

## ¿Realmente la nueva Directiva de la Unión Europea sobre calidad del aire protege la salud? Un caso a estudio a nivel nacional en España

### A nova Diretiva da União Europeia sobre qualidade do ar protege realmente a saúde? Um caso de estudo a nível nacional em Espanha

#### *Does the new EU Air Quality Directive really protect health? A nationwide case study in Spain*

Cristina Linares, Julio Díaz, Miguel Ángel Navas, José Antonio López-Bueno

Unidad de Referencia en Cambio Climático, Salud y Medio Ambiente Urbano. Instituto de Salud Carlos III. Madrid, España.

**Cita:** Linares C, Díaz J, Navas MA, López-Bueno JA. ¿Realmente la nueva Directiva de la Unión Europea sobre calidad del aire protege la salud? Un caso a estudio a nivel nacional en España. Rev. Salud ambient. 2025; 25(1):51-61.

**Recibido:** 28 de noviembre de 2024. **Aceptado:** 20 de enero de 2025. **Publicado:** 15 de junio de 2025.

**Autor para correspondencia:** Julio Díaz Jiménez.

Correo e: j.diaz@isciii.es

**Financiación:** Proyectos AESI ENPY 304/20 y 436/21.

**Declaración de conflicto de intereses:** Sin conflictos de intereses.

**Declaraciones de autoría:** Todos los autores contribuyeron al diseño y a la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

#### Resumen

En octubre de 2024 la Unión Europea elaboró una Directiva en la que se establecían unos valores límite que, una vez transpuestos por los Estados miembros, sí serían de obligado cumplimiento. Esta Directiva es menos restrictiva que los valores guía de la OMS publicada en 2021.

El objetivo de este estudio es, utilizando funciones dosis-respuesta calculadas específicamente para cada provincia española, establecer cuántos ingresos hospitalarios urgentes por todas las causas (CIE-9: 1-799 y CIE-10: A00-R99) son atribuibles a las concentraciones de NO<sub>2</sub>, PM10 y PM2,5 en el periodo 2013-2018 y cuál sería su reducción si se aplicase la normativa establecida por la UE y por los valores guía de la OMS.

Los resultados obtenidos indican que anualmente se atribuyen en España a la contaminación por NO<sub>2</sub>, PM10 y PM2,5 unos 38 790 ingresos/año con un coste total de 548 millones de €. Estos ingresos se reducirían en 478 ingresos/año (1,23 %) si se cumpliera la normativa establecida por la UE y en 4 496 ingresos/año (11,59 %) si se cumplieran los valores establecidos por la OMS.

El cumplimiento de los valores límite de la UE apenas incidiría en una disminución de los ingresos atribuibles, pero sí en el caso del cumplimiento de los valores guía de la OMS, que supondría a nivel estatal un ahorro de más de 63 millones de €.

**Palabras clave:** ingresos hospitalarios; contaminación atmosférica; valores guía OMS; valores límite UE; coste económico.

#### Resumo

Em outubro de 2024, a União Europeia elaborou uma Diretiva na qual foram estabelecidos valores-limite que, uma vez transpostos pelos Estados-Membros, passariam a ser de cumprimento obrigatório. Esta Diretiva é menos restritiva do que os valores de referência definidos pela OMS publicados em 2021.

O objetivo deste estudo é, utilizando funções dose-resposta calculadas especificamente para cada província espanhola, determinar quantos internamentos hospitalares urgentes por todas as causas (CID-9: 1-799 e CID-10: A00-R99) são atribuíveis às concentrações de NO<sub>2</sub>, PM10 e PM2,5 no período de 2013 a 2018, e qual seria a sua redução caso fossem aplicadas as normas estabelecidas pela UE e os valores de referência da OMS.

Os resultados obtidos indicam que, anualmente, são atribuídos em Espanha cerca de 38 790 internamentos/ano à poluição por NO<sub>2</sub>, PM10 e PM2,5, com um custo total de 548 milhões de €. Estes internamentos seriam reduzidos em 478/ano (1,23 %) se fossem

cumpridas as normas estabelecidas pela UE, e em 4 496/ano (11,59 %) se fossem cumpridos os valores de referência definidos pela OMS.

O cumprimento dos valores-limite da UE teria um impacto muito reduzido na diminuição dos internamentos atribuíveis, ao contrário do cumprimento dos valores da OMS, que representaria, a nível nacional, uma poupança superior a 63 milhões de €.

**Palavras-chave:** Internamentos hospitalares; Poluição atmosférica; Valores de referência da OMS; Valores-limite da UE; Custo económico.

### Abstract

In 2021, the World Health Organisation publishes a Guide on Air Quality in which guide values are established, which are not mandatory, and which are considerably more restrictive than those existing in the previous Guide (2006). At the same time, in October 2024, the European Union drafted a Directive establishing limit values, which, once transposed by the Member States, will be mandatory. This Directive is less restrictive than the WHO 2021 Directive of 2021 is.

The aim of this study is, using dose-response functions for each Spanish province, to calculate how many short-term emergency hospital admissions for all causes ICD-9: 1-799 and ICD-10: A00-R99 are attributable to NO<sub>2</sub>, PM10 and PM2.5 at provincial level in Spain in the period 2013-2018 and what their reduction would be if the regulations established by the EU and the WHO guideline values were applied.

The results obtained indicate that 38 790 hospital admissions/year are attributed to NO<sub>2</sub>, PM10 and PM2.5 pollution in Spain each year, at a cost of 548 million €. A figure of 478 admissions would reduce these hospital admissions (1.23 %) if the regulations established by the EU were complied with and by 4 496 (11.59 %) if the values established by the WHO were complied with.

In other words, compliance with the EU limit values would have little impact on a decrease in attributable emergency hospital admissions, but compliance with the WHO guideline values would lead to savings of more than €63 million at the national level.

**Keywords:** Hospital admissions; Air pollution; WHO guideline values; EU limit values; Economic cost.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas las políticas implementadas por los países europeos han permitido que la concentración media de partículas de diámetro inferior a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>) haya disminuido un 44 % en el año 2019 comparado con 1990<sup>1</sup>. Una investigación a nivel europeo<sup>2</sup> indica que, pese haberse conseguido este descenso en los niveles de contaminación, entre el 83-96 % de la población de los 28 países miembros de la Unión Europea había estado expuesta a niveles de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y material particulado (PM) superiores a los valores guía recomendados por la OMS durante el año 2021<sup>3</sup>.

