



# Impacto a corto plazo en España de la contaminación atmosférica sobre los ingresos hospitalarios urgentes por diferentes causas específicas y su estimación económica

Instituto de Salud Carlos III  
Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades  
Avda. Monforte de Lemos 5  
28029 MADRID (ESPAÑA)  
Tel.: 91 822 22 00

Publicación incluida en el programa editorial del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades  
Catálogo general de publicaciones oficiales:  
<https://cpage.mpr.gob.es/>

Para obtener este informe de forma gratuita en Internet:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12105/26514>



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Edita: Instituto de Salud Carlos III. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

NIPO pdf: 156250161

Diseño y maquetación: Editorial MIC

Autoría: Cristina Linares Gil

José Antonio López-Bueno

Raquel Ruiz-Páez

Miguel Ángel Navas Martín

Alicia Padrón Monedero

Julio Díaz Jiménez

Cita sugerida: **Impacto a corto plazo en España de la contaminación atmosférica sobre los ingresos hospitalarios urgentes por diferentes causas específicas y su estimación económica**

Edita: Instituto de Salud Carlos III. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Madrid. 2025.

Escuela Nacional de Sanidad  
Unidad de Referencia en Cambio Climático, Salud y Medio Ambiente Urbano  
Instituto de Salud Carlos III  
Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades  
2025

## Prólogo

Resulta imposible disociar la salud humana de la salud ambiental, y somos tan responsables de velar directamente por nuestra propia salud, como de hacerlo por la ambiental, en tanto que para cuidar de aquélla es imprescindible sostener en el tiempo un compromiso colectivo de no agresión al medio. Esto es, nuestros patrones de vida, individuales y compartidos, se revelan como un vector capital de salud, aunque no siempre tomamos conciencia de ello.

La Organización Mundial de la Salud contribuye a paliar ese déficit de conciencia, elevando a la categoría de derecho humano fundamental el acceso a un medio ambiente saludable, en el que se integra el de disfrutar de un aire limpio, un derecho quebrantado por la contaminación atmosférica que incrementa significativamente enfermedades como los infartos de miocardio, los accidentes cerebrovasculares, el asma o la bronquitis, entre otras, y un pesado lastre para la salud medioambiental, ya que los contaminantes dañan los ecosistemas y la biodiversidad.

Gracias a las políticas ambientales implementadas en las últimas décadas hemos visto mejoras significativas en la calidad del aire. Para varios de los contaminantes clave se han alcanzado reducciones que en muchos casos superan el 50%. Sin embargo, aún resta bastante camino por recorrer para revertir la inercia desencadenada por los modelos productivos y de vida que nos han acompañado a lo largo de varias generaciones. Así, la Organización Mundial de la Salud revisó los valores guía de calidad del aire en septiembre de 2021, estableciendo objetivos más estrictos.

La nueva Directiva 2881/2024 de la UE sobre calidad del aire y aire más limpio para Europa, se plantea para acercar los valores normativos límite y objetivo a los valores guía de la OMS; una vez más, la acción política va por detrás de la ciencia, aunque, en los tiempos que corren, ya supone un avance que no vaya en dirección contraria. En cualquier caso, es un salto significativo en la lucha contra la contaminación atmosférica; establece valores límite más restrictivos, incorpora contaminantes emergentes como las partículas ultrafinas, fija estándares de transparencia más exigentes, aplica una supervisión más exhaustiva por parte de los Estados miembros, incorporando el uso de nuevas herramientas y, sobre todo, consolida la relación calidad del aire-salud humana.

España, al igual que el resto de Estados Miembros de la UE, se enfrenta al compromiso de lograr el cumplimiento de la nueva directiva en 2030; en paralelo en nuestro país se están activando las medidas del Plan Estratégico de Salud y Medioambiente, como el monitoreo del Programa Nacional de Control de la Contaminación del Aire, la publicación en 2025 de una guía informativa sobre los beneficios de las acciones conjuntas para mitigar y mejorar la calidad del aire, y el lanzamiento de una aplicación móvil sobre el Índice de Calidad del Aire (ICA), que informa sobre los datos de calidad del aire y las recomendaciones de salud.

De ahí la importancia de contar con aportaciones científicas del rigor que presenta esta monografía que tengo el privilegio de prologar, a cuyos autores agradezco su trabajo y su compromiso personal.

**Hugo Alfonso Morán Fernández.**  
Secretario de Estado de Medio Ambiente

# Contenido

1. Introducción.....	6
1.1. Origen y fuente de los contaminantes atmosféricos químicos .....	6
1.2. Influencia de la meteorología en la contaminación atmosférica .....	7
1.3. Impacto del cambio climático en la calidad del aire.....	7
1.4. Normativas y niveles de referencia de la contaminación atmosférica .....	9
1.5. Situación actual de la contaminación atmosférica en España .....	10
1.6. Impacto de la contaminación atmosférica química sobre la salud .....	11
1.6.1. Efecto de la exposición al NO <sub>2</sub> en la salud.....	11
1.6.2. Efecto de la exposición al O <sub>3</sub> en la salud.....	12
1.6.3. Efecto de la exposición a las PM <sub>2,5</sub> y PM <sub>10</sub> en la salud .....	13
1.7. Efecto sinérgico de los extremos térmicos y la contaminación en la salud.....	13
1.8. Valoración económica del efecto de la contaminación atmosférica.....	14
2. Objetivos.....	14
3. Metodología.....	15
3.1 Variables independientes .....	15
3.2 Variables dependientes .....	16
Transformación de variables .....	17
Otras variables de control .....	18
3.3. Modelización Estadística.....	18
3.4. Cálculo de los casos atribuibles.....	19
3.5. Cálculo de la estimación económica.....	19
4. Impacto a corto plazo de la contaminación atmosférica y los extremos térmicos sobre los ingresos hospitalarios urgentes en España: una estimación económica. (Ruiz-Páez et al., 2025a) .....	20
5. ¿Realmente la nueva directiva de la Unión Europea sobre calidad del aire protege la salud? Un caso a estudio a nivel nacional en España. (Linares et al., 2025a).....	27
6. Cómo afectan, a corto plazo y por grupos de edad, la contaminación atmosférica y los extremos térmicos a los ingresos hospitalarios urgentes por diversas causas respiratorias en España: un estudio a nivel nacional (Linares et al., 2025b).....	34
7. Influencia de los factores económicos y demográficos sobre los ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares relacionados con la contaminación atmosférica y los extremos térmicos en España: un estudio a nivel nacional. (López-Bueno et al., 2025).....	44

8. Cómo afecta la contaminación atmosférica y los extremos térmicos a los ingresos hospitalarios urgentes por enfermedades neurológicas: un estudio en 10 provincias españolas (Iriso et al., 2025) .....	54
9. Cómo el ozono y las partículas materiales afectan a corto plazo a los ingresos hospitalarios urgentes en España los días con combustión de biomasa. (Botezat et al., 2025) .....	60
10. Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica química y acústica sobre los ingresos hospitalarios urgentes en Madrid y su valoración económica (Ruiz-Páez et al., 2023b) .....	67
11. Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica química y acústica en olas de calor y frío sobre los ingresos hospitalarios urgentes en Madrid, análisis según causas específicas y grupos de edad (Ruiz-Páez et al., 2025b). .....	71
12. Impacto a corto plazo del ruido y otros factores ambientales sobre los ingresos hospitalarios urgentes por trastorno mental en la Comunidad de Madrid (Gómez-González et al., 2023) .....	78
13. Efecto a corto plazo de las altas temperaturas, las horas de luz y la contaminación química sobre los ingresos hospitalarios diarios urgentes por causas endocrinas y metabólicas en la Comunidad de Madrid, España (2013- 2018) (Egea et al., 2021). .....	81
14. Efectos a corto plazo del ozono troposférico y otros factores ambientales sobre los ingresos urgentes por complicaciones del embarazo: análisis de series temporales en la comunidad de Madrid, (Calle-Martínez et al., 2023) .....	85
15. Limitaciones a los estudios realizados. ....	89
16. Conclusiones.....	90
16.1. Conclusiones específicas. ....	90
17. Agradecimientos y descargo de responsabilidad. ....	93
18. Bibliografía.....	93
19. Material suplementario .....	109

## 1. Introducción

La contaminación del aire ambiente o exterior es un importante problema de salud pública que afecta a la población de todos los países. En 2019, el 99% de la población mundial vivía en lugares donde no se cumplían los niveles de las directrices de calidad del aire de la Organización Mundial de la salud (OMS) estimándose que, de las muertes prematuras a nivel mundial relacionadas con la contaminación del aire exterior, alrededor del 68% se debieron a cardiopatías isquémicas y accidentes cerebrovasculares, el 14% a enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, el 14% a infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores y el 4% de las muertes se debieron a cánceres de pulmón (WHO, 2024). Evidentemente, las personas que viven en países de ingresos bajos y medios sufren de forma desproporcionada la carga de la contaminación del aire exterior, ya que el 89% de muertes prematuras anuales se producen en estas zonas (WHO, 2024).

En Europa, la contaminación atmosférica es uno de los principales riesgos ambientales para la salud y así se percibe entre su población (Dirección General de Medio Ambiente, 2020). De hecho, la evidencia muestra que, incluso niveles bajos de exposición llevan asociados impactos perjudiciales (Boogaard et al., 2024) como el aumento de la morbilidad por causas circulatorias y respiratorias bien estudiado y conocido (Stafoggia et al., 2022; Yang et al., 2024). Actualmente, se acumula más evidencia sobre su impacto para otro tipo de enfermedades que no han sido tan analizadas bajo la influencia de la contaminación atmosférica, como enfermedades endocrinas (Zhang et al., 2024) y patologías mentales y del sistema nervioso (Gómez González et al., 2023). El mecanismo fisiológico de acción más plausible de la contaminación en este tipo de enfermedades es mediante el aumento de los niveles de inflamación y estrés oxidativo (Naserinejad et al., 2023).

En España, los principales contaminantes atmosféricos perjudiciales para la salud son el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), el ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ) y el material particulado menor de 2,5 micras ( $\text{PM}_{2,5}$ ) y el menor de 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ ) (MITECO, 2023).

### 1.1. Origen y fuente de los contaminantes atmosféricos químicos

Las fuentes de los contaminantes atmosféricos se pueden dividir en fuentes de origen natural, debido, por ejemplo, a los incendios forestales y el polvo norteafricano en suspensión, y fuentes de origen antropogénico, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles como fuente de energía para el tráfico rodado, las instalaciones industriales y la actividad agrícola (European Environmental Agency, 2024a).

Los niveles de concentración de los contaminantes atmosféricos están influenciados no solo por las fuentes de emisión, sino también por las características orográficas y los procesos meteorológicos, las cuales determinan su dispersión (Cichowicz et al., 2017).

Los diferentes orígenes y fuentes de los principales contaminantes atmosféricos químicos en España son:

- $\text{NO}_2$ : se trata de un gas que se produce espontáneamente cuando el óxido nítrico entra en contacto con el aire (WHO, 2021). Sus principales fuentes emisoras son antropogénicas, debidas fundamentalmente al tráfico rodado y en cierta medida a las instalaciones industriales y de producción de energía, motivo por el cual existe un marcado gradiente urbano-rural, con elevadas concentraciones en las áreas más densamente pobladas (MITECO, 2024).

- $\text{O}_3$ : es un contaminante secundario generado mediante reacciones fotoquímicas al interaccionar los óxidos de nitrógeno y los compuestos volátiles orgánicos con el oxígeno en presencia de luz solar. Debido a

que la meteorología juega un papel importante en la generación y dispersión de este contaminante (European Environmental Agency, 2024a), las regiones más soleadas, cálidas y situadas a sotavento suelen presentar concentraciones más altas de  $O_3$ . Además, existe un equilibrio entre las reacciones químicas que producen y consumen  $O_3$ . En áreas urbanas densamente pobladas, donde las emisiones de óxidos de nitrógeno son elevadas, el  $NO$  reacciona rápidamente con el  $O_3$ , ocasionando un aumento de  $NO_2$  y una disminución de  $O_3$ . En cambio, en zonas rurales cercanas a áreas urbanas, donde las emisiones de óxidos de nitrógeno son bajas, los vientos transportan  $O_3$  desde las ciudades, manteniéndose niveles elevados de este contaminante (Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, 2009).

- PM ( $PM_{2,5}$  y  $PM_{10}$ ): su composición es muy heterogénea. Puede tener un origen primario, debido a la emisión de fuentes naturales (minerales, polvo, partículas salinas) o fuentes antropogénicas (partículas provenientes del desgaste de frenos y asfalto, trabajos de construcción-demolición y de producción de energía entre otros) (Askariyeh et al., 2020; Salvador et al., 2020). También puede tener un origen secundario debido a reacciones químicas producidas en la atmósfera mediante gases precursores. En España, la concentración de PM se incrementa esporádicamente debido a las intrusiones de polvo proveniente del norte del Sáhara, especialmente en el caso de las  $PM_{10}$ , por lo que su concentración está muy influenciada por las condiciones meteorológicas y geográficas. Por otro lado, las concentraciones de  $PM_{2,5}$  son particularmente elevadas en áreas densamente pobladas con un alto volumen de tráfico rodado.

## 1.2. Influencia de la meteorología en la contaminación atmosférica

Los contaminantes, en la atmósfera, se acumulan en la llamada capa de mezcla, también denominada capa límite planetaria. Esta capa forma parte de la atmósfera más próxima a la superficie terrestre, donde ocurren los procesos de mezcla turbulenta del aire. Su espesor está altamente influenciado por las condiciones meteorológicas, como la radiación solar, el viento y la estabilidad atmosférica, y va a determinar la concentración de los contaminantes atmosféricos (Duc et al., 2022). Durante el día, el calentamiento de la superficie terrestre genera convección que aumenta el espesor de esta capa, favoreciendo la dispersión de contaminantes. Sin embargo, durante la noche, el enfriamiento de la superficie y las condiciones atmosféricas más estables reducen significativamente la capa de mezcla, lo que facilita la acumulación de contaminantes en niveles más cercanos al suelo. La interacción entre la meteorología y la contaminación atmosférica también está influida por las inversiones térmicas. En estas situaciones, una capa de aire frío queda atrapada cerca de la superficie terrestre debido a la presencia de una capa superior de aire cálido que actúa como barrera, limitando las corrientes convectivas que mezclan el aire. Esto impide la dispersión vertical de los contaminantes, que van a acumularse cerca del suelo.

Por otro lado, durante las olas de calor asociadas a situaciones anticiclónicas, en las que hay una gran estabilidad y estancamiento atmosférico, se genera una capa de aire extremadamente cálido cerca de la superficie. Estas condiciones también reducen la convección vertical, lo que contribuye al acúmulo de contaminantes en las capas bajas de la atmósfera (Schifano et al., 2018). Especialmente en las primeras horas del día, donde el calentamiento provocado por el sol no es suficientemente intenso.

## 1.3. Impacto del cambio climático en la calidad del aire

El calentamiento global continúa avanzando de manera inexorable, causando un incremento en la frecuencia y duración de eventos climáticos extremos y deteriorando la calidad del aire. Entre los procesos comunes al cambio climático y el empeoramiento de la calidad del aire, destaca la quema de combustibles fósiles. Este proceso produce partículas finas, gases de efecto invernadero y sustancias contaminantes que afectan tanto a la calidad

del aire como aumentan la temperatura global del planeta (Fuller et al., 2022; IPCC, 2023). La subvención de los automóviles diésel en la década de 1990, que producían menos dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) pero mayores emisiones de partículas finas (PM) y óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), tuvo un claro impacto negativo en la calidad del aire de muchas zonas urbanas europeas (Carslaw, 2005; Karanasiou et al., 2014). Otra fuente importante de aerosoles carbonosos con gran impacto en la masa y composición de  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$  es el aumento del uso de la combustión de biomasa sin controles adecuados de las emisiones (Sánchez de la Campa et al., 2018).

Por otro lado, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2022) constata que el cambio climático aumenta la intensidad, frecuencia y extensión de los incendios forestales, los cuales a su vez aumentan las concentraciones de PM. En el año 2022 en España ardieron más de 300.000 hectáreas como consecuencia de los incendios forestales (EFFIS, 2024). Las condiciones meteorológicas que favorecen los incendios, como las altas temperaturas y la fuerte insolación, son también favorables para la formación del  $\text{O}_3$ . Se ha observado un aumento en las concentraciones de  $\text{O}_3$  los días en los que están activos los incendios forestales (Bencardino et al., 2011; Jaffe et al. 2013). Otros estudios también han evidenciado la asociación entre la exposición al humo de los incendios y un aumento de los marcadores de inflamación pulmonar, inflamación sistémica y estrés oxidativo (Koopmans et al., 2022). Existen evidencias experimentales y epidemiológicas que indican que las PM que provienen de los incendios forestales son hasta cinco veces más tóxicas que las que normalmente existen a nivel ambiental, ya que incluyen altos niveles de benzopireno y de compuestos orgánicos (Sánchez de la Campa et al., 2018) y generarían inflamación sistémica y estrés oxidativo a nivel cerebral (Milton & White, 2020). Recientemente se está analizando la incidencia de los incendios forestales en la aparición a largo plazo en desórdenes de salud mental, ansiedad y depresión (To et al., 2021). Otros trabajos indican que la exposición no ocupacional a los incendios forestales se asocia con una mayor mortalidad y el incremento de los trastornos de salud mental (principalmente el trastorno de estrés postraumático) a largo plazo (Gao et al., 2023). Sin embargo, según otros estudios cuyo enfoque es de carácter sociológico, la evidencia de la asociación entre el humo de incendios forestales (específicamente los episodios en los que el humo es crónico y persistente) y la salud mental puede ser inconsistente y limitada (Eisenman & Galway, 2022).

Por otra parte, el cambio climático está haciendo que el anticiclón de las Azores, que influye en la estabilidad atmosférica en el suroeste de Europa y, por tanto, en los procesos de difusión de los contaminantes en la atmósfera, está creciendo en amplitud, persistencia e intensidad (Cresswell-Clay et al., 2022) con el consiguiente aumento de los niveles de inmisión en las regiones mediterráneas (Borge et al., 2018).

Además, la calidad del aire en España se ve significativamente influenciada por la advección de material particulado proveniente del Sáhara, fenómeno que puede afectar hasta el 30% de los días del año en algunas regiones del país (Díaz et al., 2017). Las emisiones de polvo de las regiones áridas son muy sensibles a las condiciones meteorológicas y climáticas de las zonas de origen (Prospero, 2006). Debido al cambio climático está aumentando la extensión de las zonas desérticas (Heffernan, 2016). Se ha estimado que el desierto del Sáhara se ha expandido un 10% de media en el periodo 1920-2013 (Thomas & Nigam, 2018). Además, se ha detectado un aumento de las condiciones atmosféricas que generan transporte a escala sinóptica de masas de aire africanas hacia zonas de la Península Ibérica y Baleares en los últimos 80 años (Salvador et al., 2022). En los días en que se produce esta advección de polvo sahariano, se observa un incremento en las concentraciones de contaminantes atmosféricos como el  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  y, especialmente,  $\text{PM}_{10}$  (Moreira et al., 2020; Pandolfi et al., 2014). El motivo del aumento podría estar relacionado con una disminución de la radiación solar incidente provocado por las propias partículas en suspensión que haría que disminuyesen las corrientes convectivas y, por tanto, el espesor de la capa de mezcla, lo que produciría un incremento de las concentraciones de los contaminantes (Li et al., 2017).

Otras investigaciones han detectado que las situaciones meteorológicas a escala sinóptica que favorecen la entrada de polvo del Sáhara también se relacionan con las que favorecen las olas de calor (Sousa et al., 2019). Desde el punto de vista de impacto en salud no se pueden caracterizar todas las olas de calor de la misma forma y con un riesgo similar. Es decir, hay unas olas de calor más peligrosas que otras, aunque duren menos y sean menos intensas (Hajat et al., 2010; Kalkstein et al., 2011; Metzger et al., 2010). El impacto sobre la salud de una ola de calor se debe tanto a la temperatura como al impacto de los contaminantes que actúan de forma sinérgica y que aumentan a su vez el efecto del O<sub>3</sub> (Yang et al., 2022) y de las PM<sub>10</sub> (Parry et al., 2019). En España, hay dos situaciones sinópticas relacionadas con el origen de las olas de calor. La primera está relacionada con situaciones de fuerte bloqueo anticiclónico producido por el propio anticiclón de las Azores antes mencionado, caracterizado por ausencia de viento y alta insolación y estabilidad, donde van a predominar por estas mismas circunstancias los niveles de O<sub>3</sub>. La segunda situación sinóptica está relacionada con advecciones de masas de aire cálido y seco de origen sahariano, donde predomina el efecto de las PM<sub>10</sub>.

### 1.4. Normativas y niveles de referencia de la contaminación atmosférica

Con el objetivo de minimizar los efectos en la salud de la contaminación atmosférica, la OMS establece unos niveles umbrales de concentración de contaminantes en el aire a partir de los cuales aumenta de manera relevante la morbimortalidad, a pesar que es importante tener en cuenta que no existen unos niveles completamente seguros de contaminación. Se trata de unas recomendaciones que no son vinculantes para los Estados Miembros.

En España, al igual que en los países de la Unión Europea (UE), se han establecido unos límites de obligado cumplimiento que superan significativamente los recomendados por la OMS. Recientemente se ha aprobado una nueva directiva en la UE que se tiene que trasponer a la legislación española y que deberán cumplirse como fecha límite el 1 de enero de 2030 (Unión Europea, 2024).

Contaminante	Normativa Española (RD 102/2011) Valores límite, niveles críticos, umbrales y objetivos de protección de la salud (µg/m <sup>3</sup> )				Nueva Directiva Valores límite para la protección de la salud humana (2030)				Directrices OMS 2021 Valores umbrales.				
	Media Anual	Media diaria	Máximo octohorario diario	Media horaria Límite    Alerta	Media anual	Media diaria	Máximo octohorario diario	Media horaria Límite    Alerta	Media Anual	Media diaria (24h)	Máximo octohorario diario	Horario	10 min
Partículas 2.5 µm	20			50 (35/25)	10 ↓	25 (n)		50 →	5 ↓	15 ↓			
Partículas 10 µm	40	50 35 veces		80 (50/40)	20 ↓	45 ↓		90 ↑	15 ↓	45 ↓			
Ozono (O <sub>3</sub> )			120 25 veces 1 vez	240 (180/120) 3 horas			120 → 100 ↓	240 → (180) 3 horas →			100 → (Med.60 ↓) 3 a 4 veces		
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	40			200 (180/200) 3 horas	20 ↓	50 (n)		200 → 400 →	10 ↓	25 ↓		Sin valor	
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	20	125 3 veces		350 (350/200) 3 horas	20 →	50 ↓		350 → 500 →		40 ↑			Sin valor

Gráfico elaborado por Fernando Follos Pliego - TDOT Soluciones Sostenibles, SL.

↑↓→(n) Variaciones entre los valores del borrador de Directiva y el Real Decreto vigente, así como y entre la Guía de la OMS de 2021 y la antigua Guía de 2005. En **naranja** valores que implicarían la superación de los umbrales de la OMS de 2021 y en **rojo** los valores que implicarían la superación incluso de los valores de la OMS de

En las últimas décadas las políticas implementadas por los países europeos han permitido que la concentración media de PM<sub>2,5</sub> haya disminuido un 44% en el año 2019 comparado con 1990 (Juginović et al., 2021).

A pesar de haberse conseguido este descenso en los niveles de contaminación, según el último informe de la Agencia Europea del Medio Ambiente, entre el 83-96% de la población de los 28 países miembros de la Unión Europea habría estado expuesta a niveles de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , y PM superiores a los valores guía recomendados por la OMS durante el año 2022 (European Environment Agency, 2024a).

Ajustarse a esos estándares podría prevenir un alto porcentaje de muertes atribuibles a la contaminación. Se estima que en Europa se evitarían más de 50.000 muertes anuales debidas a la exposición a las  $\text{PM}_{2,5}$  y alrededor de 900 muertes por la exposición al  $\text{NO}_2$  (Khomenko et al., 2021).

## 1.5. Situación actual de la contaminación atmosférica en España

Según el último informe sobre la calidad del aire en España (MITECO, 2023), los valores medios del  $\text{NO}_2$  se han mantenido relativamente estables desde el año 2009 hasta 2019, con una bajada pronunciada en los años 2020, 2021 y 2022, influenciada por las medidas adoptadas como consecuencia de la pandemia ocasionada por el COVID-19. Esta disminución se aprecia principalmente en las estaciones urbanas y de tráfico, debido a los cambios de movilidad, aplicación de los planes de mejora de calidad del aire y la creación de las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE). Respecto al patrón estacional, el  $\text{NO}_2$  presenta unos valores más elevados durante el otoño y el invierno, especialmente en las zonas urbanas. Durante el año 2022 los valores guía anuales establecidos por la OMS para el  $\text{NO}_2$  se superaron en el 51,3% del territorio español. En cambio, los valores límites establecidos por la normativa española solo se superaron en 1 estación de medida de las 130 repartidas por todo el país.

El  $\text{O}_3$ , al tratarse de un contaminante secundario cuyo precursor es el  $\text{NO}_2$  en presencia de radiación solar, sigue un patrón inverso al del  $\text{NO}_2$ , siendo mayor su concentración durante la primavera y el verano en las zonas rurales (MITECO, 2023). Asimismo, presenta importantes diferencias regionales, ya que España cuenta con numerosas regiones muy soleadas durante todo el año en las provincias del centro, sur y sureste del país, lo que favorece la formación de este contaminante. En los últimos años, en general, se ha descrito una tendencia descendente en las concentraciones atmosféricas del  $\text{O}_3$  en España, pero no en las zonas urbanas. Este contaminante continúa presentando unos niveles considerablemente elevados (MITECO, 2023), aunque ha habido una mejoría en los años 2020 y 2021, con un ligero repunte en el 2022. Atendiendo a las directrices de la OMS, durante el año 2022 los valores máximos recomendados para el ozono octohorario se superaron en el 99,7% del territorio del país. Por otro lado, los valores límites de la normativa española tan solo se superaron en 10 estaciones de 129.

