los nuevos desarrollos urbanísticos periféricos está basándose sobre todo en el automóvil.

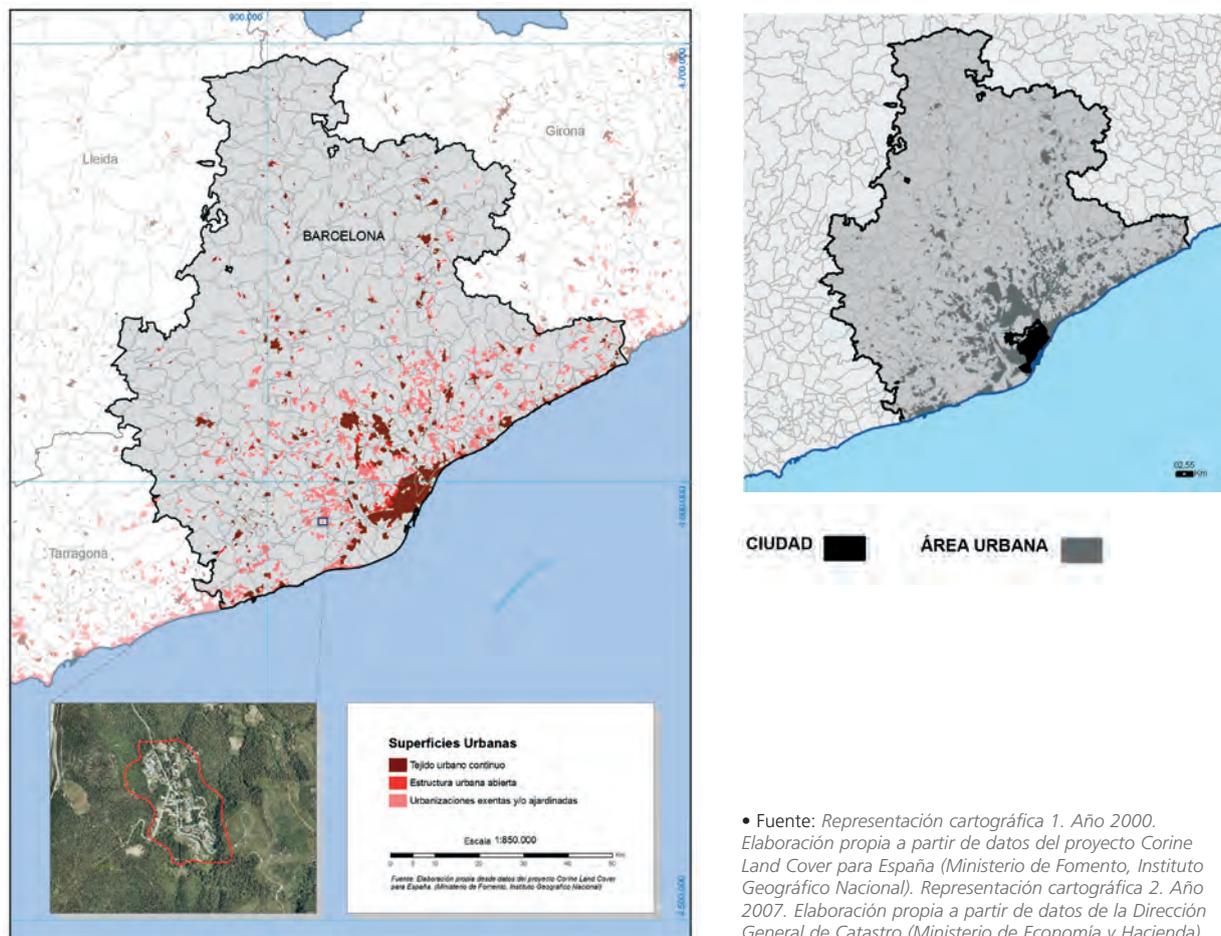
Figura 4. Comparativa del crecimiento de la intensidad media de vehículos en determinados accesos a Madrid y viajes transporte público. 1995-2000.



• Fuente: *La Política de Transporte Público en la Comunidad de Madrid 1995-2005. Análisis y Propuestas.* CC.OO.

Este mismo hecho ha sucedido en el área metropolitana de Barcelona.

Figura 5. Superficies urbanas en la Provincia de Barcelona. Años 2000-2007.



Dentro de este modelo de crecimiento urbano como *ciudad difusa*, las emisiones de sustancias químicas producidas por los automóviles constituyen la mayor fuente de contaminación atmosférica en la actualidad, principalmente el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, ozono y otros oxidantes fotoquímicos, plomo y, en menor proporción partículas y compuestos orgánicos volátiles.

Las inmisiones de gases y partículas se distribuyen sobre las áreas urbanas de una forma diferencial, por ejemplo, no siempre los peores niveles de contaminación se encuentran sobre el área urbanizada. Las acciones del viento tienen gran influencia en la dispersión de los contaminantes, y pueden deformar y extender las manchas por varios kilómetros.

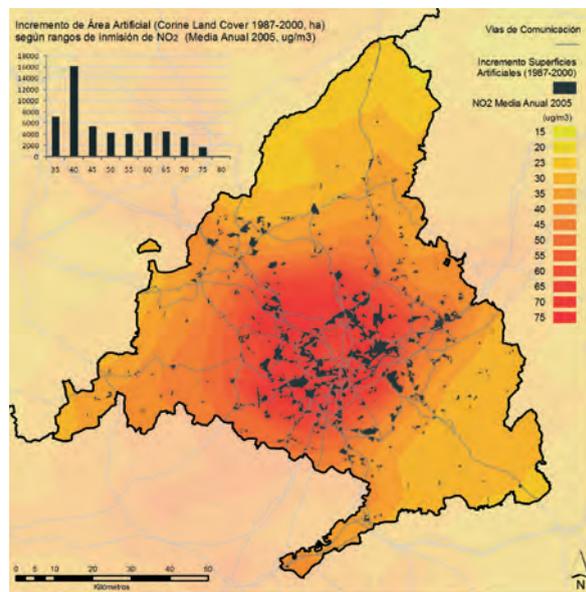
De un total de 53.934,34 ha de incremento de área arti-

ficial (1987-2000), solamente 18,43% se encuentra en áreas con nivel de inmisión de NO₂ aceptables, limitados en 40µg/m³. Los restantes 81,57% se encuentra bajo la condición de mala calidad del aire respecto a niveles de inmisión de NO₂. Nótese que la artificialización del suelo en ese período ocurrió masivamente (más de 20 mil ha, correspondientes a 34,24% del total) en zonas con niveles de emisión de NO₂ extremos, superiores a 70 µg/m³.

La distribución de la emisión de NO₂ en la Comunidad Autónoma de Madrid se presenta de forma graduada disminuyendo a medida en que se aleja de la zona central, donde se concentra la ocupación urbana.

Los valores del gráfico y la distribución espacial de las zonas artificiales sobre los distintos niveles de emisión de NO₂ muestran que éstos no son considerados como limitantes frente a la expansión de las áreas artificiales sobre el territorio.

Figura 6. Incremento de Zonas Artificiales 1987-2000 por niveles de emisión de NO₂



• Fuente: Fuentes: *Elaboración propia a partir de datos del Proyecto Corine Land Cover para España – Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional (Incremento de Zonas Artificiales, 1987-2000); Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (GMSMA-FI-UPM). Infraestructura de Datos Espaciales de España (Vías de Comunicación, 2005).*

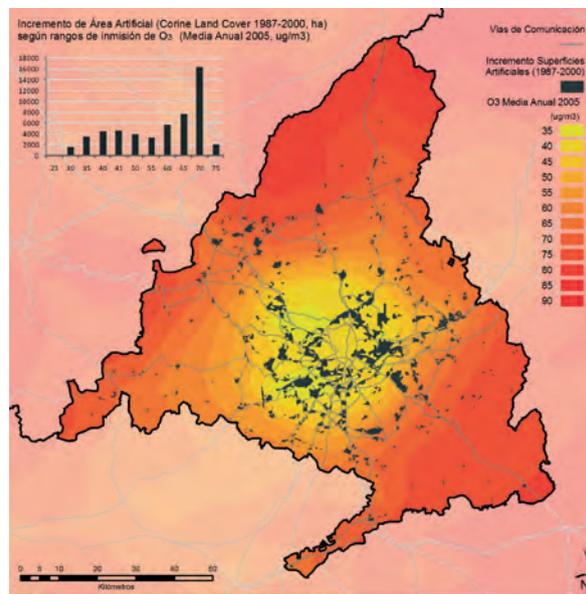
Contradiendo el pensamiento tradicional de que los peores niveles de calidad del aire se encuentran sobre los núcleos urbanos, y decrecen a medida en que uno se aleja del centro, se nota que los mayores niveles de inmisión de Ozono se encuentra en la periferia de las zonas urbanizadas (Figura 7).

Al pensar que al alejarse del centro el aire es más limpio, muchas urbanizaciones se están desarrollando de forma difusa en los alrededores de Madrid, a una distancia sufi-

ciente para depender y utilizar las infraestructuras y servicios ofertados por la capital, pero el suficientemente alejado para, erróneamente, no estar influenciado por el aire contaminado resultante de la existencia de áreas urbanas.

Esa actitud resulta en un proceso fuerte de incremento de zonas artificiales en los alrededores de las grandes ciudades, lo que tiene como consecuencia un empeoramiento significativo en cuanto a las emisiones de gases originadas del tráfico pesado en las carreteras radiales a los núcleos urbanos.

Figura 7. Incremento de Zonas Artificiales 1987-2000 por niveles de emisión de O₃

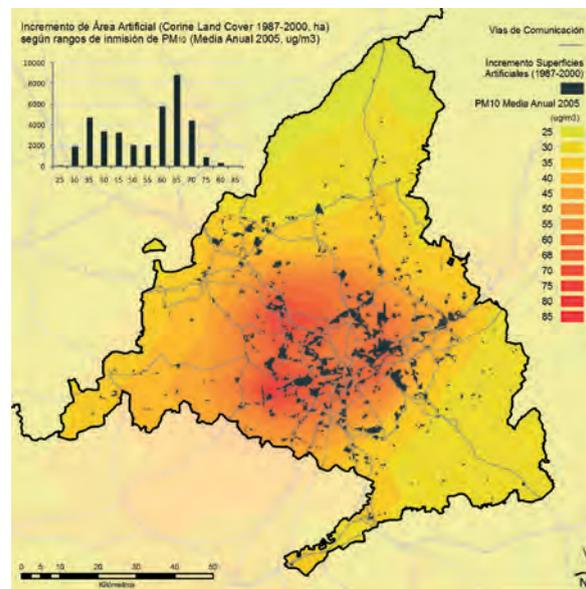


• Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Proyecto Corine Land Cover para España – Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional (Incremento de Zonas Artificiales, 1987-2000); Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (GMSMA-FI-UPM). Infraestructura de Datos Espaciales de España (Vías de Comunicación, 2005).

Los niveles más altos de PM₁₀ están al oeste del núcleo central (Figura 8). El aumento más significativo de zonas artificiales se concentra en las áreas donde el rango de

niveles de inmisión de PM₁₀ está entre 60 y 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con incremento observado de 19 mil ha.

Figura 8. Incremento de Zonas Artificiales 1987-2000 por niveles de emisión de PM₁₀

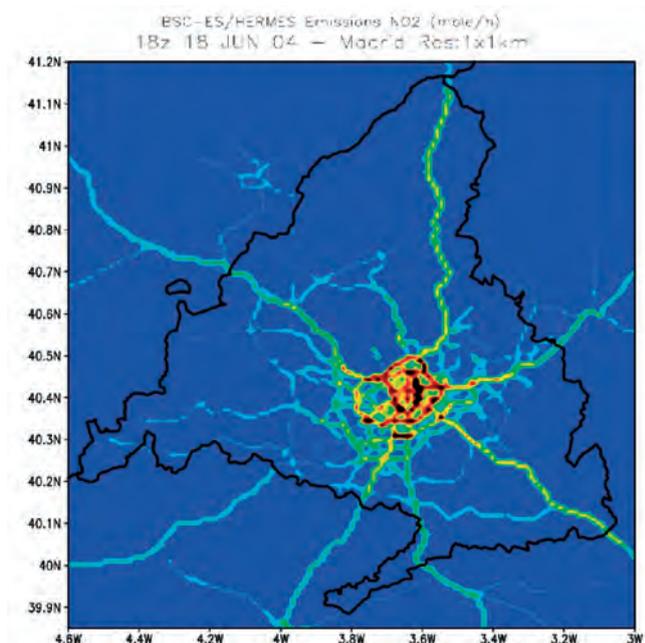


• Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Proyecto Corine Land Cover para España – Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional (Incremento de Zonas Artificiales, 1987-2000); Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (GMSMA-FI-UPM). Infraestructura de Datos Espaciales de España (Vías de Comunicación, 2005).

Un ejemplo de la inadecuación del crecimiento urbano respecto a las inmisiones, es el hecho de que un 73,88% de áreas artificiales de la Comunidad de Madrid (27.790 ha) están expuestas a más de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de emisión de

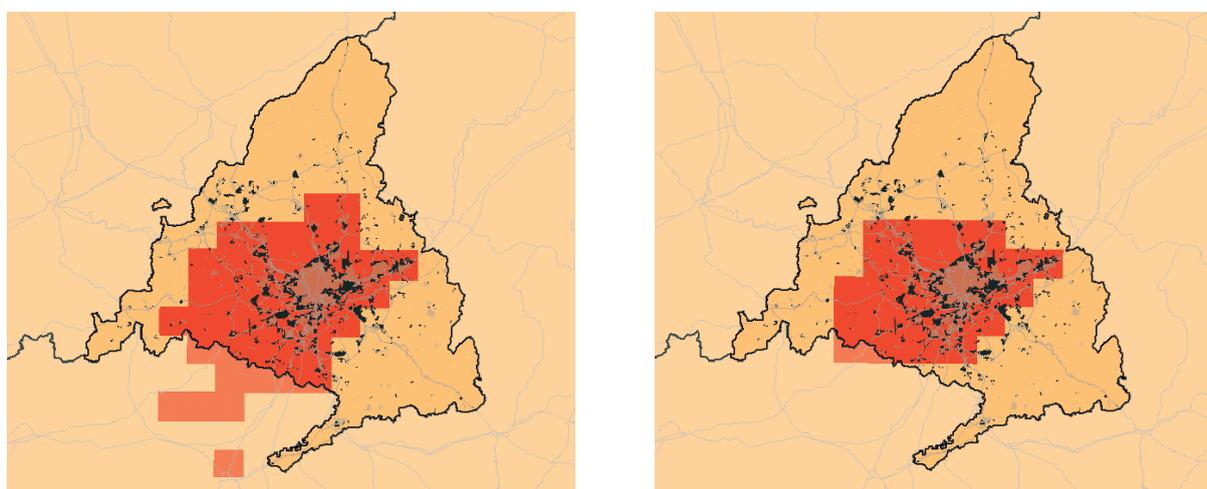
PM_{10} , valor considerado límite para este contaminante. Considerando el NO_2 , este porcentaje aumenta para un 76,15%, equivalente a 28.642 ha, teniendo en consideración el mismo límite de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 9. Emisiones en la superficie de dióxido de nitrógeno (NO_2 , mol/h) en la Comunidad de Madrid. Año 2004. (18 de junio, 18:00h)



• Fuente: Barcelona Supercomputing Center. Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) 2007.