En octubre de 2024 la Unión Europea elaboró una Directiva en la que se establecían unos valores límite que, una vez transpuestos por los Estados miembros, sí serían de obligado cumplimiento. Esta Directiva es menos restrictiva que los valores guía de la OMS de 2021 antes mencionada<sup>3</sup>.

Las relaciones funcionales existentes entre las concentraciones de PM y NO<sub>2</sub> con la morbilidad<sup>4-6</sup> y la mortalidad<sup>7-9</sup> son lineales y sin umbral, es decir, no hay un valor seguro por debajo del cual no exista impacto en salud, por lo que imponer cualquier concentración límite es algo discrecional.

En general, los estudios que analizan los costes en salud asociados al cumplimiento de las normativas europeas, utilizan funciones dosis respuesta basadas en investigaciones anteriores y con diferentes técnicas de metaanálisis y asignan valores similares de estas funciones a todos los países y regiones sin tener en cuenta las características socioeconómicas, climáticas y demográficas de cada lugar<sup>10</sup>.

Por otro lado, los valores guía de 2021 de la OMS<sup>3</sup> presentan la novedad de que no solamente tienen en cuenta exposiciones crónicas para todos los contaminantes (medidas a través de las concentraciones anuales), sino que también contempla exposiciones agudas, es decir, a corto plazo que pueden obtenerse a partir de los valores guía diarios que aparecen establecidos en esta guía<sup>11</sup>. Este tema no es una cuestión menor ya que se determinaron en España en el periodo 2000-2009 un total de 2 700 muertes anuales atribuibles a las PM<sub>10</sub><sup>12</sup>; 6 100 atribuibles al NO<sub>2</sub><sup>13</sup>, 500 muertes atribuibles al ozono troposférico<sup>14</sup> y más de 60 000 ingresos hospitalarios urgentes<sup>15</sup>.

Puesto que los valores guía de la OMS no son de obligado cumplimiento, con el objetivo de proteger la salud de los ciudadanos y para dotar de validez legislativa a los valores de la OMS, la UE actúa con la aprobación de una Directiva Europea y establece unos valores límite que los Estados miembros tiene la obligación de transponer a su normativa estatal con lo

que ya estos valores límite, sí son imperativos. De forma general, los valores de la UE suelen ser menos estrictos que los de la OMS, y así ocurre con la Directiva de la UE aprobada en 2024<sup>16</sup>. Esto es debido a que si para la OMS los criterios son exclusivamente los de protección de la salud, en la Directiva de la UE intervienen criterios de viabilidad técnica y económica que en algunos casos deberían llevar asociada la implementación de medidas con un coste económico para limitar las emisiones con el objetivo de cumplir con estos valores límite.

Por otro lado, la mayoría de la literatura publicada sobre el efecto de la contaminación atmosférica en la salud se basa en análisis de mortalidad, sin embargo, analizar el efecto en la morbilidad y estimar su coste, ayuda a mejorar la calidad de vida de los pacientes y hacer un uso más racional del gasto sanitario.

El objetivo que se plantea en este estudio es calcular cuántos ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo que son atribuibles a la exposición a las concentraciones de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y NO<sub>2</sub> en cada provincia española podrían evitarse si se cumplieren los valores establecidos en la Guía de la OMS y cuántos si se cumpliera la nueva Directiva de la UE, además de estimar su impacto económico, utilizando para ello funciones dosis respuesta calculadas expresamente para cada región de estudio<sup>15</sup>.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. VARIABLE DEPENDIENTE

Se utilizó como variable dependiente el número de ingresos hospitalarios diarios de carácter urgente por causas naturales, desde el 1 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2018, para las 52 provincias más las 2 ciudades autónomas de España.

Para obtener los datos de ingresos se accedió a la Encuesta de Morbilidad Hospitalaria/EMH, que registra las altas hospitalarias según la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-9 y CIE-10). Los códigos incluidos en el estudio fueron: CIE-9:1-799 y CIE-10: A00-R99. Los datos se obtuvieron siguiendo el protocolo de confidencialidad del Instituto Nacional de Estadística/INE.

### 2. VARIABLES INDEPENDIENTES

Se incluyó en el estudio la concentración media diaria (medida en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de la concentración atmosférica de los siguientes contaminantes químicos: dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), material particulado de diámetro <2.5 micras (PM<sub>2,5</sub>) y material particulado de diámetro <10 micras (PM<sub>10</sub>). Los datos se obtuvieron de las Redes de Vigilancia de la Calidad del Aire del MITECO<sup>17</sup>. Del total de 52 provincias analizadas, se obtuvieron datos de NO<sub>2</sub> en 49 provincias

(94,2 %), de PM<sub>2,5</sub> en 22 provincias (42,3 %) y de PM<sub>10</sub> en 44 provincias (84,6 %).

No se consideró el ozono troposférico porque las funciones dosis respuesta calculadas en el estudio base de este artículo<sup>15</sup> hacen referencia a valores medios diarios mientras que la Guía de la OMS<sup>3</sup> y la Directiva Europea se refieren a concentraciones octohorarias<sup>17</sup>.

### 3. CÁLCULO DE LOS CASOS ATRIBUIBLES

A partir del estudio de Ruiz-Páez y cols.<sup>15</sup> se dispone de las funciones dosis respuesta que cada contaminante arriba mencionado tiene sobre los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo a nivel de cada provincia española. Las funciones dosis respuesta representan el incremento en tanto por ciento que se produce en los ingresos hospitalarios para aumentos en 10  $\text{mg}/\text{m}^3$  de las concentraciones de los contaminantes. Por tanto, a partir de las concentraciones medias diarias de los contaminantes se puede calcular el porcentaje de aumento diario de los ingresos hospitalarios que se atribuyen a cada contaminante y puesto que se conocen los ingresos diarios reales que se producen, puede calcularse cuántos se relacionan con cada contaminante. Este cálculo puede realizarse de este modo porque estudios previos realizados en España han demostrado que esta relación funcional con los ingresos hospitalarios es lineal para todos los contaminantes considerados como se ha citado anteriormente<sup>4-6</sup>.

Este cálculo se hará en dos supuestos. El primero limitando todas las concentraciones medidas a los valores guía diarios (24 h) que marca la OMS<sup>3</sup> y que aparecen en la tabla 1. El segundo supuesto se establecerá limitando las concentraciones medias diarias a los valores límite que establece la UE en su Directiva de 2024<sup>16</sup>, por tanto, los resultados expresaran los ingresos a corto plazo atribuibles a los contaminantes antes citados.