En relación con las  $\text{PM}_{2,5}$ , son uno de los contaminantes que están presentando mayor descenso en su concentración atmosférica en las últimas décadas de manera mundial (Alikhani Faradonbeh et al., 2021; Li et al., 2023), manteniéndose actualmente en reducidos niveles atmosféricos en España desde los últimos años y no superando ninguna estación de medida los valores reglamentarios. Sin embargo, al tratarse de un contaminante muy peligroso para la salud, los valores guía de la OMS son muy estrictos, de forma que el 93,1% del territorio español está expuesto a niveles que superan los niveles recomendados.

Por último, las  $\text{PM}_{10}$  siguen también una tendencia decreciente en las últimas décadas, especialmente en las áreas urbanas y estaciones de tráfico (MITECO, 2023). Sin embargo, los valores recomendados por la OMS fueron excedidos en el 92,1% del territorio. Al comparar con los valores límites establecidos por la normativa española, estos se superaron en 8 de las 134 estaciones de medida. No obstante, para este contaminante, la normativa permite aplicar una metodología de ajuste que descuenta las concentraciones de partículas atribuibles a masas de aire africano, dado que proceden de una fuente natural y no están ocasionadas por las actividades humanas. Tras realizar este ajuste, ninguna estación superó los valores reglamentarios durante el 2022.

## 1.6. Impacto de la contaminación atmosférica química sobre la salud

Para poder mejorar la salud de la población y economizar el gasto sanitario resulta fundamental conocer el impacto que tiene la contaminación atmosférica en las personas. La mayoría de la literatura publicada sobre el efecto de la contaminación atmosférica en la salud se basa en análisis de mortalidad, generalmente debido a la exposición a los contaminantes a largo plazo, sin embargo, analizar el efecto en la morbilidad nos ayuda a conocer cómo mejorar la calidad de vida de la población y hacer un uso más racional del gasto sanitario (WHO, 2013). Además, nos permite estudiar el impacto de la contaminación en enfermedades que no son necesariamente mortales pero que igualmente son causa de un gran número de hospitalizaciones y gasto sanitario.

Por otro lado, estudiar el efecto de la exposición a corto plazo a la contaminación atmosférica permite evaluar el impacto inmediato de los aumentos episódicos en los niveles de los contaminantes, cuyos efectos en la salud de la población suelen manifestarse de manera precoz. Este enfoque resulta especialmente valioso para los gestores sanitarios en la elaboración de planes de control y mitigación de los efectos de la contaminación en la salud. Es por eso que se incluyen valores 24 horas tanto en la Guía de la OMS (WHO, 2021) como en la nueva Directiva de la UE (Unión Europea, 2024).

De manera general, la inhalación de contaminantes atmosféricos nocivos puede derivar en inflamación crónica pulmonar (Calderón-Garcidueñas et al., 2015) que conlleva un posible aumento de la permeabilidad de la barrera alveolo-capilar, lo que podría evolucionar en inflamación crónica sistémica. Las citoquinas inflamatorias circulantes pueden interactuar con receptores en el endotelio (Calderón-Garcidueñas et al., 2015), y atraer hacia él a células inmunes que acaben atravesándolo (Martens & Nawrot, 2016), afectando de esta manera a múltiples sistemas.

### 1.6.1. Efecto de la exposición al NO<sub>2</sub> en la salud

El NO<sub>2</sub> es un fuerte oxidante cuya exposición causa múltiples efectos en la salud muy variados. Está ampliamente descrito en la literatura la relación entre la densidad de tráfico y la presencia de industrias con la emisión de elevadas concentraciones de NO<sub>2</sub>, con el consiguiente impacto en el deterioro de la salud pública, medido, por ejemplo, a través del efecto generado en el aumento de los ingresos hospitalarios (Haddad et al., 2023; Han et al., 2021; Kuźma et al., 2021; Praud et al., 2023).

En una revisión de revisiones (overview) publicada en 2022 se describió que por cada 10 µg/m<sup>3</sup> de aumento de los niveles de NO<sub>2</sub> se obtuvo un OR: 1,019 (IC 95%: 1,013–1,024) para los ingresos relacionados con el asma (Markozannes et al., 2022). También se ha descrito su efecto en los ingresos por causas naturales, como muestra un estudio realizado en una cohorte francesa a la que se siguió durante 12 años, donde se obtuvo un RR: 1,029 (IC 95%: 1,002-1,057) (Sanyal et al., 2018). Resultados similares se hallaron en un reciente meta-análisis en el que se describió para los ingresos por causas respiratorias un RR para el NO<sub>2</sub> de 1,014 (IC 95%: 1,008–1,020) (Zheng et al., 2021). Otro meta-análisis mostró asociación entre la exposición al NO<sub>2</sub> con los ingresos por accidente cerebrovascular (OR: 1,023, IC 95%: 1,015–1,030), por cada incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> (Niu et al., 2021).

Sin embargo, el porcentaje de los ingresos atribuibles a la exposición al NO<sub>2</sub> muestra notables diferencias en los estudios publicados hasta la fecha. Una revisión sistemática de 43 artículos realizada sobre el impacto de la exposición de este contaminante en los ingresos hospitalarios describe el aumento del 0,57% (IC 95%: 0,33-0,82) de los ingresos por causas respiratorias por cada incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> diario (Mills et al., 2015). En cambio, un reciente estudio realizado en Casablanca describió que un aumento de

10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de  $\text{NO}_2$  incrementaba un 9% los ingresos por causas circulatorias y un 3% los ingresos por causas respiratorias (Nejjari et al., 2021). Estas diferencias pueden ser debidas a la falta de homogeneidad entre las poblaciones comparadas, ya que numerosos determinantes de la salud, como el nivel socioeconómico, etnia, la educación, el tipo de vivienda, etcétera, no han sido tenido en cuenta en la mayoría de los estudios.

Al tratarse de un contaminante antropogénico cuya principal fuente de emisión es el tráfico rodado la posibilidad de reducir sus niveles es completamente factible. Una alternativa plausible sería ajustar los límites actuales de contaminación a las directrices dadas por la OMS para la calidad del aire, para lo cual la implementación de las zonas de bajas emisiones que limitan el tráfico dentro de las ciudades se muestran como una herramienta útil (Navares et al., 2020).

La contaminación atmosférica afecta especialmente a la población infantil. Esta asociación podría atribuirse no solo al agravamiento de patologías respiratorias en la edad pediátrica, sino también a un efecto irritativo directo de los contaminantes en las vías respiratorias, así como a una mayor exposición a la contaminación, dado que los niños pasan más tiempo al aire libre (WHO, 2018) y su sistema inmune está aún en desarrollo (European Environment Agency, 2024b). Es crucial destacar que la exposición a la contaminación durante la infancia puede condicionar el desarrollo de patología respiratoria en la edad adulta (Mocelin et al., 2022). En el caso del  $\text{NO}_2$  emerge como un contaminante con un riesgo relativo significativo. En un estudio realizado en China en menores de 14 años, incrementos de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de la concentración de  $\text{NO}_2$  aumentaba el riesgo de hospitalizaciones por infecciones respiratorias del tracto inferior con un RR: 1,149 (IC 95%: 1,130–1,168) (Zhang et al., 2023).

### 1.6.2. Efecto de la exposición al $\text{O}_3$ en la salud

El ozono troposférico es un gas que actúa como un potente y agresivo oxidante. En el organismo genera alteraciones principalmente a nivel respiratorio e inflamatorio. En un meta-análisis sobre el efecto de la contaminación atmosférica en las hospitalizaciones por asma se describió que incrementos de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de las concentraciones de  $\text{O}_3$  octohorario ocasionaban un RR: 1,008 (IC 95%: 1,005–1,011) (Zheng et al., 2021). El  $\text{O}_3$  también afecta al riesgo de ingresos hospitalarios por demencia, como demuestra un estudio realizado en Madrid, donde se halló un RR: 1,09 (IC 95%: 1,04-1,15) (Linares et al., 2017).

Investigaciones sobre el impacto de la contaminación en los ingresos atribuibles a la exposición al  $\text{O}_3$ , describieron en Casablanca incrementos del 2% en los ingresos por causas respiratorias y del 1% en los ingresos por causas circulatorias (Nejjari et al., 2021).

Una revisión sistemática de la asociación entre la exposición al  $\text{O}_3$  y la salud mental concluye que el  $\text{O}_3$  afecta a los desórdenes del espectro autista, al desarrollo cognitivo, a la depresión, a la demencia y al suicidio (Zhao et al., 2018). Otros estudios también relacionan en  $\text{O}_3$  y las PM con las vistas hospitalarias urgentes por enfermedades mentales (Nguyen et al., 2021) y con trastornos concretos, como la depresión, los trastornos del estado del ánimo y los intentos de suicidio (Calderón-Garcidueñas et al., 2015).

En la población infantil la exposición al  $\text{O}_3$  también tiene efectos considerables. Un estudio de Texas describió que los niños de 5 a 14 años tenían mayor riesgo de ingreso hospitalario por asma respecto a la población más mayor tras la exposición a ozono octohorario, con un RR: 1,047 (IC 95%: 1,025-1,069) (Zu et al., 2017).

### 1.6.3. Efecto de la exposición a las PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> en la salud

El material particulado está compuesto por partículas de distintos tamaños y diversos componentes. Las fracciones más perjudiciales para la salud son las PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>, ya que debido a su reducido diámetro penetran en los pulmones y alcanzar el sistema circulatorio a través del intercambio alveolar.

Estudios realizados en Italia y China coinciden en que las PM están asociadas a aumentos en las de hospitalizaciones por patología respiratoria (PM<sub>2,5</sub>: incrementos del 1,22%; IC 95%: 0,76–1,68% y PM<sub>10</sub>: incrementos del 1,20%; IC 95%: 0,92%–1,49%) (Renzi et al., 2022), y por enfermedades digestivas (PM<sub>2,5</sub>: incrementos del 0,21%; IC 95%: 0,15%–0,27%), musculoesqueléticas (PM<sub>2,5</sub>: incrementos del 0,24%; IC 95%: 0,15–0,33%) y genitourinarias (PM<sub>2,5</sub>: incrementos del 0,17%; IC 95%: 0,10–0,23%) (Gu et al., 2020).

En un meta-análisis de más de 23 millones de participantes se halló asociación entre la exposición a las PM<sub>2,5</sub> y los ingresos por accidentes cerebrovasculares con un OR: 1,008 (IC 95%: 1,005–1,011). Sin embargo, no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas para la exposición a las PM<sub>10</sub> (Niu et al., 2021). En otro reciente metaanálisis sobre la relación entre las PM y las infecciones respiratorias del tracto superior se encontró una asociación significativa (PM<sub>2,5</sub> con un RR: 1,010; IC 95%: 1,007–1,014; PM<sub>10</sub> con un RR: 1,016; IC 95%: 1,011–1,021) (Ziou et al., 2022). En la revisión de revisiones (overview) comentada anteriormente, se describió que por cada aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> de los niveles de PM<sub>2,5</sub> el OR para la hipertensión era de 1,097 (IC 95%: 1,060–1,136) y para los ingresos por asma el OR era de 1,022 (IC 95%: 1,014–1,031) (Markozannes et al., 2022).

En la población infantil también se ha determinado el riesgo a la exposición a las PM. En un estudio realizado en China en niños menores de 14 años, se determinó que incrementos de 10 µg/m<sup>3</sup> aumentaban el riesgo de hospitalizaciones por infecciones respiratorias del tracto inferior debido a la exposición a PM<sub>2,5</sub> con un RR: 1,089 (IC 95%: 1,075–1,103) y para las PM<sub>10</sub> con un RR: 1,018 (IC 95%: 1,014–1,021) (Zhang et al., 2023).

## 1.7. Efecto sinérgico de los extremos térmicos y la contaminación en la salud

En el impacto de la contaminación atmosférica en la salud influyen varios factores que resultan fundamentales tener en cuenta, tales como la temperatura y otras variables meteorológicas que se correlacionan entre sí (Al Ahad et al., 2020). Existen numerosos estudios que han analizado la interacción entre eventos de temperaturas extremas y la contaminación atmosférica (Grigorieva & Lukyanets, 2021; Ni et al., 2023; Park et al., 2023; Stafoggia et al., 2023). No obstante, los estudios recientes sobre los efectos sinérgicos son muy heterogéneos y centrados en contaminantes y enfermedades específicas.

Cuando se ha estudiado cómo la temperatura modifica el efecto a la exposición al NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> en las enfermedades respiratorias, se ha descrito un aumento del impacto de dichos contaminantes durante episodios de bajas temperaturas (Parry et al., 2019). Este efecto también se ha descrito en el asma infantil, donde las olas de frío aumentan el riesgo de la exposición a las PM<sub>2,5</sub> (Landguth et al., 2023).

También se han descrito los efectos de la contaminación atmosférica y las temperaturas extremas en el sistema nervioso central, donde una revisión bibliográfica señaló un aumento en el riesgo de recaída de esclerosis múltiple tras la exposición al NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> durante la estación fría, así como un incremento del impacto del O<sub>3</sub> durante la estación cálida (Alhussaini et al., 2023; Vojinović et al., 2015). Respecto al O<sub>3</sub>, su concentración atmosférica tiende a aumentar en épocas de elevadas temperaturas, dado que su formación está condicionada a la presencia de luz solar (Wang et al., 2023). En consecuencia, es plausible anticipar que sus impactos sean más pronunciados durante episodios de ola de calor.

Es importante señalar que, a pesar de la amplia documentación sobre los impactos del ozono, el  $\text{NO}_2$  y las PM en la salud, existe una notable heterogeneidad en los resultados al explorar si las temperaturas elevadas influyen en dichas asociaciones. Esta variabilidad se puede atribuir a la diversidad de las definiciones de temperaturas elevadas utilizadas (Conti et al., 2022) y al distinto grado de adaptación de la población a las condiciones de calor (Navas-Martín et al., 2024).

## 1.8. Valoración económica del efecto de la contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica tiene una elevada repercusión en la salud de la población y genera, a su vez, un importante coste económico. Por ello, además de evaluar el efecto de la contaminación en los ingresos hospitalarios, resulta fundamental estimar el coste económico asociado para proporcionar información útil a los actores clave en las tomas de decisiones.

La mayoría de los estudios publicados han evaluado el coste de la mortalidad, sin embargo, la contaminación atmosférica también es causa de una significativa morbilidad que genera un elevado número de ingresos hospitalarios que llevan asociado un considerable gasto sanitario.

A la hora de realizar la valoración económica se debe tener en cuenta tanto los costes directos, como el gasto hospitalario, y los costes indirectos, como los ocasionados por el absentismo laboral.

Durante los años 2004-2006 se realizó el proyecto Aphekóm, en el cual se estudió el impacto de la contaminación en 25 ciudades europeas, estimando que si se hubieran respetado los valores umbrales recomendados por la OMS anualmente en Europa se ahorrarían los sistemas sanitarios 31.000 millones de euros (Pascal et al., 2013). Hay que tener en cuenta que se trata de datos de hace dos décadas, por lo que es esperable que el gasto actual sea considerablemente superior.

En dos recientes estudios realizados en nueve ciudades chinas acerca la exposición a corto plazo de  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$  se estimó un coste sanitario de 8,36 millones de dólares a causa de la hospitalización por depresión (Gao et al., 2022) y de 2,56 millones de dólares para las hospitalizaciones por Alzheimer (Yang et al., 2024).

Hasta la fecha, no existen estudios actualizados a nivel nacional que incluyan una evaluación económica de los ingresos atribuibles a la exposición a la contaminación atmosférica. A nivel local, en Barcelona, los ingresos hospitalarios por asma infantil y cáncer de pulmón atribuibles a la exposición al  $\text{NO}_2$  y  $\text{PM}_{2.5}$  suponen un coste conjunto estimado de 4,3 y 2,7 millones de euros anuales respectivamente (Font-Ribera et al., 2023).

Las políticas del control de la contaminación atmosférica describen efectos notablemente beneficiosos en numerosos países. En un estudio realizado en China sobre el efecto de estas políticas de intervención se constató que en los últimos 5 años se había reducido la concentración de  $\text{PM}_{2.5}$  un 40% ( $4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{año}$ ), lo que supuso haber evitado más de 200.000 muertes prematuras, con un coste económico ahorrado de más de 200.000 millones de dólares (Zou et al., 2019).

## 2. OBJETIVOS

En esta monografía se considera como Hipótesis que existe un impacto a corto plazo de la contaminación atmosférica química sobre los ingresos hospitalarios diarios urgentes en España, no sólo por causas naturales, circulatorias y respiratorias, sino también por otras causas de ingreso urgente como son las causas neurológicas, por diabetes, por ansiedad y por depresión entre otras. Estos ingresos hospitalarios generan un coste sanitario que en el conjunto de España hasta la fecha no está evaluado.

El Objetivo General ha sido *Analizar y cuantificar el efecto a corto plazo que la contaminación atmosférica química tiene sobre los ingresos hospitalarios diarios urgentes, no programados, en cada una de las provincias españolas por diferentes causas específicas y valorar su coste económico*. Para ello, se ha realizado una recopilación de los artículos publicados por el grupo de investigación autores de esta monografía sobre esta área de trabajo a partir del año 2023.

### 3. METODOLOGÍA

Los artículos que se presentan en esta monografía corresponden a estudios ecológicos longitudinales retrospectivos de series temporales durante el periodo comprendido entre 1 de enero de 2014 al 31 de diciembre de 2018. El marco geográfico son las 50 provincias españolas y las 2 ciudades autónomas. Las variables utilizadas fueron:

#### 3.1 Variables independientes

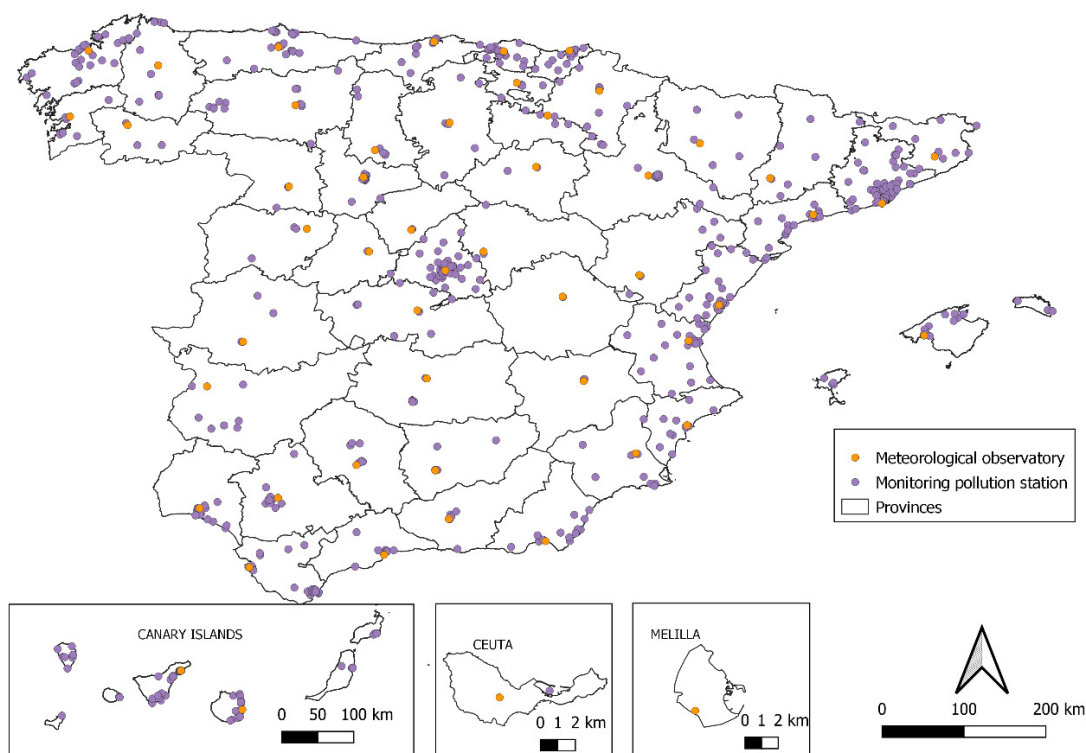
Como variables independientes se utilizaron dos tipos de variables: las variables meteorológicas y las variables de contaminación atmosférica química (en algunos estudios también se incluyen variables de contaminación acústica que se describirán en cada caso).

Las variables meteorológicas se refieren a datos diarios medidos en el observatorio de referencia de cada provincia según la Agencia Estatal de Meteorología. Éstas son: temperatura máxima diaria ( $T_{\max}$ ) (°C), temperatura mínima diaria ( $T_{\min}$ ) (°C), humedad relativa media diaria (%), insolación (horas de sol/día), Presión media diaria (hPa) y velocidad del viento media diaria (km/h). En la figura 1 se muestra la ubicación de estos observatorios de referencia.

Las variables de contaminación atmosférica química se obtienen de la red de estaciones del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico que están en acceso abierto en <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/evaluacion-y-datos-de-calidad-del-aire/datos/datos-oficiales-2023.html>

Esta red de medida está compuesta por un total de 636 estaciones que se muestran en el mapa de la figura 1. De ellas 138 son estaciones rurales, 214 suburbanas y en áreas urbanas se encuentran ubicadas 284 estaciones. Los valores que se miden en esta red son datos horarios y a partir de éstos, se obtienen los promedios diarios. A partir de los promedios diarios, y agrupando por las estaciones ubicadas en cada provincia, se obtienen los datos a nivel provincial que se han utilizado en estos estudios.

Los contaminantes con los que se ha trabajado son: partículas materiales de diámetro inferior a 2,5 micras ( $PM_{2.5}$ ), Partículas materiales de diámetro inferior a 10 micras ( $PM_{10}$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), y ozono troposférico ( $O_3$ ). Las concentraciones diarias de todos los contaminantes se expresan en  $\mu g/m^3$ .



**Figura 1. Ubicación de los observatorios meteorológicos de referencia a nivel provincial (amarillo) y de las estaciones de medida de la contaminación atmosférica química (azul) en España utilizadas en esta monografía.**

### 3.2 Variables dependientes

Las variables dependientes los constituyen el número de ingresos diarios urgentes no programados que se producen en los hospitales de cada provincia en el periodo de tiempo antes citado. Estos datos se obtienen a partir de la Encuesta de Morbilidad Hospitalaria (EMH) y están suministrados por el Instituto Nacional de Estadística mediante el protocolo de confidencialidad establecido por medio de un Convenio de Colaboración. Actualmente la muestra de hospitales de la EMH representa el 95,4% del conjunto de hospitales y el número de pacientes supera los 4,5 millones de personas lo cual representa el 99,2% de los ingresos hospitalarios anuales que se producen en España (INE 2024a).

Las causas de ingreso consideradas varían según cada estudio de los aquí presentados, pero en general, los códigos de la Clasificación Internacional de Enfermedades, 9ª edición (CIE-9-MC) y 10ª edición (CIE-10-ES) utilizados fueron:

Todas las causas excepto accidentes o causas naturales (CIE-9-MC: 1-799 y CIE-10-ES: A00-R99); causas respiratorias (CIE-9-MC: 460-519 y CIE-10-ES: J00-J99); infección respiratoria aguda del tracto superior (CIE-9-MC: 034.0, 460-465 y CIE-10-ES: J00-J06); asma (CIE-9-MC: 493 y CIE-10-ES: J45); neumonía (CIE 9: 481-483 y CIE-10-ES: J13-J16, J18.1, A48.1); causas circulatorias (CIE-9-MC: 390-459 y CIE-10-ES: I00-I99); accidente cerebro vascular agudo (CIE-9-MC: 431-434 y CIE-10-ES: I61-I64); infarto

agudo de miocardio (CIE-9-MC: 410 y CIE-10-ES: I21-I22); enfermedad isquémica del corazón (CIE-9-MC: 414.8, 414.9, 429.9 y CIE-10-ES: I51.9, I25.9); Parkinson (CIE-9-MC: 332.0 y CIE-10-ES: G20); demencia (CIE-9-MC: 290, 294.2 y CIE-10-ES: F02, F03); Alzheimer (CIE-9-MC: 331.0 y CIE-10-ES: G30); esclerosis múltiple (CIE-9-MC: 340 y CIE-10-ES: G35).

Los grupos de edad considerados también varían según los diferentes estudios realizados, pero en general fueron: toda la población; mayores de 65 años y menores de 14 años. En algunos casos también se diferenció por hombres y mujeres.

## Transformación de variables

La relación funcional existente entre las variables ambientales analizadas y los ingresos urgentes no programados siguen una distribución lineal sin umbral (Linares et al., 2017), excepto en el caso de la temperatura y el ozono, que siguen una distribución cuadrática (Díaz et al., 2018; Linares et al., 2008), por lo que se parametrizaron ambas variables.

Para identificar los días con ola de calor y ola de frío se utilizaron las temperaturas definidas por el Ministerio de Sanidad tomándose como umbral para la ola de calor la temperatura de definición de ola de calor  $T_{umbralcalor}$  y que se ha calculado a nivel provincial con la metodología patentada por el ISCIII (Díaz et al., 2023) y que publica el Ministerio de Sanidad en su Plan de Actuaciones Preventivas ante Altas Temperaturas (Ministerio de Sanidad 2023b). Para el caso de las olas de frío los valores provinciales de la temperatura de definición de ola de frío  $T_{umbralfrío}$  son los que aparecen en el Plan de Actuaciones Preventivas ante Bajas Temperaturas del Ministerio de Sanidad (Ministerio de Sanidad, 2023a).

