

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 utilidades 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 sí 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.

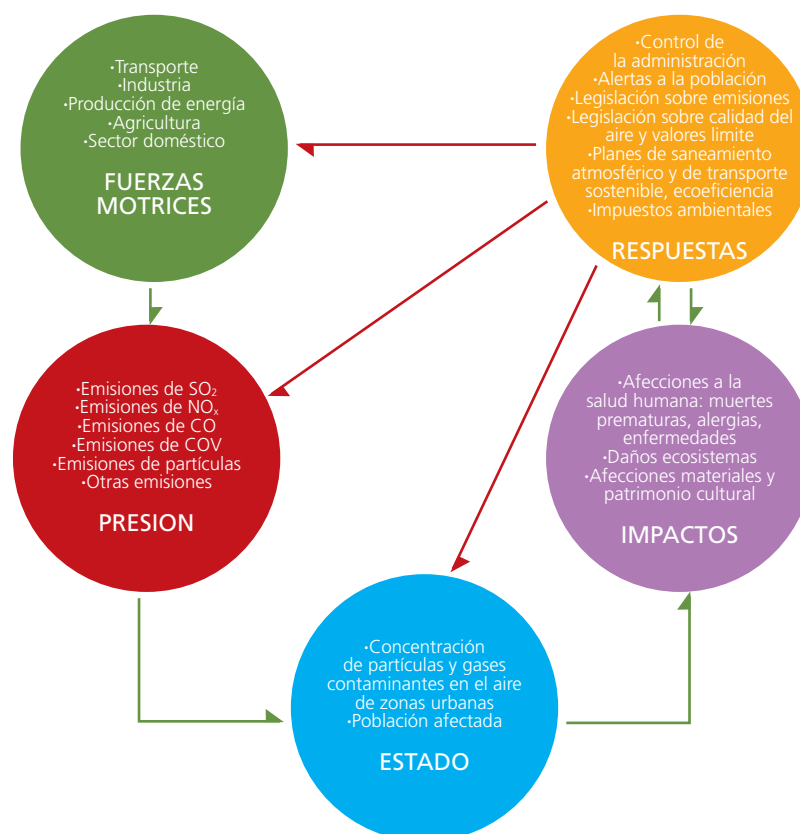
Las fuentes de estos contaminantes son muy diversas y las interacciones en muchas ocasiones complejas.

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 |

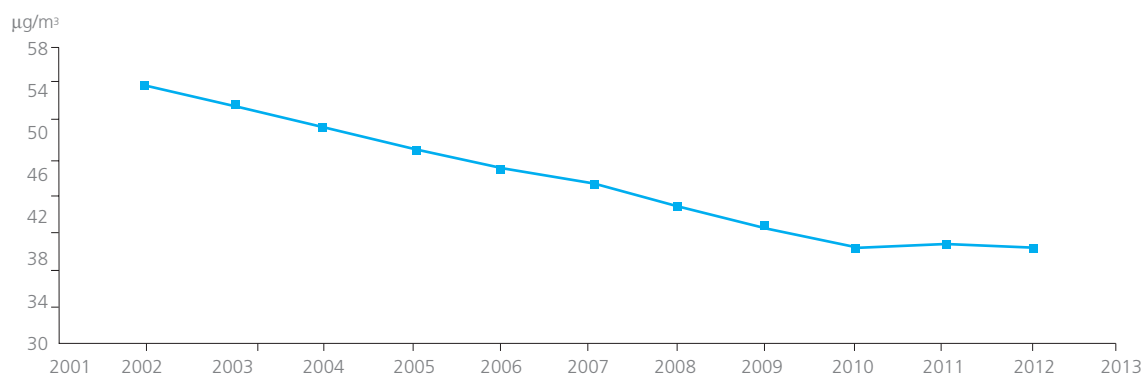
• Fuente: *Elaboración propia y Ministerio de Medio Ambiente, 2007.*

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

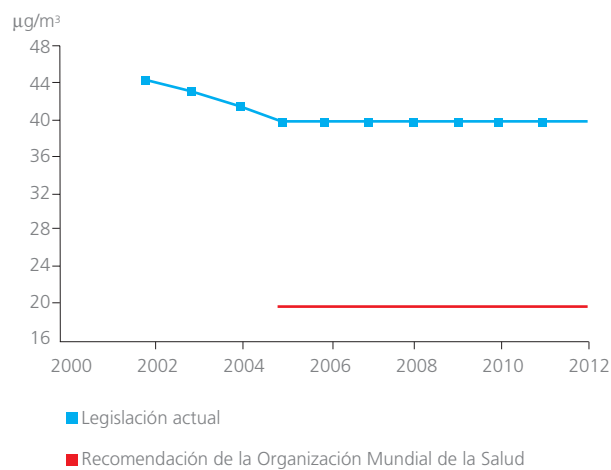
Valores límite, evolución en el tiempo

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)

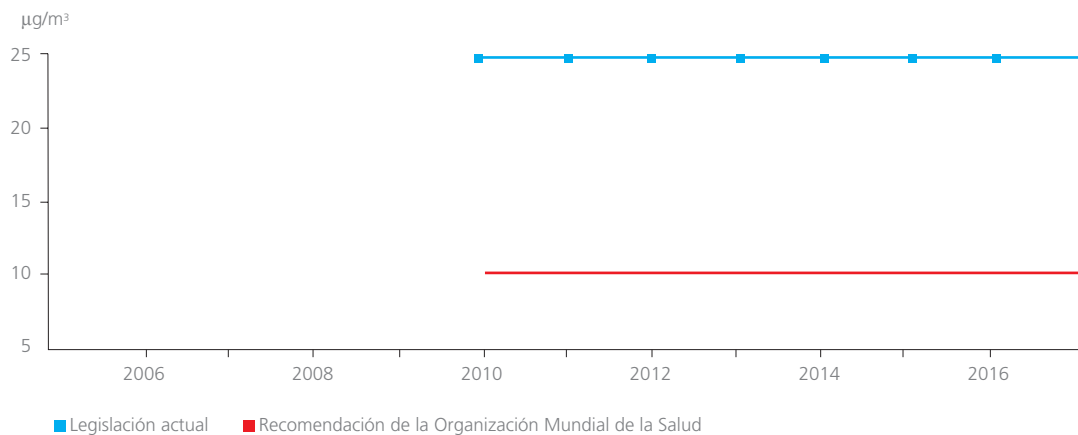
A partir del 1 de enero de 2010 no se podrá superar la media anual de 40 µg/m³ para el Dióxido de Nitrógeno (NO₂). Anteriormente, se está utilizando un margen de tolerancia de 16 µg/m³ a partir del 1 de enero de 2003, que va disminuyendo anualmente 2 µg/m³, hasta alcanzar el objetivo de 40 µg/m³. Por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

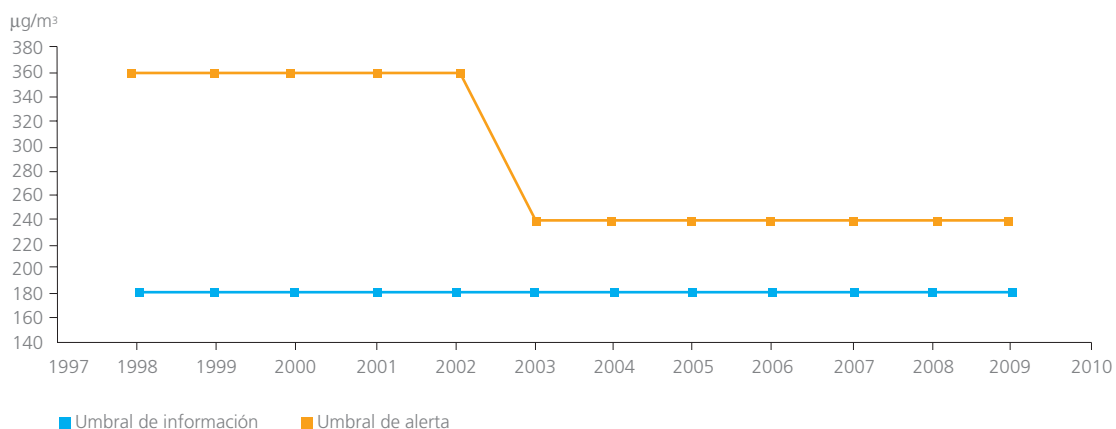
La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda, para que no se produzcan daños a la salud humana, un Valor Límite Anual de 20 µg/m³ (Figura 3).

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

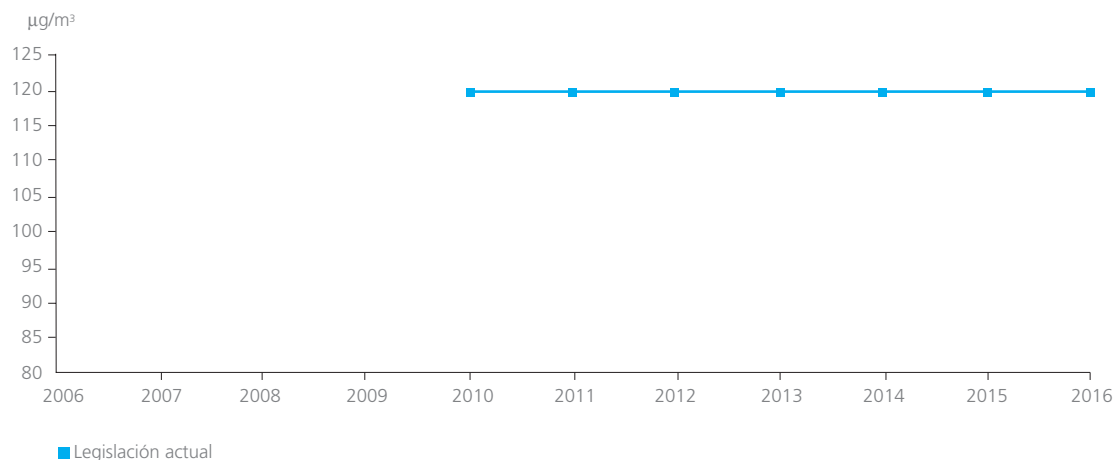
Figura 4. Valor límite anual para las partículas menores de 2,5 micras (PM_{2,5}).

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 convierta 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 µg/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.