Figura 10. Inconsistencia entre el incremento de Zonas Artificiales por niveles límites de inmisión. 1987-2000.



• Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Proyecto Corine Land Cover para España – Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional (Incremento de Zonas Artificiales, 1987-2000); Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (GMSMA-FI-UPM). Infraestructura de Datos Espaciales de España (Vías de Comunicación, 2005).

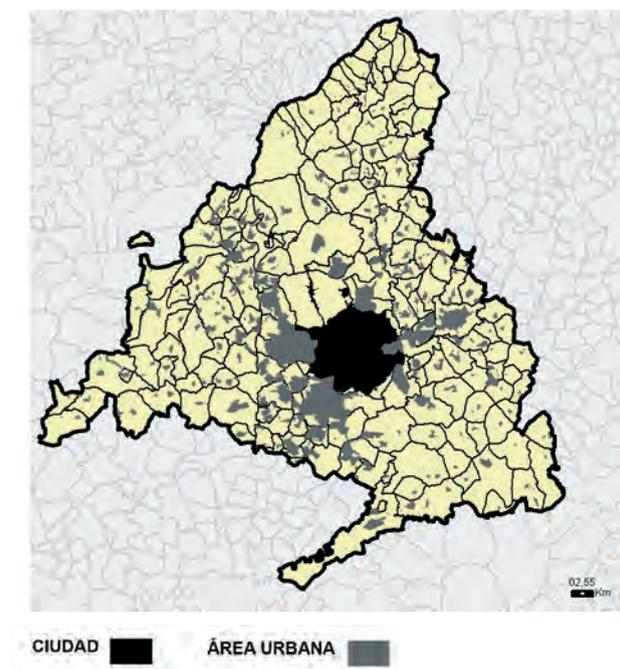
Dentro de ese contexto, es clara la influencia que ejerce el uso intensivo de vehículos en las ciudades sobre los niveles de emisión de gases y partículas contaminantes. Por otra parte, el crecimiento descontrolado de las ciudades provoca también como resultado del metabolismo urbano un incremento de residuos cuya gestión y tratamiento es la causa de emisiones de mayor o menor magnitud en función de los modelos de gestión que se apliquen.

Los estudios epidemiológicos indican que la exposición a contaminantes atmosféricos emitidos por estas fuentes, incluso a niveles por debajo de los marcados por la legislación, se asocia con un incremento en la incidencia de

asma, severidad en el deterioro de la función pulmonar, así como mayor gravedad en la presentación de las enfermedades respiratorias de niños y adolescentes (en especial partículas) y que por lo tanto, los límites legales de tolerancia establecidos para determinados contaminantes deberían ser más restrictivos.

Finalmente, es importante destacar que la atmósfera al actuar como medio difusor provoca la dispersión de la contaminación del aire de las ciudades hacia medio rural, convirtiendo la contaminación atmosférica en un problema global en España, e incluso en el resto del mundo y no únicamente localizado en las grandes concentraciones urbanas.

Figura 11. Suelo de naturaleza urbana (urbano y urbanizable) en la región de Madrid. Año 2007.



• Fuente: *Elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Catastro (Ministerio de Economía y Hacienda).*

ANEXO IV. Ecoeficiencia y calidad del aire en las ciudades

Una aproximación a la sostenibilidad del desarrollo aplicada al caso de la contaminación del aire de las ciudades se puede apreciar midiendo la ecoeficiencia de determinados procesos urbanos de acuerdo con el grado de disociación entre las fuerzas motrices socioeconómicas (población y crecimiento económico), y las presiones de la contaminación atmosférica (NO_2 y PM_{10}).

Lo deseable sería que ante variables relacionadas con el crecimiento de la población y de la actividad económica disminuyeran las concentraciones de contaminación

atmosféricas. La disociación ocurre cuando la tasa de crecimiento de una presión ambiental, en un periodo dado, es menor que la correspondiente fuerza motriz económica. Si la economía crece más rápidamente de lo que aumenta el impacto ambiental producido, estamos ante una *disociación relativa* (la tasa de crecimiento de la variable ambiental es positiva, pero menor que la tasa de crecimiento de la variable económica). Si la economía crece, mientras que el impacto se mantiene estable o disminuye se trata de una disociación absoluta (la tasa de crecimiento de la variable ambiental es cero o negativa) (Figura 1).

mente elevada, excediendo en la mayoría de las estaciones los valores límite diarios y anuales (PM₁₀ desde 2000 a 2005 entre 36 y 59). En el caso de NO₂ ha aumentado respecto a la cifra de 1995, cuando ya lo sobrepasaba (en 1995 de 49, y en 2005 de 58). En términos de ecoeficiencia, Barcelona presenta una disociación relativa ya que los niveles de contaminación atmosférica siguen aumentando aunque lo hagan por debajo del PIB.

Valencia: su población ha aumentado de 763.683 en 1995 a 796.549, en 2005. Lo que supone un aumento del 4,30%. El PIB provincial ha aumentado también pero de un modo muy fuerte, un 81,44% en 2005. La tendencia en Valencia ha sido la reducción de los contaminantes estudiados, consiguiendo en el caso de partículas mejorar notablemente, aunque ya se encontraba en valores por debajo del límite (PM₁₀ en 2003, el valor de 37, y en 2005, 31), y en el caso del NO₂ una reducción del valor de 71 a 58, desde 1995 a 2005. En términos de ecoeficiencia, Valencia presenta una disociación absoluta entre el crecimiento económico y los niveles de contaminación atmosférica.

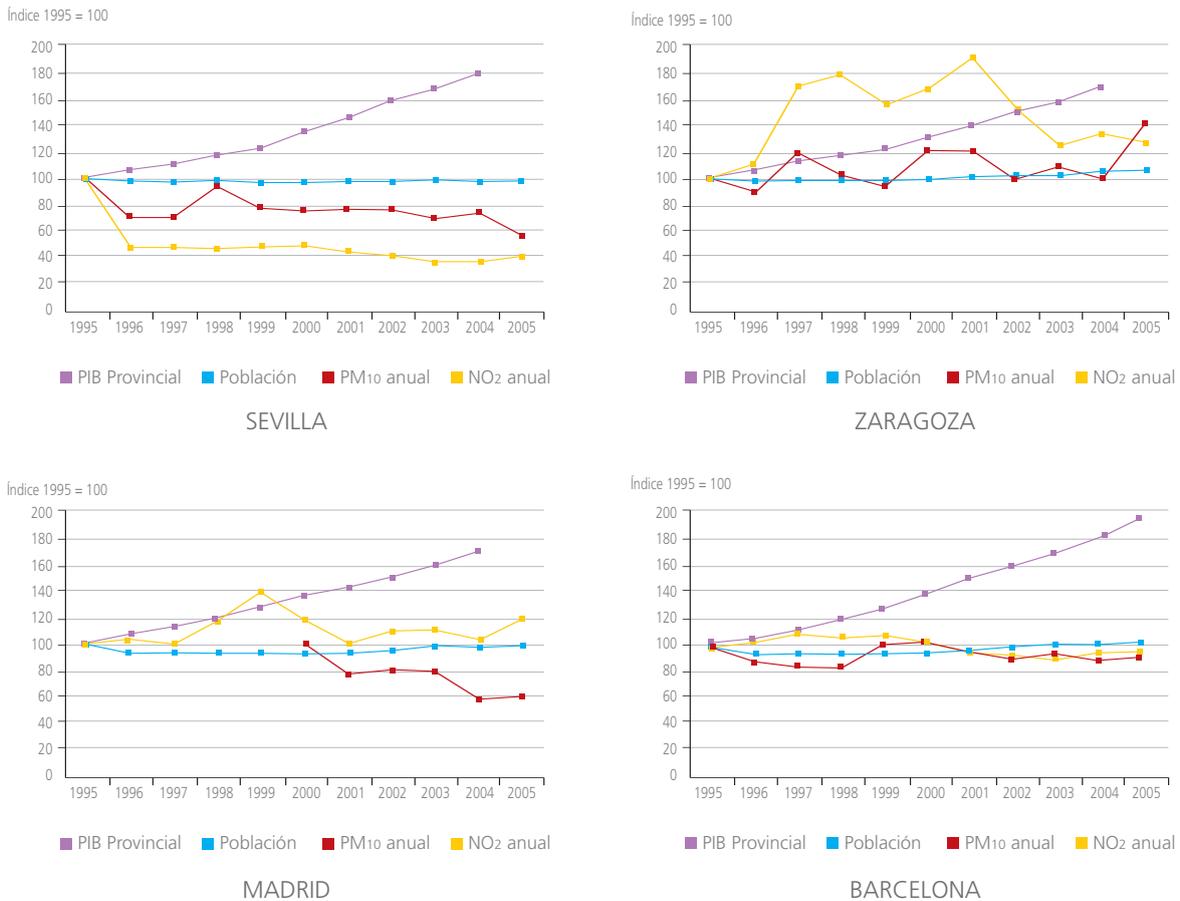
Bilbao: disminuye la población, en concreto, se pasa de 370.997 habitantes en 1995 a 353.173 en 2005. Lo que sí sube, y es tendencia en todos los casos estudiados es el PIB.

En el caso de Bilbao, el PIB de la provincia de Vizcaya aumenta un 78,89 % en el periodo 1995-2004. Los datos de contaminación son positivos ya que muestran que se ha conseguido rebajar los valores hasta dejarlos por debajo del valor límite para partículas y NO₂ (PM10 en 2001, 54, y en 2005, 33. NO₂ en 46 en 1995 y en 2005, 37). Bilbao presenta una disociación relativa entre el crecimiento económico y los niveles de contaminación atmosférica.

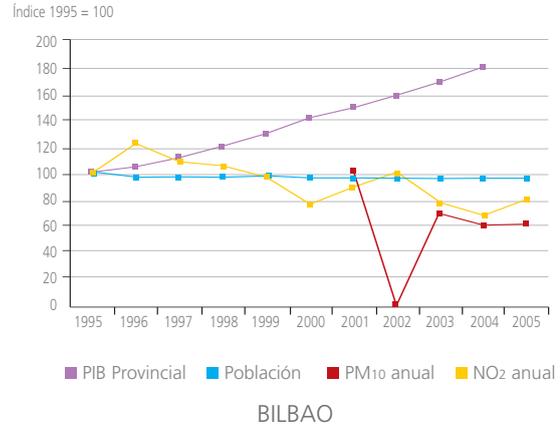
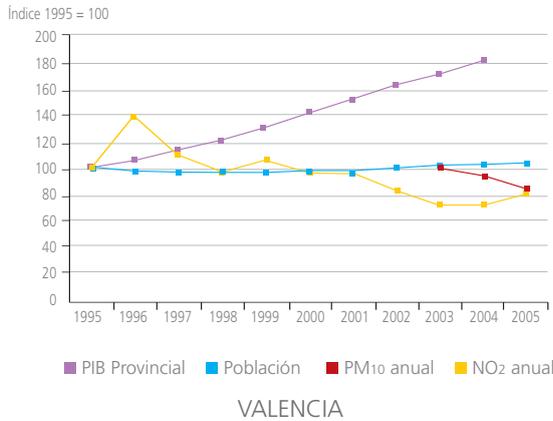
El mantenimiento de los niveles de contaminación actuales, situados por encima de los valores límites, tiene fuertes implicaciones sobre la salud de las personas.

No resultan satisfactorios los valores y tendencias de la contaminación estudiada (figura 2). En el municipio de Zaragoza la contaminación atmosférica por NO₂ crece por encima del PIB en gran parte del periodo, pero hay que tener en cuenta que es el único municipio de los analizados que comienza la serie por debajo del valor límite. En el resto de municipios estudiados el valor inicial de 1995, superaba en todos los casos el valor máximo límite, y la pequeña disminución habida, en su caso, no permite situarse en todos los casos en valores de seguridad según la legislación prevista (que entrará en vigor el 1 de enero de 2010).

Figura 2. Análisis de la contaminación atmosférica y PIB provincial de las seis mayores ciudades españolas



ANEXO IV. ECOEFICIENCIA Y CALIDAD DEL AIRE EN LAS CIUDADES



• Fuente: *Elaboración propia a partir de datos del INE y Ministerio de Medio Ambiente, 2007.*

Conclusiones:

La ciudad se ha convertido en centro de decisiones y atractora de capitales, lo que ha supuesto un predominio de los servicios avanzados, no productores de contaminantes. Esta transformación de la ciudad ha supuesto el gran aumento del producto interior bruto provincial, en todos los casos estudiados, pero no ha servido para modificar claramente los niveles de contaminación. En los años estudiados la contaminación se ha mantenido o apenas bajado, producida en las ciudades cada vez más por el transporte, en concreto, por el excesivo uso del vehículo privado.