Las variables parametrizadas para la temperatura en olas de calor y frío son:

$$T_{cal} = 0, \quad \text{si } T_{max} < T_{umbralcalor}$$

$$T_{cal} = T_{max} - T_{umbral}, \quad \text{si } T_{max} > T_{umbralcalor}$$

$$T_{frío} = 0, \quad \text{if } T_{min} > T_{umbralfrío}$$

$$T_{frío} = T_{umbralfrío} - T_{min}, \quad \text{if } T_{min} < T_{umbralfrío}$$

En el caso del ozono la relación funcional entre los ingresos hospitalarios urgentes no siempre es lineal. En algunas provincias y para algunas causas específicas de ingreso su relación es cuadrática. Por ello, para cada caso se ha analizado su relación funcional y en el caso de que esta relación fuese cuadrática se ha calculado el mínimo de ese polinomio de orden 2 que se ha denominado  $[O_3umbral]$ . La rama de la izquierda de la parábola indicaría un efecto beneficioso del ozono en la salud, relacionado con su carácter de contaminante secundario. Concentraciones bajas de ozono se relacionan con altas concentraciones de  $NO_2$  y PM cuyo impacto en salud ya se tienen en cuenta al incluir estos contaminantes en la modelización. La rama de la derecha de la parábola indica el carácter perjudicial del ozono en la salud (Díaz et al., 2018) y es la que interesa desde el punto de vista de su impacto en los ingresos hospitalarios urgentes. Esta variable parametrizada queda del siguiente modo:

$$O_3a = 0, \quad \text{if } [O_3] < [O_3umbral].$$

$$O_3a = O_3 - [O_3umbral] \quad , \text{if } [O_3] > [O_3umbral].$$

## Variables retrasadas

El efecto que las variables ambientales tienen sobre la salud no tiene por qué ser inmediata, sino que normalmente está desfasada en el tiempo. Basándose en la bibliografía existente, y en casos concretos en funciones de correlación cruzada entre las series preblanqueadas de las variables dependientes e independientes, se crearon los siguientes retrasos en las variables independientes:

PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y NO<sub>2</sub> y ruido retrasos 0-5 (Gómez-González., 2023)

O<sub>3</sub> retrasos 0-8 (Díaz et al., 2018)

T<sub>cal</sub> retrasos 0-5 (Díaz et al., 2015)

T<sub>frío</sub> retrasos 0-14 (Carmona et al., 2016)

Presión, humedad relativa, horas de sol y velocidad del viento: retrasos 0-14. (Gómez-González et al., 2023)

## Otras variables de control

Además, en el proceso de modelización se tendrán en cuenta las posibles estacionalidades de carácter anual, semestral, trimestral mediante la inclusión en la modelización de funciones seno y coseno con estas periodicidades. Por otro lado, los ingresos hospitalarios tienen una marcada estacionalidad semanal y también se ven influidos por los periodos vacacionales. Por este motivo se han incluido como variables de control los días de la semana como variable dicotómica y también los días correspondientes a las vacaciones de Navidad, verano y Semana Santa.

La tendencia se tendrá en cuenta mediante un contador (n1) que será igual a 1 el primer día de la serie, 2 el segundo y así sucesivamente.

El posible carácter autorregresivo de la serie se controlará mediante la inclusión en la modelización del autorregresivo de orden 1 de la variable dependiente en cada caso.

## 3.3. MODELIZACIÓN ESTADÍSTICA

La cuantificación de la asociación entre la variable dependiente y las independientes se realizó mediante modelos lineales generalizados (GLMs) con link de regresión de Poisson controlando por la sobredispersión, construyendo un modelo para cada causa de ingreso analizada y para cada provincia considerada. La variable dependiente será, por tanto, el número de ingresos hospitalarios urgentes que se producen en cada provincia y por esa causa de ingreso. Como variables independientes se incluyen en el GLM todas las variables anteriormente descritas en los retrasos (lags) considerados, además de todas las variables de control citadas.

Puesto que pueden existir posibles correlaciones entre las diferentes variables el proceso de eliminación de variables independientes que no muestran significación estadística se realizó paso a paso eliminando primero aquellas con menor significación estadística, realizando el proceso tantas veces como fuese necesario para dejar en el último paso solo aquellas variables independientes que son estadísticamente significativas a  $p < 0.05$ .

Estas variables significativas muestran un coeficiente ( $\beta$ ) que cuantifica su asociación con la variable dependiente. A partir de ese valor  $\beta$  se calculó el Riesgo Relativo (RR) asociado a esa variable mediante la expresión  $RR = e^{\beta}$ . Estos RR se calcularon para cada incremento de una unidad de las variables

independientes, excepto en el caso de  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  y ozono, que se calcularon para incrementos de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por último, se calculó el Riesgo Atribuible (RA) para esos incrementos mediante la ecuación de Coste y Spira (1991) (Coste & Spira, 1991):

$$AR = \frac{(RR - 1)}{RR} \times 100$$

Ese RA representa cuánto aumentan los ingresos hospitalarios, en %, para el incremento de la variable independiente considerada.

### 3.4. CÁLCULO DE LOS CASOS ATRIBUIBLES

En el caso de la contaminación atmosférica el AR representa el incremento de los ingresos hospitalarios que se producen para un incremento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Como cada día se conoce cuál es la concentración de ese contaminante y cuántos ingresos hospitalarios urgentes se ha producido, puede determinarse cuántos de los ingresos producidos ese día se pueden atribuir a ese contaminante. Sumando los ingresos atribuibles de cada día pueden calcularse cuántos ingresos pueden atribuirse a ese contaminante durante todo el periodo analizado.

De igual modo puede hacerse para el caso de la  $T_{\text{cal}}$  y la  $T_{\text{frío}}$  y el resto de las variables independientes analizadas teniendo en cuenta que los AR obtenidos son para el incremento en una unidad de esa variable.

Esta asunción puede realizarse porque las relaciones funcionales entre la variable dependientes y las independientes son lineales y sin umbral, y en el caso de que no fuesen lineales las variables parametrizadas  $T_{\text{cal}}$ ,  $T_{\text{frío}}$  y  $O_{3a}$  sí lo son.

Matemáticamente este proceso de obtención los casos atribuibles sería el siguiente:

$$NIA_t = (NI_t \cdot (RA/10) \cdot X_{t-L}) / 100$$

$NIA_t$ : Número de ingresos atribuibles el día “t”

$NI_t$ : Número de Ingresos el día “t”

RA: Riesgo atribuible para esa provincia y para ese contaminante por cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

$X_{t-L}$ : Concentración de ese contaminante el día t-L in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , donde L es el retardo en el que se establece la asociación estadísticamente significativa.

Los ingresos atribuibles a la temperatura en olas de calor y frío se realizarán de forma similar, pero sin dividir entre 10, ya que los RA calculados son para un incremento de  $1^\circ\text{C}$ .

### 3.5. Cálculo de la estimación económica.

El coste económico asociado a cada ingreso hospitalario se realiza del siguiente modo:

1. A partir de los costes promediados de los valores de los Grupos relacionados por el Diagnóstico (GRD) del Ministerio de Sanidad (Ministerio de Sanidad 2024a) puede obtenerse el coste que representa la estancia de ese paciente en un hospital utilizando el Sistema Agrupado APRGRD v3.5.
2. Se determina que proporción de la población activa correspondiente al número de ingresos hospitalarios debidos a ese contaminante según los datos del INE (INE, 2024b, 2024c, 2024d).

3. Se determina el coste correspondiente a esa proporción de población activa según los costes tabulados de Navarro Espigares JL (Navarro-Espigares JL, 201).
4. Por último, el coste total será el debido a la estancia hospitalaria calculada en el punto 1 más el coste laboral calculado en el punto 3.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con STATA/MP v18.0 y Microsoft Excel 2021 software packages.

A continuación, se muestran algunos de los estudios realizados por los firmantes de esta monografía sobre el impacto que diversos factores ambientales, en especial contaminación atmosférica y extremos térmicos, tienen, a corto plazo, sobre los ingresos hospitalarios urgentes que se producen en España.

#### 4. Impacto a corto plazo de la contaminación atmosférica y los extremos térmicos sobre los ingresos hospitalarios urgentes en España: una estimación económica. (Ruiz-Páez et al., 2025a)

En este estudio se analiza el impacto que tiene la contaminación atmosférica por  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$  y  $O_3$  así como el que las temperaturas máximas y mínima diarias en olas de calor tienen sobre los ingresos hospitalarios urgentes por todas las causas a nivel provincial en España en el periodo 2013-2018.

Utilizando la metodología descrita con anterioridad se realiza un análisis de series temporales con modelos GLM para cada una de las provincias españolas determinándose las funciones dosis-respuesta que corresponde a cada uno de las variables ambientales citadas. A partir de estos riesgos relativos calculados se determinan los riesgos atribuibles y cuántos ingresos diarios se atribuyen a cada variable ambiental y cuál es su coste económico.

En la tabla 1 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables independientes y de la variable dependiente a nivel provincial en el periodo analizado.

Provincia	$NO_2$ ( $\mu g/m^3$ ) X $\pm$ SD	$O_3$ ( $\mu g/m^3$ ) X $\pm$ SD	$PM_{2.5}$ ( $\mu g/m^3$ ) X $\pm$ SD	$PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ ) X $\pm$ SD	Ingresos (número) X $\pm$ SD
Almería	14,9 $\pm$ 5,0	73,3 $\pm$ 14,8	-	25,0 $\pm$ 11,6	95 $\pm$ 17
Cádiz	13,6 $\pm$ 5,8	68,6 $\pm$ 17,6	-	24,8 $\pm$ 10,8	165 $\pm$ 27
Córdoba	23,6 $\pm$ 9,1	58,6 $\pm$ 22,9	-	-	89 $\pm$ 17
Granada	26,5 $\pm$ 10,3	63,5 $\pm$ 18,2	13,9 $\pm$ 8,5	26,4 $\pm$ 15,0	102 $\pm$ 21
Huelva	7,8 $\pm$ 4,1	66,8 $\pm$ 17,2	-	20,8 $\pm$ 11,5	56 $\pm$ 19
Jaén	17,9 $\pm$ 8,9	71,5 $\pm$ 22,9	-	-	78 $\pm$ 16
Málaga	24,8 $\pm$ 9,3	64,9 $\pm$ 17,2	-	-	185 $\pm$ 29
Sevilla	20,2 $\pm$ 7,5	57,2 $\pm$ 18,7	-	25,7 $\pm$ 13,2	219 $\pm$ 44
Huesca	13,1 $\pm$ 6,3	62,2 $\pm$ 20,3	-	15,0 $\pm$ 8,1	34 $\pm$ 8
Teruel	8,7 $\pm$ 3,7	65,8 $\pm$ 18,9	-	12,2 $\pm$ 8,5	20 $\pm$ 6
Zaragoza	24,1 $\pm$ 8,5	51,1 $\pm$ 20,8	-	18,4 $\pm$ 9,5	141 $\pm$ 31
Asturias	19,8 $\pm$ 7,8	43,9 $\pm$ 14,9	10,2 $\pm$ 4,8	23,5 $\pm$ 7,3	170 $\pm$ 34
Islas Baleares	9,5 $\pm$ 3,1	68,1 $\pm$ 14,0	6,9 $\pm$ 3,0	17,2 $\pm$ 6,3	166 $\pm$ 35

Provincia	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) X ± SD	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) X ± SD	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) X ± SD	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) X ± SD	Ingresos (número) X ± SD
Las Palmas	12,6 ± 4,8	61,5 ± 13,5	8,6 ± 6,1	27,2 ± 23,6	105 ± 20
S/C Tenerife	11,1 ± 4,7	61,9 ± 13,9	9,1 ± 7,0	22,1 ± 22,0	115 ± 27
Cantabria	17,6 ± 6,7	55,2 ± 16,3	-	18,8 ± 7,4	87 ± 18
Albacete	-	-	-	-	58 ± 11
Ciudad Real	10,4 ± 7,9	61,6 ± 21,3	-	-	77 ± 20
Cuenca	16,8 ± 11,4	-	-	-	24 ± 7
Guadalajara	10,1 ± 5,9	63,0 ± 17,9	-	15,7 ± 12,4	31 ± 9
Toledo	15,4 ± 7,8	63,7 ± 20,8	8,6 ± 4,0	21,3 ± 11,4	61 ± 30
Ávila	9,2 ± 6,3	62,0 ± 19,7	-	16,1 ± 9,2	26 ± 7
Burgos	11,2 ± 6,4	59,4 ± 16,5	8,1 ± 5,1	15,8 ± 9,4	63 ± 20
León	15,2 ± 7,6	55,6 ± 16,3	-	16,0 ± 7,9	70 ± 21
Palencia	10,8 ± 9,2	60,5 ± 21,5	-	18,5 ± 11,5	30 ± 8
Salamanca	11,0 ± 6,3	68,9 ± 16,7	-	17,0 ± 9,4	50 ± 10
Segovia	12,6 ± 6,5	64,8 ± 20,2	-	13,8 ± 11,1	21 ± 6
Soria	12,7 ± 6,8	59,7 ± 17,8	-	15,2 ± 10,6	14 ± 5
Valladolid	23,2 ± 10,6	52,1 ± 21,9	11,2 ± 6,3	16,1 ± 9,2	73 ± 20
Zamora	5,1 ± 3,4	67,1 ± 16,8	4,7 ± 3,5	12,1 ± 7,6	32 ± 8
Barcelona	30,5 ± 10,0	48,8 ± 19,3	14,2 ± 4,9	23,1 ± 7,9	848 ± 141
Girona	15,5 ± 6,8	70,0 ± 14,9	9,2 ± 5,1	19,9 ± 7,1	86 ± 16
Lleida	9,0 ± 4,4	62,5 ± 19,7	9,4 ± 5,5	15,4 ± 7,8	49 ± 10
Tarragona	14,2 ± 6,4	66,5 ± 18,0	-	16,7 ± 7,8	102 ± 17
Ceuta	-	-	-	-	11 ± 4
Badajoz	7,2 ± 4,2	60,2 ± 17,4	8,6 ± 4,5	15,2 ± 9,9	107 ± 21
Cáceres	6,5 ± 3,4	65,1 ± 21,6	6,3 ± 4,1	11,2 ± 7,6	60 ± 14
A Coruña	15,9 ± 7,4	54,8 ± 15,5	12,6 ± 6,8	22,6 ± 8,9	170 ± 32
Lugo	6,1 ± 3,5	54,2 ± 15,6	8,5 ± 4,7	12,1 ± 6,1	48 ± 16
Ourense	12,6 ± 5,7	50,0 ± 17,4	-	13,8 ± 9,7	67 ± 13
Pontevedra	20,8 ± 10,2	46,2 ± 18,1	-	20,7 ± 9,5	153 ± 28
Madrid	30,7 ± 14,5	56,4 ± 23,0	10,3 ± 4,7	19,0 ± 9,7	956 ± 169
Melilla	-	-	-	-	12 ± 4
Murcia	16,9 ± 7,0	67,3 ± 17,3	-	20,6 ± 10,6	230 ± 47
Navarra	18,6 ± 9,4	52,2 ± 19,3	-	15,4 ± 6,5	91 ± 17
Álava	20,1 ± 9,4	65,4 ± 17,7	-	14,0 ± 7,5	52 ± 11
Guipúzcoa	21,9 ± 8,3	52,1 ± 16,8	8,5 ± 4,6	15,8 ± 6,2	100 ± 20
Vizcaya	24,2 ± 9,2	49,9 ± 16,5	10,6 ± 5,6	17,6 ± 7,8	184 ± 34

Provincia	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) X ± SD	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) X ± SD	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) X ± SD	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) X ± SD	Ingresos (número) X ± SD
La Rioja	13,8 ± 9,5	48,2 ± 19,5	-	19,9 ± 6,7	52 ± 12
Alicante	14,5 ± 6,9	65,3 ± 16,4	10,4 ± 4,9	17,1 ± 8,5	230 ± 47
Castellón	8,7 ± 3,8	64,0 ± 15,3	8,5 ± 4,7	13,2 ± 7,4	71 ± 19
Valencia	16,7 ± 6,9	61,8 ± 16,4	9,4 ± 4,7	17,3 ± 7,8	354 ± 62

**Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los contaminantes atmosféricos y de los ingresos hospitalarios por todas las causas utilizados en este estudio para cada una de las provincias españolas ordenadas por Comunidades Autónomas.**

**X: Media; SD: Desviación Estándar. - Dato no disponible.**

En la tabla 2 se muestran los estadísticos descriptivos para temperatura máxima ( $T_{max}$ ) diaria y temperatura mínima diarias ( $T_{min}$ ), así como los valores de  $T_{cal}$  y  $T_{frío}$ , respectivamente para olas de calor y frío a nivel provincial.

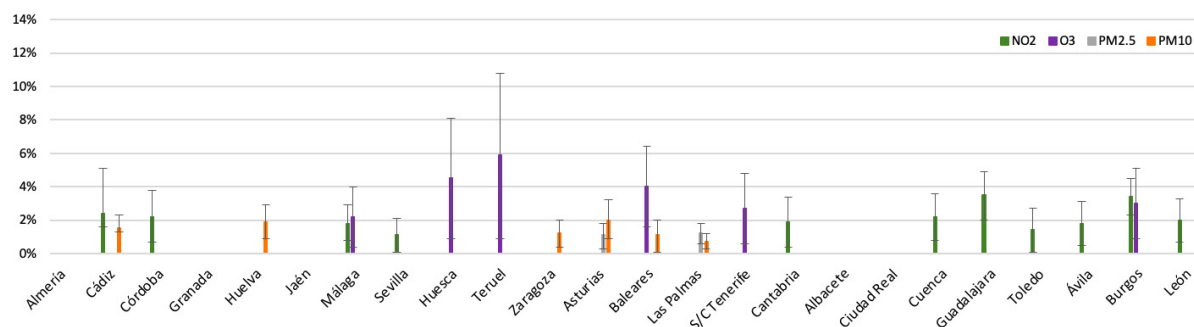
	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>heat</sub>		T <sub>cold</sub>	
	X ± SD	X ± SD	X ± SD	n	X ± SD	n
Almería	23,8 ± 5,8	15,4 ± 5,5	1,5 ± 1,3	69	0,7 ± 0,7	31
Cádiz	22,0 ± 5,1	16,1 ± 4,9	-	0	-	0
Córdoba	26,2 ± 8,9	11,3 ± 6,5	1,7 ± 1,3	48	1,5 ± 1,1	164
Granada	23,3 ± 8,6	9,0 ± 6,8	1,7 ± 1,4	122	1,5 ± 1,1	176
Huelva	24,5 ± 6,7	12,8 ± 5,4	1,2 ± 1,1	34	1,7 ± 1,2	163
Jaén	22,7 ± 8,9	12,5 ± 6,5	1,4 ± 1,1	31	1,0 ± 0,9	40
Málaga	24,1 ± 5,8	14,8 ± 5,6	1,6 ± 1,1	32	0,9 ± 0,8	21
Sevilla	25,9 ± 8,0	13,3 ± 5,9	1,2 ± 1,1	54	1,3 ± 1,0	157
Huesca	20,6 ± 8,7	9,0 ± 6,3	1,4 ± 1,3	112	1,6 ± 1,3	90
Teruel	20,7 ± 8,8	5,9 ± 6,6	0,8 ± 0,7	38	1,1 ± 1,0	32
Zaragoza	22,0 ± 8,7	10,9 ± 6,4	1,3 ± 1,3	28	1,5 ± 1,3	85
Asturias	17,7 ± 5,6	9,5 ± 4,6	2,1 ± 1,9	145	0,9 ± 0,9	11
Islas Baleares	22,7 ± 5,8	15,2 ± 5,7	1,3 ± 1,3	34	1,2 ± 1,0	52
Las Palmas	24,7 ± 3,1	18,7 ± 2,8	1,4 ± 1,2	25	1,5 ± 2,5	27
S/C Tenerife	25,0 ± 3,5	18,8 ± 2,8	1,3 ± 1,0	16	0,7 ± 0,6	32
Cantabria	19,0 ± 5,0	11,4 ± 4,7	2,3 ± 1,9	112	1,3 ± 0,8	13
Albacete	21,7 ± 8,8	8,6 ± 7,0	1,2 ± 0,9	36	1,7 ± 1,4	129
Ciudad Real	22,5 ± 9,3	10,1 ± 7,1	1,4 ± 1,0	72	1,7 ± 1,2	151
Cuenca	20,7 ± 8,9	7,8 ± 6,8	1,1 ± 0,9	50	1,6 ± 1,1	88

	$T_{max}$	$T_{min}$	$T_{heat}$		$T_{cold}$	
	$X \pm SD$	$X \pm SD$	$X \pm SD$	n	$X \pm SD$	n
Guadalajara	-	-	-	-	-	-
Toledo	23,1 ± 9,2	10,2 ± 7,1	1,7 ± 1,2	98	1,4 ± 1,1	96
Avila	17,8 ± 8,7	6,4 ± 6,3	1,1 ± 0,9	59	1,6 ± 1,5	62
Burgos	17,1 ± 8,6	5,2 ± 5,5	1,2 ± 0,8	43	1,8 ± 1,5	111
León	17,3 ± 8,2	5,5 ± 5,7	1,1 ± 0,7	26	0,8 ± 0,9	16
Palencia	17,5 ± 8,7	5,6 ± 5,7	1,5 ± 1,1	68	0,9 ± 0,5	20
Salamanca	19,9 ± 8,8	5,2 ± 5,9	1,5 ± 1,0	69	2,0 ± 1,6	200
Segovia	18,4 ± 8,9	7,4 ± 6,3	1,2 ± 0,9	80	1,7 ± 1,5	113
Soria	17,8 ± 8,6	5,3 ± 5,8	0,9 ± 0,7	26	1,2 ± 1,0	31
Valladolid	19,3 ± 9,1	7,3 ± 6,0	1,1 ± 0,7	44	1,4 ± 1,0	133
Zamora	20,1 ± 9,2	7,8 ± 6,1	1,1 ± 0,9	42	1,7 ± 1,3	163
Barcelona	21,3 ± 5,7	13,6 ± 6,3	1,3 ± 1,3	50	1,2 ± 0,9	79
Girona	22,4 ± 7,1	8,9 ± 6,6	1,5 ± 1,4	130	1,8 ± 1,4	203
Lleida	22,2 ± 9,1	9,4 ± 6,9	1,2 ± 1,0	36	1,0 ± 0,9	48
Tarragona	22,7 ± 6,2	11,6 ± 6,7	1,7 ± 1,3	8	1,6 ± 1,1	72
Ceuta	21,9 ± 5,1	16,0 ± 4,1	2,0 ± 1,7	45	1,1 ± 0,8	43
Badajoz	24,5 ± 8,4	11,1 ± 6,0	1,5 ± 1,3	20	1,8 ± 1,2	112
Cáceres	22,5 ± 8,8	11,0 ± 6,3	1,8 ± 1,4	104	1,4 ± 1,1	77
A Coruña	18,9 ± 5,0	10,1 ± 4,5	2,1 ± 4,0	132	1,6 ± 1,1	105
Lugo	18,1 ± 6,9	7,2 ± 5,0	1,9 ± 1,5	41	0,7 ± 0,7	8
Ourense	22,2 ± 7,9	9,1 ± 5,4	1,7 ± 1,3	47	2,1 ± 1,6	189
Pontevedra	19,1 ± 6,0	10,7 ± 4,3	2,7 ± 2,2	157	1,6 ± 1,1	220
Madrid	21,1 ± 9,1	11,1 ± 6,8	2,0 ± 1,5	232	0,7 ± 0,3	4
Melilla	22,6 ± 5,0	16,2 ± 4,9	1,8 ± 1,1	29	1,0 ± 0,9	63
Murcia	26,1 ± 6,9	13,6 ± 6,3	1,6 ± 1,4	32	1,5 ± 1,1	79
Navarra	19,3 ± 8,4	7,6 ± 5,7	1,7 ± 1,2	105	1,0 ± 0,9	23
Álava	18,0 ± 7,7	6,6 ± 5,3	1,8 ± 1,2	64	1,6 ± 1,2	24
Guipúzcoa	17,0 ± 5,7	11,0 ± 4,8	3,4 ± 2,7	74	1,8 ± 1,4	41
Vizcaya	20,0 ± 6,3	10,4 ± 5,1	2,9 ± 2,0	45	1,4 ± 1,2	40
La Rioja	20,3 ± 8,3	8,6 ± 5,7	1,3 ± 1,0	92	1,2 ± 1,0	37
Alicante	23,8 ± 5,6	13,9 ± 5,9	1,7 ± 1,6	119	1,4 ± 1,0	82
Castellón	23,1 ± 5,9	13,9 ± 5,8	1,0 ± 0,9	75	1,2 ± 0,8	56
Valencia	23,7 ± 6,1	12,6 ± 6,5	2,0 ± 1,7	36	1,6 ± 1,3	148

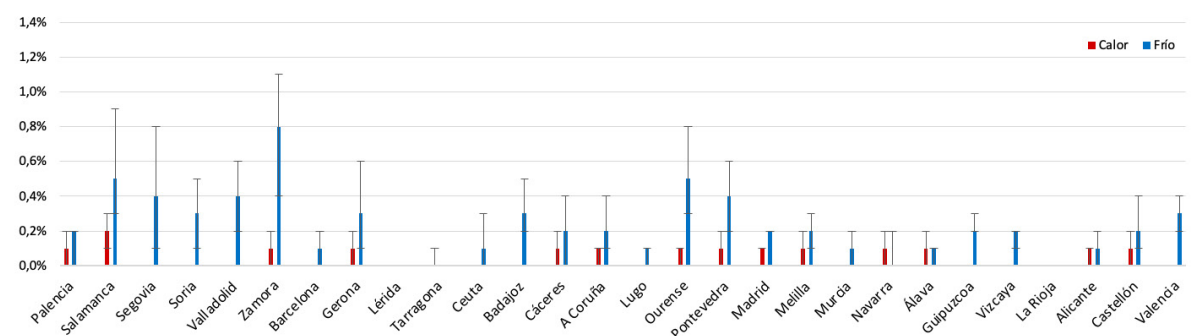
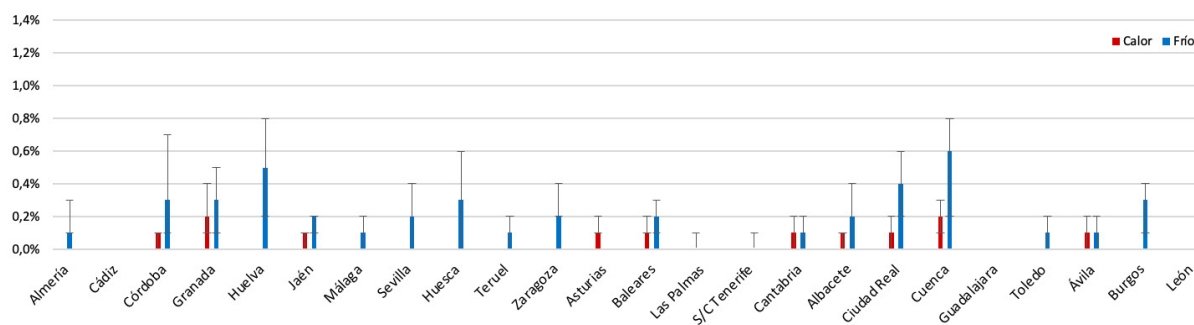
Tabla 2. Estadísticos descriptivos para temperatura máxima diaria ( $T_{max}$ ) y temperatura mínima diarias ( $T_{min}$ ), así como los valores de  $T_{cal}$  y  $T_{frío}$ , respectivamente para olas de calor y frío a nivel provincial, n es el número de días con ola de calor o de frío en el periodo estudiado 2013-2018.