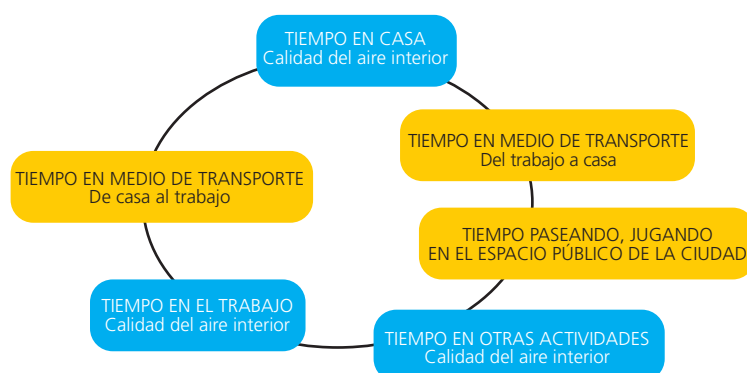
Una población urbana seriamente afectada

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 período 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.

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.

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:

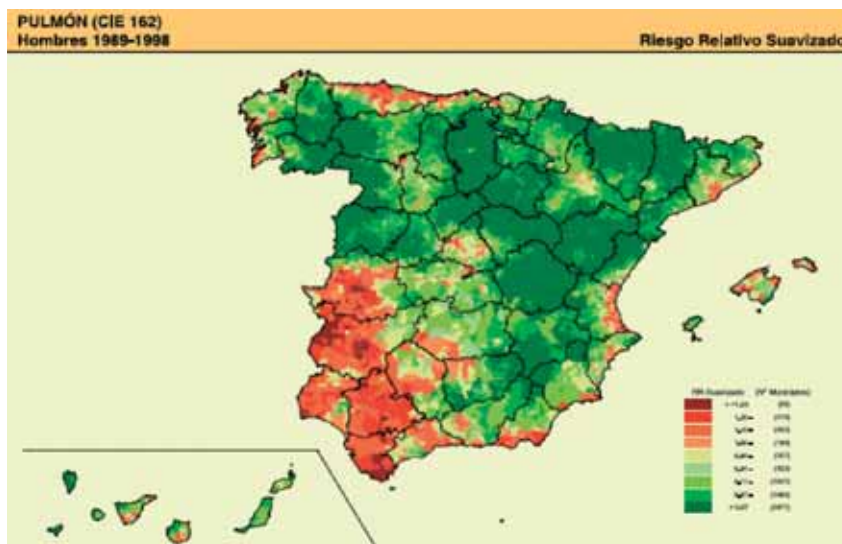
- Un aumento en 10 µg/m³ de los niveles diarios de las partículas (PM₁₀ y Humos Negros) suponen un incremento en 0,6% del riesgo de muerte (Katsouyanni et al, 2001). Relación que se incrementa en las ciudades con altos niveles de NO₂ (principalmente generados por las emisiones de vehículos a motor) y 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).

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, hcloroetileno 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.

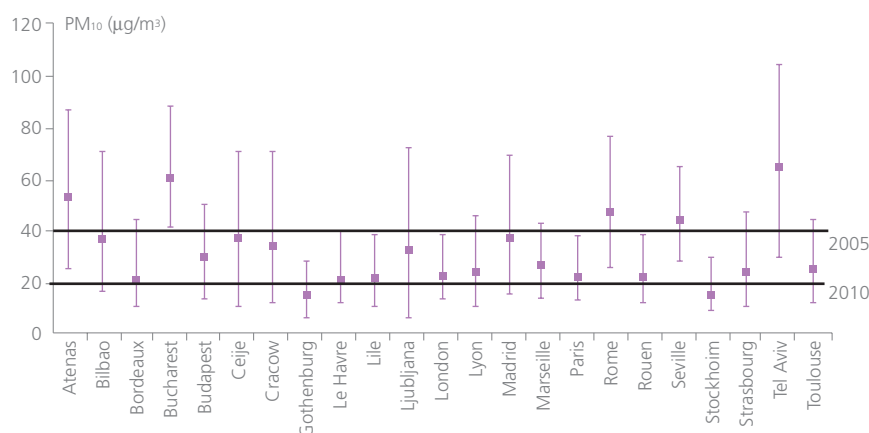
Beneficios potenciales para la salud pública de las intervenciones dirigidas a reducir los niveles de contaminación atmosférica.

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?

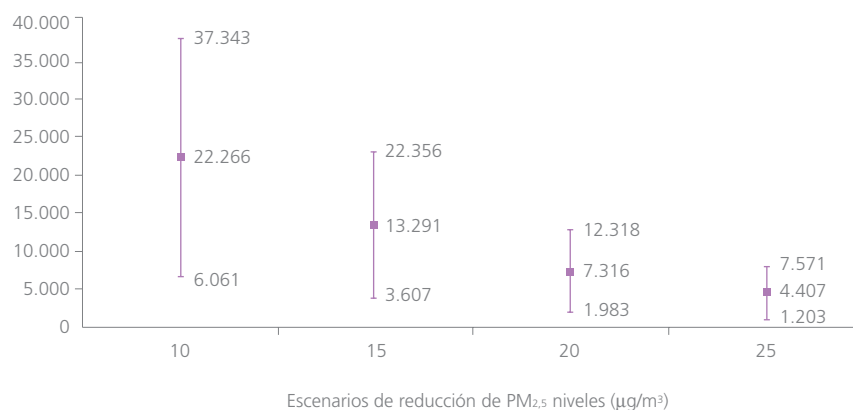
Figura 8. Niveles medios de PM₁₀ para las 23 ciudades europeas (2000-2001).

• 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).

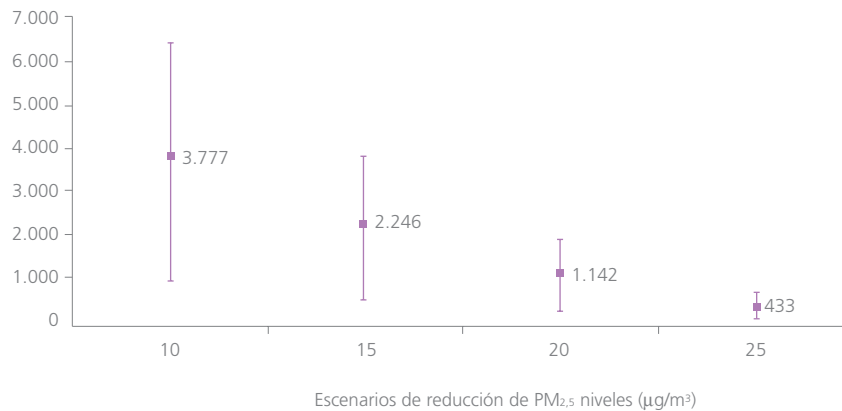
Figura 9. Número de muertes prevenibles por la reducción de niveles de PM_{2,5} al año entre la población de más de 30 años para las 23 ciudades europeas.

• Fuente: Ballester F et al. ISEE-ISEA

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

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).

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, 2007.*

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 CAFE de la UE.

En España, según el programa CAFE, 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.

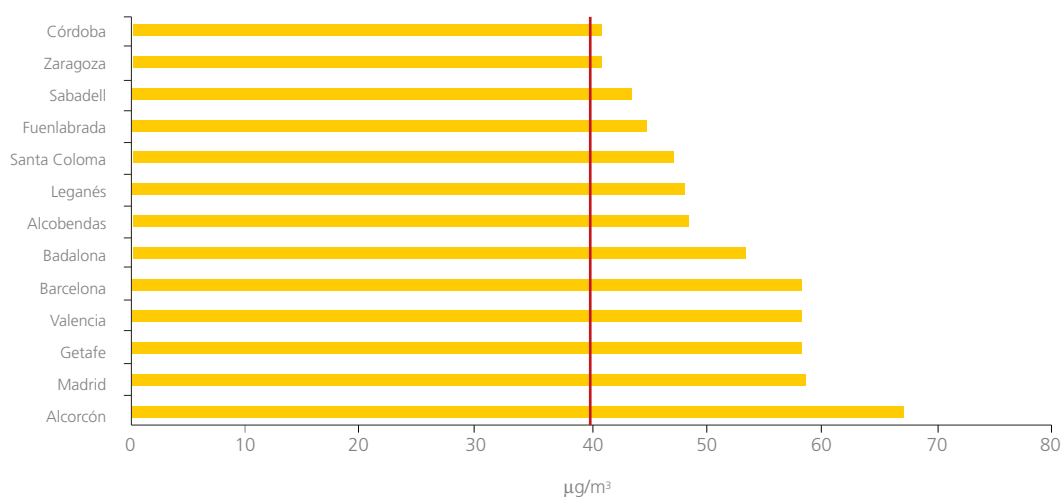
Los indicadores de algunos contaminantes reflejan que la situación y tendencia en materia de calidad del aire en muchas ciudades españolas, no es satisfactoria y constituye una preocupación para la población por su incidencia en la salud.

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.

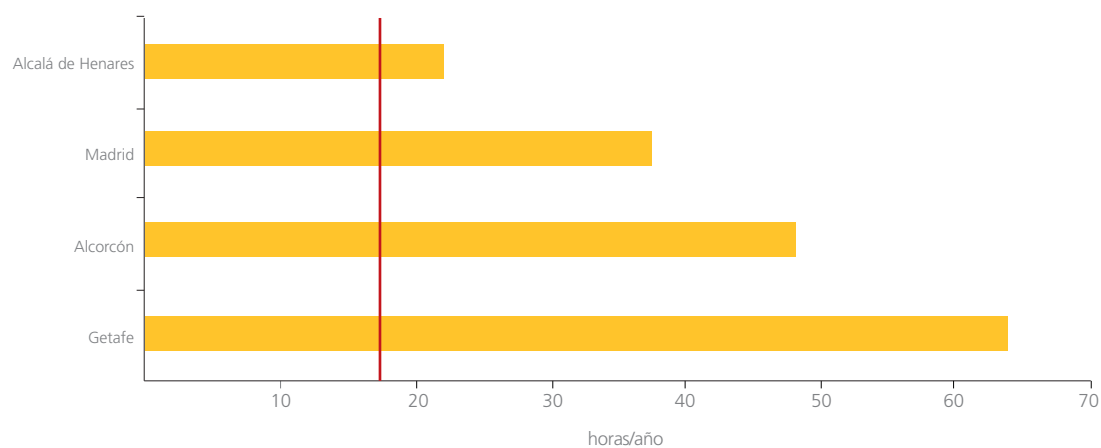
- En 2005, 13 ciudades presentaban concentraciones medias anuales superiores al valor límite anual para la protección de la salud humana que entrará en vigor en 2010, encontrándose por encima de 55 µg/m³ Valencia, Barcelona, Getafe, Madrid y Alcorcón, cuya concentración media anual alcanzaba 67 µg/m³ (Figura 11).
- Cuatro ciudades, todas ellas pertenecientes a la Comunidad de Madrid, superaron durante más de 18 horas/año la concentración de 200 µg/m³ de NO₂, 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?