El uso cada más intensificado del vehículo privado viene derivado de varios factores, como son, el modelo urbano actual de extensión constante que han convertido a las ciudades en áreas urbanas, aumentando la distancia y la necesidad de desplazamientos en este medio (ciudad dispersa); y el mayor nivel de riqueza que posibilita el aumento constante del parque de vehículos. A esto se le debe unir el impacto de cierto tipo de industrias que persisten en las ciudades que provocan una aportación constante al nivel de contaminación. Lo deseable sería la adopción de modelos urbanos más sostenibles, que eviten la dependencia del vehículo privado, y la concienciación hacia el uso del transporte público u opciones intermodales (vehículo privado hasta transporte público).

Nuestra capacidad de generación de riqueza supera cualquier medida anterior, pero nuestras ciudades se alejan más que nunca del patrón de excelencia urbana³, existiendo una disociación absoluta entre el crecimiento económico y el impacto ambiental, referido en este caso a la contaminación atmosférica.

En resumen, somos más ricos pero seguimos contaminados.

³ROCH, Fernando (2002) "Rastros de la Razón: Revisión crítica de la construcción de la disciplina urbanística". Boletín CF+S, número 24, <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n24/afroc.html> (también en ARENILLAS, et al. (2003) *Ecología y Ciudad: Raíces de nuestros males y modos de tratarlos*. El Viejo Topo, Barcelona).

"Seguramente estamos en uno de esos máximos de euforia tecnológica, y con una capacidad de generación de riqueza que supera cualquier medida anterior, pero también es probable que nuestras ciudades se alejen más que nunca de ese patrón de excelencia urbana. Sin embargo, lo que distingue verdaderamente al momento actual no son esos distanciamientos históricos, sino que ha disminuido hasta perderse la percepción del desajuste, y precisamente porque han desmantelado los dispositivos de medida y se ha perdido la cultura de la línea de progreso civilizador que mantenía la tensión y alerta crítica." (Página 103)

■ ANEXO V

Proyecto de ley de calidad del aire y protección de la atmósfera

La Ley es uno de los instrumentos que se enmarca en la **Estrategia Española de Calidad del Aire**. En el marco de las iniciativas emprendidas por el Gobierno para alcanzar niveles saludables de calidad del aire, se va a sustituir la vigente Ley de Protección del Medio Ambiente Atmosférico de 1972 (desfasada por la Constitución, por las normativas comunitarias e internacionales), al objeto de dotarnos de una legislación básica acorde con las circunstancias y exigencias actuales que suponga un avance en la **reducción de la contaminación atmosférica y en la protección de las personas y el medio ambiente**. Se inspira en los principios de cautela y acción preventiva, de corrección de contaminación en la fuente y de quien contamina paga.

La nueva norma recoge el modelo de gestión de la calidad del aire vigente en Europa basado en la fijación de objetivos de calidad, la evaluación periódica, la zonificación por parte de las autonomías de su territorio según los niveles de contaminación, identificando las áreas que superen los niveles permitidos. Ley establece **obligaciones para los municipios con población superior a 250.000 habitantes**, como la de disponer de instalaciones y redes de evaluación, **informar a la población sobre los niveles de contaminación y calidad del aire** o elaborar planes y programas para el cumplimiento de los objetivos de calidad del aire.

Asimismo, la futura ley fija que si se superan los niveles de contaminación, las CCAA y ayuntamientos deberán elaborar **planes de reducción que serán determinantes en los instrumentos de planeamiento urbanístico y de ordenación del territorio**. Esta obligación está ya hoy vigente para un número limitado de contaminantes, pero la nueva Ley la extiende a todos los contaminantes para los que se fijen objetivos de calidad del aire. Asimismo, la Ley refuerza de modo muy importantes la efectividad de dichos planes al considerarlos determinantes para los instrumentos de planeamiento urbanístico y de ordenación del territorio, de modo que si estos instrumentos contradicen a los planes de calidad del aire, la decisión deberá motivarse y hacerse pública.

Paralelamente establece distintos instrumentos para controlar las emisiones de actividades y productos y regula

procedimientos de inspección, así como el correspondiente régimen sancionador.

Además, como complemento de las medidas citadas incorpora otras más novedosas, ya que la lucha contra la contaminación requiere el concurso de múltiples acciones en diversos ámbitos. Por ello, la Ley contempla diferentes **instrumentos de fomento de la protección de la atmósfera** como son: acuerdos voluntarios, sistemas de gestión y auditorías ambientales, investigación, desarrollo e innovación y formación y sensibilización pública.

Enfoque integral

Por otra parte es una ley integral en la medida que se ocupa de las diferentes causas (fuentes y contaminantes) y problemas de la contaminación (de salud, ambientales y materiales).

La Ley perfecciona un instrumento de prevención ya previsto en la normativa española y europea desde hace décadas, como es el sometimiento de ciertas actividades a un régimen de intervención administrativa. Por un lado, establece un **catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera** y a partir de ahí, decide someter a aquellas categorías de actividades a un **régimen de intervención administrativa de las CCAA** en los términos que éstas determinen. Con este nuevo planteamiento la Ley responde a un enfoque integral al incluir en el catálogo todas las fuentes potenciales de contaminación.

Se establece un **sistema nacional de información, vigilancia y prevención** para que las Administraciones públicas dispongan de la información precisa para cumplir esta ley. Se asigna su coordinación al Ministerio de Medio Ambiente y se incorpora la obligación del Gobierno de establecer reglamentariamente un **Sistema de Inventario General** acorde con las directrices y criterios comunitarios e internacionales vigentes.

Tras la aprobación de la Ley se elaborará un **nuevo reglamento** que sustituya al vigente de 1975 con el fin de sistematizar y codificar las normas, evitando así la dispersión y fragmentación para poder facilitar su cumplimiento.

CONTENIDO DE LA LEY

La Ley se estructura en siete capítulos:

Capítulo I

Contiene disposiciones generales y la definición del objeto de la norma como la prevención, vigilancia y reducción de la contaminación atmosférica con el fin de evitar o aminorar los daños que de ella puedan derivarse para las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. También delimita su ámbito de aplicación a los contaminantes relacionados en el Anexo I de todas las fuentes, ya sean titularidad pública o privada, excluyendo únicamente aquellas formas de contaminación que se rigen por su normativa específica. Seguidamente se recogen las definiciones precisas para una mejor comprensión de la norma y los principios rectores que inspiran la Ley. Junto a los principios que rigen la política ambiental de la Unión Europea se subraya además la necesaria corresponsabilidad tanto de las Administraciones públicas como de las entidades de derecho público o privado y de los particulares.

Este primer capítulo incluye igualmente la distribución competencial, las obligaciones de los titulares y la indispensable cooperación y colaboración interadministrativa, así como el derecho de información del público. Por lo que se refiere a las obligaciones de los titulares, la Ley las circunscribe a titulares de instalaciones en las que se desarrollen actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, es decir dentro del conjunto de todas las fuentes de contaminación posible sólo a aquellas cuyas características pueden requerir que sean sometidas a un control y seguimiento más estricto.

Capítulo II

Aborda las disposiciones relativas a la evaluación y gestión de la calidad del aire conforme el modelo vigente en la normativa de la Comunidad Europea. En primer lugar habilita e insta al Gobierno para que, con la participación de las comunidades autónomas, fije objetivos de calidad del aire y pueda actualizar periódicamente la relación de contaminantes recogida en el Anexo I. A continuación la Ley dispone cuando y como las Comunidades Autónomas y los municipios, de acuerdo con sus competencias, deben efectuar evaluaciones de la calidad del aire en relación con los contaminantes a los que se refieren los objetivos de calidad del aire y establece que las Comunidades Autónomas zonificarán su territorio según los niveles de contaminación identificados en las evaluaciones antedichas.

A su vez, en este capítulo, se estipula que la Administración General del Estado deberá integrar las zonas para todo el territorio nacional y que la información utilizada para la zonificación deberá ser tenida en cuenta por las administraciones públicas en relación con

el urbanismo la ordenación del territorio y la tramitación de procedimientos de autorización de actividades e instalaciones.

Capítulo III

Contiene dos tipos de medidas que se enmarcan en el esquema convencional para la prevención y control de las emisiones. Por una parte se habilita al Gobierno, con la participación de las Comunidades Autónomas, para establecer valores límite de emisión para contaminantes y actividades concretas así como para fijar obligaciones específicas respecto de la fabricación, comercialización uso y gestión de productos que puedan generar contaminación atmosférica. Paralelamente se insta al uso de las mejores técnicas disponibles y al empleo de los combustibles menos contaminantes.

En segundo lugar, la Ley perfecciona un instrumento de prevención ya previsto en la normativa española y europea desde hace décadas, como lo es el sometimiento de ciertas actividades a un régimen de intervención administrativa. A diferencia de lo previsto en la Ley de Protección del Ambiente Atmosférico de 1972, en la que se establecía un catálogo que incluía exclusivamente aquellas actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera sujetas a un régimen de autorización administrativa o notificación, esta Ley arbitra un esquema con una filosofía más operativa y flexible.

Por una parte establece un catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera en el que se recogen todas aquellas fuentes cuyas emisiones antropogénicas son estimadas para elaborar el inventario nacional de emisiones a la atmósfera. A continuación, partiendo de este catálogo, la Ley especifica cuales de las categorías de actividades del mismo deben someterse a un régimen de intervención administrativa de las Comunidades Autónomas en los términos que estas determinen. Con este nuevo planteamiento la Ley responde a su enfoque integral al incluir en el catálogo todas las fuentes potenciales de contaminación.

Además, al existir una correlación entre el catálogo y el inventario nacional de emisiones, este esquema permite revisar periódicamente la relación de categorías del catálogo sometidas al régimen de intervención administrativa y decidir si conviene o no mantener las existentes, excluir alguna o incorporar otras nuevas en función de la mayor o menor contribución de las mismas a la contaminación atmosférica.

Una vez definidos tanto el catálogo como las categorías sujetas a un régimen de intervención en este capítulo también se regulan aspectos básicos del régimen, incluyendo los criterios que deben tomarse en consideración a fin de calificar la modificación de una instalación como sustancial y el procedimiento a seguir en el caso de autorizaciones de actividades que puedan tener repercusiones

sobre la calidad del aire de otra comunidad autónoma o de otro estado.

Capítulo IV

Aborda las cuestiones relativas a la planificación en sus tres vertientes; los planes para mejorar la calidad del aire y cumplir objetivos y obligaciones; la participación pública en la elaboración de dichos planes y la integración de la protección de la atmósfera en la planificación de políticas sectoriales.

En concreto esta Ley encomienda al Gobierno, con la participación de las comunidades autónomas, la elaboración de aquellos planes de ámbito nacional derivados de compromisos internacionales y comunitarios. Asimismo, encomienda a las comunidades autónomas los planes y programas para el cumplimiento de los objetivos de calidad en sus ámbitos territoriales, señalando los tipos de planes mínimos que deben adoptar y sus requisitos básicos. Dentro de los requisitos procesales se incluye la garantía de la participación pública en la elaboración y revisión de estos planes.

Paralelamente en este capítulo también se subraya la obligación que tienen las Administraciones públicas de integrar las consideraciones relativas a la protección atmosférica en la planificación de las distintas políticas sectoriales. Por último para facilitar la planificación a partir de un mejor conocimiento del estado de la contaminación y de sus efectos, y poder evaluar la eficacia de las medidas adoptadas, se insta al Ministerio de Medio Ambiente, en colaboración con las comunidades autónomas, a elaborar los indicadores que sean precisos.

Capítulo V

Está dedicado a la promoción de instrumentos de fomento de la protección de la atmósfera en el entendimiento de que la lucha contra la contaminación requiere del concurso de múltiples acciones en muy diversos ámbitos.

A tal efecto, esta Ley identifica hasta cinco ámbitos en los cuales la actuación de las Administraciones puede rendir importantes frutos y propone medidas al respecto. Concretamente los cinco ámbitos contemplados son: Instrumentos económicos y financieros, acuerdos voluntarios, sistemas de gestión y auditorías ambientales, investigación, desarrollo e innovación y formación y sensibilización pública.

Capítulo VI

Se ocupa de los aspectos relativos al control, la inspección, vigilancia y seguimiento para garantizar el cumplimiento de esta Ley. Por una parte atribuye a las Comunidades Autónomas y municipios conforme sus competencias, la responsabilidad de la adopción de las medidas de inspección necesarias y a los funcionarios que

realicen la inspección el carácter de agentes de la autoridad.

En segundo lugar, establece un sistema nacional de información, vigilancia y prevención de la contaminación atmosférica para que las Administraciones públicas dispongan de la información precisa para cumplir esta Ley, asignando su coordinación al Ministerio de Medio Ambiente y regulando cómo se abastecerá el sistema, señalando particularmente la responsabilidad del Gobierno de elaborar los inventarios nacionales de emisiones y la de establecer reglamentariamente un Sistema de Inventario Nacional acorde con las directrices y criterios comunitarios e internacionales vigentes.

En tercer lugar incluye disposiciones relativas a las estaciones, redes y otros sistemas de evaluación de la calidad del aire que deben disponer las Comunidades Autónomas y la Administración General del Estado y a la información obtenida de las mismas.

Capítulo VII

Está dedicado al régimen sancionador. Un régimen que pretende ser coherente con el enfoque integral e integrador de esta Ley, con los principios que la inspiran, en particular los de quien contamina paga y de prevención de la contaminación en la fuente y con el hecho particular de que los efectos adversos de la contaminación atmosférica sobre el ambiente atmosférico ni son en gran parte de las ocasiones reparables, ni sus causas son fácilmente identificables y cuantificables.

Consecuentemente, en el régimen sancionador de esta Ley se concede especial relevancia a los aspectos relativos a la prevención tanto en la tipificación de las sanciones, como en la graduación de las mismas. De igual modo esta preocupación por la prevención también se refleja en la inclusión de un artículo relativo a las medidas de carácter provisional, en el que se da la posibilidad al órgano competente de adoptar este tipo de medidas para impedir la continuidad en la producción del riesgo o del daño, y de otra disposición que habilita a la Administración pública competente para poder ejecutar subsidiariamente y a costa del sujeto responsable las medidas preventivas y reparadoras que deba adoptar cuando se produzca una amenaza inminente de daño o se haya producido un daño, en el caso de que el titular no adopte las medidas necesarias o estas hayan sido insuficientes para que desaparezca la amenaza, para contener o eliminar el daño o para evitar daños o efectos adversos.