En la tabla S1 de material suplementario de este documento se presentan estos riesgos atribuibles (RA) que representan las funciones dosis-respuesta a corto plazo para cada variable ambiental sobre los ingresos hospitalarios urgentes por todas las causas.

En la figura 2, se muestran a nivel provincial qué porcentaje de ingresos se producen en España por contaminación atmosférica y por las temperaturas en extremos térmicos se muestran en la figura 3.



**Figura 2. Porcentaje de ingresos atribuibles a nivel provincial por cada contaminante atmosférico analizado.**



**Figura 3. Porcentaje de ingresos atribuibles a nivel provincial a los extremos térmicos.**

En la tabla 3 se muestran los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo anuales atribuibles a la contaminación atmosférica y a los extremos térmicos agrupados por Comunidades Autónomas en el periodo de análisis del estudio.

	NO <sub>2</sub> (95%CI)	PM (95%CI)	O <sub>3</sub> (95%CI)	Olas de calor (95%CI)	Olas de frío (95%CI)	Total temperaturas extremas (95%CI)
<b>Andalucía</b>	4301 (1836-7971)	1285 (762-1367)	1490 (250-2726)	104 (15-191)	647 (248-1041)	751 (263-1232)
<b>Aragón</b>	0	615 (214-1015)	985 (178-1788)	114 (56-172)	44 (7-80)	158 (63-252)
<b>Asturias</b>	0	1916 (723-3102)		84 (46-121)	34 (14-52)	118 (60-173)
<b>Islas Baleares</b>	0	636 (76-1193)	2425 (994-3851)	40 (5-74)	104 (55-152)	144 (60-226)
<b>Islas Canarias</b>	0	744 (343-1143)	1135 (248-2019)	14 (1-27)	28 (4-49)	42 (5-76)
<b>Cantabria</b>	608 (118-1094)	0	0	40 (15-64)	34 (13-52)	74 (28-116)
<b>Castilla-La Mancha</b>	906 (321-1484)	0	0	53 (13-92)	233 (71-396)	286 (84-488)
<b>Castilla y León</b>	1778 (908-2635)	0	1066 (369-1759)	68 (22-113)	442 (183-698)	510 (205-811)
<b>Cataluña</b>	6350 (4096-8593)	421 (71-769)	2941 (697-5180)	110 (31-187)	285 (61-510)	395 (92-697)
<b>Extremadura</b>	382 (59-701)	912 (386-1430)	0	23 (2-44)	184 (86-282)	207 (88-326)
<b>Galicia</b>	0	1316 (529-2147)	1432 (501-2359)	117 (31-203)	504 (241-763)	621 (272-966)
<b>Madrid</b>	8203 (4468-11931)	0	3316 (794-5835)	318 (174-461)	679 (443-914)	997 (617-1375)
<b>Murcia</b>	0	z	0	0	111 (35-185)	111 (35-185)
<b>Navarra</b>	0	0	0	30 (3-57)	28 (6-51)	58 (9-108)
<b>País Vasco</b>	0	913 (305-1516)	91 (38-144)	16 (1-32)	214 (123-304)	230 (124-336)
<b>La Rioja</b>	431 (153-706)	535 (197-870)	458 (85-829)	0	0	0
<b>Valencia</b>	4864 (2222-7495)	1204 (625-1780)	7519 (1832-13193)	90 (23-156)	564 (314-814)	654 (337-970)
<b>Ceuta</b>	---	---	---	0	6 (1-11)	6 (1-11)
<b>Melilla</b>	---	---	---	6 (1-10)	9 (3-15)	15 (4-25)
<b>Total España</b>	<b>27823</b> <b>(14181-42610)</b>	<b>11203</b> <b>(4470-17504)</b>	<b>22858</b> <b>(5986-39683)</b>	<b>1227</b> <b>(439-2004)</b>	<b>4150</b> <b>(1908-6369)</b>	<b>5377</b> <b>(2347-8373)</b>

**Tabla 3. Ingresos hospitalarios anuales urgentes a corto plazo atribuibles a la contaminación atmosférica y a los extremos térmicos en España agrupados por Comunidades Autónomas (2013-2018).**

En resumen, puede indicarse que es la exposición a corto plazo al NO<sub>2</sub> la que mostró una asociación con los ingresos en mayor número de provincias (39%), presentando además el mayor número de ingresos atribuibles. En Madrid se superaron los 8.000 ingresos anuales atribuibles al NO<sub>2</sub>. Si se tiene en cuenta que, según la metodología antes descrita, el coste económico de un ingreso hospitalario se estima en 14.134 € estos ingresos en la Comunidad de Madrid representan 116 millones de € de gasto sanitario al año. En Cataluña se produjeron 6.000 ingresos anuales atribuibles a este contaminante (que corresponden a 90 millones de €) y 4.000 ingresos anuales en Valencia y Andalucía (que corresponden a 69 y 61 millones de € respectivamente).

La exposición a corto plazo al O<sub>3</sub> supuso más de 7.000 ingresos por urgencias anuales en Valencia, equivalentes a 106 millones de €. En Madrid, Cataluña y Baleares, se superaron los 2.000 ingresos por urgencias anuales, que equivalen a un gasto sanitario estimado entre los 34 y los 47 millones de €.

Las concentraciones a PM se asociaron con el menor número de ingresos atribuibles a la exposición a corto plazo de los contaminantes analizados, aunque hay que tener en cuenta que solo se disponen datos de las  $PM_{2,5}$  en menos de la mitad de las provincias. En cuatro comunidades autónomas se superaron los 1.000 ingresos anuales atribuibles a la exposición a las PM ( $PM_{2,5} + PM_{10}$ ): Asturias, Galicia, Andalucía y Valencia. Este impacto se corresponde con un gasto estimado entre los 17 millones de € en Valencia hasta los 27 millones de € en Asturias.

A nivel nacional a la contaminación atmosférica se le atribuyen 61.884 CI95%: (24.637-99.797) ingresos al año con un coste de 858,96 millones de € anuales.

De manera conjunta, a los extremos térmicos se les atribuyó más de un 0,5% de los ingresos únicamente en 8 provincias, siendo el impacto de los extremos térmicos menos pronunciado que el de la contaminación, ya que solo un tercio de las provincias afectadas registró un rango de ingresos atribuibles a estos eventos entre el 0,8% y el 2%, siendo el porcentaje incluso menor en las provincias restantes. Los extremos térmicos únicamente se relacionaron con unos 5.400 ingresos atribuibles anuales en todo el país, de los cuales 1.200 correspondieron a olas de calor y 4.200 a olas de frío. En las comunidades autónomas de Madrid, Andalucía, Valencia y Galicia se superaron los 600 ingresos atribuibles anuales, a expensas de olas de frío mayoritariamente. Este impacto se corresponde con un gasto estimado entre 9 y 14 millones de €.

Por tanto, el impacto que tiene la contaminación atmosférica en los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo en España supera en casi 11 veces la cantidad de ingresos atribuibles a los extremos térmicos, esto probablemente esté relacionado con el menor número de días en los que hay ola de calor y frío al año.

Se puede concluir a la vista de los resultados de este estudio que, a pesar de las normativas sobre la calidad de aire implementadas, la contaminación continúa siendo un grave problema de salud pública para todo el país, siendo causa de una importante morbilidad con un elevado coste sanitario. De todos los contaminantes, el  $NO_2$  es el principal causante de la morbilidad atribuida a la contaminación atmosférica. Dado que se trata de un contaminante cuyo origen es principalmente antropogénico, la capacidad de controlar su emisión se encuentra en nuestras manos mediante las medidas de restricción del tráfico en las ciudades y la adopción de otras medidas de carácter estructural. Pero también hay que adoptar medidas coyunturales para evitar la exposición de los ciudadanos a altos picos de contaminación que tienen impactos a corto plazo. Por ello, es primordial la realización de planes de actuación ante episodios de elevada contaminación atmosférica, de la misma manera que ya existen los planes de actuación frente a los extremos térmicos e integrar en los mismos planes contaminación y temperatura.

El cambio climático continúa avanzando inexorablemente, y si no se toman medidas más drásticas las previsiones auguran un futuro con mayor cantidad de eventos de extremos térmicos, y de mayor intensidad. Hasta ahora la literatura se ha centrado mayormente en el impacto del calor en la salud pública, sin embargo, se ha demostrado que los efectos del frío son muy superiores, siendo necesarias nuevas medidas de mitigación de sus efectos.

Por otro lado, aunque los efectos de los extremos térmicos son inferiores a los de la contaminación atmosférica probablemente porque se dan menos días al año, sí pueden tener cuando ocurren un importante impacto en la salud de la población, lo que justifica la adopción de medidas preventivas para minimizar estos impactos.

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten ver con una perspectiva de salud pública y económica los desafíos que suponen la contaminación atmosférica y el cambio climático a los que nos enfrentamos actualmente. Esto nos puede ser de ayuda para informar a las diversas partes interesadas en la salud y economía del país que son necesarias nuevas políticas más restrictivas y eficaces para proteger a toda la población.

## 5. ¿Realmente la nueva directiva de la Unión Europea sobre calidad del aire protege la salud? Un caso a estudio a nivel nacional en España. (Linares et al., 2025a)

En 2021 la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2021) estableció en su Guía de Calidad del Aire (WHO, 2021) una serie de recomendaciones de concentraciones que deberían cumplirse para proteger la salud de la población incluyendo valores guía medios anuales y valores guía medios diarios, por lo que se tendrían en cuenta tanto exposiciones crónicas como impactos en la salud relacionados con exposiciones agudas (Díaz & Linares, 2021). 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 (UE, 2024) tal y como puede verse en la tabla 4.

Contaminante	Directrices OMS 2021 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Nueva Directiva Europea 2024 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Anual	24h	Anual	24h
<b>NO<sub>2</sub></b>	10	25 (3 ó 4 veces)	20	50 (18 veces)
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	5	15 (3 ó 4 veces)	10	25 (18 veces)
<b>PM<sub>10</sub></b>	15	45 (3 ó 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.

**Tabla 4. 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)**

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 cumpliesen 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 y que se han descrito en el estudio anterior (Ruiz-Páez et al., 2025a).

No se consideran los ingresos hospitalarios urgentes asociados el O<sub>3</sub> porque la tanto los valores Guía de la OMS como los valores límite de la UE hacen mención a las concentraciones octohorarias mientras que las funciones dosis-respuesta calculadas en el estudio anterior se realizan para valores medios diarios.

En la tabla 5 se muestran el número de días en que se superaron los valores límite de la UE y los valores guía de la OMS a nivel provincial en España.

Comunidad	Provincia	NO <sub>2</sub>		PM <sub>10</sub>		PM <sub>2,5</sub>	
		UE N (%)	OMS N (%)	UE N (%)	OMS 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)	1062 (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)
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)
Canarias	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)	1475 (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)

Comunidad	Provincia	NO <sub>2</sub>		PM <sub>10</sub>		PM <sub>2,5</sub>	
		UE N (%)	OMS N (%)	UE N (%)	OMS N (%)	UE N (%)	OMS N (%)
	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)
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)	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)	1299 (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)

**Tabla 5. 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. \* Falta de datos. En el caso de las PM<sub>10</sub> los valores de la UE y la OMS coinciden.**

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 1475 (67,4%) seguida de Madrid con 1299 días (59,3%). En relación al material particulado PM<sub>10</sub>, 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 PM<sub>2,5</sub> 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 6, se muestra el porcentaje de reducción de los ingresos atribuibles si los límites de la UE y la OMS fueran respetados para las diferentes Comunidades Autónomas. En España se atribuyen a la contaminación por NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> 38.790 ingresos/año. 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. Cataluña sería la segunda Comunidad con un mayor número de ingresos atribuibles a estos contaminantes (6.554) que solo se reducirían en el 0,51% si se cumpliera la normativa de la UE pero que bajarían a 5.267 (19,64% menos) si se cumplieran los valores guía de la OMS.

Tanto en Madrid como en Cataluña el principal contaminante que se asocia con estos ingresos es el  $\text{NO}_2$ . La principal fuente de emisión de ese contaminante es de origen antrópico y se relaciona con el transporte. En áreas urbanas el 70 % de las emisiones de  $\text{NO}_2$  se relacionan con el tráfico rodado (Navares et al., 2020), 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  $\text{NO}_2$ . En el total de los ingresos atribuibles 11.130 ingresos/año se relacionarían con las  $\text{PM}_{10}$  y las  $\text{PM}_{2,5}$ . Las reducciones esperadas en el número de ingresos si se cumplieran los valores que marca la directiva de la UE, si se suman los efectos de las  $\text{PM}_{10}$  y las  $\text{PM}_{2,5}$ , 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  $\text{NO}_2$  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 sólo el 55 % de las emisiones se relaciona con el tráfico rodado (Navares et al., 2020), siendo las actividades industriales y la producción de energía, junto con los aportes naturales (Querol et al., 2012), 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 (Ruiz-Páez et al., 2024).

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  $\text{NO}_2$  o el ozono tienen mayor impacto en los ingresos hospitalarios que la propia temperatura (Botezat et al., 2025). 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 (Linares et al., 2020) 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 como ya se ha indicado en esta monografía.

En conclusión, el cumplimiento de los valores de la UE indica que, a nivel 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 (Linares et al., 2020).

	Contaminante	Ingresos atribuibles	Cumplimiento UE	Disminución UE	Cumplimiento OMS	Disminución OMS
		Casos (IC95%)	Casos (IC95%)	%	Casos (IC95%)	%
<b>España</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	27660 (13743 - 41483)	27310 (13551 - 40974)	1,27	23488 (11448 - 35438)	15,08
	PM <sub>10</sub>	6663 (2689 - 10921)	6568 (2647 - 10767)	1,42	6568 (2647 - 10767)	1,42
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	4467 (1886 - 7028)	4434 (1871 - 6978)	0,74	4238 (1787 - 6670)	5,12
	<b>TOTAL</b>	38790 (18318 - 59431)	38312 (18069 - 58719)	1,23	<b>34294 (15882 - 52875)</b>	<b>11,59</b>
<b>Andalucía</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	4794 (1787 - 7768)	4791 (1786 - 7762)	0,07	4443 (1667 - 7189)	7,33
	<b>PM<sub>10</sub></b>	1305 (956 - 1979)	1282 (939 - 1944)	1,76	1282 (939 - 1944)	1,76
	PM <sub>2.5</sub>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>6099 (2743 - 9746)</b>	<b>6072 (2725 - 9706)</b>	<b>0,43</b>	<b>5725 (2606 - 9132)</b>	<b>6,13</b>
<b>Aragón</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>10</sub></b>	605 (208 - 1001)	597 (205 - 989)	1,22	597 (205 - 989)	1,22
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<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>
<b>Asturias</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>10</sub></b>	1237 (524 - 1950)	1233 (522 - 1944)	0,31	1233 (522 - 1944)	0,31
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	648 (184 - 1112)	645 (184 - 1107)	0,44	608 (173 - 1043)	6,18
	<b>TOTAL</b>	1885 (708 - 3062)	1878 (706 - 3051)	0,35	1841 (695 - 2987)	2,33
<b>Baleares</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>10</sub></b>	635 (73 - 1186)	631 (72 - 1179)	0,57	631 (72 - 1179)	0,57
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>635 (73 - 1186)</b>	<b>631 (72 - 1179)</b>	<b>0,57</b>	<b>631 (72 - 1179)</b>	<b>0,57</b>
<b>Canarias</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	*	*	*	*	*

	Contaminante	Ingresos atribuibles	Cumplimiento UE	Disminución UE	Cumplimiento OMS	Disminución OMS
		Casos (IC95%)	Casos (IC95%)	%	Casos (IC95%)	%
	PM <sub>10</sub>	283 (105 - 461)	250 (92 - 407)	11,81	250 (92 - 407)	11,81
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	451 (235 - 666)	436 (228 - 645)	3,27	417 (218 - 616)	7,51
	<b>TOTAL</b>	<b>734 (340 - 1128)</b>	<b>686 (320 - 1051)</b>	<b>6,57</b>	<b>667 (310 - 1023)</b>	<b>9,17</b>
<b>Cantabria</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	594 (112 - 1065)	594 (112 - 1065)	0,00	571 (108 - 1023)	3,99
	<b>PM<sub>10</sub></b>	*	*	*	*	*
	PM <sub>2.5</sub>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>594 (112 - 1065)</b>	<b>594 (112 - 1065)</b>	<b>0,00</b>	<b>571 (108 - 1023)</b>	<b>3,99</b>
<b>Castilla y León</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	1.735 (885 - 2575)	1.735 (885 - 2575)	0,00	1.691 (863 - 2509)	2,52
	<b>PM<sub>10</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>1.735 (885 - 2575)</b>	<b>1.735 (885 - 2575)</b>	<b>0,00</b>	<b>1.691 (863 - 2509)</b>	<b>2,52</b>
<b>Castilla-La Mancha</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	915 (323 - 1499)	914 (322 - 1498)	0,11	873 (310 - 1427)	4,65
	<b>PM<sub>10</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>915 (323 - 1499)</b>	<b>914 (322 - 1498)</b>	<b>0,11</b>	<b>873 (310 - 1427)</b>	<b>4,65</b>
<b>Cataluña</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	6136 (3945 - 8321)	6104 (3924 - 8278)	0,52	4850 (3103 - 6592)	20,96
	<b>PM<sub>10</sub></b>	418 (69 - 760)	416 (68 - 758)	0,29	416 (68 - 758)	0,29
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>6554 (4014 - 9081)</b>	<b>6521 (3992 - 9036)</b>	<b>0,51</b>	<b>5267 (3171 - 7350)</b>	<b>19,64</b>
<b>Ceuta</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	*	*	*	*	*
	PM <sub>10</sub>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>
<b>Euskadi</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>10</sub></b>	*	*	*	*	*
	PM <sub>2.5</sub>	879 (295 - 1454)	876 (294 - 1449)	0,33	843 (283 - 1394)	4,17
	<b>TOTAL</b>	<b>879 (295 - 1454)</b>	<b>876 (294 - 1449)</b>	<b>0,33</b>	<b>843 (283 - 1394)</b>	<b>4,17</b>
<b>Extremadura</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	375 (59 - 690)	375 (59 - 690)	0,00	375 (59 - 690)	0,00
	<b>PM<sub>10</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	916 (388 - 1436)	913 (386 - 1431)	0,34	886 (375 - 1389)	3,27
	<b>TOTAL</b>	<b>1.291 (447 - 2127)</b>	<b>1.287 (446 - 2122)</b>	<b>0,24</b>	<b>1.261 (434 - 2080)</b>	<b>2,32</b>
<b>Galicia</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	*	*	*	*	*

	Contaminante	Ingresos atribuibles	Cumplimiento UE	Disminución UE	Cumplimiento OMS	Disminución OMS
		Casos (IC95%)	Casos (IC95%)	%	Casos (IC95%)	%
	<b>PM<sub>10</sub></b>	939 (314 - 1555)	929 (312 - 1538)	1,03	929 (312 - 1538)	1,03
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	378 (163 - 590)	375 (161 - 585)	0,93	363 (156 - 566)	4,06
	<b>TOTAL</b>	1.317 (477 - 2145)	1.304 (473 - 2123)	1,00	1.292 (468 - 2105)	1,90
<b>La Rioja</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	413 (147 - 676)	413 (147 - 676)	0,03	386 (138 - 631)	6,58
	<b>PM<sub>10</sub></b>	532 (198 - 867)	531 (197 - 865)	0,20	531 (197 - 865)	0,20
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>945 (345 - 1543)</b>	<b>944 (345 - 1541)</b>	<b>0,12</b>	<b>917 (335 - 1497)</b>	<b>2,99</b>
<b>Madrid</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	7.994 (4321 - 11666)	7.680 (4151 - 11208)	3,93	5.779 (3124 - 8434)	27,71
	<b>PM<sub>10</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	7.994 (4321 - 11666)	7.680 (4151 - 11208)	3,93	<b>5.779 (3124 - 8434)</b>	<b>27,71</b>
<b>Melilla</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>10</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	*	*	*	*	*
<b>Murcia</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>10</sub></b>	711 (243 - 1162)	699 (239 - 1143)	1,65	699 (239 - 1143)	1,65
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	<b>711 (243 - 1162)</b>	<b>699 (239 - 1143)</b>	<b>1,65</b>	<b>699 (239 - 1143)</b>	<b>1,65</b>
<b>Navarra</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>10</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>TOTAL</b>	*	*	*	*	*
<b>Valencia</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	4.704 (2164 - 7221)	4.704 (2164 - 7221)	0,00	4.520 (2077 - 6943)	3,90
	<b>PM<sub>10</sub></b>	*	*	*	*	*
	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	1.195 (620 - 1769)	1.189 (617 - 1760)	0,48	1.122 (582 - 1661)	6,10
	<b>TOTAL</b>	5.898 (2785 - 8990)	5.893 (2782 - 8982)	0,10	5.642 (2659 - 8604)	4,34

Tabla 6. Ingresos atribuibles anuales estimados a nivel de Comunidad Autónoma. *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 Todas las 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.

## 6. Cómo afectan, a corto plazo y por grupos de edad, la contaminación atmosférica y los extremos térmicos a los ingresos hospitalarios urgentes por diversas causas respiratorias en España: un estudio a nivel nacional (Linares et al., 2025b).

Los mecanismos biológicos por los que se relaciona la contaminación atmosférica con efectos agudos en el sistema respiratorio ya se han descrito en el apartado de Introducción de esta monografía.

Pese a las indudables relaciones entre contaminación, temperatura e ingresos hospitalarios antes citados, son muy pocos los estudios que analizan de forma conjunta el efecto que tienen estos factores ambientales sobre las principales causas de ingreso a corto plazo como son las enfermedades respiratorias (Landrigan et al., 2017) y cómo afectan a causas específicas como asma y neumonía, especialmente en el grupo de menores de 14 años. Conviene destacar que la exposición a la contaminación durante la infancia puede condicionar el desarrollo de patología respiratoria en la edad adulta (Mocellin et al., 2022).

Por tanto, el objetivo planteado es analizar, a nivel de todas las provincias españolas, y mediante funciones dosis-respuesta calculadas específicamente para cada provincia, causa y grupo de edad, cómo la contaminación atmosférica y los extremos térmicos inciden a corto plazo sobre los ingresos por causas respiratorias, tanto para la población general como en el grupo de menores de 14 años y mayores de 65 años. Además, se realizará una valoración económica del coste atribuible a estos ingresos. Un estudio de estas características no se había realizado hasta la fecha en España. Disponer de esta información a nivel provincial y de su estimación económica debería de ser una herramienta muy útil de cara a la activación de medidas de salud pública para proteger a la población y cuáles de estas medidas deben ser prioritarias.

Las variables independientes y la metodología son las descritas en el apartado de metodología de esta monografía. Las variables dependientes en ese caso lo constituyen los ingresos hospitalarios diarios urgentes ocurridos en todas las provincias españolas en el periodo 2013-2018 por patología del aparato respiratorio (CIE-9-MC: 460-519; CIE-10-ES: J00-J99) (RES). Luego, esta causa de ingreso fue desglosada en otras más específicas: Infecciones del aparato respiratorio superior (URTI) (CIE-9-MC: 034.0, 460-465; CIE-10-ES: J00-J06), Neumonía (CIE-9-MC: 481-483; CIE-10-ES: J13-J16, J18.1, A48.1) y Asma (CIE-9-MC: 493, CIE-10-ES: J45). Su fuente de origen es la descrita en metodología. Los grupos de edad considerados fueron todas las edades, mayores de 65 años y menores de 14 años.

Los estadísticos descriptivos de las variables independientes son las que aparecen en las tablas 1 y 2 de esta monografía. Los descriptivos de las variables dependientes son los que aparecen a continuación en la tabla 7.