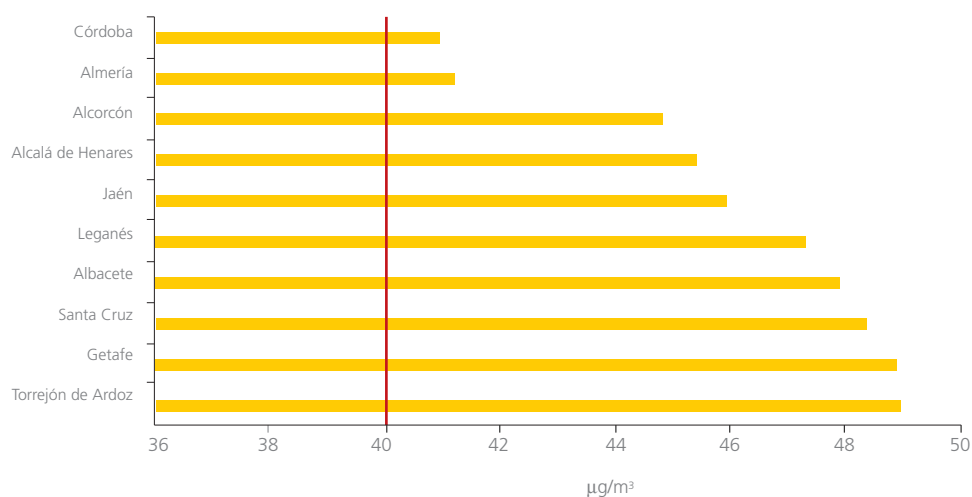
El 75,7% de los municipios españoles incumple el límite diario vigente, a partir de 2005, para partículas menores de diez micras (PM₁₀).

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.

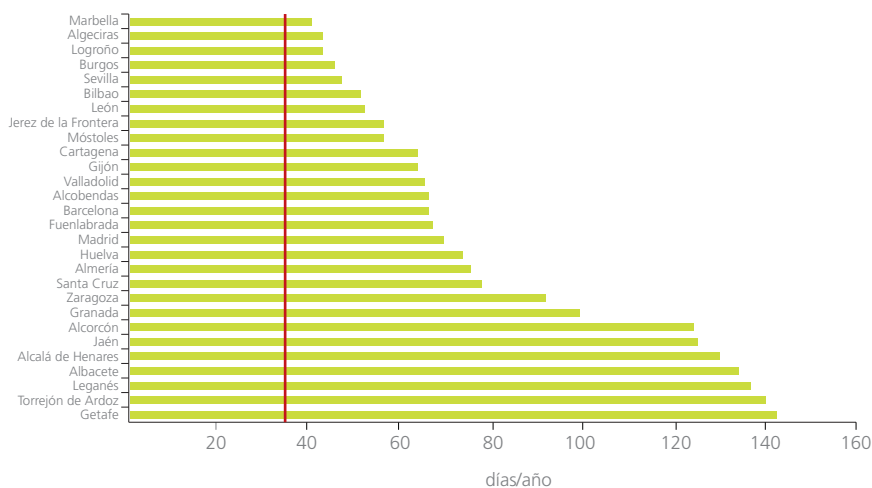
- Getafe con una concentración media anual de 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 142 superaciones del límite diario, es el municipio que presenta una peor situación, seguido de Torrejón de Ardoz (49 y 140), Albacete (48 y 134), Leganés (47 y 136), Alcalá de Henares (46 y 130), Jaén (46 y 125) y Alcorcón (45 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.

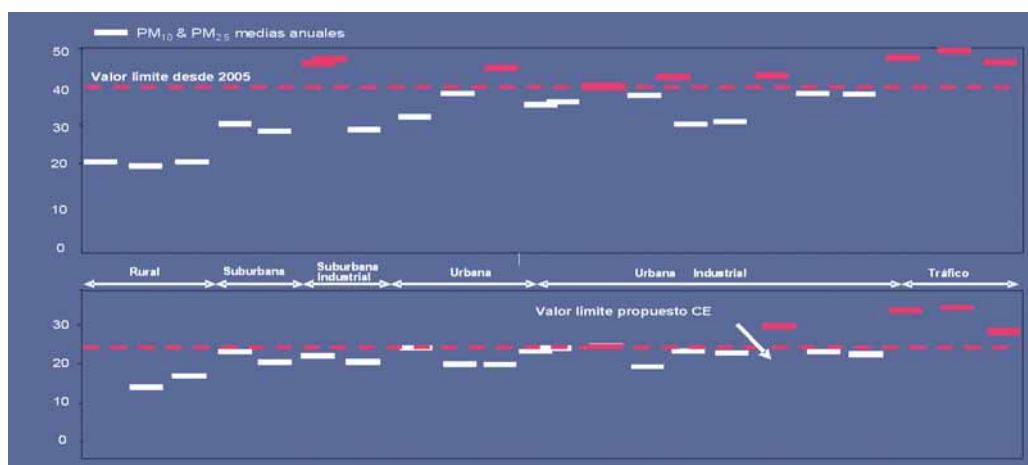


• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

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 CAPE 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).

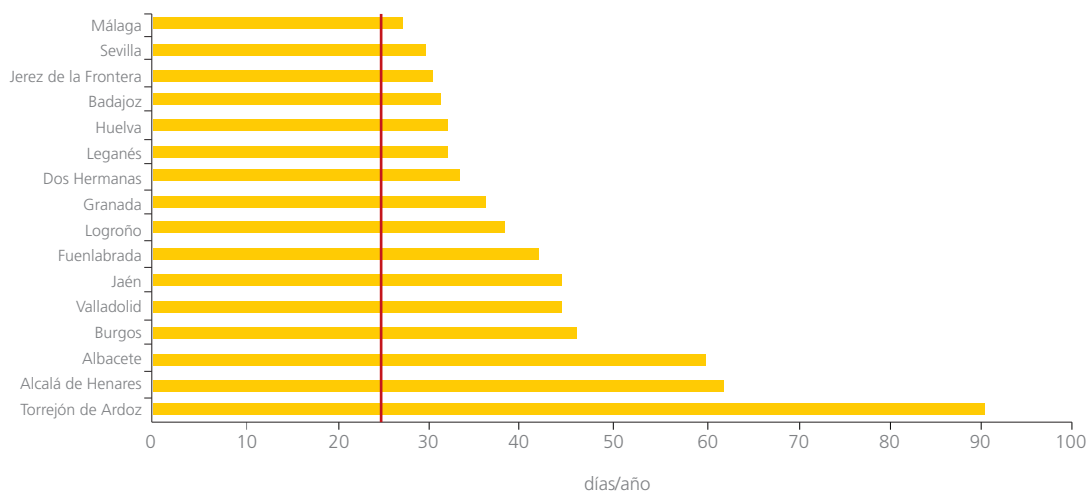
4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

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 máxima 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 5.** 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 | 😊 | 😞 | 😞 | 😊 | 😞 |
| TERRASSA | 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 objetivo (sobre los que posteriormente habrá legislación obligatoria).

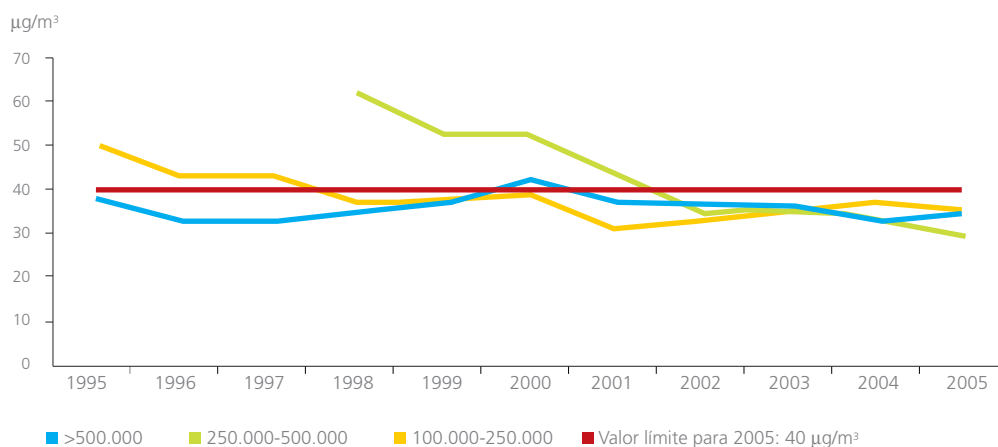
Las partículas muy finas (PM_{2,5}) han aumentado como consecuencia de los motores diesel y representan un importante riesgo para la salud.

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.



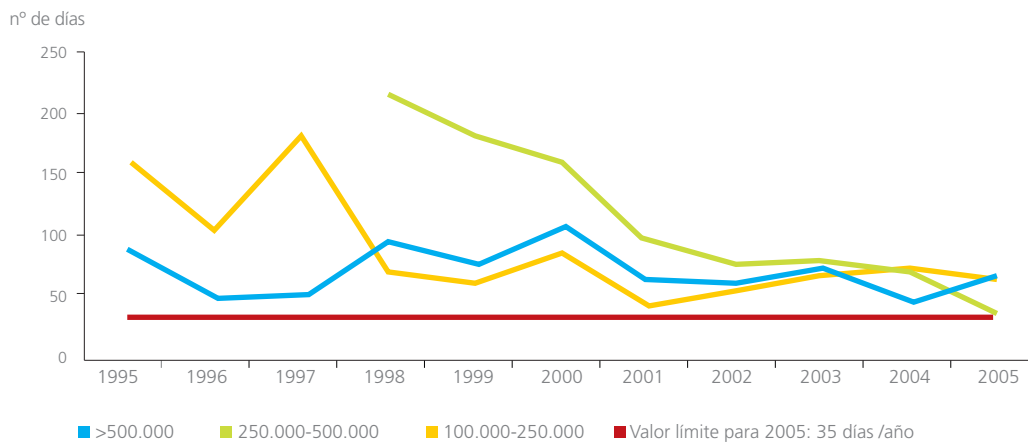
• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

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).