Tabla 1. Valores guía de la OMS marcados en su Guía de Calidad del Aire de 2021 (OMS, 2021) y valores límite de la UE según la Directiva de Calidad del Aire de 2024 (UE, 2024)

Contaminante	Directrices OMS 2021 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Nueva Directiva Europea 2024 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Anual	24h	Anual	24h
NO <sub>2</sub>	10	25 (3 o 4 veces)	20	50 (18 veces)
PM <sub>2,5</sub>	5	15 (3 o 4 veces)	10	25 (18 veces)
PM <sub>10</sub>	15	45 (3 o 4 veces)	20	45 (18 veces)

Entre paréntesis se especifica el máximo de número de días por año en el que podrán superarse los valores límite.

## RESULTADOS

Los estadísticos descriptivos correspondientes a cada provincia de la variable dependiente (ingresos hospitalarios) y de las concentraciones medias diarias de los contaminantes son los que se muestran en la tabla 2.

Se analizaron un total de 14 381 087 ingresos hospitalarios no programados (urgentes) por causas naturales durante el periodo del 1 de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2018, ocurridos en las 52 provincias y las dos ciudades autónomas. En cuanto al número diario de ingresos hospitalarios se observó una considerable variabilidad a lo largo de toda la geografía.

Las provincias con mayores concentraciones medias diarias de NO<sub>2</sub> en el periodo estudiado fueron Madrid y Barcelona con concentraciones medias de 30,9 µg/m<sup>3</sup> y 30,2 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente, midiéndose las menores concentraciones de este contaminante en Zamora (5,1 µg/m<sup>3</sup>). En relación a las PM10 las mayores concentraciones se midieron en Cuenca con valores medios diarios de 28,4 µg/m<sup>3</sup> y las menores en Cáceres (11,2 µg/m<sup>3</sup>) y Lugo (12,1 µg/m<sup>3</sup>). Las concentraciones medias más elevadas de PM2,5 fueron de 16,3 µg/m<sup>3</sup> en Córdoba y las más bajas se midieron en Guadalajara con concentraciones de 4,5 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de los registros medios diarios de contaminación e ingresos observados en el periodo

Comunidad	Provincia	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	PM2,5(µg/m <sup>3</sup> )	Ingresos medios diario por causas naturales
		Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd
Andalucía	Almería	14,9 ± 5,0	25,0 ± 11,7	12,0 ± 7,5	95,0 ± 17,3
	Cádiz	13,6 ± 5,9	24,9 ± 10,8	10,3 ± 5,7	165,2 ± 27,4
	Córdoba	23,6 ± 9,0	26,3 ± 14,6	16,34 ± 11,1	88,9 ± 17,0
	Granada	26,4 ± 10,3	26,4 ± 15,0	14,0 ± 8,5	101,6 ± 21,5
	Huelva	7,8 ± 4,1	20,9 ± 11,5	14,0 ± 6,6	58,4 ± 16,6
	Jaén	17,9 ± 8,9	23,8 ± 15,9	13,0 ± 6,7	77,9 ± 15,9
	Málaga	24,8 ± 9,3	22,7 ± 14,0	13,0 ± 9,1	184,9 ± 29,2
Sevilla	20,2 ± 7,5	25,7 ± 13,2	12,3 ± 7,0	219,2 ± 44,2	
Aragón	Huesca	13,1 ± 6,3	15,1 ± 8,1	10,2 ± 5,9	34,5 ± 8,1
	Teruel	8,7 ± 3,7	12,2 ± 8,6	5,9 ± 3,4	20,0 ± 5,7
	Zaragoza	24,1 ± 8,4	18,4 ± 9,5	11,4 ± 6,9	140,9 ± 30,9
Asturias	Asturias	19,8 ± 7,8	23,4 ± 7,2	10,2 ± 4,8	169,9 ± 34,1
Baleares	Baleares	9,5 ± 3,1	17,2 ± 6,3	6,9 ± 2,9	165,9 ± 35,0
Canarias	Las Palmas	12,6 ± 4,8	27,2 ± 23,6	8,6 ± 6,1	105,4 ± 20,4
	S.C. de Tenerife	11,1 ± 4,7	22,0 ± 22,0	9,1 ± 7,0	115,4 ± 26,9
Cantabria	Cantabria	17,6 ± 6,7	18,8 ± 7,4	8,8 ± 4,9	87,5 ± 18,3
Castilla y León	Ávila	9,2 ± 6,3	16,0 ± 9,2	*	27,0 ± 7,1
	Burgos	11,2 ± 6,4	15,8 ± 9,3	8,0 ± 5,1	63,3 ± 20,2
	León	15,2 ± 7,6	16,0 ± 7,9	8,0 ± 5,0	70,0 ± 21,3
	Palencia	10,8 ± 9,1	18,3 ± 11,5	*	30,4 ± 7,8
	Salamanca	11,0 ± 6,2	17,0 ± 9,4	7,4 ± 4,6	50,1 ± 9,9
	Segovia	12,5 ± 6,5	13,8 ± 11,1	*	21,6 ± 6,0
	Soria	12,7 ± 6,8	15,2 ± 10,6	*	15,8 ± 4,8
	Valladolid	23,2 ± 10,6	16,1 ± 9,2	11,07 ± 6,24	73,1 ± 19,9
Zamora	5,1 ± 3,4	12,1 ± 7,6	4,7 ± 3,5	33,1 ± 8,1	

\* no se dispuso de registro, o la calidad de este no fue suficiente para incluir la variable en el estudio.

Tabla 2 (continuación). Estadísticos descriptivos de los registros medios diarios de contaminación e ingresos observados en el periodo

		NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	PM2,5(µg/m <sup>3</sup> )	Ingresos medios diario por causas naturales
Comunidad	Provincia	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd
Castilla-La Mancha	Albacete	12,5 ± 8,2	27,4 ± 12,5	11,6 ± 6,7	57,8 ± 11,4
	Ciudad Real	10,2 ± 8,0	24,0 ± 14,2	*	77,3 ± 19,4
	Cuenca	17,3 ± 11,5	28,4 ± 15,2	*	25,0 ± 6,5
	Guadalajara	10,1 ± 5,9	15,7 ± 12,4	4,5 ± 3,6	31,4 ± 8,9
	Toledo	15,4 ± 7,8	21,3 ± 11,4	8,7 ± 4,0	63,3 ± 29
Cataluña	Barcelona	30,5 ± 10,0	23,1 ± 7,9	14,2 ± 4,9	848,1 ± 140,7
	Girona	15,5 ± 6,8	20,0 ± 7,1	9,0 ± 5,1	86,4 ± 16,1
	Lleida	9,0 ± 4,4	15,4 ± 7,8	9,4 ± 5,5	48,9 ± 10,1
	Tarragona	14,2 ± 6,4	16,7 ± 7,9	8,6 ± 4,5	102,0 ± 17,5
Ceuta	Ceuta	*	*	*	12,1 ± 3,8
Euskadi	Araba	20,1 ± 9,39	14,0 ± 7,52	8,1 ± 4,54	52,1 ± 10,5
	Bizkaia	24,2 ± 9,16	17,6 ± 7,85	10,6 ± 5,6	183,9 ± 34,2
	Gipuzkoa	21,9 ± 8,3	15,7 ± 6,2	8,4 ± 4,6	100,6 ± 19,5
Extremadura	Badajoz	7,2 ± 4,2	15,2 ± 9,9	8,6 ± 4,5	106,9 ± 21,5
	Cáceres	6,5 ± 3,4	11,2 ± 7,6	6,3 ± 4,1	60,2 ± 13,5
Galicia	A Coruña	15,9 ± 7,4	22,6 ± 8,9	12,5 ± 6,69	170,3 ± 31,7
	Lugo	6,2 ± 3,5	12,1 ± 6,1	8,5 ± 4,7	49,5 ± 13,8
	Ourense	12,6 ± 5,7	13,8 ± 9,7	7,9 ± 7,1	67,3 ± 12,5
	Pontevedra	20,7 ± 10,2	20,6 ± 9,4	10,9 ± 6,7	153,4 ± 28,1
La Rioja	La Rioja	13,7 ± 9,4	19,9 ± 6,7	11,4 ± 4,6	52,4 ± 11,7
Madrid	Madrid	30,9 ± 14,4	19,4 ± 10,8	10,2 ± 5,0	955,7 ± 167,9
Melilla	Melilla	*	*	*	13,4 ± 4,0
Murcia	Murcia	16,9 ± 7,0	20,6 ± 10,6	11,7 ± 9,4	230,3 ± 47,2
Navarra	Navarra	18,6 ± 9,4	15,4 ± 6,50	10,0 ± 5,5	91,3 ± 17,2
Valencia	Alicante	14,5 ± 6,9	17,1 ± 8,4	10,4 ± 4,9	301,7 ± 55,2
	Castellón	8,7 ± 3,8	13,2 ± 7,4	8,5 ± 4,7	71,1 ± 18,6
	Valencia	16,7 ± 6,9	17,27 ± 7,8	9,36 ± 4,7	353,5 ± 61,8

\* no se dispuso de registro, o la calidad de este no fue suficiente para incluir la variable en el estudio.

En la tabla 3, se muestran el número de días en que se superaron los valores límite de la UE y guía de la OMS y el porcentaje de superaciones de los mismos en el periodo considerado. En relación al NO<sub>2</sub>, el mayor número de días de incumplimiento con la normativa de la UE se observó en Madrid con 254 días, lo que supone el 11,6 %; seguido de Barcelona con 77 días (3,5 %). Sin embargo, para el caso de los valores guía de la OMS es Barcelona la que muestra un mayor número de días en los que se superaron los valores guía con 1 475 (67,4 %) seguida de Madrid con 1 299 días (59,3 %). En relación al material particulado PM10, en el que los valores guía de la OMS y límite de la UE coinciden, el mayor número de días de superación se observó en Las Palmas y en Cuenca con 206 días (9,4 %) y 187 días (8,5 %), respectivamente. Para las PM2,5 las provincias con mayor número de días en los que se superaron los valores límite de UE se dan en

Granada con 189 días (8,6 %) y Córdoba con 106 (4,8 %) y las provincias con mayor número de días de superación de los valores guía de la OMS fueron Barcelona 759 días (34,7 %) y Granada 757 (34,6 %).

En la tabla 4, se muestra el porcentaje de reducción de los ingresos atribuibles si los límites de la UE y la OMS fueran respetados. En España se atribuyen a la contaminación por NO<sub>2</sub>, PM10 y PM2,5 38 790 ingresos/año totales. Estos ingresos se reducirían en 478 (1,23 %) si se cumpliera la normativa establecida por la UE y en 4 496 (11,59 %) si se cumplieran los valores establecidos por la OMS. La Comunidad con mayor número de ingresos atribuibles a la contaminación sería Madrid con 7 994 ingresos/año que se reducirían en un 3,93 % si se cumplieran los valores de la UE y hasta un 27,71 % si se cumplieran los valores guía de la OMS.

Tabla 3. Número de días de superación de los umbrales de la Unión Europea (UE) y de la OMS (entre paréntesis % sobre el total) para los distintos contaminantes según las diferentes provincias españolas en el periodo 2013-2018