Comunidad Autónoma	Provincia	Asma			Infección respiratoria tracto superior (URTI)			Neumonía		
		Todas edades	>65 años	<14 años	Todas edades	>65 años	<14 años	Todas edades	>65 años	<14 años
		Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd
Andalucía	Almería	0,7 ± 0,9	0,2 ± 0,5	0,3 ± 0,5	0,6 ± 0,8	0,1 ± 0,2	0,4 ± 0,7	1,0 ± 1,2	0,6 ± 0,9	0,1 ± 0,3
	Cádiz	0,8 ± 0,9	0,2 ± 0,5	0,2 ± 0,5	1,1 ± 1,1	0,2 ± 0,5	0,6 ± 0,8	1,7 ± 1,5	1,1 ± 1,2	0,2 ± 0,4

Comunidad Autónoma	Provincia	Asma			Infección respiratoria tracto superior (URTI)			Neumonía		
		Todas edades	>65 años	<14 años	Todas edades	>65 años	<14 años	Todas edades	>65 años	<14 años
		Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd
	<b>Córdoba</b>	0,4 ± 0,7	0,2 ± 0,5	0,1 ± 0,3	0,4 ± 0,6	0,0 ± 0,2	0,3 ± 0,5	0,7 ± 0,9	0,5 ± 0,7	0,0 ± 0,1
	<b>Granada</b>	0,9 ± 1,1	0,3 ± 0,6	0,3 ± 0,6	0,6 ± 0,8	0,1 ± 0,2	0,4 ± 0,7	1,0 ± 1,1	0,7 ± 0,9	0,1 ± 0,3
	<b>Huelva</b>	0,3 ± 0,5	0,1 ± 0,4	0,0 ± 0,2	0,3 ± 0,6	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,3	0,3 ± 0,6	0,2 ± 0,5	0,0 ± 0,2
	<b>Jaén</b>	0,3 ± 0,6	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,4	0,5 ± 0,7	0,0 ± 0,2	0,3 ± 0,5	0,4 ± 0,7	0,3 ± 0,6	0,0 ± 0,2
	<b>Málaga</b>	0,9 ± 1,0	0,4 ± 0,6	0,1 ± 0,6	1,2 ± 1,1	0,1 ± 0,4	0,5 ± 0,8	1,2 ± 1,2	0,7 ± 0,9	0,1 ± 0,4
	<b>Sevilla</b>	0,8 ± 1,0	0,3 ± 0,5	0,2 ± 0,5	1,2 ± 1,1	0,1 ± 0,4	0,8 ± 0,9	1,1 ± 1,2	0,6 ± 0,9	0,1 ± 0,4
<b>Aragón</b>	<b>Huesca</b>	0,2 ± 0,5	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,2	0,2 ± 0,5	0,0 ± 0,2	0,1 ± 0,4	0,3 ± 0,5	0,2 ± 0,5	0,0 ± 0,1
	<b>Teruel</b>	0,2 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,2	0,2 ± 0,4	0,0 ± 0,1	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,1
	<b>Zaragoza</b>	1,1 ± 1,1	0,5 ± 0,8	0,1 ± 0,4	0,7 ± 0,9	0,1 ± 0,4	0,4 ± 0,6	1,3 ± 1,2	0,9 ± 1,0	0,1 ± 0,3
<b>Asturias</b>	<b>Asturias</b>	4,0 ± 2,7	2,0 ± 1,7	1,2 ± 1,3	0,9 ± 1,0	0,2 ± 0,5	0,4 ± 0,6	1,2 ± 1,2	0,8 ± 1,0	0,1 ± 0,2
<b>Islas Baleares</b>	<b>Baleares</b>	1,5 ± 1,4	0,6 ± 0,9	0,3 ± 0,6	1,3 ± 1,2	0,1 ± 0,4	0,8 ± 0,9	1,2 ± 1,3	0,7 ± 0,9	0,1 ± 0,3
<b>País Vasco</b>	<b>Araba</b>	0,8 ± 0,9	0,4 ± 0,7	0,0 ± 0,2	0,4 ± 0,6	0,0 ± 0,2	0,0 ± 0,2	0,4 ± 0,7	0,2 ± 0,5	0,0 ± 0,1
	<b>Vizcaya</b>	2,7 ± 2,0	1,4 ± 1,4	0,4 ± 0,8	0,8 ± 1,0	0,4 ± 0,7	0,2 ± 0,5	1,2 ± 1,3	0,8 ± 1,0	0,0 ± 0,2
	<b>Guipúzcoa</b>	1,0 ± 1,1	0,3 ± 0,6	0,3 ± 0,6	0,4 ± 0,7	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,3	0,8 ± 0,9	0,6 ± 0,8	0,0 ± 0,1
<b>Islas Canarias</b>	<b>Las Palmas</b>	1,1 ± 1,2	0,2 ± 0,4	0,6 ± 0,8	0,6 ± 0,8	0,1 ± 0,2	0,4 ± 0,7	0,5 ± 0,8	0,3 ± 0,6	0,0 ± 0,2
	<b>S.C. de Tenerife</b>	0,9 ± 1,0	0,3 ± 0,5	0,3 ± 0,6	0,5 ± 0,8	0,1 ± 0,3	0,3 ± 0,5	0,5 ± 0,8	0,3 ± 0,6	0,1 ± 0,3
<b>Cantabria</b>	<b>Cantabria</b>	1,3 ± 1,2	0,5 ± 0,8	0,6 ± 0,8	0,4 ± 0,6	0,1 ± 0,3	0,2 ± 0,5	0,4 ± 0,7	0,3 ± 0,6	0,0 ± 0,1
<b>Castilla y León</b>	<b>Ávila</b>	0,2 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,1	0,1 ± 0,4	0,0 ± 0,1	0,1 ± 0,3	0,2 ± 0,4	0,1 ± 0,4	0,0 ± 0,1
	<b>Burgos</b>	0,8 ± 1,0	0,4 ± 0,7	0,2 ± 0,5	0,4 ± 0,7	0,1 ± 0,3	0,2 ± 0,4	0,3 ± 0,6	0,2 ± 0,5	0,0 ± 0,1
	<b>León</b>	0,5 ± 0,8	0,3 ± 0,6	0,1 ± 0,3	0,4 ± 0,6	0,1 ± 0,2	0,2 ± 0,5	0,5 ± 0,7	0,4 ± 0,6	0,0 ± 0,1
	<b>Palencia</b>	0,3 ± 0,6	0,2 ± 0,5	0,1 ± 0,2	0,2 ± 0,5	0,0 ± 0,2	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,2	0,0 ± 0,0
	<b>Salamanca</b>	0,6 ± 0,8	0,2 ± 0,4	0,3 ± 0,6	0,1 ± 0,4	0,0 ± 0,2	0,0 ± 0,2	0,3 ± 0,6	0,3 ± 0,5	0,0 ± 0,1
	<b>Segovia</b>	0,2 ± 0,4	0,1 ± 0,2	0,1 ± 0,3	0,3 ± 0,5	0,0 ± 0,2	0,2 ± 0,4	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,1
<b>Castilla y León</b>	<b>Soria</b>	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,2	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,1	0,0 ± 0,2	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,0
	<b>Valladolid</b>	0,5 ± 0,7	0,2 ± 0,5	0,1 ± 0,2	0,4 ± 0,7	0,1 ± 0,4	0,2 ± 0,4	0,3 ± 0,6	0,2 ± 0,2	0,0 ± 0,1
	<b>Zamora</b>	0,4 ± 0,7	0,2 ± 0,5	0,1 ± 0,2	0,3 ± 0,6	0,0 ± 0,2	0,1 ± 0,4	0,2 ± 0,4	0,1 ± 0,4	0,0 ± 0,1
<b>Castilla-La Mancha</b>	<b>Albacete</b>	0,3 ± 0,6	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,4 ± 0,6	0,0 ± 0,2	0,3 ± 0,5	0,3 ± 0,6	0,2 ± 0,5	0,0 ± 0,1
	<b>Ciudad Real</b>	0,6 ± 0,8	0,3 ± 0,5	0,2 ± 0,5	0,6 ± 0,8	0,0 ± 0,2	0,5 ± 0,7	0,3 ± 0,8	0,2 ± 0,6	0,0 ± 0,1

Comunidad Autónoma	Provincia	Asma			Infección respiratoria tracto superior (URTI)			Neumonía		
		Todas edades	>65 años	<14 años	Todas edades	>65 años	<14 años	Todas edades	>65 años	<14 años
	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd	Media ± sd
	<b>Cuenca</b>	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,2	0,2 ± 0,5	0,0 ± 0,2	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,1
	<b>Guadalajara</b>	0,2 ± 0,5	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,2	0,2 ± 0,9	0,0 ± 0,2	0,1 ± 0,3	0,2 ± 0,4	0,1 ± 0,4	0,0 ± 0,2
	<b>Toledo</b>	0,5 ± 0,8	0,1 ± 0,4	0,2 ± 0,5	0,5 ± 0,7	0,1 ± 0,3	0,3 ± 0,5	0,7 ± 0,9	0,4 ± 0,8	0,1 ± 0,3
<b>Cataluña</b>	<b>Barcelona</b>	8,3 ± 4,4	3,9 ± 3,0	1,0 ± 1,2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	10,7 ± 5,7	7,1 ± 4,2	0,8 ± 0,9
	<b>Girona</b>	0,8 ± 0,9	0,26 ± 0,5	0,2 ± 0,5	0,3 ± 0,6	0,0 ± 0,2	0,2 ± 0,4	1,8 ± 1,6	1,2 ± 1,2	0,2 ± 0,5
	<b>Lleida</b>	0,4 ± 0,6	0,1 ± 0,4	0,0 ± 0,2	0,2 ± 0,4	0,0 ± 0,2	0,1 ± 0,3	0,5 ± 0,7	0,3 ± 0,6	0,0 ± 0,2
	<b>Tarragona</b>	0,4 ± 0,6	0,1 ± 0,4	0,0 ± 0,2	0,2 ± 0,4	0,0 ± 0,2	0,1 ± 0,3	0,5 ± 0,7	0,3 ± 0,6	0,0 ± 0,2
<b>Ceuta</b>	<b>Ceuta</b>	0,0 ± 0,2	0,0 ± 0,1	0,0 ± 0,1	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,1	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,2	0,0 ± 0,1	0,0 ± 0,1
<b>Extremadura</b>	<b>Badajoz</b>	0,4 ± 0,7	0,2 ± 0,4	0,1 ± 0,3	0,6 ± 0,8	0,0 ± 0,2	0,5 ± 0,7	0,3 ± 0,6	0,2 ± 0,4	0,0 ± 0,2
	<b>Cáceres</b>	0,3 ± 0,5	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,2	0,7 ± 0,9	0,2 ± 0,5	0,4 ± 0,6	0,9 ± 1,1	0,7 ± 1,0	0,0 ± 0,2
<b>Navarra</b>	<b>Navarra</b>	0,8 ± 1,0	0,4 ± 0,7	0,2 ± 0,4	0,4 ± 0,6	0,1 ± 0,3	0,2 ± 0,5	0,5 ± 0,8	0,4 ± 0,6	0,0 ± 0,2
<b>Galicia</b>	<b>A Coruña</b>	1,7 ± 1,5	1,0 ± 1,1	0,1 ± 0,4	0,8 ± 0,9	0,1 ± 0,3	0,4 ± 0,7	1,0 ± 1,1	0,6 ± 0,8	0,1 ± 0,3
	<b>Lugo</b>	0,4 ± 0,7	0,1 ± 0,4	0,2 ± 0,5	0,3 ± 0,5	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,4	0,5 ± 0,8	0,4 ± 0,7	0,0 ± 0,2
	<b>Ourense</b>	0,6 ± 0,9	0,5 ± 0,7	0,0 ± 0,2	0,3 ± 0,6	0,0 ± 0,2	0,2 ± 0,5	0,7 ± 1,0	0,5 ± 0,8	0,0 ± 0,2
	<b>Pontevedra</b>	1,5 ± 1,4	0,5 ± 0,8	0,5 ± 0,8	0,7 ± 0,9	0,1 ± 0,3	0,4 ± 0,6	1,0 ± 1,1	0,7 ± 0,9	0,1 ± 0,3
<b>La Rioja</b>	<b>La Rioja</b>	0,5 ± 0,7	0,2 ± 0,5	0,1 ± 0,3	0,4 ± 0,6	0,0 ± 0,2	0,2 ± 0,5	0,3 ± 0,5	0,2 ± 0,4	0,0 ± 0,1
<b>Madrid</b>	<b>Madrid</b>	10,0 ± 5,3	3,8 ± 2,9	3,0 ± 2,5	5,5 ± 2,7	0,7 ± 0,9	3,2 ± 2,1	6,0 ± 3,4	4,0 ± 2,6	0,4 ± 0,7
<b>Melilla</b>	<b>Melilla</b>	0,1 ± 0,2	0,0 ± 0,1	0,0 ± 0,2	0,0 ± 0,2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,2	0,0 ± 0,2	0,0 ± 0,1	0,0 ± 0,1
<b>Murcia</b>	<b>Murcia</b>	1,9 ± 1,6	0,8 ± 1,0	0,4 ± 0,6	1,2 ± 1,1	0,2 ± 0,4	0,5 ± 0,7	1,1 ± 1,2	0,7 ± 0,9	0,1 ± 0,3
<b>Comunidad Valenciana</b>	<b>Alicante</b>	1,9 ± 1,5	0,9 ± 1,0	0,2 ± 0,5	1,9 ± 1,4	0,3 ± 0,6	1,0 ± 1,0	2,3 ± 1,8	1,6 ± 1,4	0,2 ± 0,4
	<b>Castellón</b>	0,6 ± 0,8	0,2 ± 0,5	0,2 ± 0,4	0,6 ± 0,8	0,1 ± 0,3	0,4 ± 0,7	0,5 ± 0,7	0,3 ± 0,6	0,0 ± 0,2
	<b>Valencia</b>	2,1 ± 1,7	0,9 ± 1,0	0,4 ± 0,6	3,2 ± 2,0	0,4 ± 0,7	2,1 ± 1,6	4,4 ± 2,8	3,0 ± 2,2	0,4 ± 0,7

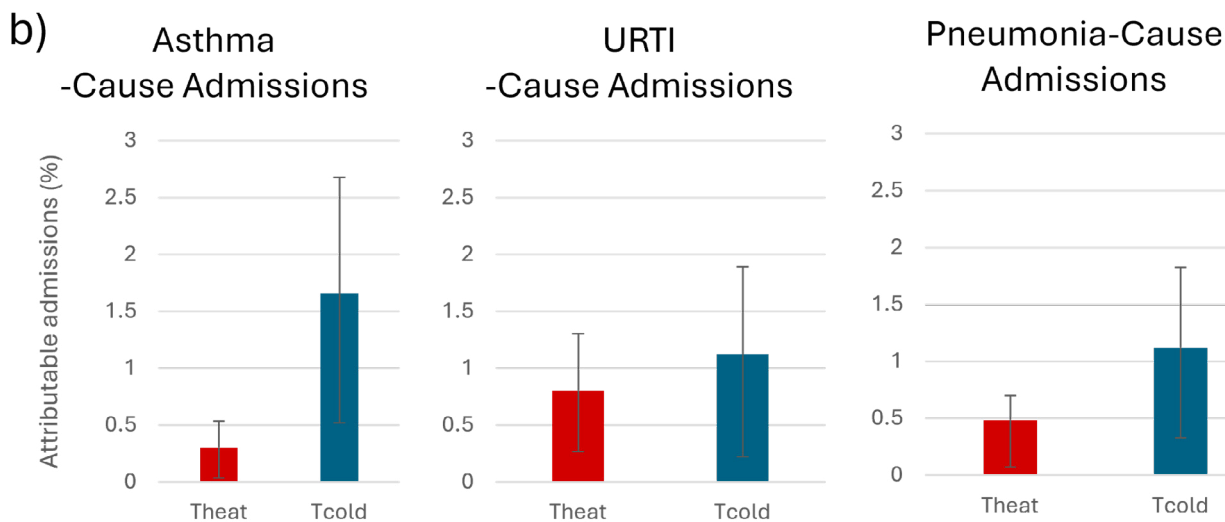
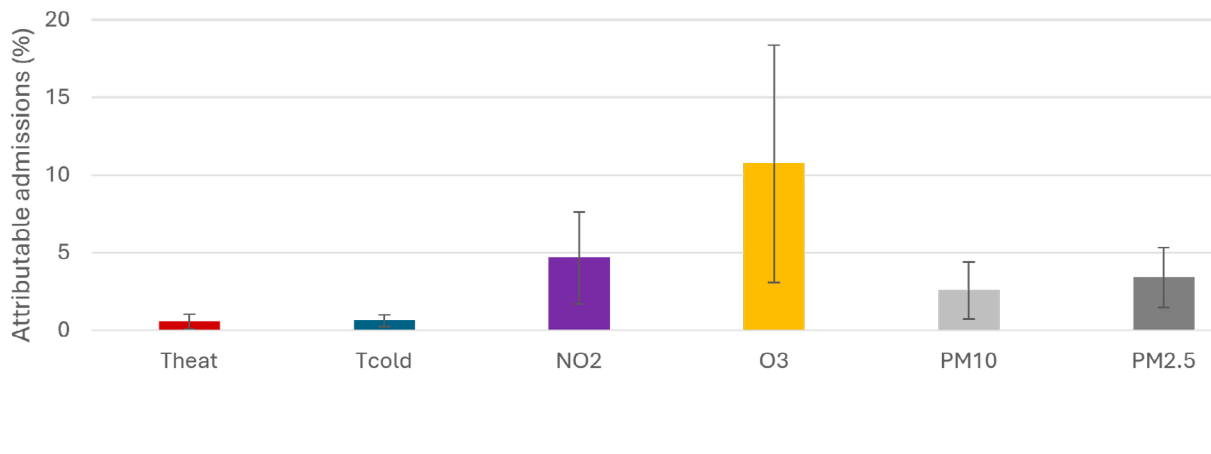
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de las variables dependientes para las diferentes provincias españolas.

Los resultados de los modelos lineales generalizados con la metodología descrita permiten el cálculo de los riesgos relativos

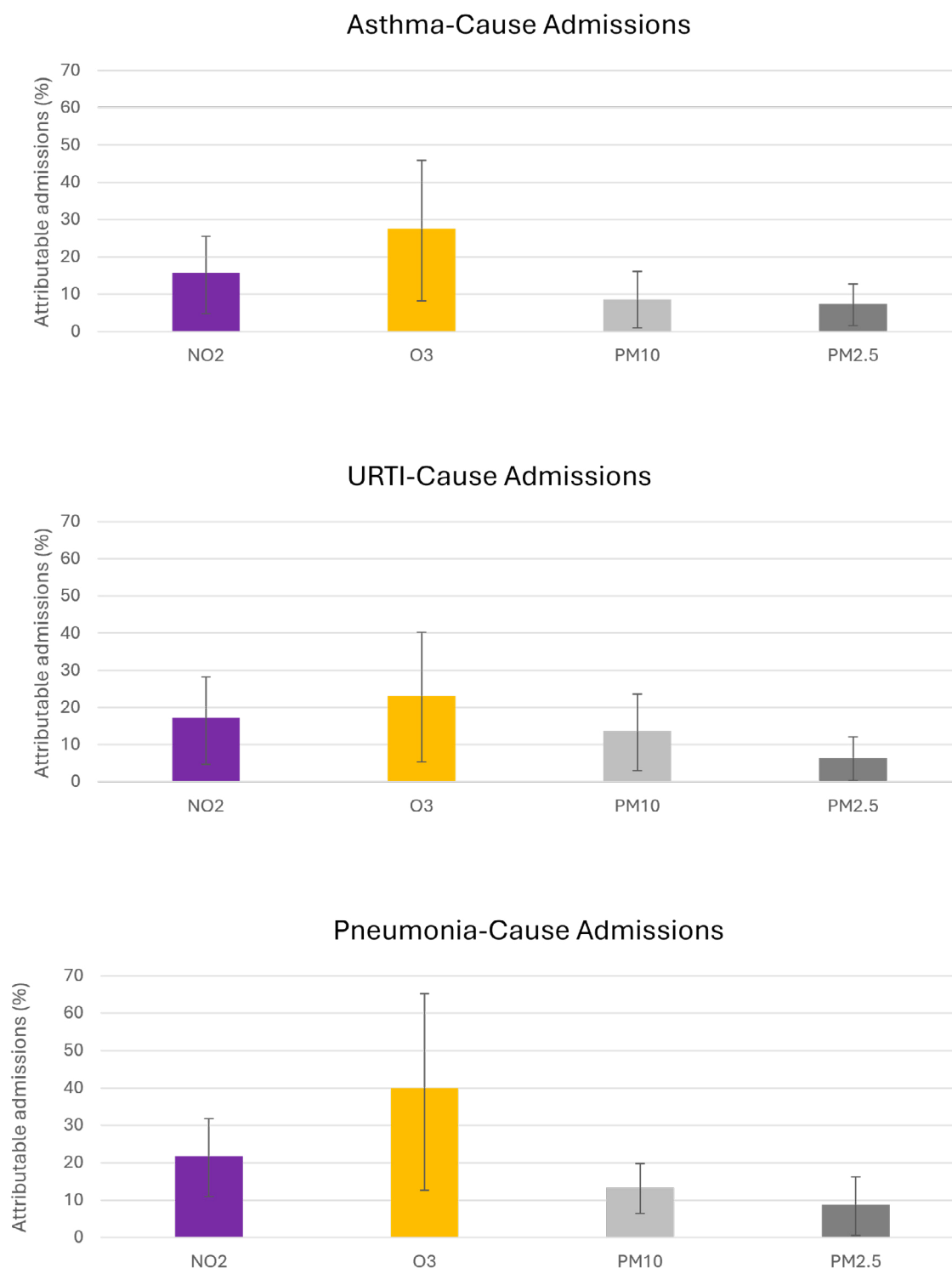
(RR) y de los riesgos atribuibles y los retardos en los que se establecen las asociaciones que permitirán el cálculo de los casos atribuibles se muestran en la tabla S2 del material suplementario.

Las figuras 4,5 y 6 muestran, a modo de resumen, algunos de los resultados más relevantes.

### a) Respiratory-Cause Admissions

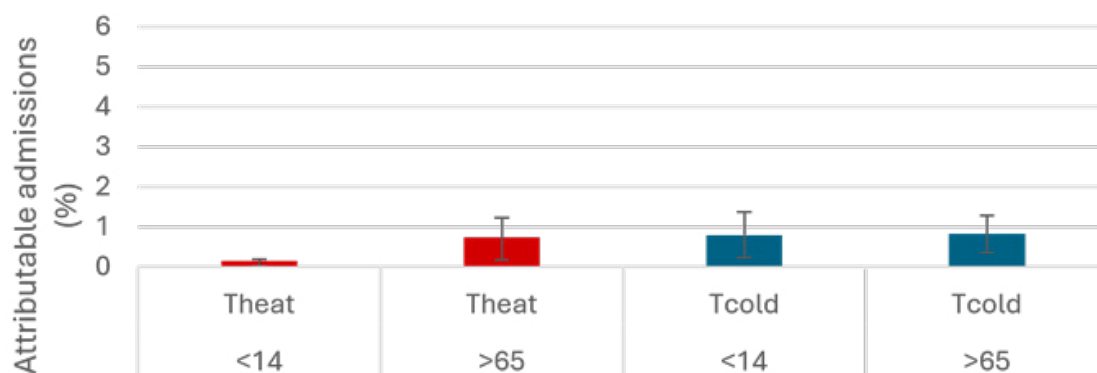


c)

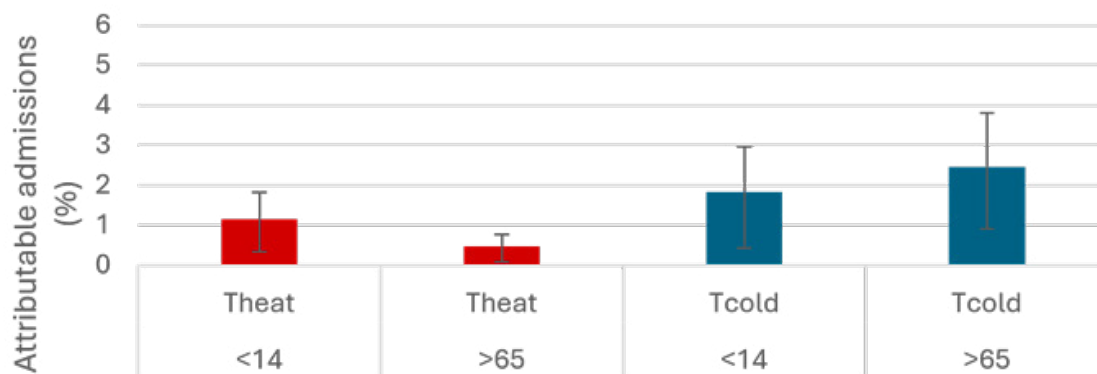


**Figura 4. Porcentaje de ingresos atribuibles para el conjunto de España por diferentes causas (%). Panel a) para todas las causas respiratorias y para todas las variables ambientales consideradas; Panel b) para diferentes causas específicas y para los extremos térmicos, Panel c) para las diferentes causas específicas y contaminantes.**

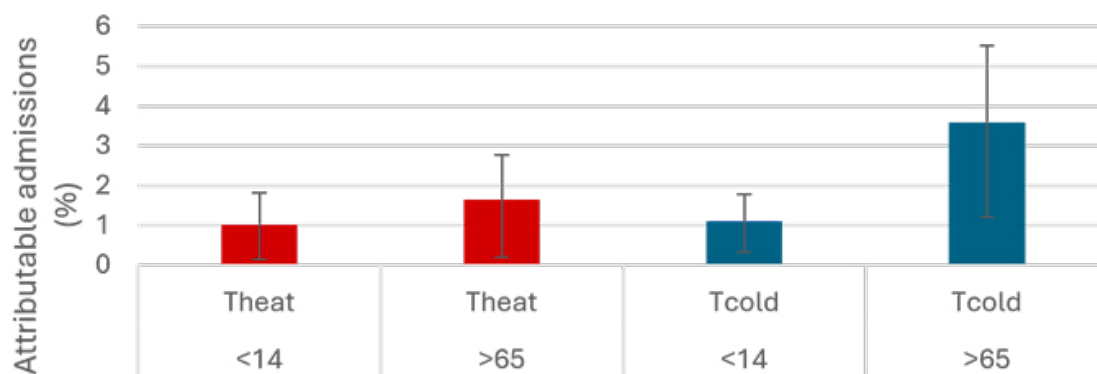
### Respiratory-cause



### Asthma-Cause



### URTI-cause



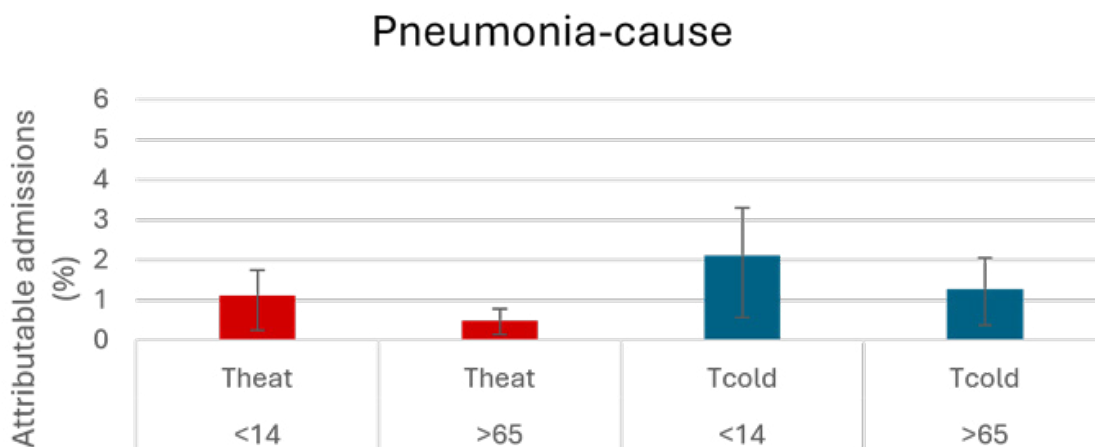
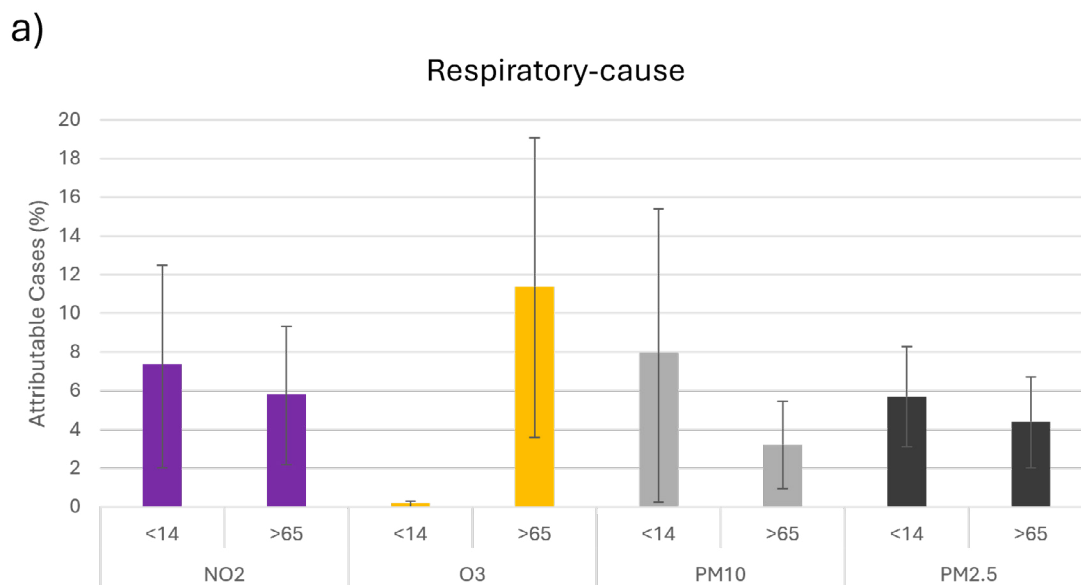


Figura 5. Porcentaje de ingresos hospitalarios atribuibles a los extremos térmicos para las diferentes causas específicas según grupos de edad para el conjunto de España.