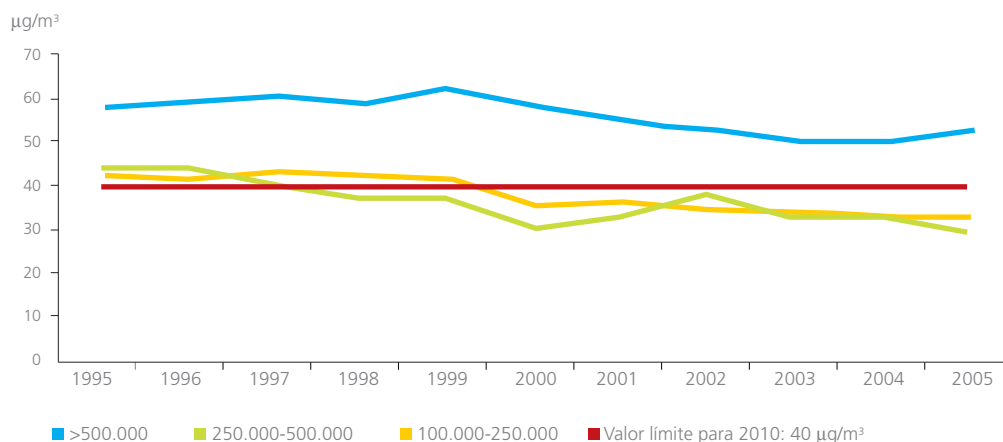
Figura 18. N° de días en que se supera la concentración media diaria de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas (PM_{10}) en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• 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).

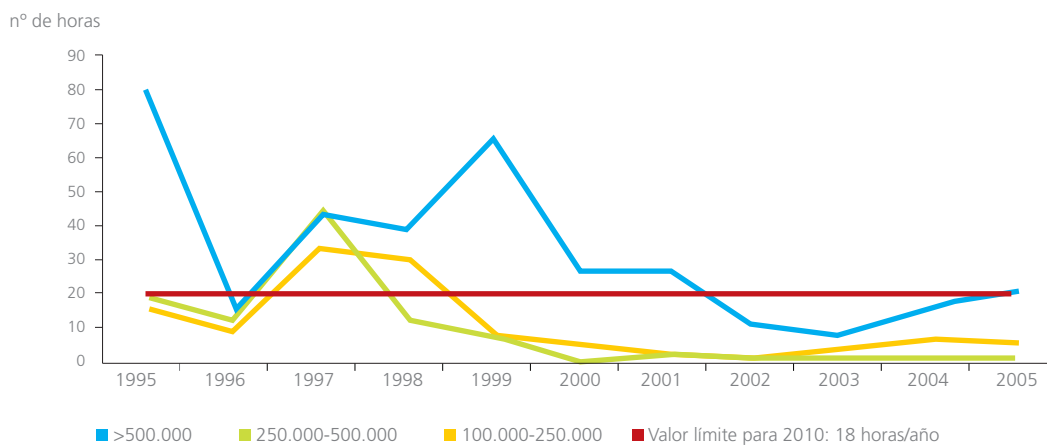
Figura 19. Concentraciones que superan el valor límite para la media anual, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 , en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• 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).

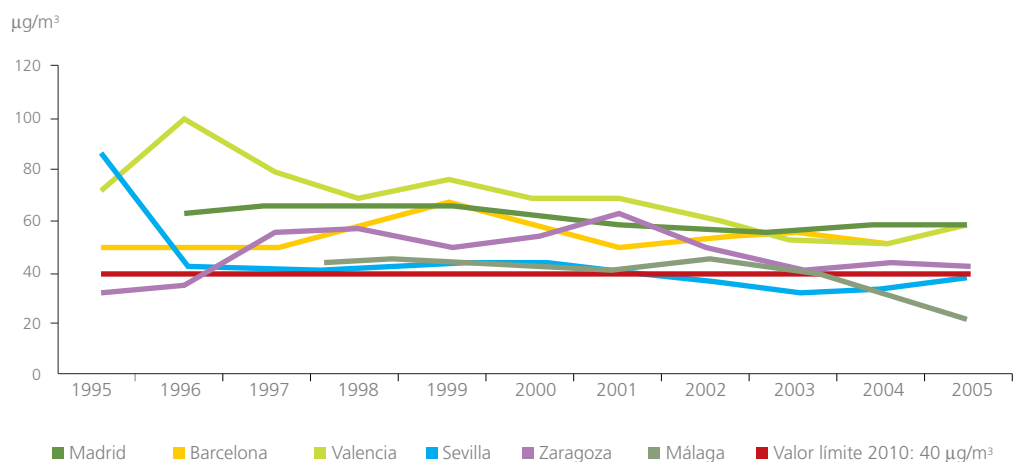
Figura 20. N° de horas en que se supera la concentración media diaria de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• 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 de NO_2 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.

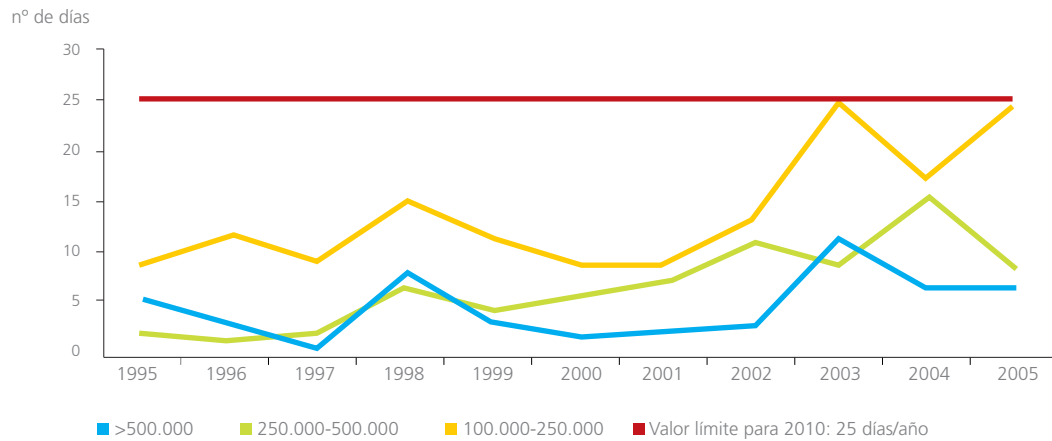


• Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de datos de Calidad del Aire del MMA, 2007.

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).

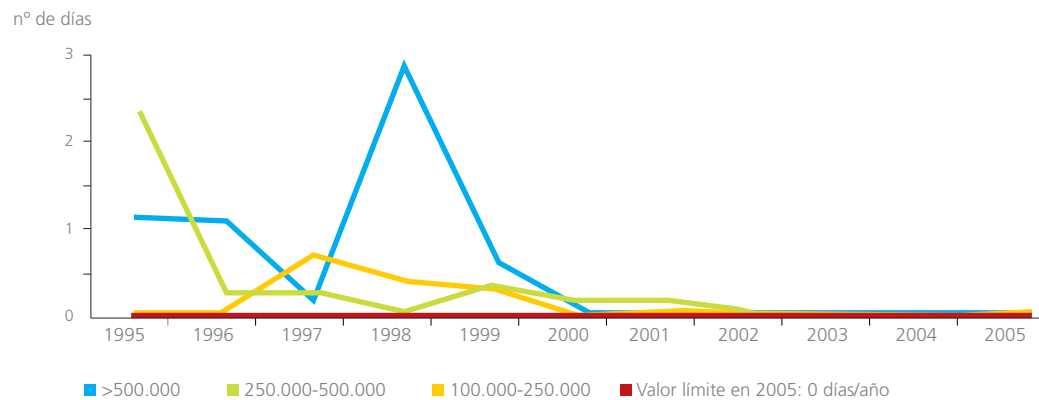
Figura 22. Nº de días en que se supera la concentración máxima octohoraria diaria de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• 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).

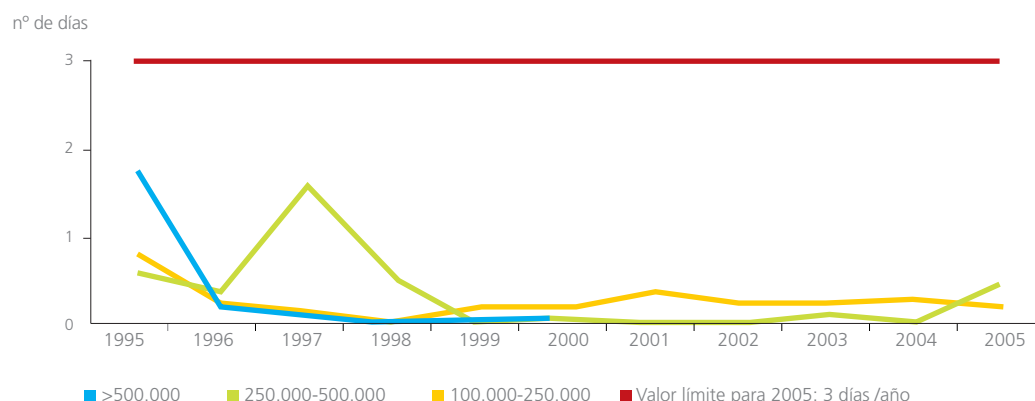
Figura 23. Nº de días en que se supera la concentración máxima octohoraria diaria de $10 \text{mg}/\text{m}^3$ de CO en los municipios españoles. Evolución 1995-2005.



• 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 media diaria 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 NO_x 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}.

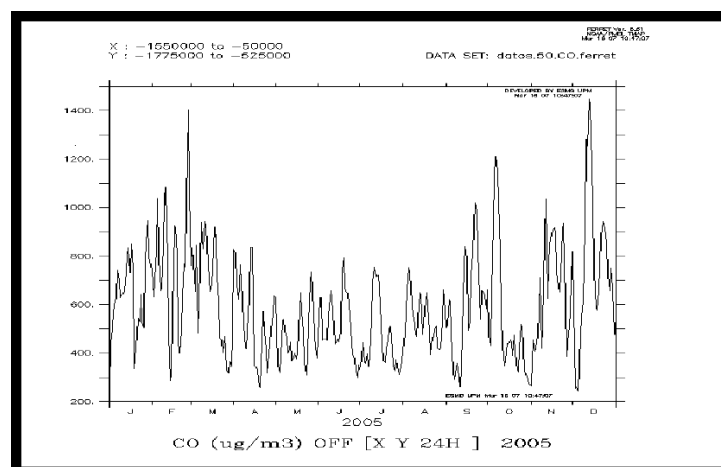
CO, NO₂ y SO₂: en zonas urbanas, las mayores concentraciones se alcanzan en los meses de invierno (debido al estancamiento atmosférico predominante) con los mínimos en el periodo estival. En zonas industriales estas tendencias pueden no cumplirse.