Comunidad	Provincia	NO <sub>2</sub>		PM10	PM2,5	
		UE N (%)	OMS N (%)	UE N (%)	UE N (%)	OMS N (%)
Andalucía	Almería	0 (0,0)	95 (4,3)	75 (3,4)	39 (1,8)	250 (11,4)
	Cádiz	0 (0,0)	98 (4,5)	71 (3,2)	19 (0,7)	191 (8,7)
	Córdoba	11 (0,5)	877 (40,0)	84 (3,8)	106 (4,8)	307 (14,0)
	Granada	65 (2,9)	1 062 (48,5)	143 (6,5)	189 (8,6)	757 (34,6)
	Huelva	0 (0,0)	6 (0,3)	42 (1,9)	10 (0,5)	87 (4,0)
	Jaén	9 (0,4)	400 (18,3)	74 (3,4)	22 (1,0)	127 (5,8)
	Málaga	26 (1,2)	946 (43,2)	59 (2,7)	70 (3,2)	425 (19,4)
	Sevilla	1 (0,0)	495 (22,6)	114 (5,2)	80 (3,6)	455 (20,8)
Aragón	Huesca	3 (0,1)	89 (4,1)	15 (0,7)	45 (2,1)	250 (11,4)
	Teruel	0 (0,0)	3 (0,1)	14 (0,6)	1 (0,0)	18 (0,8)
	Zaragoza	8 (0,4)	918 (41,9)	38 (1,7)	86 (3,9)	403 (18,4)
Asturias	Asturias	5 (0,2)	499 (22,8)	27 (1,3)	23 (1,1)	337 (15,4)
Baleares	Baleares	0 (0,0)	0 (0,0)	12 (0,5)	2 (0,0)	27 (1,2)
Canarias	Las Palmas	0 (0,0)	39 (1,8)	206 (9,4)	42 (1,9)	174 (7,9)
	S.C. Tenerife	0 (0,0)	35 (1,6)	142 (6,4)	63 (2,9)	261 (11,9)
Cantabria	Cantabria	0 (0,0)	323 (14,7)	11 (0,5)	17 (0,8)	173 (7,9)
Castilla y León	Ávila	0 (0,0)	51 (2,3)	23 (1,0)	*	*
	Burgos	0 (0,0)	96 (4,4)	17 (0,8)	21 (1,0)	178 (8,1)
	León	2 (0,1)	230 (10,5)	18 (0,8)	19 (0,9)	145 (6,6)
	Palencia	0 (0,0)	178 (8,1)	57 (2,6)	*	*
	Salamanca	1 (0,0)	73 (3,3)	25 (1,1)	3 (0,1)	20 (0,9)
	Segovia	0 (0,0)	103 (4,7)	24 (1,1)	*	*
	Soria	4 (0,2)	102 (4,7)	15 (0,7)	*	*
	Valladolid	38 (1,7)	832 (38,0)	30 (1,4)	77 (3,5)	427 (19,5)
	Zamora	0 (0,0)	0 (0,2)	14 (0,6)	4 (0,1)	24 (1,1)
Castilla-La Mancha	Albacete	5 (0,2)	137 (6,3)	118 (5,4)	74 (3,4)	387 (17,7)
	Ciudad Real	5 (0,2)	113 (5,2)	146 (6,7)	*	*
	Cuenca	29 (1,3)	424 (19,4)	187 (8,5)	*	*
	Guadalajara	0 (0,0)	49 (2,2)	46 (2,1)	5 (0,2)	22 (1,0)
	Toledo	0 (0,0)	272 (12,4)	75 (3,4)	8 (0,4)	137 (6,3)
Cataluña	Barcelona	77 (3,5)	1 475 (67,4)	32 (5,0)	81 (3,7)	759 (34,7)
	Girona	3 (0,1)	192 (8,8)	18 (0,8)	36 (1,6)	192 (8,8)
	Lleida	0 (0,0)	9 (0,4)	10 (0,5)	31 (1,4)	278 (12,7)
	Tarragona	0 (0,0)	149 (6,8)	14 (0,6)	6 (0,3)	100 (4,6)
Ceuta	Ceuta	*	*	*	*	*
Euskadi	Araba	21 (1,0)	530 (24,2)	7 (0,3)	9 (0,4)	138 (6,3)
	Bizkaia	17 (0,8)	911 (41,6)	7 (0,3)	44 (2,0)	395 (18,0)
	Gipuzkoa	2 (0,0)	729 (33,3)	3 (0,1)	12 (0,5)	169 (7,7)
Extremadura	Badajoz	0 (0,0)	0 (0,0)	29 (1,3)	12 (0,5)	195 (8,9)
	Cáceres	0 (0,0)	0 (0,0)	7 (0,3)	7 (0,3)	90 (4,1)

\* Falta de datos. En el caso de las PM10 los valores de la UE y la OMS coinciden.

Tabla 3 (continuación). Número de días de superación de los umbrales de la Unión Europea (UE) y de la OMS (entre paréntesis % sobre el total) para los distintos contaminantes según las diferentes provincias españolas en el periodo 2013-2018

Comunidad	Provincia	NO <sub>2</sub>		PM10	PM2,5	
		UE N (%)	OMS N (%)	UE N (%)	UE N (%)	OMS N (%)
Galicia	A Coruña	0 (0,0)	290 (13,2)	43 (2,0)	90 (4,1)	554 (25,3)
	Lugo	0 (0,0)	10 (0,5)	6 (0,3)	13 (0,6)	1 146 (6,7)
	Ourense	0 (0,0)	52 (2,4)	17 (0,8)	21 (1,0)	108 (4,9)
	Pontevedra	11 (0,5)	647 (29,5)	38 (1,7)	35 (1,6)	228 (10,4)
La Rioja	La Rioja	2 (0,0)	278 (12,7)	10 (0,5)	10 (0,5)	128 (5,8)
Madrid	Madrid	254 (11,6)	1 299 (59,3)	49 (2,2)	29 (1,3)	322 (14,7)
Melilla	Melilla	*	*	*	*	*
Murcia	Murcia	2 (0,0)	243 (11,1)	32 (1,5)	31 (1,4)	204 (9,3)
Navarra	Navarra	9 (0,4)	494 (22,5)	5 (0,2)	23 (1,1)	197 (9,0)
Valencia	Alicante	0 (0,0)	203 (9,3)	19 (0,9)	27 (1,2)	322 (14,7)
	Castellón	0 (0,0)	5 (0,2)	9 (0,4)	13 (0,6)	153 (7,0)
	Valencia	0 (0,0)	293 (13,4)	14 (0,6)	15 (0,7)	246 (11,2)

\* Falta de datos. En el caso de las PM10 los valores de la UE y la OMS coinciden.

Tabla 4. Ingresos atribuibles anuales estimados a nivel de Comunidad Autónoma

	Contaminante	Ingresos atribuibles	Cumplimiento UE	Disminución UE	Cumplimiento OMS	Disminución OMS
		Casos (IC95%)	Casos (IC95%)	%	Casos (IC95%)	%
España	NO <sub>2</sub>	27 660 (13 743 - 41 483)	27 310 (13 551 - 40 974)	1,27	23 488 (11 448 - 35 438)	15,08
	PM10	6 663 (2 689 - 10 921)	6 568 (2 647 - 10 767)	1,42	6 568 (2 647 - 10 767)	1,42
	PM2,5	4 467 (1 886 - 7 028)	4 434 (1 871 - 6 978)	0,74	4 238 (1 787 - 6 670)	5,12
	<b>TOTAL</b>	<b>38 790 (18 318 - 59 431)</b>	<b>38 312 (18 069 - 58 719)</b>	<b>1,23</b>	<b>34 294 (15 882 - 52 875)</b>	<b>11,59</b>
Andalucía	NO <sub>2</sub>	47 94 (1 787 - 7 768)	4 791 (1 786 - 7 762)	0,07	4 443 (1 667 - 7 189)	7,33
	PM10	1 305 (956 - 1 979)	1 282 (939 - 1 944)	1,76	1 282 (939 - 1 944)	1,76
	PM2,5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>6 099 (2 743 - 9 746)</b>	<b>6 072 (2 725 - 9 706)</b>	<b>0,43</b>	<b>5 725 (2 606 - 9 132)</b>	<b>6,13</b>
Aragón	NO <sub>2</sub>	*	*	*	*	*
	PM10	605 (208 - 1001)	597 (205 - 989)	1,22	597 (205 - 989)	1,22
	PM2,5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>605 (208 - 1001)</b>	<b>597 (205 - 989)</b>	<b>1,22</b>	<b>597 (205 - 989)</b>	<b>1,22</b>
Asturias	NO <sub>2</sub>	*	*	*	*	*
	PM10	1 237 (524 - 1 950)	1 233 (522 - 1 944)	0,31	1 233 (522 - 1 944)	0,31
	PM2,5	648 (184 - 1 112)	645 (184 - 1 107)	0,44	608 (173 - 1 043)	6,18
	<b>TOTAL</b>	<b>1 885 (708 - 3 062)</b>	<b>1 878 (706 - 3 051)</b>	<b>0,35</b>	<b>1 841 (695 - 2 987)</b>	<b>2,33</b>
Balears	NO <sub>2</sub>	*	*	*	*	*
	PM10	635 (73 - 1 186)	631 (72 - 1 179)	0,57	631 (72 - 1 179)	0,57
	PM2,5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>635 (73 - 1 186)</b>	<b>631 (72 - 1 179)</b>	<b>0,57</b>	<b>631 (72 - 1 179)</b>	<b>0,57</b>