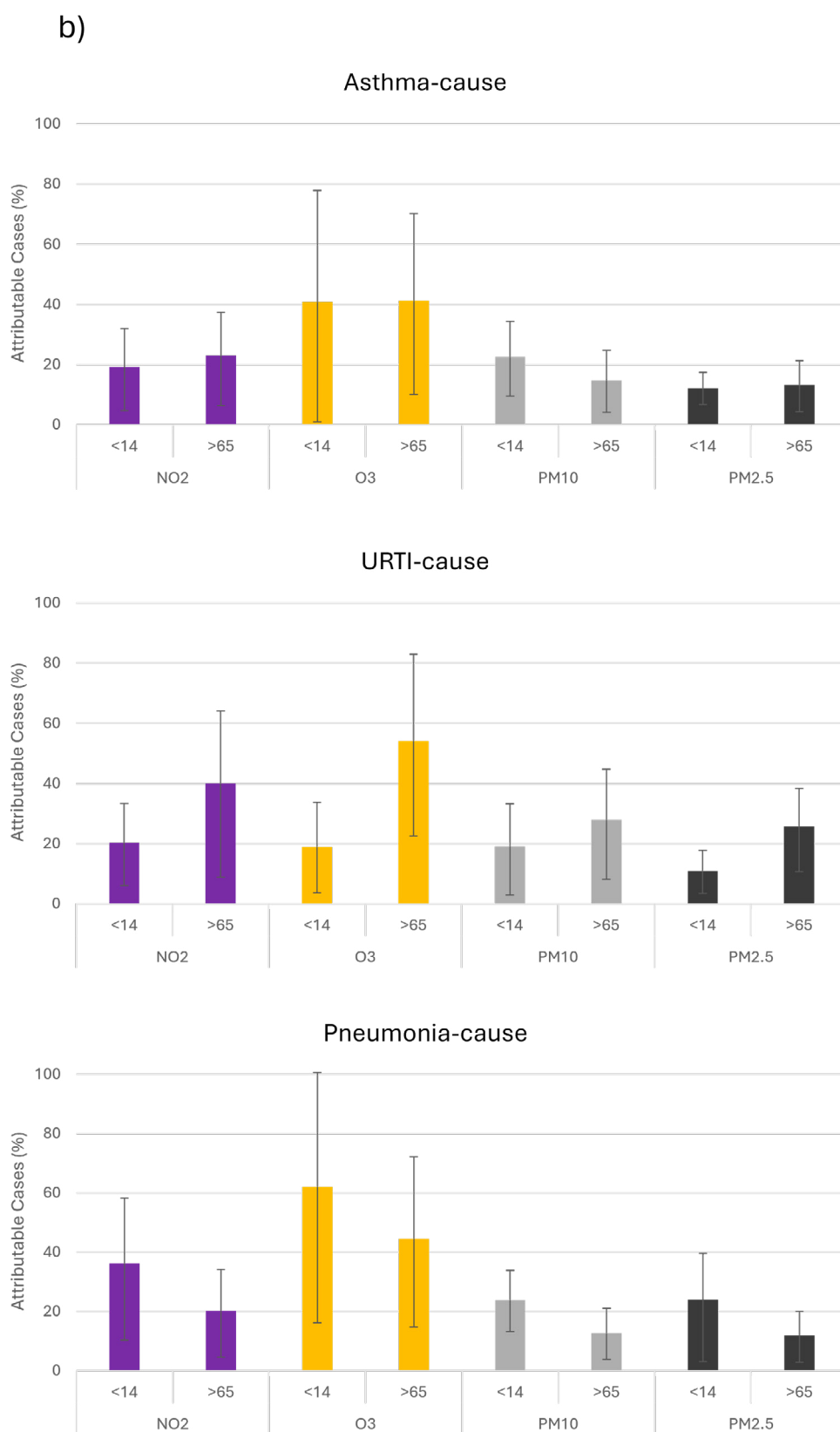


Figura 6. Porcentaje de ingresos atribuibles para el conjunto de España por contaminantes y grupos de edad. Todas las causas respiratorias (panel a) y por causas específicas (panel b).

En la tabla 7 se muestra el número de ingresos atribuibles por causas respiratorias agrupados por Comunidades Autónomas y para cada uno de los factores de riesgo considerados. A nivel de toda España es muy superior el impacto que tiene la contaminación atmosférica química 33.063 ingresos (IC95%: 13.536- 55.404) que el atribuible a la temperatura en olas de calor y frío 5.754 (IC95%: 2.506, 8.611). Por Comunidades Autónomas, es en Cataluña y Valencia donde se observa el mayor número de ingresos por contaminación atmosférica: 8.759 (IC95%: 5.228 -12.269) y 7.214 (IC95%: 2.188-12.197) respectivamente. El impacto que tienen las olas de frío 4.434(IC95%: 2135-6397) es cuatro veces superior al que tiene la temperatura en olas de calor 1.319 (IC95%: 371-2214). En relación a los contaminantes los mayores ingresos a nivel de toda España se atribuyen al NO<sub>2</sub> 13.687 (IC95%: 6,331-20,910), después al O<sub>3</sub> 12.650 (IC95%: 4.666, 20.594) y por último las PM 7.216 (IC95%: 2.730-14.718).

Por grupos de edad, en el grupo de menores de 14 años se producirían 2.084 (IC95%: 597, 3722) ingresos hospitalarios por causas de ellos 1.926 (IC95%: 415- 3420) se deberían a la contaminación atmosférica, en especial al NO<sub>2</sub>, y solo 158 a los extremos térmicos de los que 153 (IC95%: 47 - 259) se atribuirían a las bajas temperaturas y únicamente 5 (IC95%: 1 – 9) a las olas de calor.

Como se ha citado anteriormente en esta monografía, el coste asociado a cada ingreso hospitalario es de 14.134 € por lo que el coste en ingresos hospitalarios por causas respiratorias se estima en 555 millones de € (IC95%: 227 – 921) de los que se asociarían con la contaminación atmosférica 467 millones de € (IC95: 191 – 783) y únicamente 81 millones de € (IC95: 35 -121) a los extremos térmicos.

	NO <sub>2</sub> (CI:95%)	PM (CI:95%)	O <sub>3</sub> (CI:95%)	Ola de Calor (CI:95%)	Ola de Frío (CI:95%)	Total Contaminación (CI:95%)	Total Extremos térmicos (CI:95%)
<b>Andalucía</b>	1680 (384-2947)	672 (165-1170)	337 (81-588)	23 (7-39)	567 (236-885)	2689 (630-4705)	590 (243-924)
<b>Aragón</b>	138 (3-266)	253 (107-397)	0	0	147 (57-225)	391 (110-663)	147 (57-225)
<b>Asturias</b>	0	783 (417-1141)	0	16 (3-28)	29 (11-48)	783 (417-1141)	45 (14-76)
<b>Baleares</b>	213 (112-309)	240 (66-412)	0	15 (3-26)	77 (34-117)	453 (178-721)	92 (37-143)
<b>Canarias</b>	516 (77-942)	779 (172-1382)	1234 (215-2244)	0	12 (2-21)	2529 (464-4568)	12 (2-21)
<b>Cantabria</b>	775 (425-1118)	0	0	11 (2-19)	28 (10-46)	775 (425-1118)	39 (12-65)
<b>Castilla-La Mancha</b>	141 (23-255)	79 (9-147)	0	42 (7-77)	261 (9-425)	220 (32-402)	303 (41-502)
<b>Castilla-León</b>	1362 (589-2112)	78 (13-142)	1375 (448-2287)	69 (11-112)	416 (192-655)	2815 (1050-4541)	485 (203-767)
<b>Cataluña</b>	4900 (2962-6824)	0	3859 (2266-5445)	104 (32-173)	361 (104-634)	8759 (5228-12269)	465 (136-807)
<b>Extremadura</b>	62 (19-102)	498 (261-730)	0	0	208 (114-297)	560 (280-832)	208 (114-297)
<b>Galicia</b>	782 (308-1244)	1386 (656-2105)	1086 (366-1798)	70 (27-111)	484 (230-735)	3254 (1330-5147)	554 (257-846)

	<b>NO<sub>2</sub></b> (CI:95%)	<b>PM</b> (CI:95%)	<b>O<sub>3</sub></b> (CI:95%)	<b>Ola de Calor</b> (CI:95%)	<b>Ola de Frío</b> (CI:95%)	<b>Total Contaminación</b> (CI:95%)	<b>Total Extremos térmicos</b> (CI:95%)
<b>Madrid</b>	1390 (750-2026)	0	4 (0-6)	280 (152-407)	917 (665-1167)	1394 (750-2032)	1197 (817-3199)
<b>Murcia</b>	0	490 (161-818)	0	18 (6-31)	109 (39-163)	490 (161-818)	127 (45-194)
<b>Navarra</b>	0	0	0	0	34 (12-51)	0	34 (12-51)
<b>País Vasco</b>	0	724 (290-1148)	13 (3-21)	0	116 (41-199)	737 (293-1169)	116 (41-199)
<b>La Rioja</b>	0	0	0	6 (0-12)	17 (7-26)	0	23 (7-38)
<b>Valencia</b>	1728 (679-2765)	1234 (413-2045)	4252 (1096-7387)	624 (121-1176)	504 (291-702)	7214 (2188-12197)	1128 (412-1878)
<b>Ceuta</b>	---	---	---	0	0	---	0
<b>Melilla</b>	---	---	---	1 (0-3)	0	---	15 (4-25)
<b>ESPAÑA</b>	<b>13.687</b> <b>(6331-20910)</b>	<b>7.216</b> <b>(2730-14718)</b>	<b>12.160</b> <b>(4475-19776)</b>	<b>1.319</b> <b>(371-2214)</b>	<b>4.275</b> <b>(2135-6397)</b>	<b>33.063</b> <b>(13536-55404)</b>	<b>5.594</b> <b>(2506-8611)</b>

**Tabla 7: Ingresos anuales hospitalarios urgentes por causas respiratorias a corto plazo atribuibles a la contaminación atmosférica en España por contaminantes y Comunidad Autónoma. Se incluyen también los ingresos atribuibles a las temperatura máxima y mínima diaria en olas de calor y olas de frío.**

Según un estudio realizado en España (Ruiz-Páez et al., 2025a) y descrito anteriormente, se producen cerca de 62.000 ingresos anualmente por todas las causas atribuibles a la contaminación atmosférica a corto plazo. Según los resultados de ese estudio 33.000 serían por causas respiratorias, es decir, el 53,3 % de los ingresos a corto plazo que se producen atribuibles a la contaminación. Es decir, las enfermedades respiratorias son las de mayor incidencia en la carga de enfermedad atribuible a la contaminación atmosférica (Landrigan et al., 2018).

El impacto de los extremos térmicos sobre los ingresos respiratorios es de un orden de magnitud menor que el debido a la contaminación atmosférica analizada. Esto se observa tanto en el porcentaje de ingresos atribuibles (Figura 3a) como en el número total de ingresos que se muestran en la tabla 7. Este hecho ya se ha detectado en otros estudios en España (Linares and Díaz, 2008) en los que se observó que el efecto de las olas de calor sobre los ingresos hospitalarios en particular es muy inferior que el que tiene sobre la mortalidad. Esto puede estar motivado tanto por los mecanismos fisiológicos implicados tanto por el menor número de días al año en los que se producen estos extremos térmicos y porque, en relación con los extremos térmicos, aparentemente las personas fallecen rápidamente por estas patologías cardiovasculares en olas de calor antes de poder ser ingresadas en el hospital.

Es de destacar el gran impacto sobre las enfermedades respiratorias que tienen el NO<sub>2</sub> y el O<sub>3</sub>, siendo superior a nivel de toda España al efecto de las PM, resultados que también aparecen reflejados en la figura 4a. Otros estudios realizados en España indican que el efecto que sobre figura la salud de la población

tenían las PM era superior al atribuido al ozono tanto en muertes (Díaz, 2022) como en ingresos (Guaita et al., 2011) en estudios correspondientes a periodos anteriores. Este hecho parece estar cambiando, así en un estudio recientemente realizado para la ciudad de Madrid sobre ingresos hospitalarios por diferentes causas específicas (Ruiz-Páez et al., 2023b; Ruiz-Páez et al., 2025b) no aparece efecto asociado a las PM en ninguna de las causas analizadas. En el periodo 2013-2018 que abarca el ámbito temporal de este estudio, las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ , han descendido no así en cambio la contaminación por ozono troposférico, que se ha mantenido estable en ese periodo (MITECO, 2023), esta disminución en las concentraciones de PM podría explicar ese cambio de patrón de comportamiento en relación a las PM. De hecho, en las CCAA de Galicia y Asturias donde las PM tienen más proporción de ingresos que los otros contaminantes se caracterizan por tener altas concentraciones de PM según los descriptivos de la tabla 1.

En resumen, este estudio cuantifica, tanto en ingresos hospitalarios como en coste económico, el gran impacto que la contaminación atmosférica tiene sobre los ingresos hospitalarios a corto plazo producidos por causas respiratorias en España, relacionándose la contaminación atmosférica química con un 7,6% de ellos. En el caso de los menores de 14 años es del 3,3%, lo que indica la importancia de su impacto, no solo en términos económicos, sino también en carga de morbilidad, ya que enfermedades respiratorias en edad infantil pueden suponer el desarrollo de otras enfermedades en edad adulta (Mocellin et al., 2022).

Los principales contaminantes que inciden en este impacto son el  $NO_2$  y el  $O_3$ . El primero tiene su principal origen en los vehículos automóviles que contribuyen en un 70% a sus emisiones (Navares et al., 2020) y además es precursor del ozono troposférico (Querol et al., 2012) que es el segundo contaminante con mayor incidencia en los ingresos hospitalarios por causas respiratorias. Por tanto, las principales actuaciones deben dirigirse a la restricción del tráfico en especial en las grandes ciudades. Una buena medida puede ser implementando zonas de bajas emisiones que están dando buenos resultados en cuanto a disminución de los niveles de contaminación en diferentes lugares de Europa (Clean Cities, 2024). También se indica que el efecto que los extremos térmicos tienen sobre los ingresos hospitalarios a corto plazo es inferior al de la contaminación atmosférica. No obstante, esto puede estar relacionado con el menor número de días en los que se producen estos extremos térmicos, pero los días en los que se producen su impacto sobre los ingresos hospitalarios es importante y para prevenir este efecto deben articularse los planes de prevención ante altas y bajas temperaturas. Además, en ocasiones las condiciones atmosféricas que dan lugar a las olas de calor y frío se relacionan también con el aumento de los niveles de contaminación, además del efecto sinérgico entre la contaminación y la temperatura (Ruiz-Páez et al., 2023a), la implementación de planes de prevención en salud que integren temperatura-contaminación (Linares et al., 2020) se muestran como una forma eficaz de reducir los impactos que tanto los extremos térmicos como la contaminación tienen sobre la salud de la población.

## **7. Influencia de los factores económicos y demográficos sobre los ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares relacionados con la contaminación atmosférica y los extremos térmicos en España: un estudio a nivel nacional. (López-Bueno et al., 2025).**

Los mecanismos biológicos por los que se relaciona la contaminación atmosférica con efectos agudos en el sistema cardiovascular ya se han descrito en el apartado de Introducción de esta monografía.

El objetivo de este trabajo es, por tanto, analizar el impacto a corto plazo de los principales contaminantes atmosféricos sobre los ingresos hospitalarios de carácter urgente producidos por causas circulatorias y analizar

de forma más específica su comportamiento durante los episodios de extremos térmicos en España, con la finalidad de aportar una visión global de su relevancia sobre el número de ingresos totales producidos de carácter urgente y con la intención de mejorar de forma notable los planes de prevención en salud pública frente a extremos térmicos desarrollados en España en los últimos años; a la vez que, con los resultados obtenidos, poder contribuir a las políticas del control de la contaminación atmosférica que describen efectos notablemente beneficiosos sobre la salud en numerosos países.

Las variables independientes y la metodología están descritas con anterioridad en esta monografía. Las variables dependientes en este caso lo constituyen todas las enfermedades del aparato circulatorio (CVD) (CIE-9-MC: 390-459; CIE-10-ES: I00-I99). Esta causa principal fue así mismo desglosada en 3 causas específicas: Accidente cerebrovascular agudo (ACVA) (CIE-9-MC: 431-434; CIE-10-ES: I61-I64), Infarto agudo de miocardio (AMI) (CIE-9-MC: 410; CIE-10-ES: I21-I22) y Enfermedad Isquémica del Corazón (IHD) (CIE-9-MC: 414.8, 414.9, 429.9; CIE-10-ES: I51.9, I25.9) y su origen es el ya mencionado para las otras causas específicas de ingreso utilizadas en esta monografía.

Además, en este caso y para tener en cuenta el posible impacto de variables económicas y demográficas sobre el porcentaje a nivel provincial de los ingresos a corto plazo atribuibles a la contaminación atmosférica se incluyeron otras variables que resultaron ser relevantes en estudios previos. Así Existen estudios que indican que el nivel de renta (Hajat et al., 2015), el género (Shin et al., 2022) o la población mayor de 64 años (Liu et al., 2024) puede incidir en el impacto que la contaminación atmosférica tiene en la salud en un determinado lugar. Además, puesto que un número pequeño de casos puede producir un sesgo en los resultados del estudio al asociarse con mayores riesgos atribuibles en el resultado de modelización se tuvieron en cuenta estas variables para ver su posible influencia en el porcentaje de casos atribuibles a la contaminación a nivel provincial. Así, se consideraron las siguientes variables independientes:

*Population*: número absoluto de habitantes censados en la provincia.

*Income*: renta per cápita media de la provincia.

*Population over 64*: porcentaje de población de 65 o más años en la provincia.

*Women*: porcentaje de mujeres en la provincia.

Estos datos fueron descargados del repositorio de datos abiertos del INE para el año 2015.

Para explorar si los porcentajes de ingresos urgentes en cada provincia por CVD guardan relación con el nivel de renta y composición demográfica se ajustó un modelo mixto de efectos aleatorios. En ellos, se empleó como variable dependiente los porcentajes de ingreso urgentes por causas cardiovasculares atribuibles a los contaminantes atmosféricos y se introdujeron las variables descritas anteriormente como variables independientes. En el modelo se asignaron efectos aleatorios a las provincias y a los contaminantes atmosféricos químicos responsables de la contribución de ingresos atribuibles. Inicialmente se analizó el efecto de las variables socioeconómicas una a una mediante modelos univariantes. A continuación, se generó un modelo con todas ellas coajustadas.

Los estadísticos descriptivos de las variables independientes son los que aparecen en las tablas 1 y 2 de esta monografía. Los descriptivos de las variables dependientes son los que se muestran en la tabla 8.