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.

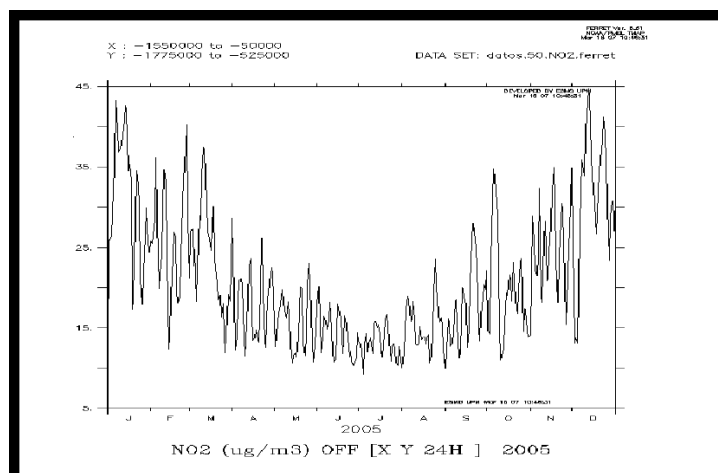
PM₁₀ y PM_{2,5}: se observa que en estaciones de fondo rural y algunas urbanas las mayores concentraciones se obtienen en verano (Junio a Septiembre), mientras que en estaciones urbanas en zonas bastante contaminadas no suelen registrarse tendencias estacionales, y de registrarse suelen presentar niveles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

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

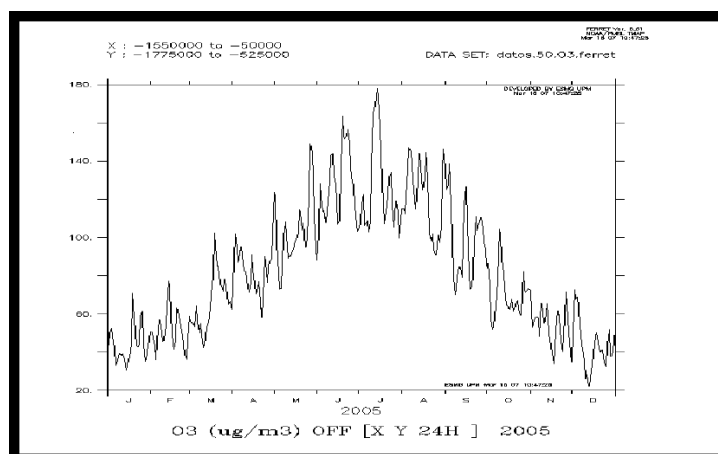
Figura 25. Ciclo anual de concentración de CO



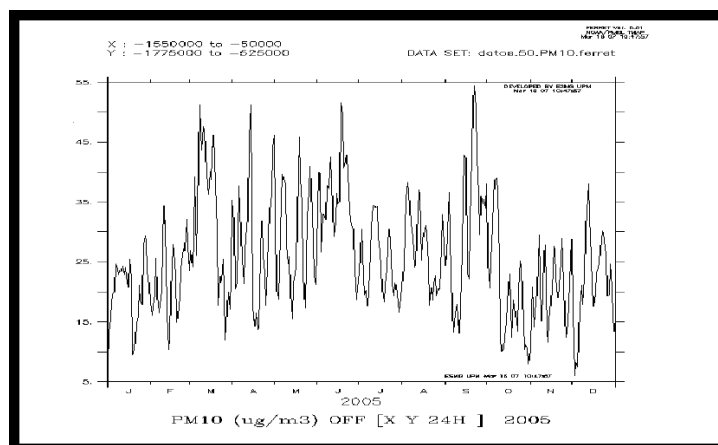
• Fuente: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

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.

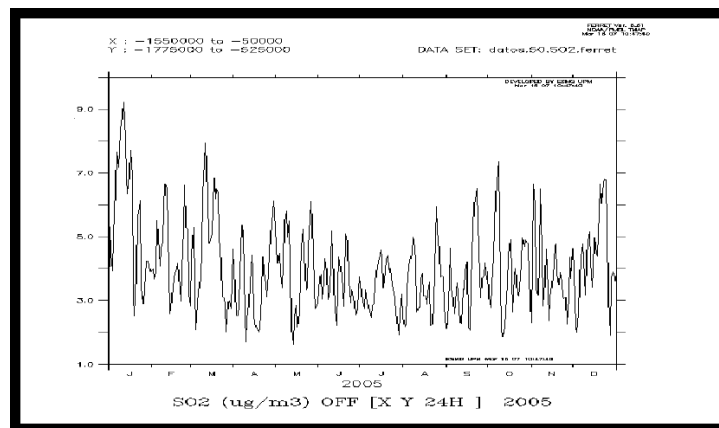
Figura 27. Ciclo anual de concentración de SO₂

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

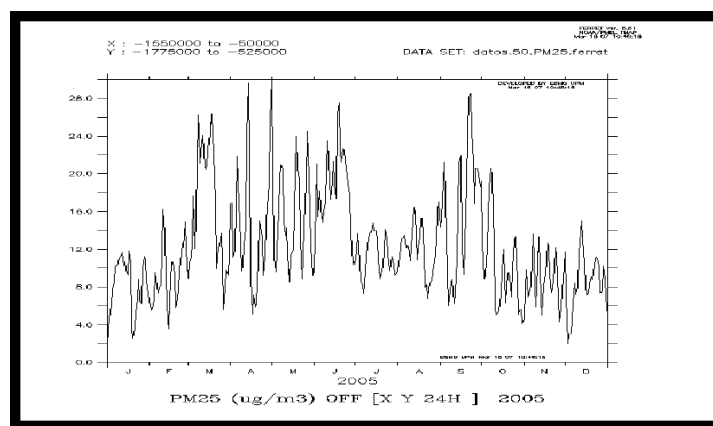
Figura 28. Ciclo anual de concentración de O₃

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

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

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:

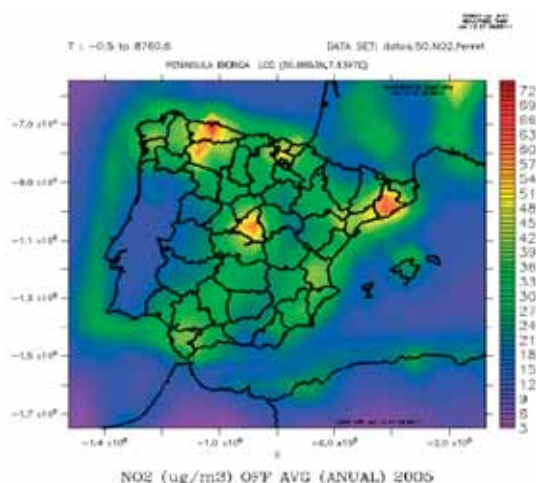
³ El sistema es ejecutado sobre 12 capas en altura y con 50 km de resolución coincidentes con la resolución de las emisiones EMEP de 2004 a nivel nacional, y con 9 km de resolución para la Comunidad de Madrid. La resolución temporal de las emisiones producidas por EMIMO es 1 hora.

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

- 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.

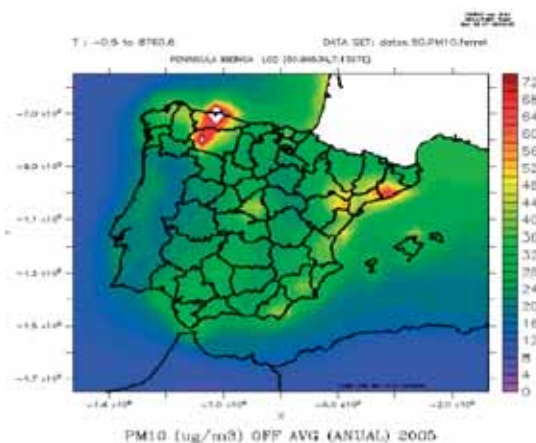
Los mapas que se presentan a continuación han sido desarrollados por el Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid y se corresponden con una visión interpolada de los resultados por cuadrículas 50 x 50 Km. de resolución espacial 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)



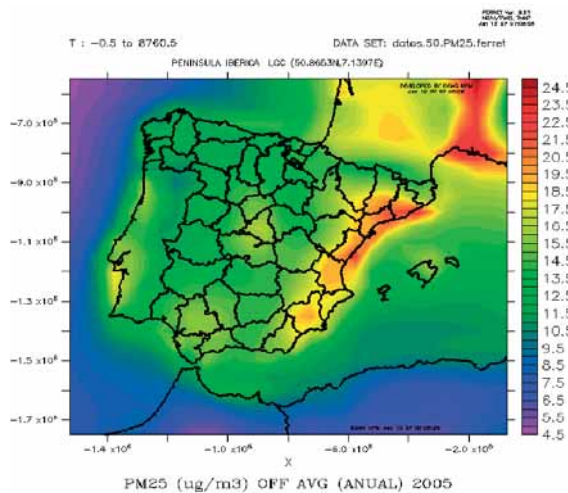
- El valor límite para la protección de la salud humana que entrará en vigor en el año 2010 es de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO₂.
- Las zonas de mayor densidad de población y emisiones industriales de NO₂ ofrecen los niveles mayores de este contaminante.

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

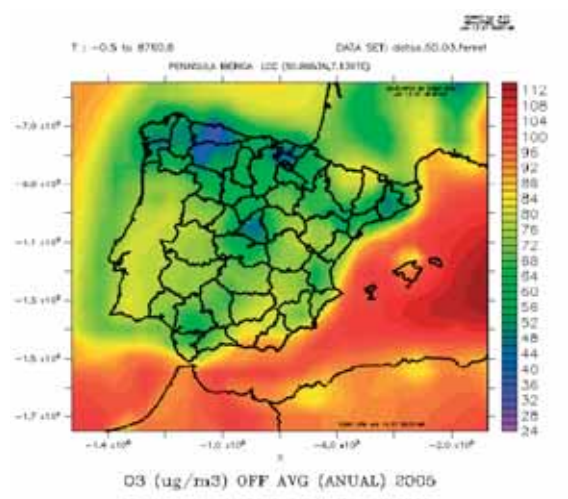


- El valor límite para las PM₁₀ se fija en una concentración de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como media anual. Así mismo se fija una valor límite diario de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que no podrá superarse en más de 35 días/año desde 2005.
- Las áreas de mayor industrialización o densidad de población 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.