Tabla 4 (continuación). Ingresos atribuibles anuales estimados a nivel de Comunidad Autónoma

	Contaminante	Ingresos atribuibles	Cumplimiento UE	Disminución UE	Cumplimiento OMS	Disminución OMS
		Casos (IC95%)	Casos (IC95%)	%	Casos (IC95%)	%
Canarias	NO <sub>2</sub>	*	*	*	*	*
	PM10	283 (105 - 461)	250 (92 - 407)	11,81	250 (92 - 407)	11,81
	PM2.5	451 (235 - 666)	436 (228 - 645)	3,27	417 (218 - 616)	7,51
	<b>TOTAL</b>	<b>734 (340 - 1 128)</b>	<b>686 (320 - 1 051)</b>	<b>6,57</b>	<b>667 (310 - 1 023)</b>	<b>9,17</b>
Cantabria	NO <sub>2</sub>	594 (112 - 1 065)	594 (112 - 1 065)	0,00	571 (108 - 1 023)	3,99
	PM10	*	*	*	*	*
	PM2.5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>594 (112 - 1 065)</b>	<b>594 (112 - 1 065)</b>	<b>0,00</b>	<b>571 (108 - 1 023)</b>	<b>3,99</b>
Castilla y León	NO <sub>2</sub>	1735 (885 - 2 575)	1735 (885 - 2 575)	0,00	1691 (863 - 2 509)	2,52
	PM10	*	*	*	*	*
	PM2.5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>1 735 (885 - 2 575)</b>	<b>1 735 (885 - 2 575)</b>	<b>0,00</b>	<b>1 691 (863 - 2 509)</b>	<b>2,52</b>
Castilla-La Mancha	NO <sub>2</sub>	915 (323 - 1 499)	914 (322 - 1 498)	0,11	873 (310 - 1 427)	4,65
	PM10	*	*	*	*	*
	PM2.5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>915 (323 - 1 499)</b>	<b>914 (322 - 1 498)</b>	<b>0,11</b>	<b>873 (310 - 1 427)</b>	<b>4,65</b>
Cataluña	NO <sub>2</sub>	6 136 (3 945 - 8 321)	6 104 (3 924 - 8 278)	0,52	4 850 (3 103 - 6 592)	20,96
	PM10	418 (69 - 760)	416 (68 - 758)	0,29	416 (68 - 758)	0,29
	PM2.5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>6 554 (4 014 - 9 081)</b>	<b>6 521 (3 992 - 9 036)</b>	<b>0,51</b>	<b>5 267 (3 171 - 7 350)</b>	<b>19,64</b>
Ceuta	NO <sub>2</sub>	*	*	*	*	*
	PM10	*	*	*	*	*
	PM2.5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>
Euskadi	NO <sub>2</sub>	*	*	*	*	*
	PM10	*	*	*	*	*
	PM2.5	879 (295 - 1 454)	876 (294 - 1 449)	0,33	843 (283 - 1 394)	4,17
	<b>TOTAL</b>	<b>879 (295 - 1 454)</b>	<b>876 (294 - 1 449)</b>	<b>0,33</b>	<b>843 (283 - 1 394)</b>	<b>4,17</b>
Extremadura	NO <sub>2</sub>	375 (59 - 690)	375 (59 - 690)	0,00	375 (59 - 690)	0,00
	PM10	*	*	*	*	*
	PM2.5	916 (388 - 1 436)	913 (386 - 1 431)	0,34	886 (375 - 1 389)	3,27
	<b>TOTAL</b>	<b>1 291 (447 - 2 127)</b>	<b>1 287 (446 - 2 122)</b>	<b>0,24</b>	<b>1 261 (434 - 2 080)</b>	<b>2,32</b>
Galicia	NO <sub>2</sub>	*	*	*	*	*
	PM10	939 (314 - 1 555)	929 (312 - 1 538)	1,03	929 (312 - 1 538)	1,03
	PM2.5	378 (163 - 590)	375 (161 - 585)	0,93	363 (156 - 566)	4,06
	<b>TOTAL</b>	<b>1 317 (477 - 2 145)</b>	<b>1 304 (473 - 2 123)</b>	<b>1,00</b>	<b>1 292 (468 - 2 105)</b>	<b>1,90</b>
La Rioja	NO <sub>2</sub>	413 (147 - 676)	413 (147 - 676)	0,03	386 (138 - 631)	6,58
	PM10	532 (198 - 867)	531 (197 - 865)	0,20	531 (197 - 865)	0,20
	PM2.5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>945 (345 - 1 543)</b>	<b>944 (345 - 1 541)</b>	<b>0,12</b>	<b>917 (335 - 1 497)</b>	<b>2,99</b>
Madrid	NO <sub>2</sub>	7 994 (4 321 - 11 666)	7 680 (4 151 - 11 208)	3,93	5 779 (3 124 - 8 434)	27,71
	PM10	*	*	*	*	*
	PM2.5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>7 994 (4 321 - 11 666)</b>	<b>7 680 (4 151 - 11 208)</b>	<b>3,93</b>	<b>5 779 (3 124 - 8 434)</b>	<b>27,71</b>

Tabla 4 (continuación). Ingresos atribuibles anuales estimados a nivel de Comunidad Autónoma