En la parte final de la Ley se incluyen en primer lugar una disposición adicional primera sobre el régimen sancionador aplicable en el supuesto de comercio internacional e intracomunitario y otras tres disposiciones adicionales concernientes al régimen de intervención administrativa de actividades e instalaciones potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

La segunda excluye del régimen previsto en esta Ley aquellas categorías de actividades incluidas en el ámbito de la Ley 16/2002 de 1 de julio, de Prevención y Control Integrado de la Contaminación.

La tercera subraya la posibilidad de que el contenido de la autorización incluida en el régimen previsto en esta Ley pueda incorporarse a la autorización ambiental integrada regulada en la citada Ley 16/2002 y la cuarta contempla una restricción sobre los valores límite exigibles para conceder la autorización en el supuesto de actividades sujetas a la Ley 1/2005 de 9 de marzo por la que se regula el régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.

Por último la disposición adicional quinta se refiere a la promoción de la aplicación de medidas de prevención y reducción de la contaminación atmosférica en el marco de la contratación pública.

En esta parte final también se recoge una disposición transitoria sobre el régimen aplicable a las instalaciones existentes, una disposición derogatoria única mediante la que se derogan expresamente la Ley 38/1972 de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico y el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, aprobado por Decreto 2414/1961, y ocho disposiciones finales entre las que cabe destacar las siguientes:

La disposición final primera relativa al fundamento constitucional, en la que se señala que esta Ley se dicta al amparo de las competencias exclusivas del Estado previstas en la Constitución en materia de legislación básica sobre protección del medio ambiente.

En segundo lugar la disposición final tercera por la cual se determina que en todo lo no establecido específicamente en esta Ley sobre la información y participación del público se estará a lo dispuesto en la Ley 27/2006, de 18 de julio Reguladora de los Derechos de Acceso a la Información, de Participación Pública y de Acceso a la Justicia en Materia de Medio Ambiente.

Por último, la disposición final séptima mediante la cual además de facultar al Gobierno para efectuar el desarrollo reglamentario de esta Ley y actualizar sus anexos, se le insta a que, en el plazo de un año desde la entrada en vigor de esta Ley y previa consulta con las Comunidades Autónomas, actualice su Anexo IV relativo al catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

Bibliografía, acrónimos y abreviaturas

10

Bibliografía

- Adams et al, An assessment of the economic effects of ozone on US agriculture. *Journal of the air pollution control association*, 1985; 35: 938-943.
- AEA Technology Environment, CAFE Programme, Clean Air For Europe (CAFE) Cost Benefit Analysis (CBA): Baseline Analysis 2000 to 2020, United Kingdom, 2005.
- AEA Technology Environment. Damages per tonne emission of PM_{2.5}, NH₃, NO_x and VOCs from each EU25 Member state (excluding Cyprus) and surrounding seas. 2005.
- AEA Technology Environment. Methodology for the cost benefit analysis for CAFÉ: Volume 1: Overview of Methodology. 2005
- AEA Technology Environment. Economic valuation of air quality limits for CO and benzene. Contract report for European Commission DG XI. 1999.
- AEMA, 2003. Europe's environment: the third assessment, EEA Assessment Report, Nº 10, EEA Copenhagen.
- AEMA 2004a. Exploring the ancillary benefits of the Kyoto Protocol for air pollution in Europe. EEA Technical Report, Nº 93, EEA Copenhagen.
- AEMA 2004b. Air pollution and climate change policies in Europe: exploring linkages and the added value of an integrated approach. EEA Technical Report, Nº 5/2004, EEA Copenhagen.
- AEMA 2005a. Climate change and a European low-carbon energy system. EEA Report, Nº 1/2005, EEA Copenhagen.
- AEMA 2006. Air pollution at street level in European cities. EEA Technical Report, Nº 1/2006, EEA Copenhagen.
- AEMA 2006. Energy and environment in the European Union. Tracking progress towards integration. EEA Report, Nº 8/2006, EEA Copenhagen.
- AEMA. Air quality and ancillary benefits of climate change policies. EEA Technical Report 4/2006. EEA, Copenhagen. 2006.
- AEMA. La Contaminación atmosférica en Europa 1990-2000. Ed. Ministerio de Medio Ambiente. 2005.
- AEMA. Calidad del aire en Europa. Situación actual y tendencias 1990-99. Ed. Ministerio de Medio Ambiente. 2005.
- AEMA. Perspectivas del medio ambiente europeo. Ed. Ministerio de Medio Ambiente. 2007.
- AEMA. Medio ambiente en Europa. Tercera Evaluación. Informe de Evaluación Ambiental. Ed. Ministerio de Medio Ambiente. 2004.
- AEMA & La Oficina Regional para Europa (OMS). Salud Infantil y medio ambiente. Un examen factico. Ed. Ministerio de Medio Ambiente. 2006.
- Alonso Fustel E, Martínez Rueda T, Cambra Contin K, Lopez Carrasco L, Boldo Air pollution and cardiovascular admissions in Spain: results within the EMECAS project, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2006; 60:328-336.
- Amann M, Derwent R, Forsberg B et al, Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution, WHO, Copenhagen, 2006, 99 pp.
- APHEIS 3, Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy, Third Year Report 2002-2003, July 2004, Available in: <http://www.apheis.net/vfbisnvsApheis.pdf>
- Artazcoz Lazcano L, Medina S. Evaluación en cinco ciudades españolas del impacto en salud de la contaminación atmosférica por partículas, Proyecto Europeo APHEIS. *Rev Esp Salud Publica*, 2005 Mar-Apr;79(2):297-308.
- Asher MI, Montefort S, Bjorksten B, Lai CK, Strachan DP, Weiland SK, Williams H, 2006, Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood: ISAAC Phases One and Three repeat multicountry cross-sectional surveys, *Lancet* 368:733-43.
- Atkinson, R,W,, Ross, A,H,, Sunyer, J,, Ayres, J,, Baccini, M,, Vonk, J,M,, Boumghar, A,, Forastiere, F,, Forsberg, B,, Touloumi, G,, Schwartz, J,, and Katsouyanni, K, (2001) Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions, Results from APHEA2
- Azqueta, D. Valoración económica de la calidad ambiental. 1996. Mc Graw-Hill.
- Baarsma, B. Lambooy, J. G.. Valuation of externalities through non-classical methods by including institutional variables. *Transportation research part D*, 2005;10: 459-475.
- Ballester F, Air pollution and health: an introduction, En P, Nicolopoulou-Stamati et al, (eds), *Environmental Health Impacts of Transport and Mobility*, 37-40, 2005 Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Ballester F, Díaz J, Moreno JM, Cambio climático y salud pública: escenarios después de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto, *Gac Sanit*, 2006;20(Supl 1):160-174.
- Ballester F, en representación del grupo APHEIS, La evaluación del impacto en salud de la contaminación atmosférica, *Revista de Salud Ambiental*, 2003; 3:102-107.
- Ballester F, Iñiguez C, Perez-Hoyos S, Tenias JM, Contaminación atmosférica por partículas y salud en Valencia 1994-1996, *Gac Sanit*, 2002;16(6):464-79.
- Ballester F, Iñiguez C, Saez M, Pérez-Hoyos S, Daponte A, Ordóñez JM, et al, Relación a corto plazo de la contaminación atmosférica y la mortalidad en trece ciudades españolas, *Med Clin* 2003;121(18):684-9.
- Ballester F, Rodríguez P, Iñiguez C, Sáez M, Daponte A, Galan I, et al, Air pollution and cardiovascular admissions in Spain: results within the EMECAS project. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2006; 60:328-336
- Ballester F, Saez M, Daponte A, Ordóñez JM, Taracido M, Cambra K, Arribas F, El proyecto EMECAS: protocolo del estudio multicéntrico en España de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud. *Rev Esp Salud Publica*. 2005;79:229-42.
- Ballester F, Vigilancia de los riesgos ambientales en salud pública, El caso de la contaminación atmosférica, *Gac Sanit*, 2005;19:253-7.
- Ballester F, X Querol, J Sunyer, S Medina, J Baldasano y participantes del Taller AIRNET Barcelona, Situación actual, prioridades de actuación y necesidades de investigación en contaminación atmosférica y salud en España: Conclusiones del Taller AIRNET de Barcelona, *Gaceta Sanitaria* 2007;21(1):70-5
- Biggeri, A., Bellini, P., and Terracini, B. (eds) (2001) Meta-analysis of the Italian Studies on Short-term Effects of Air Pollution, *Epidemiologia & Prevenzione* 25 (Suppl.), 1-72.
- Brunekreef, B, and Holgate, S, T, air pollution and health, *The Lancet*, 2005; 360, 1233-1242.
- Clancy L, Goodman P, Sinclair H et al, Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study, *Lancet* 2002; 360 (9341): 1210-1214.
- Comisión de las Comunidades Europeas. Estrategia temática sobre contaminación atmosférica. COM (2005) 446 final.
- Comisión de las Comunidades Europeas. Estrategia europea del medio ambiente y salud. COM (2003) 338 final.
- Consumer Product Safety Commission, American Medical Association, Environmental Protection Agency and the American Lung Association. *Indoor Air Pollution: Introduction for Health Professionals* Disponible en <http://www.cpsc.gov/cpsc/pub/pubs/455.html>
- Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air.
- Cristóbal, A. Por la salud y el Medio Ambiente. Estrategia Temática Europea sobre contaminación atmosférica. *Ambienta* Nº 56, Noviembre 2006.
- Delucchi, M. A., Murphy, J. J., McCubbin, D. R. The health and visibility cost of air pollution: a comparison of estimation methods. *Journal of Environmental Management*, 2001; 64: 139-152.

44. Diaz J, Garcia R, Ribera P, Alberdi JC, Hernandez E, Pajares MS, Otero A, Modeling of air pollution and its relationship with mortality and morbidity in Madrid, Spain, *Int Arch Occup Environ Health*, 1999;72(6):366-76.
45. Dominici, F., McDermott, A., Daniels, M., Zeger, S.L., and Samet, J.M. A Report to the Health Effects Institute: Reanalyses of the NMMAPS Database, 2002 Departments of Biostatistics and Epidemiology, Bloomberg school of Public Health, Baltimore, MD, USA.
46. Dye, J.A., Lehmann, J.R., McGee, J.K., Winsett, D.W., Ledbetter, A.D., Everitt, J.I., Ghio, A.J., and Costa, D.L., Acute pulmonary toxicity of particulate matter filter extracts in rats: coherence with epidemiologic studies in Utah Valley residents, *Environ. Health Perspect*, 2001; 109 (Suppl. 3), 395-403.
47. Echagüe Menéndez de Vigo, E. Una ley necesaria y añorada ante un problema de envergadura: la salud del hombre a través de la salud del aire. *Ambienta*. N° 63. Febrero de 2007
48. Elena Bol Boldo, Sylvia Medina, Alain Le Tertre, Fintan Hurley, Hans-Guido Mücke, Ferrán Ballester, Inmaculada Aguilera, Daniel Eilstein on behalf of the Apehis group, APHEIS: Health Impact Assessment of long-term exposure to PM_{2,5} in 23 European cities, *European Journal of Epidemiology* 2006; DOI 10.1007/s10654-006-9014-0.
49. EMECAS, El proyecto EMECAS: Estudio español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad, *Revista Española de Salud Pública* 1999; 73: 165-314.
50. Esplugues A, Fernández-Patier R, Aguilera I, Iñiguez C, García-Dos Santos S, Aguirre A, Lacasaña M, Estarlich M, Grimalt JO, Fernández M, Rebagliato M, Sala M, Tardón A, Torrent M, Martínez MD, Ribas-Fitó N, Sunyer J, Ballester F. :Exposición a contaminantes atmosféricos durante el embarazo y desarrollo pre y neonatal: Protocolo de investigación en el proyecto INMA (Infancia y Medio Ambiente), *Gaceta Sanitaria* (en prensa).
51. European Commission DGXXII. Science, Research and Development JOULE: Externalities of Energy., "Externe" Project, 1995a. Volumen 2. Methodology.
52. European Environment Agency. The European Environment. State and outlook, 2005.
53. Ezzati M, Kammen DM. The health impacts of exposure to indoor air pollution from solid fuels in developing countries: knowledge, gaps, and data needs. *Environ Health Perspect*. 2002 Nov;110(11):1057-68.
54. Ezzati M, Utzinger J, Cairncross S, Cohen AJ, Singer BH. Environmental risks in the developing world: exposure indicators for evaluating interventions, programmes, and policies. *J Epidemiol Community Health*. 2005 Jan;59(1):15-22.
55. Ferran Ballester. Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud. *Revista Española de Salud Pública* nº2 Marzo-abril, 2005.
56. Ferran Ballester, J. Diaz, J. M. Moreno. Cambio climático y salud pública: escenarios después de la entrada en vigor del protocolo de Kyoto. *En Gaceta Sanitaria* (supl 1) (160-174).
57. Galán I, Tobias A, Banegas JR, Aranguez E, Short-term effects of air pollution on daily asthma emergency room admissions, *Eur Respir J*, 2003 ;22(5):802-8,
58. García-Aymerich J, Tobias A, Anto JM, Sunyer J, Air pollution and mortality in a cohort of patients with chronic obstructive pulmonary disease: a time series analysis, *J Epidemiol Community Health*, 2000; 54(1):73-4.
59. Goedkoop, M., Spriensma, R. (1999) The eco-indicator 99. A damage oriented method for life cycle impact assessment. Methodology report, Pré Consultants B. V., 1999.
60. Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J, Samoli E, Medina S, Anderson HR, Niciu EM, Wichmann HE, Kriz B, Kosnik M, Skorkovskiy J, Vonk JM, Dordbuck Acute effects of ozone on mortality from the "air pollution and health: a European approach" project, *Am J Respir Crit Care Med*, 2004 Nov 15;170(10):1080-7, Epub 2004 Jul 28,Z.
61. Hedley, A.J., Wong, C.M., Thach, T.Q., Ma, S., Lam, T.H., and Anderson, H.R. Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulphur content of fuel in Hong Kong: an intervention study, *The Lancet* 2002: 360, 1646-1652.
62. Holland et al, (2002). Economic assessment of crop yield losses from ozone exposure. Contract EPG 1/3/170, UK Natural Environmental Research Council, as a contribution to the UNECE International Cooperative Programme on Vegetation http://www.airquality.co.uk/archive/reports/cat10/final_oxone_ecoon_report_ver2.pdf
63. ICP /MM (2004). Mapping manual revision. United Nations Economic Commission for Europe, ICP Mapping and Modelling. <http://www.oekodata.com/icpmapping/html7manual.html>
64. ICP Materials (2003). Dose-response functions. http://www.corr-institute.se/ICP-materials/html/dose_response.html
65. ISCIII. La situación del Cancer en España, 2005. Ministerio de sanidad y consumo.
66. ISCIII. Cancer en cifras. Mortalidad por cancer y otras causas <http://193.146.50.130/morta/grafs.php#grafs>
67. Katsouyanni, K., Touloumi, G., Samoli, E, Gryparis, A., Le Tertre, A, Monopolis, Y, Rossi, G, Zmirou, D, Ballester, F, Boumghar, A, Anderson, H,R, Wojtyniak, B., Paldy, A, Braunstein, R, Pekkanen, J, Schindler, C, and Schwartz, J, 2001; Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 Project, *Epidemiology* 12, 521-531.
68. Katsouyanni, K., Touloumi, G., Spix, C., Schwartz, J., Balducci, F., Medina, S., Rossi, G., Wojtyniak, B., Sunyer, J., Bacharova, L., Schouten, J.P. Pönkä, A., and Anderson, H,R, 1997 Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project, *Air pollution and health: a European approach*, *British Medical Journal* 314, 1658-1663.
69. Krzyzanowski M, Kuna-Dibbert B, Schneider J et al, Health effects of transport-related air pollution, WHO, Copenhagen, 2005, 190 pp.
70. Kwak, S., Yoo, S., Kim, T. 2001. A constructive approach to air quality in Korea. *Ecological Economics*, 2001; 38, Pp. 327-344.
71. Le Tertre, A, Medina, S., Samoli, E., Forsberg, B., Michelozzi, P., Boumghar, A., Vonk, J,M., Bellini, A., Atkinson, R., Ayres, J,G., Sunyer, J., Schwartz, J., and Katsouyanni, K, (2002) Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities, *Journal of Epidemiology and Community Health* 56, 773-779.
72. López-Abente G, Ramis R, Pollán et al. Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España, 1989-1998. ISCIII. 2006
73. Ministerio de Medio Ambiente. Calidad del aire Ambiente en España (1990-1999). Ed. Ministerio de Medio Ambiente. 2003
74. Monzón, A. Guerrero, M. J. 2004. Valuation of social and health effects of transport-related air pollution in Madrid (Spain). *Science of the Total Environment*, 2004; 334-335, Pp. 427-434.
75. Mott, J.A., Wolfe, M.I., Alverson, C.J., Macdonald, S.C., Bailey, C.R., Ball, L.B., Moorman, J.E., Somers, J.H., Mannino, D.M., and Redd, S.C. National vehicle emissions policies and practices and declining US carbon monoxide-related mortality, *Journal of American Medical Association*, 2002; 88, 988-995.
76. Myers I, Maynard RL. Polluted air -outdoors and indoors. *Occup Med (Lond)*. 2005 Sep;55(6):432-8.
77. Navrud, S. and R. Ready, eds. 2002. Valuing cultural heritage. Applying environmental valuation techniques to historical buildings and monuments. Edward Elgar Publishing UK.
78. Olszyk et al., Crop loss assessment for California. Modelling losses with different ozone standard scenarios. *Environmental Pollution*, 1988; 53, Pp.303-311.
79. Ostro B, Outdoor air pollution, Assessing the environmental burden of disease at national and local levels, World Health Organization; Geneva, 2004.