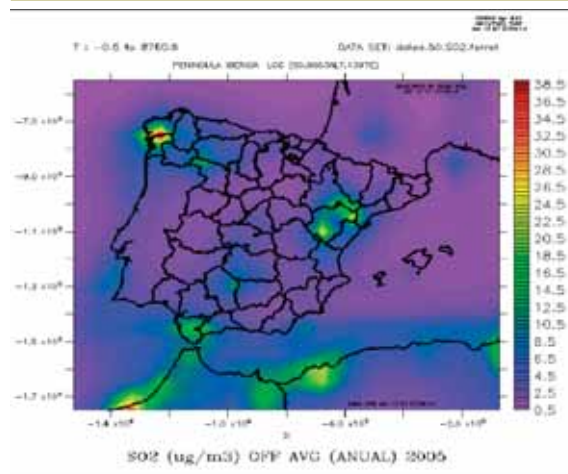
4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

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.

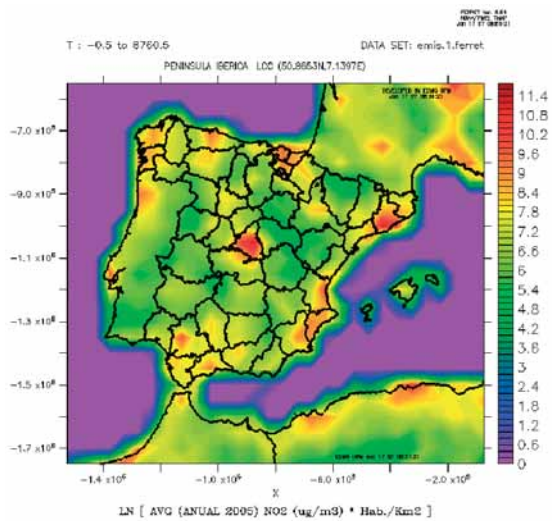
A pesar de las limitaciones existentes en la elaboración de los resultados se observan los grandes porcentajes de población afectada en España por incumplimientos de alertas y superaciones anuales y diarias.

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.

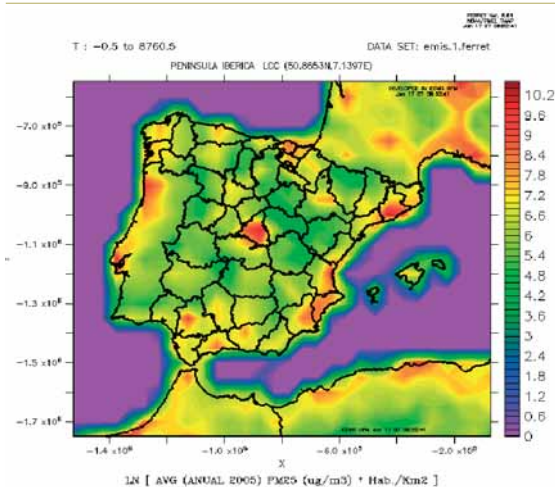
4. ¿QUÉ CALIDAD DEL AIRE TENEMOS EN ESPAÑA? ¿CÓMO VAMOS?

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



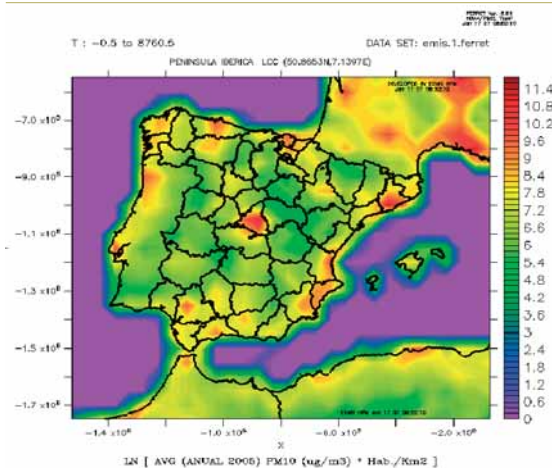
- Se observa como áreas que en el mapa anterior (concentración media anual de NO₂ en µg/m³) aparecen con valores relativos inferiores a los máximos, como es el caso de las provincias de Valencia, Alicante, Murcia, Sevilla y Málaga, entre otras, en este mapa tienen un índice de afectación alto debido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



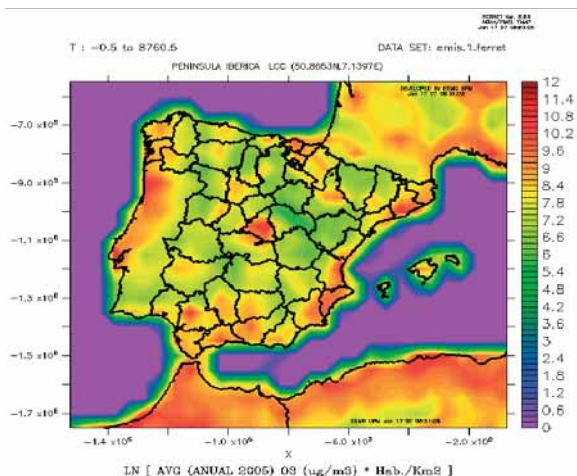
- El mapa muestra las áreas donde existe un mayor índice de afectación sobre la población de la concentración de PM_{2,5}. Éstas corresponden a las zonas de Madrid, Barcelona, Valencia, Alicante, Murcia, Sevilla, Málaga y País Vasco.

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.

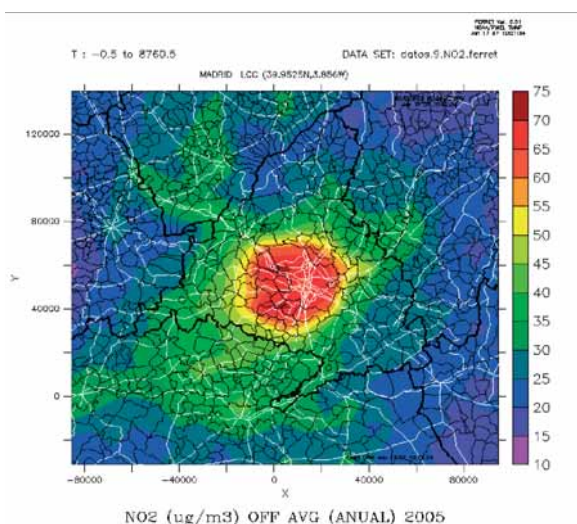
• Fuente figuras 36-39: Grupo de Modelos y Software para el Medio Ambiente. Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

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).

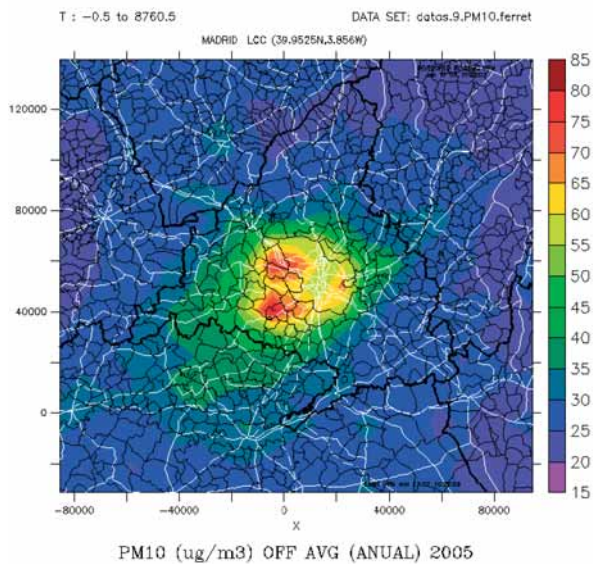
Figura 40. Concentración media anual de NO₂ en µg/m³ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.



- 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.

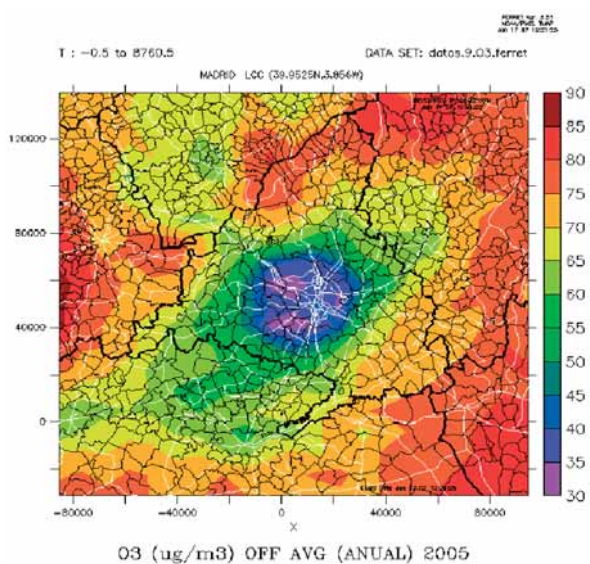
⁴ Las siguientes imágenes muestran un área específica después de ejecutar el sistema OPANA V3 (MM5-CMAQ-EMIMO) sobre un dominio de 400 x 400 km con 9 km de resolución (dominio superior al área mostrada en las imágenes que cubre un área de 160 x 160 km aproximadamente, obsérvese que la proyección Lambert 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la Comunidad de Madrid y alrededores durante el año 2005.

- 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.
- 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de O₃ como media máxima octohoraria a no superar más de 25 días al año. No existe valor objetivo en la legislación actual.
- 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.