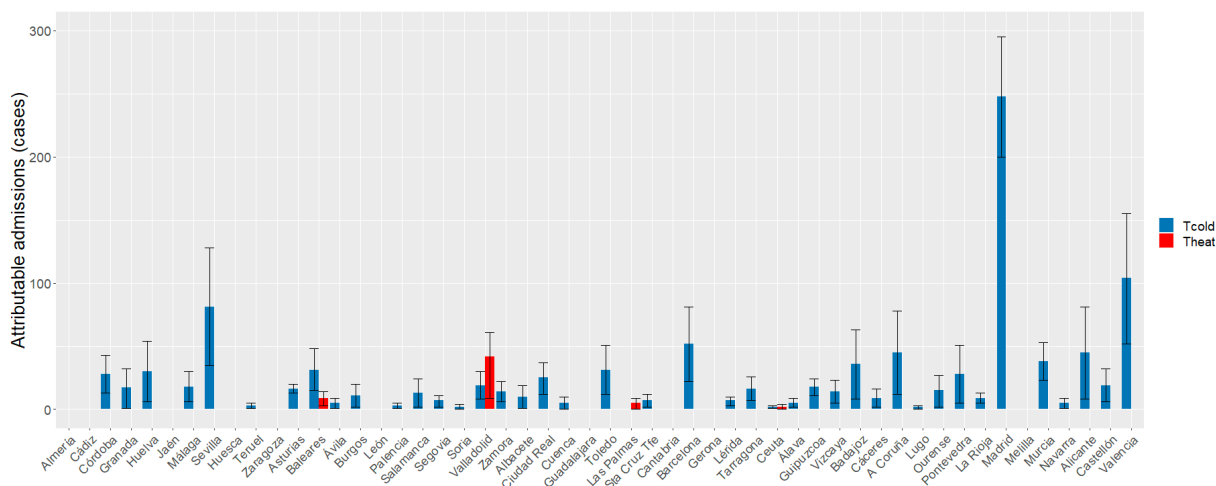
Comunidad Autónoma	Provincia	CVD			ACVA			AMI			IHD		
		Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N
Andalucía	Almería	13,96	4,57	2191	2,61	1,64	2191	2,05	1,48	2191	0,04	0,19	2191
	Cádiz	29,02	7,58	2191	4,55	2,18	2191	3,3	1,94	2191	0,26	0,53	2191
	Córdoba	16,53	4,92	2191	3,28	1,87	2191	1,63	1,29	2191	0,02	0,14	2191
	Granada	17,91	5,82	2191	3,52	1,99	2191	2,73	1,71	2191	0,03	0,18	2191
	Huelva	11,55	5,42	2191	1,74	1,43	2191	1,1	1,12	2191	0,08	0,28	2191
	Jaén	12,82	4,52	2191	2,64	1,67	2191	1,54	1,25	2191	0,02	0,14	2191
	Málaga	30,93	7,84	2191	5,3	2,36	2191	4,67	2,18	2191	0,17	0,42	2191
	Sevilla	40,06	11,1	2191	6,4	2,67	2191	5,43	2,57	2191	0,26	0,56	2191
Aragón	Huesca	5,97	2,77	2191	0,99	1,02	2191	0,3	0,56	2191	0,01	0,09	2191
	Teruel	3,2	1,9	2191	0,51	0,71	2191	0,14	0,38	2191	0,01	0,08	2191
	Zaragoza	24,23	7,31	2191	3,99	2,06	2191	2,28	1,54	2191	0,07	0,26	2191
Asturias	Asturias	35,05	9,51	2191	6,23	2,58	2191	3,36	1,87	2191	0,12	0,37	2191
Islas Baleares	Baleares	22,87	7,13	2191	3,33	1,95	2191	2,42	1,59	2191	0,1	0,33	2191
País Vasco	Alava	8,06	3,17	2191	1,35	1,15	2191	0,76	0,86	2191	0,01	0,11	2191
	Bizkaia	32,84	8,82	2191	4,86	2,3	2191	2,59	1,69	2191	0,11	0,34	2191
	Gipuzkoa	16,53	5,19	2191	3,12	1,78	2191	1,44	1,23	2191	0,08	0,28	2191
Islas Canarias	Las Palmas	18,91	5,81	2191	3,19	1,84	2191	3,51	1,91	2191	0,11	0,35	2191
	SC Tfe	17,94	6,01	2191	2,88	1,7	2191	2,14	1,48	2191	0,05	0,25	2191
Cantabria	Cantabria	15,97	5,06	2191	2,68	1,68	2191	1,53	1,27	2191	0,06	0,26	2191
Castilla y León	Ávila	4,76	2,45	2191	0,77	0,89	2191	0,33	0,6	2191	0,01	0,11	2191
	Burgos	10,46	4,68	2191	1,64	1,34	2191	0,77	0,93	2191	0,02	0,14	2191
	León	14,23	5,6	2191	2,02	1,53	2191	1,66	1,31	2191	0,06	0,24	2191
	Palencia	5,09	2,64	2191	0,7	0,85	2191	0,47	0,69	2191	0	0,06	2191
	Salamanca	9,22	3,37	2191	1,5	1,26	2191	1,14	1,06	2191	0,01	0,11	2191
	Segovia	3,93	2,1	2191	0,72	0,84	2191	0,44	0,65	2191	0	0,06	2191
	Soria	2,85	1,89	2191	0,45	0,68	2191	0,27	0,53	2191	0,01	0,09	2191
	Valladolid	12,51	4,88	2191	1,84	1,41	2191	1,48	1,27	2191	0,07	0,27	2191
Zamora	5,67	2,55	2191	0,98	0,98	2191	0,56	0,76	2191	0	0,04	2191	

Comunidad Autónoma	Provincia	CVD			ACVA			AMI			IHD		
		Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N
Castilla - La Mancha	Albacete	9,64	3,48	2191	1,83	1,36	2191	1,03	1	2191	0,02	0,14	2191
	Ciudad Real	12,55	4,88	2191	2,18	1,56	2191	1,35	1,21	2191	0,02	0,15	2191
	Cuenca	4,17	2,19	2191	0,83	0,92	2191	0,23	0,48	2191	0	0,04	2191
	Guadalajara	5,12	2,56	2191	0,69	0,84	2137	0,45	0,68	2137	0	0,05	2137
	Toledo	9,48	5,75	2191	1,69	1,59	2191	1,11	1,19	2191	0,02	0,15	2191
Cataluña	Barcelona	146,79	30,35	2191	23,61	5,53	2191	14,85	4,38	2191	0,28	0,56	2191
	Gerona	14,57	4,57	2190	2,43	1,54	2190	2	1,4	2190	0,05	0,22	2190
	Lleida	7,54	3,02	2191	1,31	1,14	2191	0,77	0,9	2191	0,04	0,21	2191
	Tarragona	16,51	4,87	2191	2,69	1,67	2191	2,32	1,51	2191	0,05	0,21	2191
Ceuta	Ceuta	1,43	1,24	2191	0,26	0,52	2191	0,16	0,4	2191	0,01	0,09	2191
Extremadura	Badajoz	19,03	5,78	2191	2,72	1,72	2191	1,84	1,36	2191	0,12	0,35	2191
	Cáceres	10,58	3,83	2191	2,03	1,47	2191	1,41	1,21	2191	0,04	0,2	2191
Galicia	A Coruña	31,87	8,13	2191	5	2,36	2191	3,72	1,96	2191	0,07	0,27	2191
	Lugo	8,71	3,98	2191	1,66	1,35	2191	0,73	0,87	2191	0,02	0,14	2191
	Ourense	12,25	3,99	2191	2,29	1,56	2191	0,81	0,9	2191	0,02	0,13	2191
	Pontevedra	27,11	7,16	2191	4,46	2,21	2191	2,68	1,66	2191	0,07	0,26	2191
La Rioja	La Rioja	9,1	3,54	2191	1,49	1,24	2191	1,03	1,01	2191	0,01	0,09	2191
Madrid	Madrid	149,01	33,69	2191	23,16	5,74	2191	14,06	4,22	2191	0,35	0,62	2191
Melilla	Melilla	1,27	1,16	2191	0,23	0,48	2191	0,2	0,45	2191	0,03	0,18	2191
Murcia	Murcia	40,97	9,96	2191	6,01	2,58	2191	4,52	2,23	2191	0,23	0,48	2191
Navarra	Navarra	14,01	4,28	2191	2,65	1,65	2191	1,52	1,24	2191	0,05	0,21	2191
Valencia	Alicante	52,79	13,41	2191	8,42	3,18	2191	5,45	2,41	2191	0,14	0,38	2191
	Castellón	11,86	4,81	2191	2,32	1,59	2191	1,09	1,07	2191	0,07	0,26	2191
	Valencia	57,88	13,05	2191	10,35	3,48	2191	6,24	2,66	2191	0,57	0,78	2191

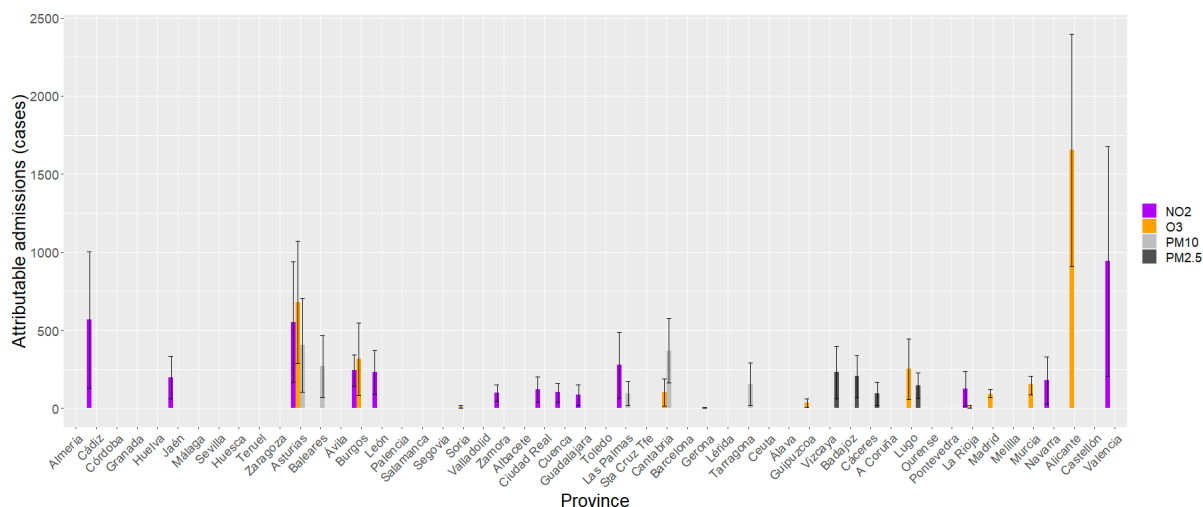
**Tabla 8. Estadísticos descriptivos de las variables dependientes. CVD: todas las causas cardiovasculares; ACVA: Accidente cerebrovascular agudo; AMI: Infarto agudo de miocardio; IHD: Enfermedad Isquémica del corazón.**

Los resultados de los modelos GLM realizados para cada una de las provincias y para cada causa de ingreso analizada aparecen en la tabla S3 del material suplementario en la que se muestran los valores de los Riesgos Relativos (RR) y de los Riesgos Atribuibles (RA) obtenidos con la metodología ya descrita.

La figura 7 muestra los ingresos atribuibles para cada provincia a los extremos térmicos (olas de calor y frío) mientras que la figura 8 se representa los ingresos atribuibles a los diferentes contaminantes atmosféricos analizados.



**Figura 7. Número de ingresos anuales atribuibles a las olas de calor y frío por todas las causas cardiovasculares analizadas (CVD) para las diferentes provincias españolas.**



**Figura 8. Número de ingresos anuales atribuibles a los diferentes contaminantes atmosféricos analizados.**

En la figura 7 destaca que el impacto de las olas de frío es superior al de las olas de calor en todas las provincias excepto en Valladolid, siendo muy pocas las provincias en las que se detecta efecto de las olas de calor.

En la figura 8 destaca el efecto preponderante, en cuanto al número de casos atribuibles y el número de provincias en las que existe asociación, del NO<sub>2</sub> y del O<sub>3</sub> frente a las PM.

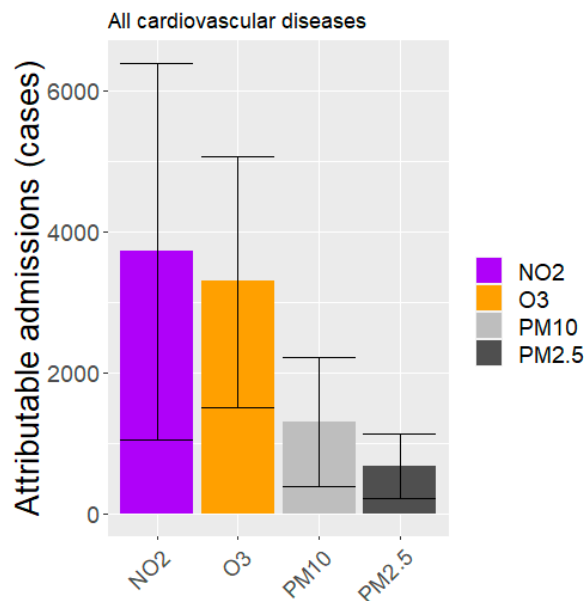
Para tener una visión global del número de ingresos atribuibles por CVD a nivel de las diferentes Comunidades Autónomas, se agruparon estos casos para las diferentes variables analizadas. Los resultados se muestran en la tabla 9. En ella se observa que, a nivel de toda España, el efecto del NO<sub>2</sub> y del O<sub>3</sub> es tres veces superior al de las PMs. También destaca que el impacto del calor es prácticamente inexistente y que el efecto de las olas de frío sobre los ingresos hospitalarios urgentes por CVD es prácticamente un orden de magnitud menor que el atribuible a la contaminación atmosférica.

Tabla 9. Número de ingresos anuales atribuibles a las diferentes variables analizadas por causas cardiovasculares (CVD) en España según Comunidades autónomas.

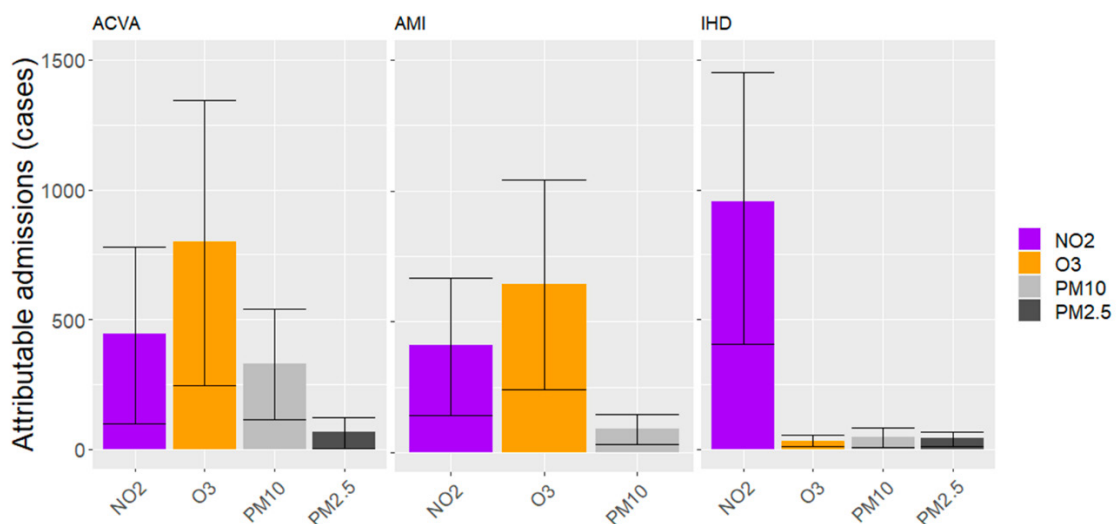
Comunidad Autónoma	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	PMs	Temp Ola de frío	Temp. Ola de calor	Total Contaminación	Total Extremos térmicos	Total
Andalucía	767 (189 - 1336)			174 (61 - 287)		767 (189 - 1336)	174 (61 - 287)	941 (250 - 1623)
Aragón				3 (1 - 5)			3 (1 - 5)	3 (1 - 5)
Asturias	552 (166 - 937)	679 (288 - 1069)	406 (106 - 706)	16 (13 - 20)		1637 (560 - 2712)	16 (13 - 20)	1653 (573 - 2732)
Islas Bal			270 (72 - 465)	31 (15 - 48)	9 (3 - 14)	270 (72 - 465)	40 (18 - 62)	310 (90 - 527)
C.-León	577 (279 - 867)	326 (86 - 565)		74 (22 - 125)	42 (9 - 61)	903 (365 - 1432)	116 (31 - 186)	1019 (396 - 1618)
C.-Mancha	311 (99 - 515)			71 (25 - 117)		311 (99 - 515)	71 (25 - 117)	382 (124 - 632)
Canarias	278 (64 - 487)		96 (20 - 173)	7 (2 - 12)	5 (0 - 9)	374 (84 - 660)	12 (2 - 21)	386 (86 - 681)
Cantabria		102 (14 - 191)	369 (163 - 575)			471 (177 - 766)		471 (177 - 766)
Cataluña		3 (0 - 4)	156 (18 - 292)	75 (32 - 117)		159 (18 - 296)	75 (32 - 117)	234 (50 - 413)
Ceuta				2 (1 - 3)	2 (0 - 4)		4 (1 - 7)	4 (1 - 7)
País Vasco		34 (5 - 63)	231 (62 - 397)	37 (18 - 56)		265 (67 - 460)	37 (18 - 56)	302 (85 - 516)
Extremadura			303 (92 - 509)	45 (10 - 79)		303 (92 - 509)	45 (10 - 79)	348 (102 - 588)
Galicia		251 (56 - 444)	147 (66 - 226)	90 (19 - 159)		398 (122 - 670)	90 (19 - 159)	488 (141 - 829)
La Rioja	124 (13 - 236)	10 (1 - 19)		9 (5 - 13)		134 (14 - 255)	9 (5 - 13)	143 (19 - 268)
Madrid		92 (68 - 119)		248 (200 - 295)		92 (68 - 119)	248 (200 - 295)	340 (268 - 414)
Murcia		154 (85 - 206)		38 (23 - 53)		154 (85 - 206)	38 (23 - 53)	192 (108 - 259)
Navarra	180 (26 - 331)			5 (1 - 9)		180 (26 - 331)	5 (1 - 9)	185 (27 - 340)
Valencia	945 (208 - 1674)	1653 (907 - 2394)		16 (66 - 268)		2598 (1115 - 4068)	168 (66 - 268)	2766 (1181 - 4336)
<b>Total España</b>	<b>3.734</b> (1044, 6383)	<b>3.304</b> (1510, 5074)	<b>1.978</b> (599, 3343)	<b>1.093</b> (514; 1666)	<b>58</b> (5, 88)	<b>9.016</b> (3153 - 14800)	<b>1.151</b> (526 - 1754)	<b>10.167</b> (3679, 16554)

En la figura 9, se muestran los casos anuales atribuibles según los diferentes contaminantes atmosféricos para toda España tanto para todas las CVD (panel a) como para las diferentes causas de ingreso analizadas (panel b). En ella se observa que el efecto del NO<sub>2</sub> y del O<sub>3</sub> son similares entre sí y es muy superior al de las PM. Solo en el caso de la enfermedad isquémica del corazón (IHD) el efecto del NO<sub>2</sub> es muy superior al del resto de contaminantes.

a.



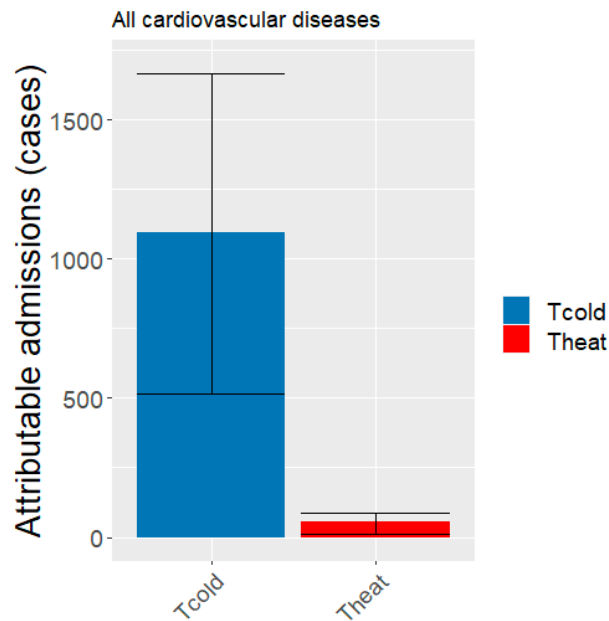
b.



**Figura 9. Ingresos anuales atribuibles al NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>** El panel A muestra los resultados para todas las causas cardiovasculares de ingreso (CVD). En el panel B aparecen los ingresos anuales para las causas específicas consideradas: ACVA: Accidente cerebrovascular agudo; AMI: Infarto agudo de miocardio; IHD: Enfermedad Isquémica del corazón.

Los efectos de las olas de calor y frío, tanto para todas las CVD como para las causas específicas cardiovasculares analizadas se muestran en la figura 10. En ellas se observa que el efecto de las olas de frío es superior al del calor en todas las causas analizadas, excepto en el caso de la enfermedad isquémica en que ambos son similares (sin diferencia estadísticamente significativa).

a.



b.

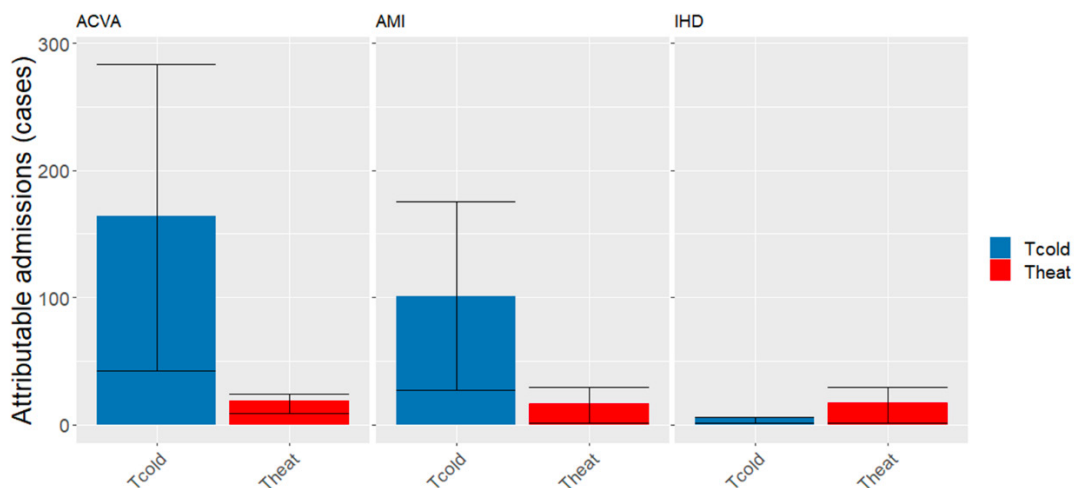


Figura 10. Ingresos anuales atribuibles a la temperature en olas de calor y frío. El panel A muestra los resultados para todas las causas cardiovasculares de ingreso (CVD). En el panel B aparecen los ingresos anuales para las causas específicas consideradas: ACVA: Accidente cerebrovascular agudo; AMI: Infarto agudo de miocardio; IHD: Enfermedad Isquémica del corazón.

A partir del porcentaje de ingresos atribuibles por CVD en cada provincia debidos a la contaminación atmosférica química y teniendo en cuenta las variables demográficas y económicas (número de habitantes, porcentaje de población mayor de 64 años, porcentaje de mujeres y nivel de renta per cápita) en cada provincia y con la metodología de modelos aleatorios mixtos se obtuvo en el modelo simple que la población mayor de 64 años constituía un factor de riesgo con un incremento por cada punto porcentual de mayores de 64 con un incremento en el riesgo de ingreso por CVD del 15% (IC95%: 9 - 20). En los modelos coajustados por las 4 variables consideradas, se obtuvo que el nivel de renta presenta un factor protector ante los ingresos por CVD de modo que un incremento de 10.000€ en la renta per cápita se relaciona con una disminución del 5% (CI95%: 10 - 0) en el riesgo de ingreso por CVD.

Cada año se producen en España 133.000 ingresos hospitalarios urgentes por CVD. Según los resultados obtenidos mostrados en la tabla 9, 10.200 de estos ingresos (7,7%) se relacionarían con las variables analizadas. De éstos, el 6,9% serían atribuibles a la contaminación atmosférica y el 0,8% atribuibles a las olas de calor y frío. Este 6,9% es ligeramente inferior al encontrado en otro estudio realizado en España para ingresos a corto plazo por enfermedades respiratorias (Linares et al., 2025b) que establece que, los ingresos atribuibles solo a la contaminación atmosférica representan el 7,8% del total de los ingresos que se producen en España por esta causa. Por otro lado, de los 62.000 ingresos/año (Ruiz-Páez et al., 2025a) atribuibles a la contaminación atmosférica, los 9.000 ingresos por CVD obtenidos en este trabajo representarían el 14,5% de los ingresos totales atribuibles a la contaminación en España. Este valor es sensiblemente inferior del 53,3% relacionados con los ingresos por contaminación atmosférica en España por causas respiratorias (Linares et al., 2025a).

La falta de asociación entre la temperatura en olas de calor e ingresos por causas cardiovasculares parece ir en contra de los mecanismos biológicos asociados a las altas temperaturas como es el incremento de la agregación plaquetaria, el aumento de glóbulos rojos, el aumento de la viscosidad sanguínea y del colesterol que se observa en los eventos de calor extremo (Pan et al., 1995) y que son la causa de la mortalidad por causas circulatorias encontrados en olas de calor. La única explicación que parece haber en relación a la falta de asociación con los ingresos hospitalarios, es el proceso fulminante de este tipo de eventos que hacen que las personas fallezcan antes de ingresar en el hospital (Mastrangelo et al., 2006; Linares et al., 2007). El frío también produce cambios en la coagulación de la sangre que los relaciona con aumento de infartos de miocardio y con trombosis (Davidkovova et al., 2014) así como incremento de la tensión arterial, colesterol, fibrinógeno y el número de eritrocitos (Thakur et al., 1987) pero con efectos que no se producen de forma tan inmediata (Díaz et al., 2005).

Los resultados obtenidos que se muestran en la figura 8 indican que a nivel de toda España el contaminante que muestra relación con mayor número de ingresos urgentes atribuibles por CVD y por las causas específicas consideradas es el NO<sub>2</sub>, seguido del ozono, siendo las PM las que muestran una menor asociación, si bien en la mayoría de los casos estas diferencias no son estadísticamente significativas. Este menor efecto de las PM en relación a los ingresos urgentes en España se ha observado en los análisis realizados tanto por todas las causas (Ruiz-Páez et al., 2025) como por causas respiratorias (Linares et al., 2025b) y también en estudios a nivel provincial (Ruiz-Páez et al., 2023a) y podría estar relacionado con el acusado descenso que se ha observado en las PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el periodo de estudio en España, en especial en las zonas urbanas, cosa que no ocurre con las concentraciones de ozono que sí han experimentado un ascenso en las zonas urbanas (MITECO, 2023).

Varios mecanismos relacionados con la contaminación atmosférica están implicados en las enfermedades cardiovasculares, principalmente el riesgo de aterotrombosis (Rajagopalan et al., 2018).

Algunos estudios, sugieren que la exposición a la contaminación atmosférica puede aumentar la presión arterial, exacerbar la isquemia miocárdica y desencadenar un infarto de miocardio. Muchos de estos efectos pueden estar mediados a través de efectos directos o indirectos sobre el sistema vascular sistémico, impulsados por la disfunción endotelial (Newby et al., 2015).

Por otro lado, el efecto que tiene la contaminación atmosférica sobre los ingresos hospitalarios atribuibles es un orden de magnitud superior al de los extremos térmicos (9.000 casos/año Vs 1.150 casos/año). Esto puede deberse a que el número de días en los que hay exposición a ola de calor o de frío al año es inferior al número de días con exposición solo a la contaminación atmosférica, como puede verse en la tabla 2 de esta monografía. Esto no implica que los días en los que haya ola de calor u ola de frío el efecto de la temperatura sobre los ingresos hospitalarios no sea importante, sino que a nivel global de todo el año el efecto de la contaminación es superior al de la temperatura. Sin embargo, estudios realizados sobre el impacto en morbilidad de la temperatura y la contaminación atmosférica en olas de calor (Ruiz-Páez et al., 2023a) indican que, aunque el efecto de la temperatura es importante, el efecto de la contaminación atmosférica es, al menos, similar. Lo mismo ocurre en el caso de las olas de frío (Díaz et al., 2001). Por tanto, los planes de prevención para minimizar los impactos de los extremos térmicos en la salud deberían integrar al menos ambos efectos (Linares et al., 2020).