BIBLIOGRAFÍA

80. Ostro, B.D., Chestnut, L.G., Mills, D.M., and Watkins, A.M. (1999) in S.T. Holgate, J.M. Samet, H. Koren, and R.L. Maynard (eds), *Air Pollution and Health*, Academic Press, San Diego, California, pp. 899-915.
81. Pascua E, Zorrilla Torras B, Daponte Codina A, Aguilera Jimenez I, Toro Cardenas Perez-Hoyos S, Barcelo MA, Ocana R, Aranguiz E; EMECAS. El proyecto EMECAS: protocolo del estudio multicéntrico en España de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud. *Rev Esp Salud Publica*, 2005 Mar-Apr; 79(2):229-42.
82. Pope CA, Dockery DW. Epidemiology of Particles Effects. In: Holgate ST, Samet JM, Koren H, Maynard RL, editors. *Air Pollution and Health*. San Diego, California: Academic Press, 1999: 673-705.
83. Pope, C.A. Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: biologic mechanisms and who's at risk? *Environ. Health Perspect.* 2000; 108 (Suppl. 4), 713-723.
84. Pope, C.A. Particulate pollution and health: a review of the Utah valley experience, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 1996; 6, 23-34.
85. Pope, C.A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K., and Thurston, G.D. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution, *Journal of American Medical Association*, 2002; 287, 1132-1141.
86. Powe, N. A., Willis, K. G. Mortality and morbidity benefits of air pollution (SO₂ and PM₁₀) absorption attributable to woodland in Britain. *Journal of Environmental Management*, 2004; 70,119-128.
87. Quénel P. Surveillance de Santé Publique et Environnement. *Rev Epidemiol Santé Publique*. 1995; 43:412-22.
88. Querol X, Alastuey A, Moreno T, et al, Material particulado en España: niveles, composición y contribución de fuentes, Ministerio de Medio Ambiente e Instituto Jaume Almera del CSIC, 2006.
89. Ready, R. et al. Benefit transfer in Europe: how reliable are transfers across countries?. *Environmental & Resources Economics* 2004; 29, 67-82.
90. Ribas N, Ramón R, Ballester F, Marco A, Rebagliato M et al, *Environment and Child's Health: The INMA Spanish Study*, Paediatr and Perinat Epidemiol 2006; 20:413-420.
91. Roch, Fernando, (2002) "Rastros de la Razón: Revisión crítica de la construcción de la disciplina urbanística". Boletín CF+S, número 24, <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n24/afroc.html> (también en ARENILLAS, et al. (2003) *Ecología y Ciudad: Raíces de nuestros males y modos de tratarlos*. El Viejo Topo, Barcelona).
92. Rubio de Urquía, J. Proyecto de la Ley de calidad del aire y protección atmosférica. *Ambienta*. Nº 63, Febrero de 2000.
93. S, Iniguez Hernandez C, Ballester Diez F, Garcia Garcia F, Plasencia Taradach A, Saez M, Figueiras A, Ballester F, Perez-Hoyos S, Ocana R, Tobias A. Comparing meta-analysis and ecological-longitudinal analysis in time-series studies, A case study of the effects of air pollution on mortality in three Spanish cities, *J Epidemiol Community Health*, 2001 Jun;55(6):423-32.
94. Saez, M., Ballester, F., Barceló, M.A., Perez-Hoyos, S., Tenias, J.M., Bellido, J., Ocaña, R., Figueiras, A., Arribas, F., Aragonés, N., Tobías, A., Cirera, I., Cañada, A.M., on behalf of the EMECAS group, A combined analysis of the short-term effects of photochemical air pollutants on mortality within the EMECAM project, *Environmental Health Perspectives* 2002;110, 221-8.
95. Samet JM, Spengler JD. Indoor environments and health: moving into the 21st century. *Am J Public Health*. 2003 Sep;93(9):1489-93.
96. Samet, J.M., Dominici, F., Curriero, F.C., Coursac, I., and Zeger, S. (2000) Fine Particulate Air Pollution and Mortality in 20 U.S. Cities, 1987-1994, *New England Journal of Medicine* 343, 1742-1749.
97. Samoli E, Aga E, Touloumi G, Nisiotis K, Forsberg B, Lefranc A, Pekkanen J, Wojtyniak B, Schindler C, Niciu E, Brunstein R, Dodik Fikfak M, Schwartz J, Katsouyanni K, Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality: an analysis within the APHEA project, *Eur Respir J*, 2006 Jun;27(6):1129-38, Epub 2006 Mar 15
98. Schwartz J, Ballester F, Saez M, Perez-Hoyos S, Bellido J, Cambra K, Arribas F, Canada A, Perez-Boillos MJ, Sunyer J, The concentration-response relation between air pollution and daily deaths, *Environ Health Perspect*, 2001;109(10):1001-6.
99. Shortle et al., Economic assessment of crop damage due to air pollution: The role of quality effects. Staff paper 118. Department of Agricultural Economics, Pennsylvania State University, State College, PA. 1986
100. Smith KR, Samet JM, Romieu I, Bruce N. Indoor air pollution in developing countries and acute lower respiratory infections in children. *Thorax*. 2000 Jun;55(6):518-32.
101. D.M., Judek, S., and Burnett, R.T. Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: effects of gases and particles and the influence of cause of death, age, and season, *Journal of Air and Waste Management Association* 2002; 52, 470-484.
102. Sunyer J, Atkinson R, Ballester F, Le Tertre A, Ayres JG, Forastiere F et al, Respiratory effects of sulphur dioxide: a hierarchical multicity analysis in the APHEA 2 study, *Occup Environ Med* 2003; 60(8):e2.
103. Sunyer J, Ballester F, Tertre AL, Atkinson R, Ayres JG, Forastiere F et al, The association of daily sulfur dioxide air pollution levels with hospital admissions for cardiovascular diseases in Europe (The Aphea-II study), *Eur Heart J* 2003; 24(8):752-760.
104. Sunyer J, Basagana X, Particles, and not gases, are associated with the risk of death in patients with chronic obstructive pulmonary disease, *Int J Epidemiol*, 2001;30(5):1138-40.
105. Tenias JM, Ballester F, Perez-Hoyos S, Rivera ML, Air pollution and hospital emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Valencia, Spain, *Arch Environ Health*, 2002; 57(1):41-7.
106. Thacker SB, Stroup DF, Parrish G, Anderson HA. Surveillance in Environmental Public Health: Issues, Systems, and Sources. *Am J Epidemiol* 1996; 86:633-8.
107. Valent F, Little D, Bertollini R, Nemer LE, Barbone F, Tamburini G, Burden of disease attributable to selected environmental factors and injury among children and adolescents in Europe, *Lancet*, 2004 Jun 19;363(9426):2032-9.
108. Van der Eerden et al. Cross loss due to air pollution in the Netherlands. *Environmental Pollution*, 1988 ; 53, 365-376.
109. Vargas Marcos F. Gallego Pulgarin I 2005 Calidad del aire interior. *Rev Esp Salud Publica*. Mar-Apr;79(2):243-51.
110. Welsch, H. Environment and happiness: valuation of air pollution using life satisfaction data. *Ecological Economics*, 2006; 58, 801-813.
111. WHO. The effects of air pollution on children's health and development: a review of the evidence, Executive Summary 2004, Available in: <http://www.euro.who.int/document/EHC/exec-sum.pdf>
112. WHO, OMM & PNUMA Cambio climático y salud humana. Riesgos y Respuestas. Resumen.
113. WHO. Indoor air pollution and health. Fact sheet nº 292. 2005. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/print.html>.
114. Yasmin Von Schirring. Health in Sustainable Development Planning: the role of Indicators. OMS, Genova, 2002

Acrónimos y abreviaturas

AEMA. Agencia Europea de Medio Ambiente

AIRNET. Red Europea sobre Contaminación Atmosférica y Salud

AOT 40. Suma de la diferencia entre las concentraciones horarias de ozono en la baja atmósfera superiores a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (=40 partes por mil millones) y $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante las horas de luz natural acumuladas de mayo a julio cada año.

APHEA. Air Pollution and Health: an European Approach

APHEIS. Air Pollution and Health: a European Information System

As. Arsénico

ASK-IT. Ambient Intelligence System of Agents for knowledge based and Integrated Services for Mobility Impaired Users

BAT. Best Available Technologies

BSC-CNS. Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación

CAFE. Clean Air for Europe

CAM. Comunidad Autónoma de Madrid

CAPV. Comunidad Autónoma del País Vasco

CCAA. Comunidades Autónomas

CE. Comisión Europea

CERM. Consejo europeo de municipios y regiones

CESVIMA. Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid

CH₄. Metano

Cd. Cadmio

CITEAIR. Common Information to European Air

CIVITAS. Clty VITAlity Sustainability

CLC. Corine Land Cover

CLRTAP. Convenio sobre contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia

CMAQ. Community Multiscale Air Quality Modelling System

CO. Monóxido de carbono

CO₂. Dióxido de carbono

COP. Compuestos orgánicos persistentes

COV. Compuestos orgánicos volátiles

COVNM. Compuestos orgánicos volátiles no metánicos

Cr. Cromo

CSIC. Consejo Superior de Investigaciones científicas

CUIS. Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems

DAP. Disposición a pagar

EDS-UE. Estrategia de la Unión Europea para un Desarrollo Sostenible

EEA. European Environment Agency

EEUU. Estados Unidos

EIS. Evaluaciones de Impacto en la Salud

ELTIS. European Local Transport Information Service

EMECAS. Estudio Multicéntrico sobre los Efectos de la Contaminación Atmosférica en España

EMEP. Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air pollutants in Europe

EMEP/CORINAIR. Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air pollutants in Europe / European Air Emission Programme of the EEA

EMIMO. Emision Model

ENHIS. Environment and Health Information System

EPA. Environmental Protection Agency

EPER. Registro Estatal de Emisiones y Fuerzas Contaminantes

EPOC. Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

EPOMM. Plataforma europea de gestión de la movilidad

ERTRAC. European Road Transport Advisory Council

ETBE. Compuesto a partes iguales por etanol y un derivado del petróleo, el isobutileno