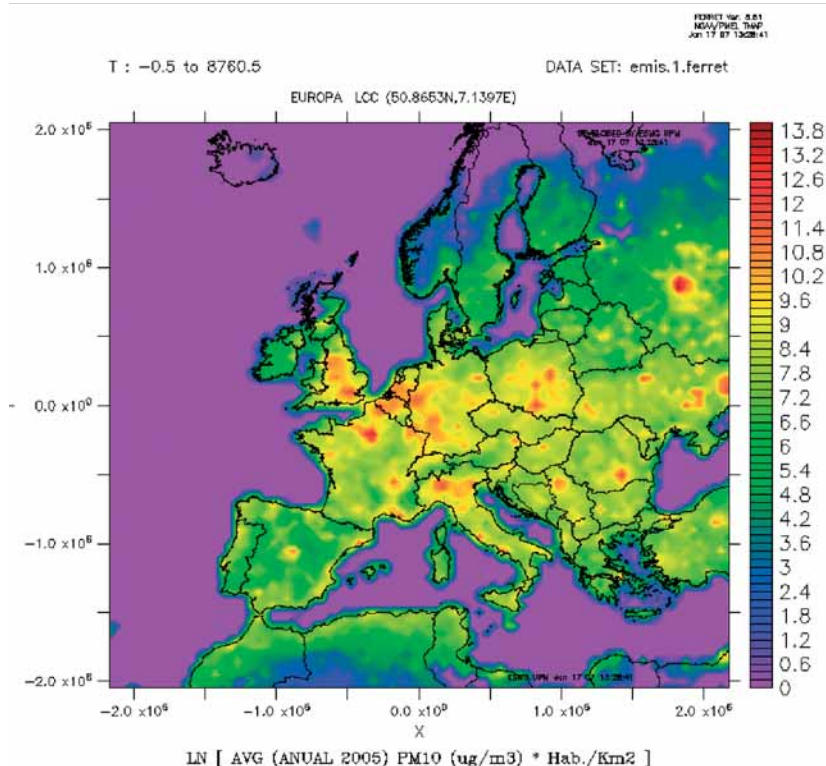
Niveles de cumplimiento

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor límite más el margen de tolerancia correspondiente) y 5 se encontraban entre esta concentración y el valor límite de 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 en 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.

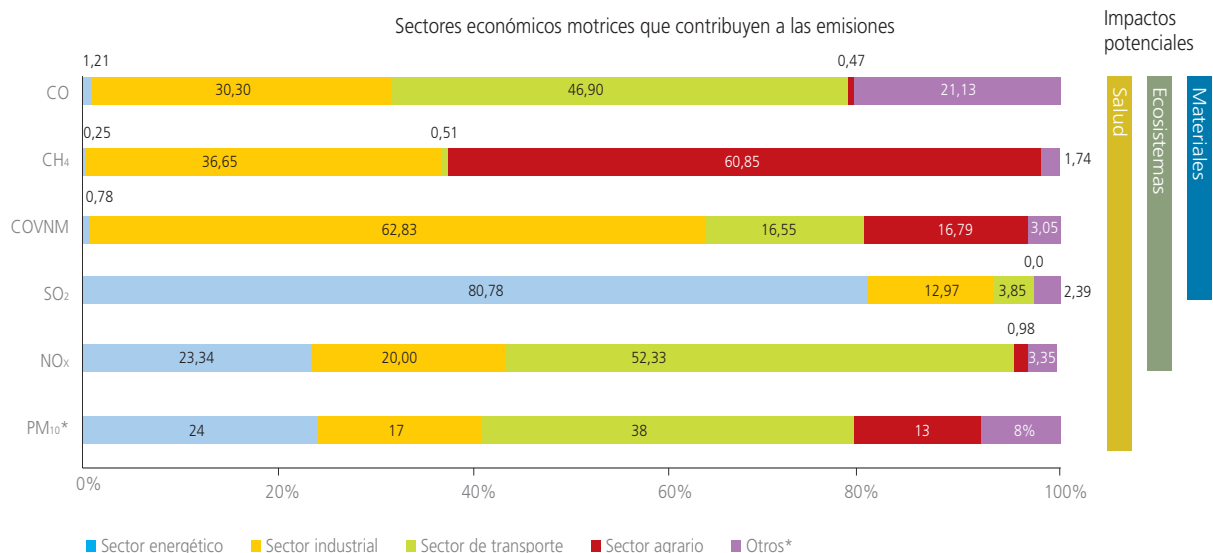
Una cuestión clave para mejorar la calidad de vida y los procesos de sostenibilidad urbana es comprender con mayor precisión las interacciones entre las fuerzas motrices que originan las emisiones de contaminantes a la atmósfera y cómo se pueden aplicar políticas efectivas de mitigación de emisiones 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

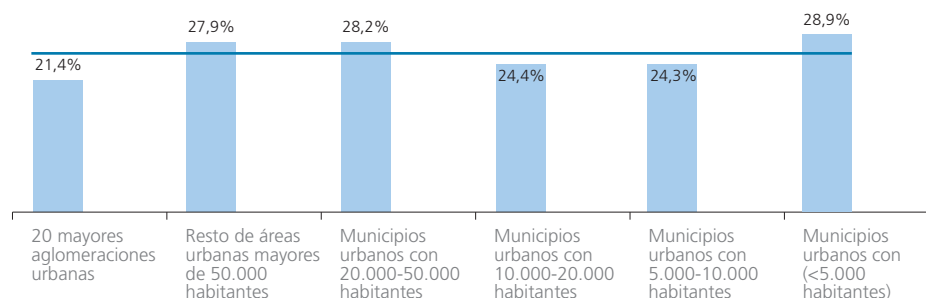
La distribución de las zonas urbanas en España presenta grandes desequilibrios territoriales debidos, fundamentalmente, a la concentración de la mayor parte de la población en grandes aglomeraciones urbanas, localizadas sobre todo en torno a Madrid y en el arco mediterráneo. Los datos indican que en 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.

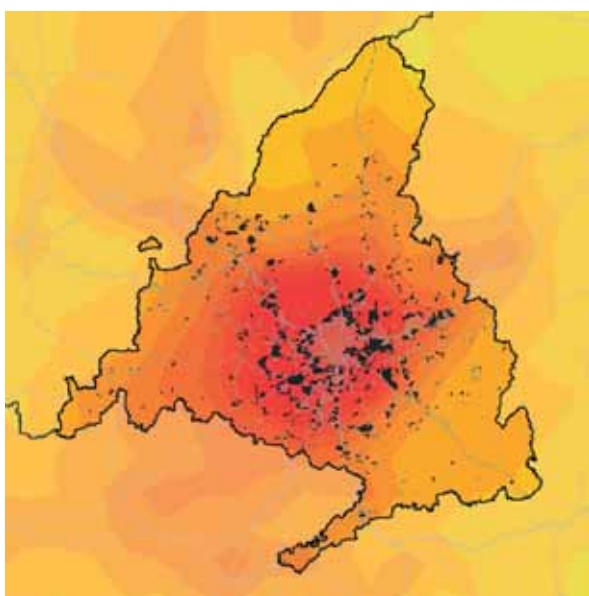
Este nuevo modelo de urbanización y uso del suelo, consistentes en grandes comunidades exclusivamente residenciales esparcidas en extensas áreas y en servicios comerciales concentrados en puntos específicos y alejados de aquellas, ocupan fragmentariamente espacios cada vez más distanciados, incrementan 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.



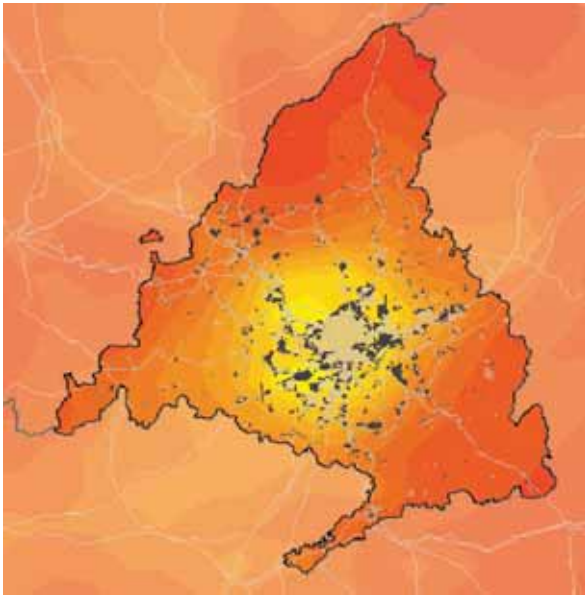
- De un total de 53.934,34 ha de incremento de área artificial (1987-2000), solamente 18,43% se encuentra en áreas con nivel de inmisión de NO₂ aceptables, limitados a 40 µg/m³ como media anual. Los restantes 81,57% se encuentra en situación de mala calidad del aire respecto a niveles de inmisión de 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.

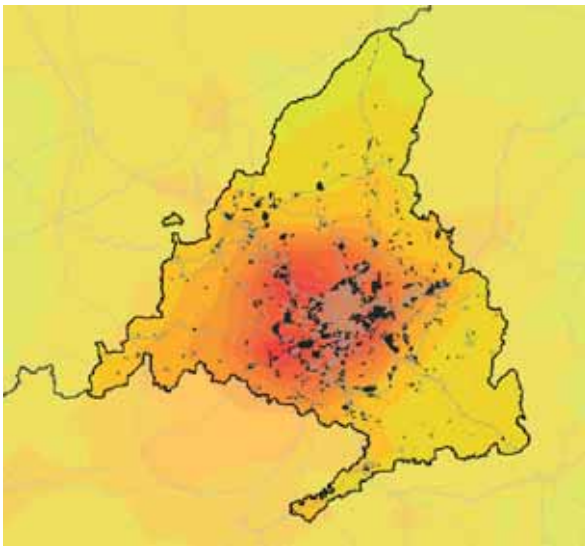
Figura 48. Concentraciones de ozono y aumento de superficie artificial en la Comunidad de Madrid



- 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
turismos por cada
mil habitantes
en España ha pasado
de 384 en 1997 a 459
en 2005.**