	Contaminante	Ingresos atribuibles	Cumplimiento UE	Disminución UE	Cumplimiento OMS	Disminución OMS
		Casos (IC95%)	Casos (IC95%)	%	Casos (IC95%)	%
Melilla	NO <sub>2</sub>	*	*	*	*	*
	PM10	*	*	*	*	*
	PM2.5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	*	*	*	*	*
Murcia	NO <sub>2</sub>	*	*	*	*	*
	PM10	711 (243 - 1 162)	699 (239 - 1 143)	1,65	699 (239 - 1 143)	1,65
	PM2.5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>711 (243 - 1 162)</b>	<b>699 (239 - 1 143)</b>	<b>1,65</b>	<b>699 (239 - 1 143)</b>	<b>1,65</b>
Navarra	NO <sub>2</sub>	*	*	*	*	*
	PM10	*	*	*	*	*
	PM2.5	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	*	*	*	*	*
Valencia	NO <sub>2</sub>	4 704 (2 164 - 7 221)	4 704 (2 164 - 7 221)	0,00	4 520 (2 077 - 6 943)	3,90
	PM10	*	*	*	*	*
	PM2.5	1 195 (620 - 1 769)	1 189 (617 - 1 760)	0,48	1 122 (582 - 1 661)	6,10
	<b>TOTAL</b>	<b>5 898 (2 785 - 8 990)</b>	<b>5 893 (2 782 - 8 982)</b>	<b>0,10</b>	<b>5 642 (2 659 - 8 604)</b>	<b>4,34</b>

España corresponde con la suma de las estimaciones provinciales. Todos en la columna *contaminante* se corresponde con los casos agregados a partir de los casos provinciales para todos los contaminantes para una misma Comunidad Autónoma. La columna *disminución* representa el porcentaje de casos atribuibles menos encontrados en caso de cumplir los límites de la UE y la OMS.

\*No se encontraron ingresos atribuibles estadísticamente significativos.

## DISCUSIÓN

Cada año se producen en España cerca de 62 000 ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo relacionados con la contaminación atmosférica. De estos 39 000 se atribuyen a PM y NO<sub>2</sub><sup>15</sup>, es decir el 1,6 % de los ingresos hospitalarios que se producen en España, según los datos de la tabla 2.

Los resultados de este estudio en relación al cumplimiento de los valores de la UE indican que, a nivel global, su incidencia es muy baja con apenas una disminución del 1,23 %. Sin embargo, el cumplimiento con los valores de la OMS supondría una disminución del 11,59 %. Por tanto, desde el punto de vista de protección de la salud queda claro que el objetivo a cumplir serían los valores de la OMS no solo para proteger la salud de la población sino también por el ahorro económico que supondría, ya que, si se estima que un ingreso hospitalario, con la metodología antes descrita, tiene un coste de 14 134 €<sup>15</sup> por cada ingreso que se produce, el coste asociado a los contaminantes aquí considerados sería superior a 548 millones de €. Por tanto, el cumplimiento de los valores de la OMS supondría a nivel estatal un ahorro de más de 63 millones de €.

Madrid es la provincia con mayor número de ingresos atribuibles a estos contaminantes y la primera con mayor número de días de incumplimiento de la normativa UE y la segunda, detrás de Barcelona, de incumplimientos de los valores guía de la OMS. En Madrid, el único contaminante para el que se ha encontrado impacto estadísticamente significativo es el NO<sub>2</sub>, con cerca de 8 000 ingresos atribuibles y con un coste económico superior a 113 millones de €/año. Si se tiene en cuenta que el presupuesto en Sanidad de la Comunidad de Madrid en 2023 fue de 9 100 millones de €<sup>18</sup>, el impacto producido por estos contaminantes supuso el 1,24 % del mismo. Cumplir la normativa de la UE supondría una disminución del 3,93 % de los ingresos hospitalarios como se muestra en la tabla 4 lo que se traduciría en un ahorro de 4,4 millones de €/año, sin embargo, el cumplimiento de los valores guía de la OMS supondría una disminución de los ingresos atribuibles del 27,71 % y un ahorro de 31,3 millones de €/año.

Barcelona es la provincia con un mayor número de días de incumplimiento de los valores guía de la OMS debidos al NO<sub>2</sub> con un total de 1 475 días (67,4 %). Los ingresos atribuibles a la contaminación (6 136 ingresos/año) se deben sobre todo al NO<sub>2</sub> (6 104 ingresos/año). El coste económico de estos ingresos supone 86,7 millones

de €. Cumplir con los valores guía de la OMS supondría un ahorro del 20,96 % de estos ingresos lo que se traduce en un ahorro de 18,2 millones de €/año.

En ambas provincias el principal contaminante que se asocia con estos ingresos es el NO<sub>2</sub>. La principal fuente de emisión del NO<sub>2</sub> es de origen antrópico y se relaciona con el transporte. En áreas urbanas el 70 % de las emisiones de NO<sub>2</sub> se relacionan con el tráfico rodado<sup>19</sup>. Está claro, por tanto, que si se quiere cumplir con la nueva directiva de la UE y con los niveles guía de la OMS las principales acciones deberán de ir dirigidas en este sentido. La aplicación de las zonas de bajas emisiones y las medias encaminadas a fomentar el transporte público y la movilidad sostenible son básicas si se quiere proteger la salud de los ciudadanos.

La contribución del material particulado (PM) en los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo en España es 2,5 veces inferior que la debida al NO<sub>2</sub>. En el total de los ingresos atribuibles 11 130 ingresos/año se relacionarían con las PM10 y las PM2,5. Las reducciones esperadas en el número de ingresos si se cumplieren los valores que marca la directiva de la UE, si se suman los efectos de las PM10 y las PM2,5, apenas llegarían a 128 ingresos/año (1,15 %) y el cumplimiento de los valores guía de la OMS se traduciría en 324 ingresos menos cada año (2,91 %).

El coste asociado a los ingresos por PM para toda España se estima en 157 millones de €, valor muy inferior al estimado para el NO<sub>2</sub> a nivel estatal que es de 391 millones de €. El ahorro en el cumplimiento de los valores de la UE se estimaría en 1,7 millones de € y el cumplimiento de los valores de la OMS en 4,6 millones de €.

En el caso de las PM solo el 55 % de las emisiones se relaciona con el tráfico rodado<sup>19</sup>, siendo las actividades industriales y la producción de energía, junto con los aportes naturales<sup>20</sup>, como la advección de material particulado de origen Sahariano las que contribuyen a las altas concentraciones de PM que se miden en las provincias del sur de España y de las Islas Canarias<sup>21</sup>.