EURFORUM. Plataforma del transporte urbano

EXTERNE. Externalidades de la Energía

FEMP. Federación Española de Municipios y Provincias

FPEIR. Fuerzas motrices-Presiones-Estado-Impacto-Respuestas

GEI. Gases de efecto invernadero

GMES. Global Monitoring for Environment and Security

GMSMA-FI-UPM. Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid

HAP. Hidrocarburos aromáticos policíclicos

HCL. Ácido Clorhídrico

HCN. Cianuro de Hidrógeno	Pb. Plomo
HF. Ácido Fluorhídrico	PCB. Policlorobifenilos
Hg. Mercurio	PDU. Plan de Déplacements Urbains
HN. Humos Negros	PEIT. Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte
ICLEI. International Council for Local Environmental Initiatives	PIB. Producto Interior Bruto
IDAE. Instituto de Diversificación y Ahorro Energético	PITC. Plan de Infraestructuras del Transporte de Cataluña
IGN. Instituto Geográfico Nacional	PLU. Plan Local de Urbanismo
IMSP. Instituto Municipal de Salud Pública de Barcelona	PM. Material particulado
INVS. Instituto Nacional de Salud Pública de Francia	PM₁₀. Partículas en suspensión secundarias menores de 10 micras
IPPC. Intergovernmental Panel on Climate Change	PM_{2.5}. Partículas en suspensión secundarias menores de 2,5 micras
IVA. Impuesto sobre el Valor Añadido	PNRE-GIC. Plan Nacional Español de Reducción de Emisiones de las Grandes Instalaciones de Combustión
Km. kilómetros	PREDIT. Programa Nacional de Investigación e Innovación en los Transportes Terrestres
Kt. kilotoneladas	PSU/NCAR, US. National Center for Atmospheric Research de la Pennsylvania State University
Ln. logaritmo neperiano	PTP. Promoción del Transporte Público
LTA. Local Transport Authorities	PUM. Planes urbanos de movilidad
LTP. Local Transport Plans	PUT. Planes Urbanos de Tráfico
lv-mot. Las concentraciones se encuentran, en una ó más ubicaciones, entre el valor límite y el valor límite + margen de tolerancia.	SAE. Sistema de Ayuda a la Explotación
m³. metro cúbico	SNAP. Selected Nomenclature for Air Pollution
MMA. Ministerio de Medio Ambiente	SNUP. Suelo Urbanizable No Programado
MRP. Máxima Reducción Posible	SO₂. Dióxido de azufre
MTFR. Maximum Technically Feasible Reductions	t. Toneladas
NH₃. Amoniaco	UE. Unión Europea
NICHES. New and Innovative Concepts for helping European transport sustainability	UE-15. Unión Europea de los quince
Ni. Níquel	UNI-ACCESS. Diseño de Sistemas Accesibilidad Universal para el transporte Público
Nm. Nanómetro	UPM. Universidad Politécnica de Madrid
NMMAPS. National Mortality and Morbidity Air Pollution Study	WRF. Weather Research and Forecasting
NO₂. Dióxido de nitrógeno	↑ lv. Las concentraciones se encuentran, en una ó más ubicaciones, por encima del valor límite
NO_x. Óxidos de nitrógeno	↓ lv. Las concentraciones se encuentran siempre por debajo o son iguales que ell valor límite establecido
O₃. Ozono	↑ mot. Las concentraciones se encuentran, en una o más ubicaciones, por encima del valor del límite más el margen de la tolerancia
OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico	µg. Microgramos
OMM. Observatorio de la Movilidad Metropolitana	
OMS. Organización Mundial de la Salud	
OPANA. Operational Atmospheric Numerical Pollution Model for Urban and Regional Areas	

Índice figuras

- Figura 1.** Calidad del aire en el medio urbano. Esquema FPEIR.
- Figura 2.** Valor límite anual para el dióxido de nitrógeno (NO₂).
- Figura 3.** Valor límite anual para las partículas menores de diez micras (PM₁₀).
- Figura 4.** Valor límite anual para las partículas menores de 2,5 micras (PM_{2,5}).
- Figura 5.** Umbrales de información y alerta de ozono (O₃).
- Figura 6.** Valor objetivo del ozono troposférico (O₃).
- Figura 7.** Exposición Media de una persona a lo largo de un día de trabajo.
- Figura 8.** Niveles medios de PM₁₀ para las 23 ciudades europeas (2000-2001).
- Figura 9.** Número de muertes prevenibles por la reducción de niveles de PM_{2,5} al año entre la población de más de 30 años para las 23 ciudades europeas.
- Figura 10.** Número de muertes evitables al año por la reducción de niveles de PM_{2,5} entre la población de más de 30 años en 4 ciudades españolas (Barcelona, Bilbao, Madrid, Sevilla).
- Figura 11.** Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de NO₂. Año 2005.
- Figura 12.** Municipios españoles que superan el valor límite horario (18 horas/año en que se superan 200 µg/m³) de NO₂. Año 2005.
- Figura 13.** Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de PM₁₀. Año 2005.
- Figura 14.** Municipios españoles que superan el valor límite diario (35 días/año en que se superan 50 µg/m³) de PM₁₀. Año 2005.
- Figura 15.** Niveles medios anuales de PM₁₀ y PM_{2,5} registrados en diferentes emplazamientos rurales, urbanos e industriales de España desde 2000 a 2006, utilizando el método de referencia de la CE.
- Figura 16.** Municipios españoles que superan el valor objetivo de la concentración media octohoraria (25 días/año en que se superan 120 µg/m³) de O₃. Año 2005.
- Figura 17.** Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, 40 µg/m³ de PM₁₀, en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 18.** Nº de días en que se supera la concentración de 50 µg/m³ de partículas (PM₁₀) en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 19.** Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, 40 µg/m³ de NO₂, en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 20.** Nº de horas en que se supera la concentración de 200 µg/m³ de NO₂ en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 21.** Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, 40 µg/m³ de NO₂, en las grandes ciudades españolas. Evolución 1995-2005.
- Figura 22.** Nº de días en que se supera la concentración octohoraria de 120 µg/m³ de O₃ en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 23.** Nº de días en que se supera la concentración de 10 µg/m³ de CO en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 24.** Nº de días en que se supera la concentración de 125 µg/m³ de SO₂ en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 25.** Ciclo anual de concentración de CO.
- Figura 26.** Ciclo anual de concentración de NO₂.
- Figura 27.** Ciclo anual de concentración de SO₂.
- Figura 28.** Ciclo anual de concentración de O₃.
- Figura 29.** Ciclo anual de concentración de PM₁₀.
- Figura 30.** Ciclo anual de concentración de PM_{2,5}.
- Figura 31.** Concentración media anual de dióxido de nitrógeno (NO₂).
- Figura 32.** Concentración media anual de partículas menores de 10 micras (PM₁₀).
- Figura 33.** Concentración media anual de partículas menores de 2,5 micras (PM_{2,5}).
- Figura 34.** Concentración media anual de ozono (O₃).
- Figura 35.** Concentración media anual de dióxido de azufre (SO₂).
- Figura 36.** Índice de afección de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para NO₂.
- Figura 37.** Índice de afección de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para PM_{2,5}.
- Figura 38.** Índice de afección de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para PM₁₀.
- Figura 39.** Índice de afección de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para Ozono.
- Figura 40.** Concentración media anual de NO₂ en µg/m³ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.
- Figura 41.** Concentración media anual de PM₁₀ en µg/m³ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.
- Figura 42.** Concentración media anual de O₃ en µg/m³ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.
- Figura 43.** MAPA DE EUROPA DE LOS NIVELES DE PM₁₀. Media anual en (mg/m³) en relación con la concentración de la población en el año 2005.
- Figura 44.** Contribución de los sectores económicos al total de emisiones de España en 2005 y UE 1999* de los contaminantes considerados (%).

- Figura 45.** Distribución espacial de las superficies artificiales en España, 2000.
- Figura 46.** Porcentaje de incremento de superficie urbana discontinua según tipo de área urbana. 1987-2000.
- Figura 47.** Concentraciones de NO₂ y aumento de superficie artificial en la Comunidad de Madrid.
- Figura 48.** Concentraciones de ozono y aumento de superficie artificial en la Comunidad de Madrid.
- Figura 49.** Concentraciones de partículas y aumento de superficie artificial en la Comunidad de Madrid.
- Figura 50.** Estimación de las emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno (NO₂, mol/h) en la Península Ibérica.
- Figura 51.** Tiempo de desplazamiento por persona y día en función del tamaño de los municipios. Año 2003.
- Figura 52.** Evolución del número de turismos. 1997-2005.
- Figura 53.** Evolución del tráfico de vehículos. Millones de vehículos-km. 1997-2005.
- Figura 54.** Nº de turismos en las áreas metropolitanas de Barcelona y Madrid. Año 2005.
- Figura 2.1.** Calidad del aire en el medio urbano. Esquema FPEIR.
- Figura 2.2.** Estructura del modelo de emisiones HERMES desarrollado en el BSC-CNS.
- Figura 2.3.** Modelo de Evaluación de Impacto en la Salud para cuantificar la carga de enfermedad atribuible a la contaminación atmosférica.
- Figura 2.4.** Evolución de las emisiones de SO₂ en España (kt). 1990-2005.
- Figura 2.5.** Reducción de las emisiones de SO₂ en España en las principales fuentes productoras (Unidad: Adimensional. Índice año base (1990) = 100). 1990-2005.
- Figura 2.6.** Evolución de las emisiones totales de NO_x en España (kt/año). 1990-2005.
- Figura 2.7.** Evolución de las emisiones de NO_x en España en las principales fuentes productoras. Índice año base (1990) = 100. 1990-2005.
- Figura 2.8.** Evolución de las emisiones totales de COVNM y CH₄ en España (kt/año). 1990-2005
- Figura 2.9.** Evolución de las emisiones de CONMV y CH₄ en España en las principales fuentes productoras (Unidad: Adimensional. Índice año base (1990) = 100). 1990-2005.
- Figura 2.10.** Evolución de las emisiones totales de CO en España (kt/año). 1990-2005.
- Figura 2.11.** Evolución de las emisiones de CO en España en las principales fuentes productoras (Unidad: Adimensional. Índice año base (1990) = 100). 1990-2005.
- Figura 3.1.** Factores que determinan las concentraciones de contaminantes sobre la superficie.
- Figura 3.2.** Nº de días en que se supera la concentración de 125 µg/m³ de SO₂ en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 3.3.** Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, 40 µg/m³ de PM₁₀, en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 3.4.** Nº de días en que se supera la concentración de 50 µg/m³ de partículas (PM₁₀) en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 3.5.** Nº de horas en que se supera la concentración de 200 µg/m³ de NO₂ en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 3.6.** Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, 40 µg/m³ de NO₂, en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 3.7.** Nº de días en que se supera la concentración octohoraria de 120 µg/m³ de O₃ en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 3.8.** Nº de días en que se supera la concentración de 10 µg/m³ de CO en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.
- Figura 3.9.** Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de NO₂. Año 2005.
- Figura 3.10.** Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de NO₂. Media 2001-2005.
- Figura 3.11.** Municipios españoles que superan el valor límite horario (18 horas/año en que se superan 200 µg/m³) de NO₂. Año 2005.
- Figura 3.12.** Municipios españoles que superan el valor límite horario (18 horas/año en que se superan 200 µg/m³) de NO₂. Media 2001-2005.
- Figura 3.13.** Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de PM₁₀. Año 2005.
- Figura 3.14.** Municipios españoles que superan el valor límite de concentración media anual (40 µg/m³) de PM₁₀. Media 2001-2005.
- Figura 3.15.** Municipios españoles que superan el valor límite diario (35 días/año en que se superan 50 µg/m³) de PM₁₀. Año 2005.
- Figura 3.16.** Municipios españoles que superan el valor límite diario (35 días/año en que se superan 50 µg/m³) de PM₁₀. Media 2001-2005.
- Figura 3.17.** Municipios españoles que superan el valor límite diario (3 días/año en que se superan 125 µg/m³) de SO₂. Año 2005.
- Figura 3.18.** Municipios españoles que superan el valor límite diario (3 días/año en que se superan 125 µg/m³) de SO₂. Media 2001- 2005.
- Figura 3.19.** Municipios españoles que superan el valor objetivo de la concentración media octohoraria (25 días/año en que se superan 120 µg/m³) de O₃. Año 2005.
- Figura 3.20.** Municipios españoles que superan el valor objetivo de la concentración media octohoraria (25 días/año en que se superan 120 µg/m³) de O₃. Media 2001- 2005.
- Figura 3.21.** Concentración media anual de dióxido de nitrógeno (NO₂)
- Figura 3.22.** Concentración media anual de partículas menores de 10 micras (PM₁₀)
- Figura 3.23.** Concentración media anual de partículas menores de 2,5 micras (PM_{2,5})
- Figura 3.24.** Concentración media anual de ozono (O₃)
- Figura 3.25.** Concentración media anual de dióxido de azufre (SO₂)
- Figura 3.26.** Incumplimiento de la alerta horaria del ozono (O₃)
- Figura 3.27.** Incumplimiento de las superaciones octohorarias del ozono (O₃)