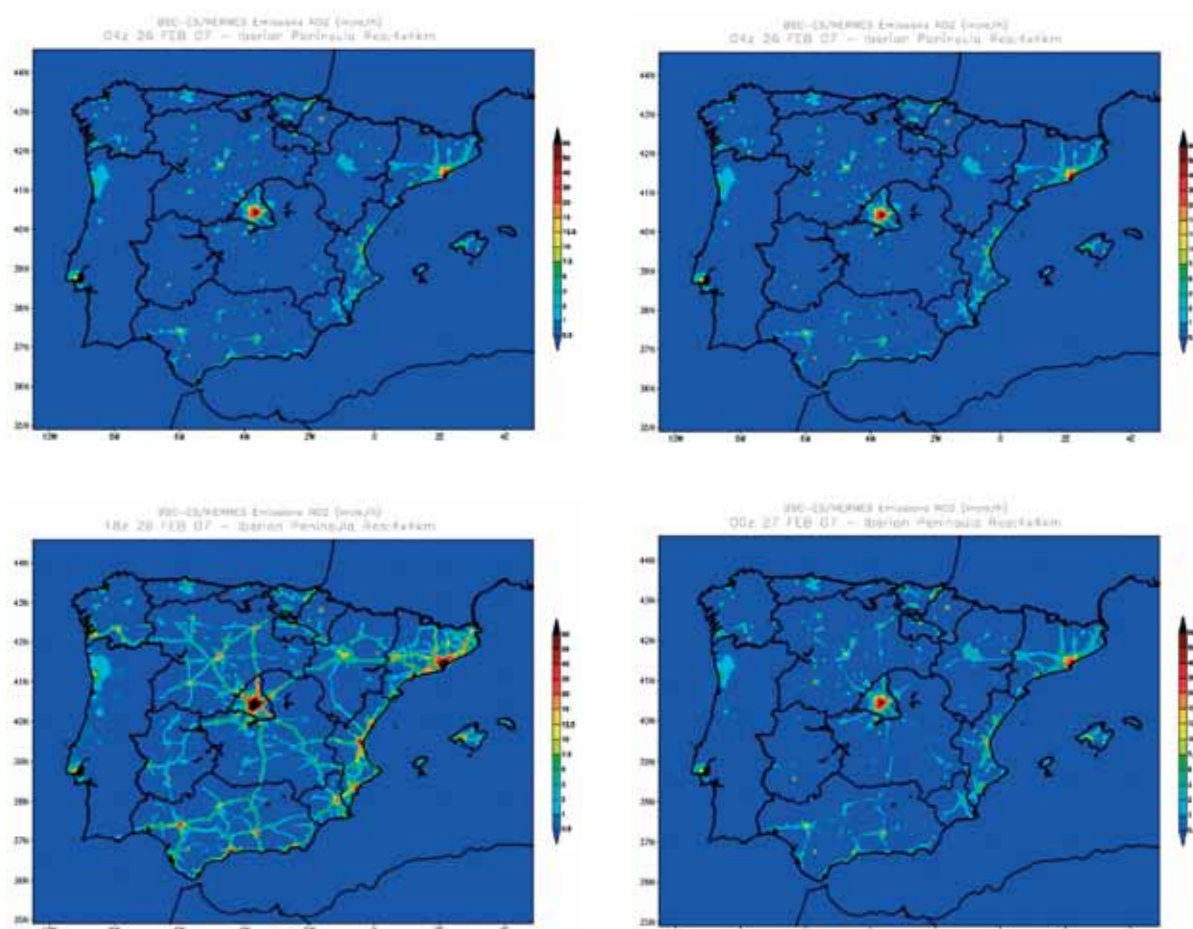
Movilidad urbana, modelos de transporte y calidad del aire

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.

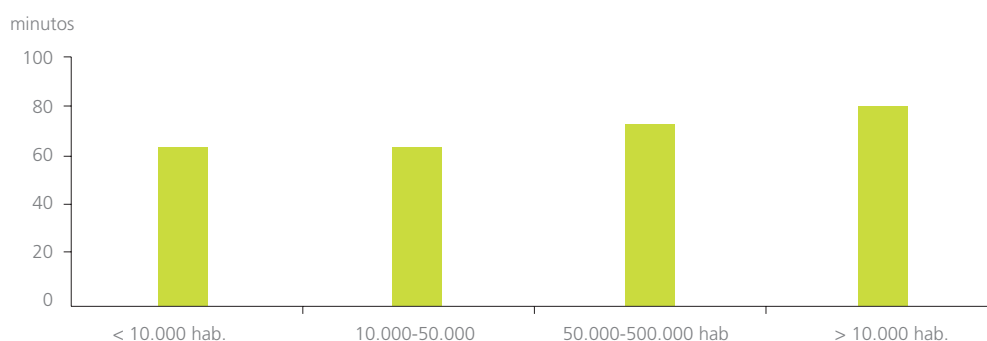
7. ¿CÓMO SE RELACIONA LA SOSTENIBILIDAD URBANA?

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.



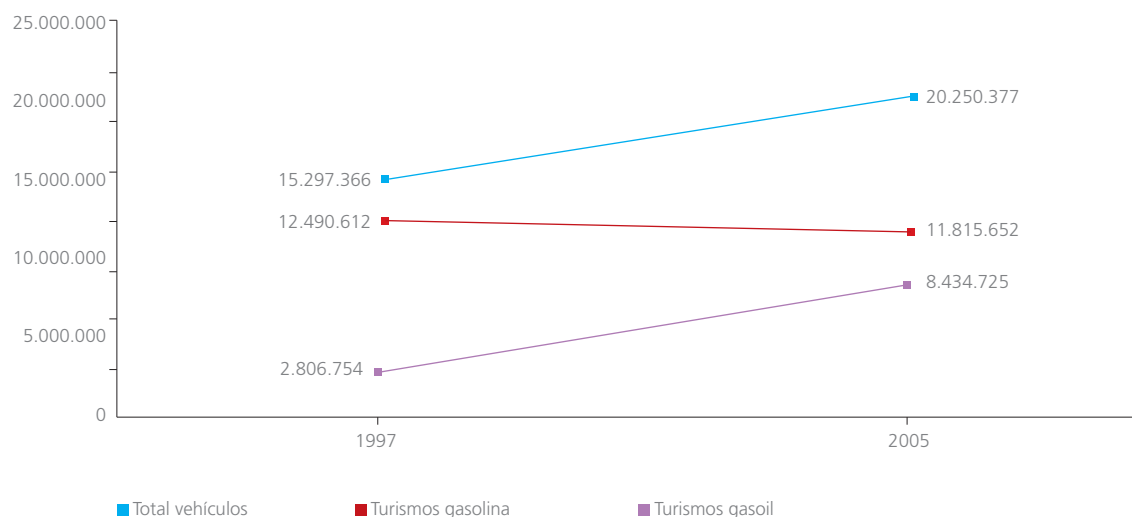
• Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM). Informe 2003.

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.

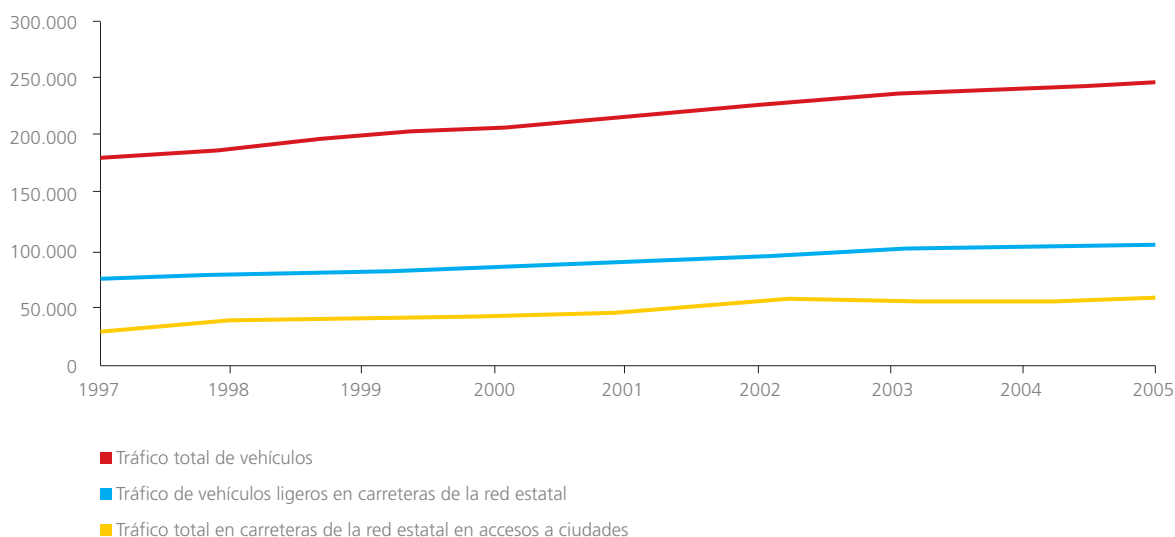
- Durante el periodo 1997-2005 el tráfico total de vehículos, expresado en vehículos-Km., se ha incrementado en un 36,5%, cifra que no considera el tráfico de la red de carreteras gestionadas por los Ayuntamientos. Considerando sólo el tráfico de vehículos ligeros en la red estatal, el crecimiento experimentado 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.



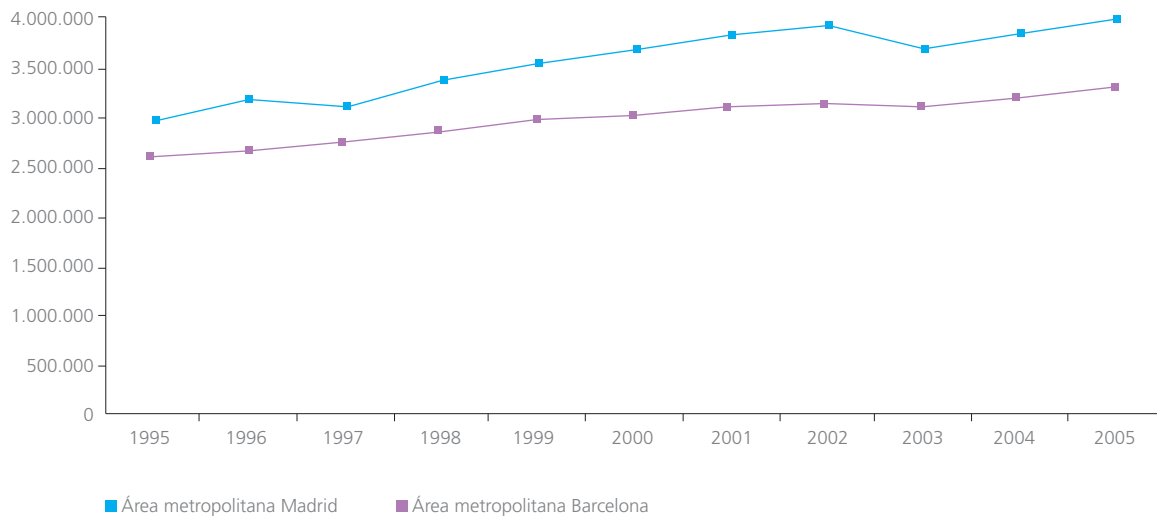
• Fuente: Dirección General de Tráfico.

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 urbanística 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.

7. ¿CÓMO SE RELACIONA LA SOSTENIBILIDAD URBANA?

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 NO_x, 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) |
| 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 (I PPC), 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 inmisible 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 aparentes sean representativos de la exposición de la población urbana en general.