La adopción de medidas para disminuir las concentraciones de PM es más compleja y no solo pasan por la reducción del tráfico en las grandes ciudades, en especial vehículos diésel, sino que deberían incluir medidas dirigidas a reducir emisiones de origen industrial con el cambio a la utilización de combustibles menos contaminantes y la prohibición de combustibles fósiles para la producción de energía. Estudios recientes están poniendo de manifiesto que, en los días de intrusión de polvo del Sahara, que suele estar presente en los días con olas de calor en España, el efecto de otros contaminantes como las PM, el NO<sub>2</sub> o el ozono tienen mayor impacto en los ingresos hospitalarios que la propia temperatura<sup>22</sup>. Lo

mismo ocurre cuando se produce advección de material particulado por combustión de biomasa. Es necesario articular planes integradores que tengan en cuenta el efecto conjunto de la contaminación y la temperatura<sup>23</sup> y más si se tiene en cuenta que el efecto de la contaminación atmosférica en los ingresos hospitalarios urgentes es un orden de magnitud superior al de la temperatura<sup>15</sup>.

En conclusión, el cumplimiento de los valores de la UE indica que, a escala global, su incidencia es muy baja con apenas una disminución del 1,27 % en los ingresos hospitalarios urgentes. Sin embargo, el cumplimiento con los valores de la OMS supondría una disminución del 11,59 %. Por tanto, los valores propuestos por la OMS son los que tendrían un impacto claro en este indicador de salud. El NO<sub>2</sub> es el contaminante que más se relaciona con los ingresos hospitalarios especialmente en las provincias con grandes ciudades como Madrid y Barcelona en las que cumplir con los estándares de la OMS llevaría una reducción en el coste en los ingresos de 31,3 millones de € y de 18,2 millones de €, respectivamente. El efecto de la Directiva de la UE y los valores de la OMS en relación a la disminución de ingresos hospitalarios atribuibles a la PM es sensiblemente inferior al relacionado con el NO<sub>2</sub>. Puesto que en áreas urbanas las emisiones de NO<sub>2</sub> se relacionan con el tráfico, está claro que la aplicación de las zonas de bajas emisiones y las medias encaminadas a fomentar el transporte público y el uso del transporte sostenible son básicas si se quiere proteger la salud de los ciudadanos, así como la implementación de planes de prevención que integren los efectos conjuntos de los extremos térmicos y de la contaminación.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Instituto de Salud Carlos III la financiación recibida para realizar este estudio a través de los Proyectos AESI ENPY 304/20 y 436/21.

## BIBLIOGRAFÍA

1. European Environment Agency. Europe's air quality status 2024; 2024.
2. Khomenko S, Cirach M, Pereira-Barboza E, et al. Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment. *Lancet Planet Health* 5: e121–e34.
3. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva; 2021.
4. Ruiz-Páez R, López-Bueno JA, Padrón-Monedero A, Navas MA, Salvador P, Linares C et al. Short-term effects of fine particulate matter from biomass combustion and Saharan dust intrusions on emergency hospital admissions due to mental and behavioural disorders, anxiety and depression in Spain. *Science of the Total Environment*. 2024; 946:174316.

5. Gómez González L, Linares C, Díaz J, Egea A, Calle A, Luna MY et al. Short-term impact of noise, other air pollutants and meteorological factors on emergency hospital mental health admissions in the Madrid Region. *Environmental Research*. 2023; 224:115505.
6. Ruiz-Páez R, Díaz J, López-Bueno JA, Asensio C, Ascaso MS, Saez M et al. Short-term effects of air pollution and noise on emergency hospital admissions in Madrid and economic assessment. *Environmental Research*. 2023; 219:115147.
7. Ortiz C, Linares C, Carmona R, Díaz J. Evaluation of short-term mortality attributable to particulate matter pollution in Spain. *Environmental Pollution*. 2017; 224:541-51.
8. Linares C, Falcón I, Ortiz C, Díaz J. An approach estimating the short-term effect of NO<sub>2</sub> on daily mortality in Spanish cities. *Environment International*, 2018; 116:18-28.
9. Linares C, Carmona R, Salvador P, Díaz J. Impact on mortality of biomass combustion from wildfires in Spain: a regional analysis. *Science of the Total Environment*. 2018; 622-3:547-55.
10. European Environment Agency. About urban environment. 2017. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/themes/sustainability-transitions/urban-environment>.
11. Díaz J, Linares C. Qué suponen los nuevos calores Guía de calidad del aire de la OMS. Noticias y revisión Bibliográfica. *Revista de Salud Ambiental* 2021; 21(2):186-95.
12. Ortiz C, Linares C, Carmona R, Díaz J. Evaluation of short-term mortality attributable to particulate matter pollution in Spain. *Environmental Pollution*. 2017; 224:541-51.
13. Linares C, Falcón I, Ortiz C, Díaz J. An approach estimating the short-term effect of NO<sub>2</sub> on daily mortality in Spanish cities. *Environment International*, 2018; 116:18-28.
14. Díaz J, Ortiz C, Falcón I, Linares C. Short-term effect of tropospheric ozone on daily mortality in Spain. *Atmospheric Environment*. 2018; 187:107-16.
15. Ruiz-Páez R, Díaz J, López-Bueno JA, Saez M, Barceló MA, Navas MA et al. Economic impact of air pollution and cold and heat waves on emergency hospital admissions: a national study in 52 regions of Spain. *Science of The Total Environment* 2025. In Press.
16. Unión Europea 2024. Directiva (UE) 2024/2881 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2024 sobre la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Disponible en : <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-88-2024-INIT/es/pdf>.
17. MITECO. (2024). Redes de vigilancia de la calidad del aire. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/evaluacion-datos/redes.html>.
18. Statista 2024. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/635399/presupuesto-sanitario-anual-de-c-de-madrid/>.
19. Navares R, Aznarte JL, Linares C, Díaz J. Direct assessment of health impact from traffic intensity. *Environmental Research*. 2020; 184:109254.
20. Querol X, Viana M, Moreno T, Alastuey A. Bases científico-técnicas para un plan nacional de mejora de la calidad del aire. *Informes CSIC*. 2012.
21. Ruiz-Páez R, López-Bueno JA, Padrón-Monedero A, Navas MA, Salvador P, Linares C, et al. Short-term effects of fine particulate matter from biomass combustion and Saharan dust intrusions on emergency hospital admissions due to mental and behavioural disorders, anxiety and depression in Spain. *Science of the Total Environment*. 2024; 946:174316.
22. Botezat E, Linares X, Salvador P, Navas MA, Díaz J, López-Bueno JA. Short-term effects of air pollution and heat waves on emergency hospital admissions due to specific causes on days with advections of particulate matter due to biomass combustion in Spain. *Journal of Environmental Management*. 2025 In Press.
23. Linares C, Sanchez-Martinez G, Kendrovski V, Diaz J. A New Integrative Perspective on Early Warning Systems for Health in the Context of Climate Change. *Environmental Research*. 2020; 187:109623.