- Figura 3.28.** Incumplimiento del umbral de información horaria del ozono (O_3)
- Figura 3.29.** Superación de la concentración media anual de dióxido de nitrógeno (NO_2)
- Figura 3.30.** Superación de la concentración media anual de óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Figura 3.31.** Superación de la concentración media anual de partículas menores de diez micras (PM_{10})
- Figura 3.32.** Superaciones de la concentración media diaria de partículas menores de diez micras (PM_{10})
- Figura 3.33.** Superación de la concentración media anual de dióxido de azufre (SO_2)
- Figura 3.34.** Índice de afección de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para NO_2 .
- Figura 3.35.** Índice de afección de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para $PM_{2.5}$.
- Figura 3.36.** Índice de afección de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para PM_{10} .
- Figura 3.37.** Índice de afección de las concentraciones en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)] para Ozono.
- Figura 3.38.** Concentración media anual de NO_2 en $\mu g/m^3$ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.
- Figura 3.39.** Concentración media anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.
- Figura 3.40.** Concentración media anual de O_3 en $\mu g/m^3$ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.
- Figura 3.41.** Superaciones de la alerta horaria para el ozono.
- Figura 3.42.** Superaciones octohorarias para el ozono.
- Figura 3.43.** Superaciones del umbral de información para el ozono.
- Figura 3.44.** Índice de afección de las concentraciones de NO_2 en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)].
- Figura 3.45.** Índice de afección de las concentraciones de PM_{10} en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)].
- Figura 3.46.** Índice de afección de las concentraciones de Ozono en la atmósfera ponderadas en función de la población [ln (concentración x población)].
- Figura 4.1.** Nº de Muertes/millón de habitantes causadas por contaminación atmosférica.
- Figura 4.2.** Porcentaje de población urbana expuesta a valores de contaminación por PM_{10} , O_3 , SO_2 , NO_x , superiores a los límites establecidos legalmente. Países europeos, 1996-2002.
- Figura 4.3.** Representación de los diferentes efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud
- Figura 4.4.** Asociación entre contaminación atmosférica y la mortalidad en el estudio EMECAM. Expresado como el aumento (en %) en el número de defunciones diarias (al 95% IC) asociado con el incremento de $10 \mu g/m^3$ (1 $\mu g/m^3$ para el CO) en los niveles de contaminante.
- Figura 4.5.** Número de muertes por todas las causas/100.000 personas, prevenibles al reducir en $5 \mu g/m^3$ los niveles PM_{10} en Bilbao, Madrid y Sevilla, la exposición a corto, hasta 40 días y a largo plazo.
- Figura 4.6.** Estimaciones sobre el número de muertes anuales que podrían reducirse entre la población de más de 30 años de edad en las 26 ciudades que integran el proyecto Apehis, (IC 95%) consecuencia de la disminución de los niveles anuales de $PM_{2.5}$.
- Figura 4.7.** Estimaciones sobre el número de muertes anuales que podrían reducirse entre la población de más de 30 años de edad en el conjunto de las cuatro ciudades españolas consecuencia de la disminución de los niveles anuales de $PM_{2.5}$.
- Figura 4.8.** La vigilancia en el campo de la salud ambiental
- Figura 5.1.** Nº de turistas por mil habitantes en los países de la UE-15. Año 2005
- Figura 5.2.** Nº de turistas por mil habitantes en las Comunidades Autónomas. Año 2005
- Figura 5.3.** Crecimiento del parque de turistas por Comunidades Autónomas. 1997-2005 (%)
- Figura 5.4.** Evolución del tráfico de vehículos. Millones de vehículos-km. 1997-2005
- Figura 5.5.** Antigüedad del parque automovilístico español (%). Año 2005
- Figura 5.6.** Antigüedad del parque de turismo y de vehículos industriales en los países de la Unión Europea (% de vehículos con más de diez años). Año 2005
- Figura 5.7.** Evolución del parque de turistas, total y por tipo de combustible utilizado. 1997-2005 (nº de turistas).
- Figura 5.8.** Evolución de los límites de emisión impuestos por la Unión Europea a nuevos turistas diesel (g/km).
- Figura 5.9.** Evolución de las emisiones de NO_x debidas al tráfico de turistas en el medio urbano (%). 1995-2005.
- Figura 5.10.** Contribución del sector del transporte y del transporte por carretera al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).
- Figura 5.11.** Evolución de las emisiones atmosféricas del sector del transporte en España en el periodo 1990-2005 (t).
- Figura 5.12.** Ecoeficiencia del sector del transporte 1995-2005. Índice 1995=100.
- Figura 5.13.** Contribución del sector doméstico y de servicios al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).
- Figura 5.14.** Evolución de las emisiones atmosféricas del sector doméstico y de servicios en España en el periodo 1990-2005 (t).
- Figura 5.15.** Contribución del sector de la combustión industrial y procesos industriales sin combustión al total de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).
- Figura 5.16.** Evolución de las emisiones atmosféricas de la combustión industrial y los procesos industriales sin combustión en España en el periodo 1990-2005 (t).
- Figura 5.17.** Contribución del sector de extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica al total de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).
- Figura 5.18.** Evolución de las emisiones atmosféricas del sector de extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica en España en el periodo 1990-2005 (t).

- Figura 5.19.** Contribución del sector del uso de disolventes y otros productos al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).
- Figura 5.20.** Evolución de las emisiones atmosféricas del sector de del uso de disolventes y otros productos en España en el periodo 1990–2005 (t).
- Figura 5.21.** Contribución del sector del tratamiento y eliminación de residuos al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).
- Figura 5.22.** Evolución de las emisiones atmosféricas del sector de tratamiento y eliminación de residuos en España en el periodo 1990–2005 (t).
- Figura 5.23.** Ecoeficiencia del sector de la industria 1990-2005. Índice 1990=100.
- Figura 5.24.** Contribución del sector energético al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).
- Figura 5.25.** Evolución de las emisiones atmosféricas del sector energético en España en el periodo 1990-2005 (t).
- Figura 5.26.** Ecoeficiencia del sector de la energía 1990-2005. Índice 1990=100.
- Figura 5.27.** Contribución del sector agrario al total (*) de emisiones de España en 2005 de los cinco contaminantes considerados (%).
- Figura 5.28.** Evolución de las emisiones atmosféricas del sector agrario en España en el periodo 1990–2005 (t).
- Figura 5.29.** Ecoeficiencia agricultura 1990-2005. Índice 1990=100.
- Figura 5.30.** Contribución de las distintas fuentes al total de emisiones de CO, CONMV, partículas, SOx, NOx y CH₄ en el municipio de Madrid (%). Año 2005.
- Figura 5.31.** Contribución del transporte por carretera a las emisiones de determinados contaminantes en el Ayuntamiento de Madrid (%). Año 2005.
- Figura 5.32.** Contribución de las distintas fuentes al total de emisiones de CO, Partículas, SO₂, NOx, COV, COVNM y CH₄ (%) en la ciudad de Zaragoza. Año 2005.
- Figura 5.33.** Emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno (NO₂, mol/h) en la Península Ibérica.
- Figura 5.34.** Emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno (NO₂, mol/h) en la Comunidad de Madrid.
- Figura 5.35.** Emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno (NO₂, mol/h) en Cataluña.
- Figura 6.1.** Número de días con superaciones del objetivo a largo plazo para la protección de la salud humana. Ozono. Año 2005.
- Figura 6.2.** Evolución de la media del número de días con superaciones de la concentración de ozono por estación y comparación con la temperatura máxima diaria. 1995 – 2005.
- Figura 6.3.** Porcentaje de zonas que superan el valor límite (UE-15, excluyendo Italia). Año 2003.
- Figura 6.4.** Porcentaje de superaciones del valor límite (más el correspondiente margen de tolerancia, si existe) por tipo de estación. Año 2003.
- Figura 6.5.** Porcentaje de superaciones (más el correspondiente margen de tolerancia, si existe) por tipo de estación. Año 2003.
- Figura 6.6.** Porcentaje de superaciones (más el correspondiente margen de tolerancia, si existe) por tipo de estación. Año 2003.
- Figura 6.7.** Mapa de Europa con los niveles de concentración máxima anual (mg/m³) de NO₂ en el año 2005.
- Figura 6.8.** Mapa de Europa con los niveles de concentración máxima anual (mg/m³) de O₃ en el año 2005.
- Figura 6.9.** Mapa de Europa con los niveles de concentración máxima anual (mg/m³) de partículas (PM₁₀) en el año 2005.
- Figura 6.10.** Mapa de Europa con los niveles de concentración máxima anual (mg/m³) de partículas (PM_{2.5}) en el año 2005.
- Figura 6.11.** Mapa de Europa con los niveles de concentración máxima anual (mg/m³) de SO₂ en el año 2005.
- Figura 6.12.** MAPA DE EUROPA DE LOS NIVELES DE CO. Media anual en (mg/m³) en relación con la concentración de la población en el año 2005.
- Figura 6.13.** MAPA DE EUROPA DE LOS NIVELES DE NO₂. Media anual en (mg/m³) en relación con la concentración de la población en el año 2005.
- Figura 6.14.** MAPA DE EUROPA DE LOS NIVELES DE O₃. Media anual en (mg/m³) en relación con la concentración de la población en el año 2005.
- Figura 6.15.** MAPA DE EUROPA DE LOS NIVELES DE PM₁₀. Media anual en (mg/m³) en relación con la concentración de la población en el año 2005.
- Figura 6.16.** MAPA DE EUROPA DE LOS NIVELES DE PM_{2.5}. Media anual en (mg/m³) en relación con la concentración de la población en el año 2005.
- Figura 6.17.** MAPA DE EUROPA DE LOS NIVELES DE SO₂. Media anual en (mg/m³) en relación con la concentración de la población en el año 2005.
- Figura 6.18.** Ciudades que forman parte del Programa *Apheis*, 2005.
- Figura 6.19.** Estimación de número de muertes prematuras por cada 100 000 habitantes si la exposición a corto plazo de HN se redujese en 5 µg/m³. Mortalidad por todas las causas.
- Figura 6.20.** Estimación de número de muertes prematuras por cada 100.000 habitantes si la exposición a corto plazo de HN se redujese en 5 µg/m³. Mortalidad por problemas cardiovasculares
- Figura 6.21.** Estimación de número de muertes prematuras por cada 100.000 habitantes si la exposición a corto plazo de HN se redujese en 5 µg/m³. Mortalidad por problemas respiratorios
- Figura 6.22.** Número de muertes por todas las causas que podrían evitarse a corto, medio y largo plazo al año de situarse los niveles de PM₁₀ en 5 µg/m³.
- Figura 6.23.** Número de muertes por problemas cardiacos que podrían evitarse cada 100.000 habitantes a corto y medio plazo al año de situarse los niveles de PM₁₀ en 5 µg/m³.
- Figura 6.24.** Número de muertes prematuras por problemas respiratorios que podrían evitarse por cada 100.000 habitantes si los niveles de PM₁₀ se redujesen en 5 µg/m³.
- Figura 6.25.** Número de muertes prematuras al año por cada 100.000 que podrían evitarse en las 23 ciudades por la exposición a largo plazo de PM_{2.5} de reducirse los niveles hasta los 3,5 µg/m³.

- Figura 6.26.** Impacto en la salud de la exposición a largo plazo de las PM_{2,5} en las tasas de mortalidad cardiopulmonar. Reducción de los niveles de PM_{2,5} en 3,5 µg/m³. Número de muertes por cada 100.000 habitantes.
- Figura 6.27.** Impacto a largo plazo de las PM_{2,5} en la mortalidad por cáncer de pulmón. Reducción de 3,5 µg/m³. Número de muertes por cada 100.000 habitantes.
- Figura 6.28.** Años potenciales de vida ganados a la edad de 30 años si la media anual de PM_{2,5} no exceden los 15 µg/m³.
- Figura 6.29.** Cambios que se producirían en la pérdida de meses de vida por la reducción de emisión de contaminantes en la UE del 2000 en caso de cumplir con los niveles de contaminantes fijados como objetivos para el 2020.
- Figura 6.30.** Impacto en la mortalidad postneonatal total de la reducción de los niveles medios anuales de PM₁₀ en 5 µg/m³. Número de muertes "prematuras" anuales por 100.000.
- Figura 6.31.** Impacto en la mortalidad respiratoria postneonatal de la reducción de los niveles medios anuales de PM₁₀ en 5 µg/m³. Número de muertes "prematuras" anuales por 100.000.
- Figura 6.32.** Impacto en el síndrome de muerte súbita del lactante de la reducción de los niveles medios anuales de PM₁₀ en 5 µg/m³. Número de muertes "prematuras" anuales por 100.000.
- Figura 6.33.** Tos (5-17 años): Fracciones atribuibles e IC al 95% si los niveles de PM₁₀ de 24 horas se mantuviesen por debajo de 50 µg/m³ todos aquellos días en los que se excedió este valor.
- Figura 6.34.** Síntomas respiratorios de vías bajas (5-17 años): Fracciones atribuibles e IC al 95% si los niveles de PM₁₀ de 24 horas se mantuviesen por debajo de 50 µg/m³ todos aquellos días en los que se excedió este valor.
- Figura 6.35.** Ingresos hospitalarios por causa respiratoria en menores de 15 años: Fracciones atribuibles e IC al 95% si los niveles de PM₁₀ de 24 horas se mantuviesen por debajo de 50 µg/m³ todos aquellos días en los que se excedió este valor.
- Figura 6.36.** Visitas en urgencias por asma en menores de 18 años: Impacto de la reducción de los valores máximos horarios diarios de O₃ a 180 µg/m³ en todos aquellos días en los que se excedió este valor.
- Figura 6.37.** Los efectos de la contaminación atmosférica y su valoración económica en la UE-25.
- Figura 6.38.** Costes externos del transporte en la Unión Europea de los Quince, Suiza y Noruega. Distribución por componentes.
- Figura 6.39.** Costes económicos anuales por habitante derivados de la contaminación atmosférica. Año 2000. Estados miembro de la UE-25, excepto Chipre. Estimación de menor y de mayor coste.
- Figura 6.40.** Costes económicos anuales derivados de la pérdida de cosechas provocada por la contaminación atmosférica por ozono. Año 2000. Estados miembro de la UE-25, excepto Chipre.
- Figura 8.1.** Mortalidad aguda asociada al ozono en la UE-25 en 2020 (previsión de número de muertes prematuras en el total de población).
- Figura 8.2.** Mortalidad aguda asociada a la contaminación por partículas en la UE-25 en 2020 (previsión de número de muertes prematuras en la población mayor de 30 años).
- Figura 8.3.** Reducción de costes sanitarios asociados a la contaminación atmosférica en la UE-25. Previsiones para 2020. Escenario de menor coste (% reducción con respecto al año 2000).
- Figura 8.4.** Costes sanitarios asociados a la contaminación atmosférica en la UE-25. Comparación 2000-2020. Estimación de menor coste (euros anuales/persona).
- Figura 8.5.** Reducción de costes asociados a los daños en cosechas debidos a la contaminación por ozono en la UE-25. Porcentaje de reducción 2000-2020.
- Figura 8.6.** Pérdida de esperanza de vida, en meses, atribuible a fuentes antropogénicas de emisión de PM_{2,5}. Comparación del año 2000 (izda.) con el 2020 (dcha.), según las previsiones de la *Estrategia temática de la UE sobre la contaminación atmosférica*.
- Figura 8.7.** Porcentaje de superficie de ecosistemas que soportan niveles de deposición de nitrógeno por encima de las cargas críticas. Comparación del año 2000 (izda.) con el 2020 (dcha.), según las previsiones de la *Estrategia temática de la UE sobre la contaminación atmosférica*.
- Figura 8.8.** Distribución de los costes entre los distintos sectores implicados para alcanzar los objetivos la Estrategia Temática de la UE sobre la contaminación atmosférica.
- Figura 8.9.** Reducción esperada en 2020 en los indicadores de concentración de ozono (AOT40, SOMO35) y en las concentraciones medias anuales de PM_{2,5} y PM₁₀ como resultado de la aplicación de la política europea de cambio climático.
- Figura 8.10.** Concentración media anual de NO₂ (µg/m³), en 20 ciudades europeas. Comparación entre el año 2000 y el 2030 (previsiones de la AEMA en el escenario de política actual de cambio climático y calidad del aire).
- Figura 8.11.** Concentración media anual de PM₁₀ (µg/m³) en 20 ciudades europeas. Comparación entre el año 2000 y el 2030 (previsiones de la AEMA en el escenario de política actual de cambio climático y calidad del aire).
- Figura 8.12.** Índice de concentración media anual de O₃ (SOMO35, partes por mil millones / día). Comparación entre el año 2000 y el 2030 (previsiones de la AEMA en el escenario de política actual de cambio climático y calidad del aire).
- Figura 8.13.** Evolución de las emisiones de dióxido de azufre y amoníaco durante el periodo 1990-2005 y techos nacionales españoles para 2010 (unidad adimensional. Año base = 100).
- Figura 8.14.** Evolución de las emisiones de precursores del ozono durante el periodo 1990-2005 y techo nacional español –sólo para NO_x y COVNM- para 2010 (unidad adimensional. Año base=100).
- Figura 8.15.** Estimación del crecimiento del tráfico por carretera durante la década 2000-2010 (escenario de menor crecimiento) y crecimiento real experimentado durante el periodo 1995-2005 (millones de viajeros/Km.).
- Figura 8.16.** Estimación de las emisiones de SO₂ (t), durante la década 2000-2010.
- Figura 8.17.** Estimación de las emisiones de CO (t), durante la década 2000-2010.
- Figura 8.18.** Estimación de las emisiones de NO_x y COVNM (t), durante la década 2000-2010.
- Figura 8.19.** Estimación de las emisiones de partículas durante la década 2000-2010 (t)
- Figura 8.20.** Estimaciones lineales de la evolución de la superficie artificial en España (ha e índice adimensional. Año base=100).
- Figura 8.21.** Evolución de las emisiones del sector de combustión no industrial –doméstico y servicios- durante el periodo 1990-2005 (t).

ANEXO II

- Figura 1.** Distribución geográfica de los focos industriales según contaminantes específicos
Figura 2. Distribución geográfica de los riesgos de cáncer de pulmón para hombres y mujeres
Figura 3. Distribución geográfica de los riesgos de cáncer de pleura
Figura 4. Distribución geográfica de los riesgos de cáncer de bronquitis, enfisema y asma

ANEXO III

- Figura 1.** Distribución espacial de las superficies artificiales en España, 2000
Figura 2. Representación cartográfica de las superficies urbanas de algunas zonas de España
Figura 3. Crecimiento experimentado en España por el tejido urbano discontinuo según tipo de municipios. 1987-2000
Figura 4. Comparativa del crecimiento de la intensidad media de vehículos en determinados accesos a Madrid y viajes transporte público. 1995-2000
Figura 5. Superficies urbanas en la Provincia de Barcelona
Figura 6. Incremento de Zonas Artificiales 1987-2000 por niveles de emisión de NO₂
Figura 7. Incremento de Zonas Artificiales 1987-2000 por niveles de emisión de O₃
Figura 8. Incremento de Zonas Artificiales 1987-2000 por niveles de emisión de PM₁₀
Figura 9. Emisiones en superficie de dióxido de nitrógeno (NO₂, mol/h) en la Comunidad de Madrid. Año 2004.
Figura 10. Inconsistencia entre el incremento de Zonas Artificiales 1987-2000 por niveles límites de inmisión
Figura 11. Suelo de naturaleza urbana en la región de Madrid. Año 2007

ANEXO IV

- Figura 1.** Disociación absoluta y relativa entre el crecimiento económico y el impacto ambiental y consumo de recursos
Figura 2. Análisis de la contaminación atmosférica y PIB provincial de las seis mayores ciudades españolas

Índice tablas

- Tabla 1.** Principales contaminantes atmosféricos químicos.
Tabla 2. Valores límite y objetivo para la calidad del aire fijados por el Real Decreto 1073/2002 (para el NO₂, SO₂, O₃ y PM₁₀), Real Decreto 1796/2003 (para el ozono) y Directiva 107/2004/CE.
Tabla 3. Principales daños y costes asociados causados por la contaminación atmosférica.
Tabla 4. Costes económicos anuales derivados de la contaminación atmosférica en España. Año 2000. Estimación de menor y de mayor coste.
Tabla 5. Evaluación de la calidad del aire en las principales ciudades españolas. Periodo 2001-2005.
Tabla 6. Estimación de la población afectada por niveles de contaminación.
Tabla 7. Resumen de los efectos de la contaminación del aire bajo los escenarios de la AEMA.
Tabla 2.1. Valores límite y objetivo de contaminación atmosférica.
Tabla 4.1. Resumen de las estimaciones de los efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica por partículas.
Tabla 4.2. Beneficios potenciales de la reducción de 5 µg/m³ de los niveles de HN y de la reducción de los días que superan los 20 µg/m³. Número absoluto y número por 100 000 habitantes (IC 95%). Barcelona, Bilbao y Valencia.
Tabla 4.3. Beneficios potenciales a corto plazo (1 o 2 días) y a medio plazo (40 días) por la reducción diaria de 5 µg/m³ de los niveles de PM₁₀ de la reducción de los días que superan 50 µg/m³ a 50 µg/m³. Número absoluto y número por 100.000 habitantes (IC 95%) Bilbao, Madrid y Sevilla.
Tabla 4.4. Beneficios potenciales a largo plazo por la reducción diaria de 5 µg/m³ de los niveles de PM₁₀ y de la reducción de los días que superan 20 µg/m³ a 20 µg/m³. Número absoluto y número por 100 000 habitantes (IC 95%) Bilbao, Madrid y Sevilla.
Tabla 4.5. Principales problemas relacionados con el medio ambiente a nivel local, nacional y mundial, Porcentaje.
Tabla 5.1. Evolución de los límites de emisión impuestos por la Unión Europea a nuevos turismos (g/km).
Tabla 5.2. Características de las emisiones en algunas ciudades de tradición industrial.
Tabla 5.3. Relación entre los sectores industriales y los principales contaminantes atmosféricos.
Tabla 5.4. Emisiones contaminantes en el municipio de Madrid según actividades generadoras (t). Año 2005.
Tabla 5.5. Emisiones contaminantes en la ciudad de Zaragoza según actividades generadoras (t). Año 2005.
Tabla 6.1. Número de zonas designadas por Estado miembro. Año 2003.
Tabla 6.2. Número de zonas designadas en España por Comunidad Autónoma en el año 2003.
Tabla 6.3. Número de estaciones por contaminante y Estado miembro. Año 2003.
Tabla 6.4. Número de estaciones por contaminante en España. Año 2004.
Tabla 6.5. Número de estaciones por tipo de estación, tipo de área y Estado miembro. Año 2003.

- Tabla 6.6.** Número de estaciones por tipo de estación, tipo de área y Comunidad Autónoma. Año 2004.
- Tabla 6.7.** Número y tipos de estaciones de medición de ozono por Estado miembro. Año 2003.
- Tabla 6.8.** Número de estaciones de medición de ozono por tipo de área y tipo de estación en 2004.
- Tabla 6.9.** Número de analizadores de ozono por Comunidad Autónoma. Año 2004.
- Tabla 6.10.** Número de zonas por Estado miembro en relación con los límites establecidos para el SO₂ y el NO₂. Año 2003.
- Tabla 6.11.** Número de zonas por Estado miembro en relación con los límites establecidos para PM₁₀ y CO. Año 2003.
- Tabla 6.12.** Nº de zonas por estado miembro en relación con el valor objetivo y del valor objetivo a largo plazo para el ozono. Año 2003.
- Tabla 6.13.** Panorama europeo del número de superaciones del valor objetivo (O₃) para la protección de la salud humana durante el verano de 2005.
- Tabla 6.14.** Principales causas de las superaciones de los valores límite. Año 2003.
- Tabla 6.15.** Características Demográficas de las 26 ciudades *Apheis*.
- Tabla 6.16.** Niveles de PM₁₀, PM_{2.5} y Humos Negros (µg/m³) en las 26 ciudades *Apheis*.
- Tabla 6.17.** Estimaciones de *Apheis* sobre las ciudades más beneficiadas en un cambio de escenario sobre ciertos contaminantes.
- Tabla 6.18.** Beneficios potenciales de la reducción de los niveles de PM₁₀ en ciudades europeas (proyecto Enhis), Números absolutos y tasas de mortalidad (por 100.000 niños).
- Tabla 6.19.** Potenciales beneficios de la reducción de los niveles de PM₁₀ en ciudades europeas (proyecto Enhis), Fracciones atribuibles e Intervalos de Confianza (IC) al 95%.
- Tabla 6.20.** Potenciales beneficios de la reducción de los niveles de ozono diarios, Fracciones atribuibles e Intervalos de Confianza (IC) al 95%.
- Tabla 6.21.** Costes estimados por tonelada de contaminante emitida en la UE-25 (exceptuando Chipre). Año 2010.
- Tabla 6.22.** Costes estimados por tonelada de contaminante emitida en los países miembros de la UE-25 (exceptuando Chipre). Año 2010.
- Tabla 6.23.** Costes económicos de tipo sanitario asociados a la contaminación atmosférica en los países miembro de la UE-25 (millones de euros).
- Tabla 6.24.** Costes económicos de la morbilidad asociada a la contaminación atmosférica en la UE-25.
- Tabla 7.1.** Techos nacionales de emisión correspondientes a España en el año 2010.
- Tabla 7.2.** Objetivos de reducción para los contaminantes que participan en las GIC.
- Tabla 7.3.** Medidas contempladas en la estrategia E4 para el sector transporte.
- Tabla 8.1.** Emisiones de los principales contaminantes en la UE-25 en los años 2000 y 2020 y porcentajes de reducción esperados (kt).
- Tabla 8.2.** Efectos previsibles de la contaminación atmosférica sobre la salud en la UE-25 en el año 2020 y comparación con el año 2000.
- Tabla 8.3.** Efectos previsibles de la contaminación atmosférica sobre la salud en España en el año 2020 y comparación con el año 2000.
- Tabla 8.4.** Costes sanitarios asociados a la contaminación atmosférica en la UE-25. Previsiones para 2020 (millones de euros/año).
- Tabla 8.5.** Costes previstos para 2020 asociados a los daños en cosechas en la UE-25 (millones de euros/año).
- Tabla 8.6.** Beneficios y costes de la Estrategia temática de la UE sobre contaminación atmosférica
- Tabla 8.7.** Concentración media anual de NO₂, PM₁₀ y O₃ en 20 ciudades europeas para el año de referencia (2000), acción climática (2030) y acción climática de la Máxima Reducción Posible (MRP).

ANEXO II

- Tabla 1.** Complejos Industriales que emiten sustancias contaminantes y distribución Geográfica
- Tabla 2.** Tipos de contaminantes clasificados por grupos y distribución Geográfica
- Tabla 3.** Actividad industrial en las ciudades medianas y pequeñas en España. Riesgos para la salud

ISBN: 978-84-8476-323-9
NIPO: 310-07-068-0
Depósito legal: XXXXXXXXXXXX
Imprime: XXXXXXXXXXXX

Esta edición está elaborada con papel ecológico ECF (Elemental Chlorine-Free) cien por cien reciclable, fabricado con celulosa que no ha sido blanqueada con otro gas. Garantiza mínimos contenidos de cloro en el papel. Las fibras que componen el papel provienen de cultivos forestales integrados y sostenibles, donde la política de tala y reforestación está controlada. La producción de papele cumple los estándares mediambientales exigidos por la actual legislación y ha sido merecedor de la Certificación de Gestión Medioambiental (Norma ISO 14001) y de la Certificación del Sistema de Calidad (Norma ISO 9001).

El Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) tiene como objetivo suministrar información periódica, independiente, relevante y contrastada sobre la situación y perspectivas en materia de desarrollo sostenible.

El OSE se caracteriza por su autonomía y la participación de la comunidad científica y universitaria, y colabora con agentes económicos y sociales. La sede está en la Universidad de Alcalá de Henares.

“La contaminación atmosférica continúa siendo motivo de seria preocupación en España. Aún existen niveles de contaminación con efectos adversos muy significativos para la salud humana, el medio ambiente y la sostenibilidad. En especial, la sostenibilidad urbana implica necesariamente menores niveles de contaminación y afección a las personas.”

Por esta razón, en este informe, el OSE ha estudiado la calidad del aire en las ciudades españolas centrandose el análisis en el tema que hoy entendemos de mayor relevancia social, como es la salud de las personas y las interacciones en el entramado urbano. En este ámbito de estudio se han considerado desde los sectores contaminantes (tráfico, industrias y actividades energéticas), hasta los niveles de contaminación, pasando por los efectos en la salud y los instrumentos necesarios para modelar la contaminación y relacionarlo con la población afectada.

En España más de tres cuartas partes de la población vive en entornos urbanos y una parte importante se encuentra sometida a elevadas concentraciones de contaminantes. Por ello, determinadas enfermedades y alergias son cada vez más frecuentes, además de reducirse la esperanza de vida de una manera significativa en los entornos más contaminados. La sociedad demanda cada vez mayor calidad de vida y, por supuesto, una mejor salud en los entornos urbanos.

Cambios en el transporte, controlar con rigor las emisiones de las industrias y actividades energéticas, tener en cuenta la calidad del aire en el urbanismo y la planificación, y apoyar la ciudad compacta y tradicional frente a la difusa, son parte de las medidas a adoptar. Al final, como es lógico, tendrán que disminuir los niveles de exposición de las personas. Mientras se consiguen estas reducciones de la contaminación, será necesario, en una primera fase, establecer un sistema de alertas de prevención a la población.

Si conseguimos avanzar en esta dirección, las generaciones futuras y nosotros mismos lo agradeceremos en muy poco tiempo.