Los resultados de los modelos aleatorios mixtos realizados para ver el posible efecto de las variables demográficas y socioeconómicas sobre el porcentaje de ingresos atribuibles en cada provincia muestra que en aquellas provincias donde el porcentaje de población mayor de 65 años es alto, el efecto de la contaminación atmosférica sobre los ingresos por CVD tiende a ser mayor, lo cual es lógico ya que la contaminación atmosférica agrava patologías previas (WHO, 2021) y es en este grupo de edad donde es mayor el número de patologías existentes. Los resultados de nuestro estudio a nivel estatal muestran que el porcentaje de mujeres no es un factor de riesgo ante los ingresos hospitalarios por CVD. Este resultado va en la línea del encontrado en otras investigaciones que indican que no hay una clara distinción por sexos entre los efectos de la contaminación de una forma concluyente ya que las diferencias entre sexos en el efecto de la contaminación atmosférica ambiental variaron en función del resultado sanitario, la causa, la estación y el tiempo (Shin et al., 2022). Por otro lado, el nivel de renta presenta un factor protector ante los ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares de modo que un incremento de 10.000€ en la renta per cápita se relaciona con una disminución del 5% (CI95%: 10 - 0) en el riesgo de ingreso por estas causas.

En resumen, la contaminación atmosférica en España se relaciona con un total de 9.000 ingresos de carácter urgente atribuibles cada año por causas cardiovasculares, mientras que los atribuibles a olas de calor y frío apenas llegan a los 1.200. Estos ingresos atribuibles a la contaminación a corto plazo suponen el 6,9% de los ingresos urgentes que se producen en España por causas cardiovasculares. Los principales contaminantes relacionados con estos ingresos son el NO<sub>2</sub> y el O<sub>3</sub>. El NO<sub>2</sub> es un contaminante primario emitido, fundamentalmente en atmósfera urbanas, por el tráfico rodado, mientras que el O<sub>3</sub> es un contaminante secundario que tiene en los NO<sub>x</sub> sus principales precursores. Por tanto, las medidas encaminadas a reducir el tráfico rodado, sobre todo en las aglomeraciones urbanas, redundaría en una disminución de los ingresos por esta causa. Entre estas medidas destacarían la implementación de las Zonas de Bajas Emisiones donde así lo establezca la ley, el fomento del transporte público sostenible y la promoción de la utilización de medidas alternativas de movilidad.

## 8. Cómo afecta la contaminación atmosférica y los extremos térmicos a los ingresos hospitalarios urgentes por enfermedades neurológicas: un estudio en 10 provincias españolas (Iriso et al., 2025)

Los trastornos neurológicos fueron la principal causa en años de vida años de vida perdidos ajustados por discapacidad (DALYs) en (443 millones) y que afectan a 3.400 millones de individuos (GBD 2021 Nervous System Disorders Collaborators, 2024). Estas enfermedades incluyen las enfermedades como Parkinson, Alzheimer, demencia o esclerosis múltiple (WHO, 2016). Este tipo de patologías se producen, en gran medida, en mayores de 60 años estando el 38% de las personas de este grupo de edad afectadas por algún tipo de desorden neurológico (Institute for Health Metrics and Evaluation, 2020). En España de los 48,7 millones de habitantes se calcula que entre 21 y 23 millones de personas poseen algún trastorno neurológico de este tipo (SEN, 2025). El coste anual de las enfermedades neurológicas se establece en cerca de 32.000 millones de €/año con un coste por paciente que oscila entre los 37.000€/año en el caso de la esclerosis múltiple o los 25.300 €/año en el caso de la demencia (Agencia Sinc, 2016).

La evidencia científica apunta a que la contaminación atmosférica podría ser responsable de la etiología de algunas de estas enfermedades (Bandyopadhyay, 2016) y en el agravamiento de sus síntomas, actuando los factores ambientales como factores precipitantes de la enfermedad (Culqui et al., 2017; Linares et al., 2017), junto con el hecho de que el porcentaje de personas que viven en las grandes ciudades es cada vez mayor, (se estima que el alrededor del 56% de la población mundial vive en ciudades y que para 2050 será el 66% ) y con una población cada vez más envejecida (en España se pasará del 20,1% de mayores de 65 años en 2022 al 30,4% en 2050 (SEN, 2025)), hace especialmente interesante el análisis de la posible incidencia de la contaminación atmosférica sobre los ingresos hospitalarios a corto plazo por este tipo de enfermedades neurológicas.

Por otro lado, la evidencia científica en relación al efecto del calor sobre las enfermedades neurológicas está claramente establecida (Linares et al., 2017; Culqui et al., 2017; Ruiz-Páez et al., 2025b). El calor puede aumentar el estrés oxidativo o neuroinflamación que pueden causar alteraciones fisiopatológicas en el cerebro (Bongioanni et al., 2021). Pero también la exposición al frío produce vasoconstricción reduciendo la circulación cerebral y el aporte de oxígeno al cerebro (Dolcini et al., 2020). Pese a esto son escasos los estudios que analizan el efecto de las bajas temperaturas en olas de frío sobre las enfermedades neurológicas (Chen et al., 2023; Ruiz-Páez et al., 2025a) y son prácticamente inexistentes los que comparan los efectos debidos a las olas de calor y a las olas de frío junto al de la contaminación atmosférica pese a que en muchos casos las situaciones episódicas de contaminación coinciden con los de las olas de calor (Ruiz-Páez et al., 2023a) y de frío (Prieto et al., 2004).

Debido a la baja incidencia de ingresos hospitalarios urgentes por causas neurológicas, del conjunto de las 52 provincias españolas se incluyó una selección de 10. Estas fueron las 10 provincias mas pobladas (INE, 2015) que contaran con datos completos para los seis factores de riesgo establecidos (concentraciones medias diarias expresadas en ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  y temperaturas máximas y mínima diarias en los observatorios provinciales de referencia. Por tanto, si una provincia no cumplió con los requisitos, se descartó y se pasó a la siguiente inmediatamente menor en población. Las provincias seleccionadas, ordenadas de mayor a menor población, fueron: Madrid, Barcelona, Valencia, Alicante, Vizcaya, Baleares, La Coruña, Las Palmas, Granada y Guipúzcoa. En estas provincias se concentra el 48,2% de la población española (INE, 2015).

En cuanto a las variables dependientes utilizadas fueron los recuentos diarios de ingresos hospitalarios urgentes, por causas neurológicas en el periodo de tiempo estudiado. En particular, fueron agrupados los ingresos hospitalarios por las siguientes causas: Alzheimer (CIE-9-MC: 331.0; CIE-10-ES: G30), Demencia

(CIE-9-MC: 290; CIE-10-ES: F02, F03), Parkinson (CIE-9-MC: 332.0; CIE-10-ES: G20) y Esclerosis múltiple (CIE-9-MC: 340; G:35). Las variables independientes y de control fueron las mismas utilizadas en los otros estudios descritos en esta monografía así como la definición de *Theat* y *Tcold* a partir de las temperaturas umbrales de definición de ola de calor (Ministerio de Sanidad, 2023b) y de frío (Ministerio de Sanidad, 2023a) ya descritas en esta monografía.

En cuanto al análisis estadístico debido a la baja incidencia de ingresos hospitalarios urgentes y no programados por causas neurológicas la estimación de RR mediante GLM de la familia Poisson no fue posible. En lugar de esta aproximación, se generó una única variable dicotómica, que señalara los días en los que hubo algún ingreso por las causas aquí analizadas (*Neuro* = 1), y los que días que no (*Neuro* = 0).

Al ser la nueva variable dependiente dicotómica, se utilizaron GLM con función de enlace logit (modelos de regresión lineal de la familia binomial) para cada provincia. La ecuación logística de estos modelos viene dada por la siguiente expresión, con  $\pi$  designando la probabilidad de que *Neuro*=1, y, por tanto,  $(1-\pi)$  designando la probabilidad de que *Neuro*=0. Estos modelos son de la forma:

$$\ln(\pi/(1-\pi)) = \alpha + \beta X \quad [1]$$

En ellos, fueron incluidas las variables independientes o transformadas, sus correspondientes variables retardadas y las variables de control antes definidas. De esta manera, estos modelos siguen la siguiente fórmula general:

$$\ln\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = \alpha + \beta_1 n1_i + \beta_2 seas_{ij} + \beta_3 week_{ij} + \beta_{4p} lag(NO_2, p)_i + \beta_{5g} lag(O_3, g)_i + \beta_{6h} lag(PM_{2.5}, h)_i + \beta_{7l} lag(PM_{10}, l)_i + \beta_{8m} lag(Tcold, m)_i + \beta_{9q} lag(Theat, q)_i \quad [2]$$

Donde  $\pi$  representa la probabilidad de que haya ingreso (*Neuro* = 1),  $1-\pi$  la probabilidad de que no lo haya (*Neuro* = 0);  $\alpha$  es el intercepto;  $\beta_k$  es el coeficiente de cada una de las *k* variables; *n1* es el valor de la variable contador en la observación *i* lo que permite controlar la tendencia de la serie a largo plazo; *seas* representa la estacionalidad *j* en la observación *i*; *week* es el día de la semana *j* en la observación *i*;  $NO_2$  representa la concentración media en ( $\mu g/m^3$ ) en la observación *i*;  $lag(NO_2, p)$  representa los componentes retardados de la variable  $NO_2$  de orden 0-5, de la misma manera se representan las variables  $O_3$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , *Theat*, *Tcold* y sus respectivos componentes retardados.

Se comenzó por incluir todas las variables en el modelo, y eliminar secuencialmente aquellas cuyos coeficientes fueran negativos en base a su significado biológico. Al tratarse todas las variables de factores de riesgo esto supone retirar del modelo las que adquieren correlación negativa. Una vez el modelo tenía solo coeficientes positivos, se llevó a cabo stepwise backwards elimination para alcanzar los modelos finales. Este proceso se repite secuencialmente hasta alcanzar el "modelo final" cuyas variables sean todas estadísticamente significativas con una significación de  $p < 0,05$ . De esta forma se controla la posible colinealidad entre las variables independientes.

Una vez ajustados los modelos finales, se calculó la probabilidad de ingreso despejando  $\pi$  en la fórmula general, dada por la ecuación [1], quedando así la siguiente expresión.

$$\pi = \exp(\alpha + \beta X) / (1 + \exp(\alpha + \beta X)) \quad [3]$$

Siendo  $\alpha$  el intercepto,  $\beta$  los correspondientes coeficientes de las variables de interés y *X* las medias de esas variables según la ecuación [2].

Una vez esta probabilidad fue determinada, se volvieron a calcular los mismos modelos sin la variable

factor de riesgo, para hallar así la contribución n de éste a los ingresos.

$$\text{ContributionRiskFactor} = \pi_{\text{FinalModel}} - \pi_{\text{FinalModelNoRiskFactor}} \quad [4]$$

De esta manera se obtuvo el aumento de probabilidad de ingreso con el que contribuyó cada factor de riesgo.

Se calcularon además los Odds Ratio para cada factor de riesgo a nivel provincial. Este cálculo se hizo aplicando la siguiente expresión (Sperandei S, 2014) donde  $\beta$  denota el coeficiente asociado con la variable j en el modelo de regresión logística.:

$$\text{OR} = e^{\beta} \quad [5]$$

Una vez obtenido este valor, se calcula el número de episodios de ingreso atribuibles al factor de riesgo multiplicando la contribución por el número de días de la serie temporal completa, en este caso 2191 días. Una vez conocido qué número de episodios de ingreso son atribuibles a los factores de riesgo, calculamos el número de ingresos atribuibles multiplicando el número de eventos atribuibles por la media de ingresos que hubo en los días con ingresos.

Los riesgos asociados con la contaminación atmosférica química se expresan en términos de aumento de riesgo por cada incremento diario en 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Para las temperaturas el aumento del riesgo se expresa por incrementos diarios de 1 °C.

Los estadísticos descriptivos de las variables independientes para las provincias analizadas son las que aparecen en las tablas 1 y 2 de esta monografía. En la tabla 10 se muestran los estadísticos correspondientes a la variable dependiente a nivel provincial.

Comunidad Autónoma	Provincia	Total Ingresos	Eventos	Media de ingresos por evento
		N	N	N
Andalucía	Granada	301	277	1,1
Islas Baleares	Baleares	858	709	1,2
País Vasco	Vizcaya	629	552	1,1
	Guipúzcoa	478	431	1,1
Islas Canarias	Las Palmas	358	327	1,1
Cataluña	Barcelona	4366	1827	2,4
Galicia	A Coruña	1030	801	1,3
Madrid	Madrid	3889	1792	2,2
Valencia	Alicante	1736	1169	1,5
	Valencia	1842	1206	1,5

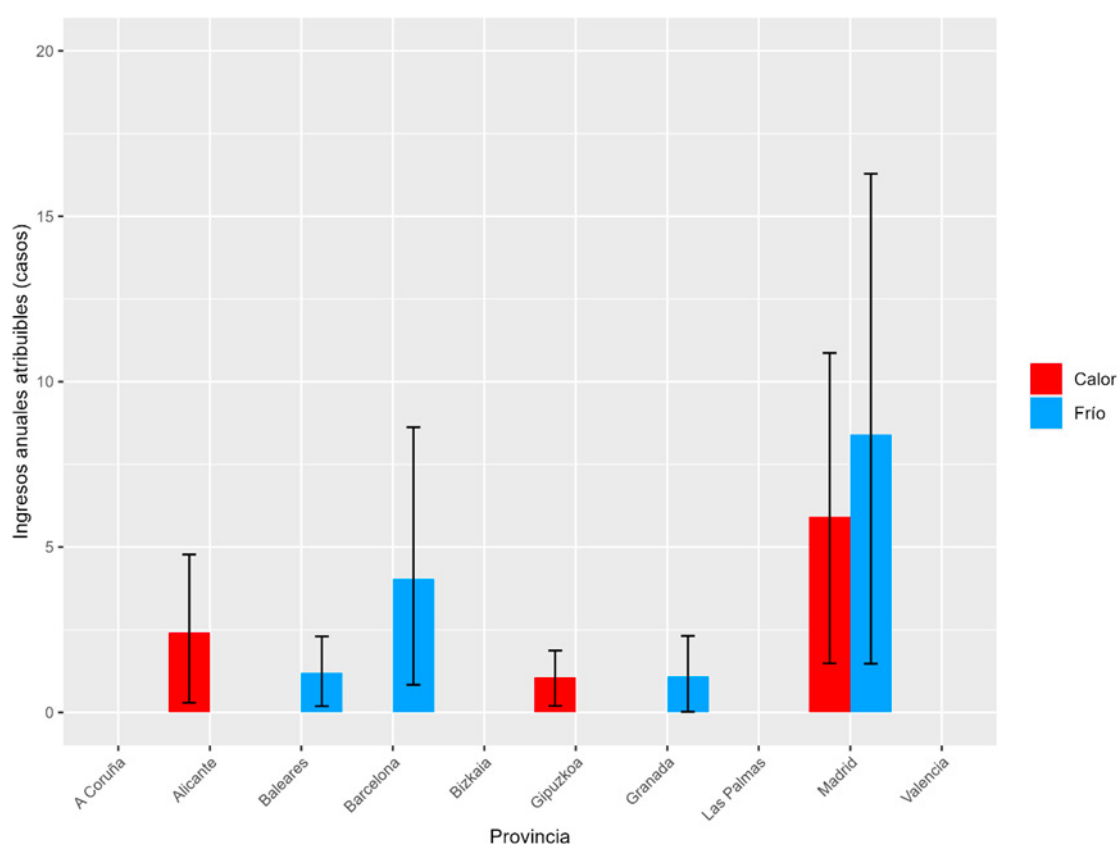
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de los ingresos hospitalarios urgentes, por causas neurológicas en el periodo 2013-2018. Total ingresos = Número total de ingresos por causas neurológicas en todo el periodo; Eventos = Número de días en los que hubo algún ingreso en esa provincia; Media de ingresos

**por evento = Número de ingresos cada día que hubo algún ingreso.**

El resultado del proceso de modelización logística anteriormente descrito permitió calcular los valores de los coeficientes  $\beta$  tal y como se muestra en la tabla S4 del material suplementario de esta monografía.

A partir de los valores de  $\beta$  se calcularon los ingresos atribuibles a las diferentes variables que resultaron estadísticamente significativas en los modelos de regresión logística a nivel provincial.

En la figura 11, se representan los ingresos por causas neurodegenerativas anuales atribuibles a los extremos térmicos, en la que se observa que el efecto de la temperatura en olas de calor aparece en 3 de las provincias analizadas y el impacto de las temperaturas en olas de frío en 4.



**Figura 11. Ingresos anuales a nivel provincial atribuibles a los extremos térmicos.**

En la figura 12, se muestran estos ingresos anuales atribuibles a la contaminación atmosférica. El efecto del  $\text{NO}_2$  sobre los ingresos aparece en 3 de las provincias analizadas al igual que el del ozono, mientras que las  $\text{PM}_{10}$  y las  $\text{PM}_{2.5}$  aparecen en una sola provincia.

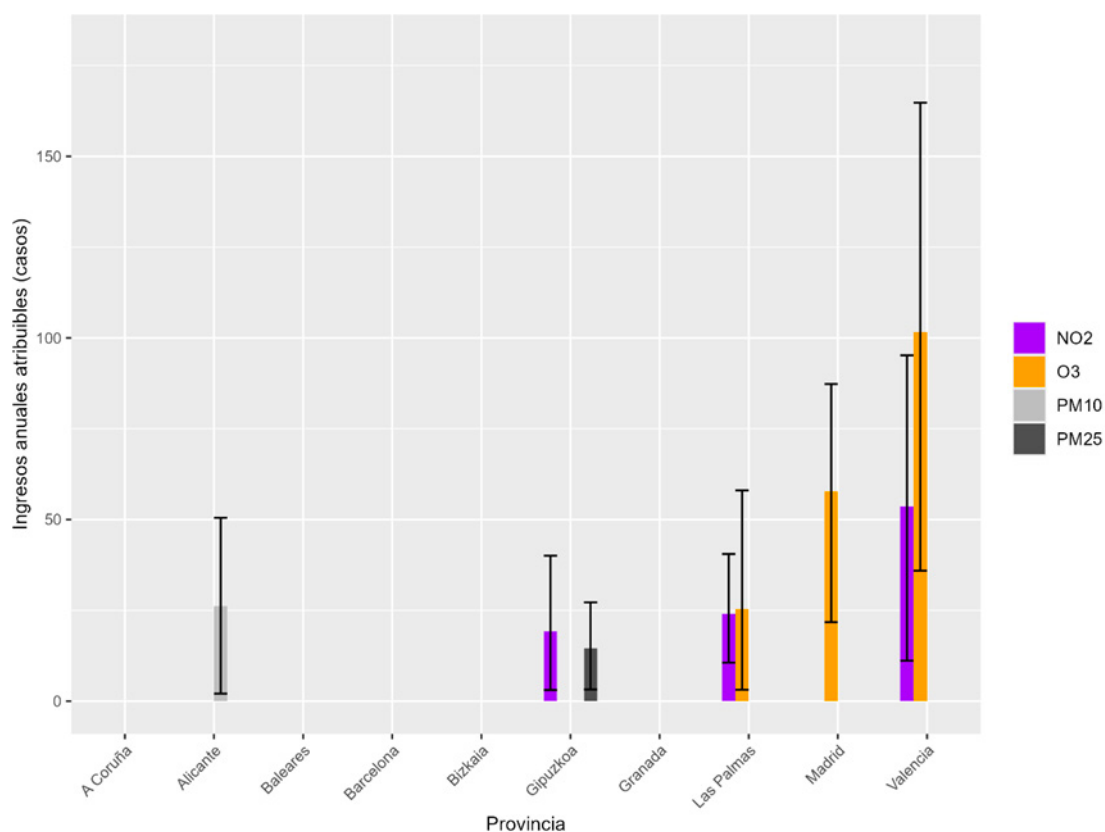


Figura 12. Ingresos anuales a nivel provincial atribuibles a los diferentes contaminantes atmosféricos.

En la tabla 11 se muestra el número total de ingresos por causas neurológicas a nivel provincial para todo el periodo y para cada una de las variables analizadas que resultaron estadísticamente significativos en los modelos de regresión logística.

Provincia	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	PMs	Tcold	Theat	Contaminación (total)	Temperaturas extremas (total)	Total
Granada				7 (1 - 14)			7 (1 - 14)	7 (1 - 14)
Islas Baleares				7 (1 - 14)			7 (1 - 14)	7 (1 - 14)
Vizcaya								
Guipúzcoa	115 (18 - 240)		88 (19 - 163)		6 (1 - 11)	203 (37 - 403)	6 (1 - 11)	209 (38 - 414)
Las Palmas	144 (63 - 243)	152 (19 - 348)				296 (82 - 591)		296 (82 - 591)
Barcelona				24 (5 - 52)			24 (5 - 52)	24 (5 - 52)
Coruña								

Provincia	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	PMs	Tcold	Theat	Contaminación (total)	Temperaturas extremas (total)	Total
Madrid		346 (131 – 524)		50 (9 - 98)	35 (9 - 65)	346 (131 – 524)	85 (18 – 163)	431 (149 – 687)
Alicante			157 (12 – 303)		15 (2 - 29)	157 (12 – 303)	15 (2 - 29)	172 (14 – 332)
Valencia	322 (67 - 571)	609 (216 – 989)				931 (283 – 1560)		931 (283 – 1560)
<b>Total</b>	581 (148 – 1054)	1.107 (366 – 1861)	245 (31 – 466)	88 (16 – 178)	56 (12 – 105)	1.933 (545 – 3.381)	129 (26 – 283)	2.077 (573 - 3664)

**Tabla 11. Ingresos atribuibles por causas neurológicas a nivel provincial para las diferentes variables en todo el periodo analizado (2013-2018).**

En el periodo considerado, se produjeron en las provincias analizadas un total de 15.437 ingresos urgentes por las causas neurológicas consideradas, por lo que los 2.077 ingresos atribuibles (346 ingresos/año) a las variables ambientales analizadas suponen un 13,5% sobre el total. De este 13,5% el 12,5% sería atribuible a la contaminación atmosférica y un 1,0% a los extremos térmicos (0,6% a las olas de frío y 0,4 % a las olas de calor). Este porcentaje atribuible a la contaminación atmosférica en los ingresos hospitalarios a corto plazo por causas neurológicas es prácticamente el doble que el porcentaje atribuible por estas mismas variables a las causas cardiovasculares 7,7% (López-Bueno et al., 2025) o las respiratorias 7,8 % (Linares et al., 2025b) y cinco veces el atribuible a la contaminación en los ingresos por todas las causas establecido en el 2,5% según otros estudios realizados en España (Ruíz-Páez et al., 2025b). Este valor elevado de los ingresos por causas neurológicas atribuibles a la contaminación puede deberse a que el estudio se ha realizado en las 10 provincias con mayor población y también con mayores índices de contaminación atmosférica (MITECO, 2023a).

La exposición al O<sub>3</sub> conduce a un aumento de la expresión de especies reactivas del oxígeno, provocando alteraciones en la barrera hematoencefálica y daños en los astrocitos y la microglía. Estos efectos pueden conducir a un aumento de la producción de citoquinas proinflamatorias, neurotoxinas y genes, exacerbando el daño neuronal y acelerando la progresión de enfermedades neurológicas como el Alzheimer, el Parkinson y otros trastornos neurológicos (Rodríguez et al., 2024). En España se da la circunstancia que el 96% de la población está expuesta a niveles de ozono troposférico por encima de los valores de la OMS (Ecologistas, 2023). Además, en los últimos años se ha observado una tendencia decreciente en las concentraciones NO<sub>2</sub> de las grandes ciudades y en especial de las PM, pero no así en el caso del ozono que ha experimentado un ascenso en especial en las zonas urbanas (MITECO, 2023b).

Esta mayor exposición de la población al ozono en España está llevando que el efecto de la contaminación en la salud debido a las PM se esté viendo superado por el ozono (Ruiz-Páez et al., 2025b; Linares et al., 2025b).

En relación al efecto de las olas de calor y frío sobre los ingresos hospitalarios por causas neurológicas su efecto es 15 veces inferior al de la contaminación atmosférica, siendo prácticamente similar el efecto de las olas de frío y las de calor. Probablemente este menor impacto se daba al menor número de días que se producen estos extremos térmicos en relación a los días con contaminación atmosférica, como puede observarse en la tabla 11.

Una revisión sistemática sobre los efectos de la temperatura sobre las condiciones neurológicas concluye que pese al limitado número de estudios sobre el efecto del frío en las enfermedades neurológicas la evidencia científica establece que la exposición a bajas temperaturas se asocia con un aumento del riesgo de agravamiento de enfermedades mentales y neurológicas (Byun et al., 2024). Los resultados de nuestro estudio coinciden, ya que el impacto de las olas de frío sobre los ingresos hospitalarios urgentes por causas neurológicas es similar a los de las olas de calor. Un estudio realizado en una ciudad española relacionaba la temperatura mínima en olas de frío con el aumento de los ingresos hospitalarios por Parkinson y esclerosis múltiple, mientras que las olas de calor lo hacían con Parkinson y Alzheimer con efecto sobre los ingresos atribuibles muy similares para las olas de frío y las de calor (Ruiz-Páez et al., 2025a).

Los resultados de este estudio muestran un efecto importante de la contaminación atmosférica química sobre los ingresos hospitalarios urgentes por las causas neurológicas aquí analizadas, siendo prácticamente el doble en porcentaje que el atribuible a los ingresos por causas respiratorias o circulatorias. El importante efecto del ozono es un resultado especialmente relevante de este estudio ya que es el único contaminante que en España muestra una tendencia creciente, especialmente en ambientes urbanos, con un alto porcentaje de población expuesta a este contaminante. La alta incidencia de la contaminación atmosférica en este tipo de ingresos hospitalarios con un 12,5%, el envejecimiento de la población y el hecho de que cada vez vayan a ser más las personas que viven en las grandes ciudades hacen urgente la adopción de medidas para bajar los niveles de contaminación a los que se ve expuesta la población en las grandes urbes.

Por otro lado, la inclusión de las personas con enfermedades neurológicas como grupo de especial vulnerabilidad en los planes de prevención ante extremos térmicos redundaría en una disminución de los ingresos atribuibles a las olas de calor y de frío por este tipo de enfermedades.

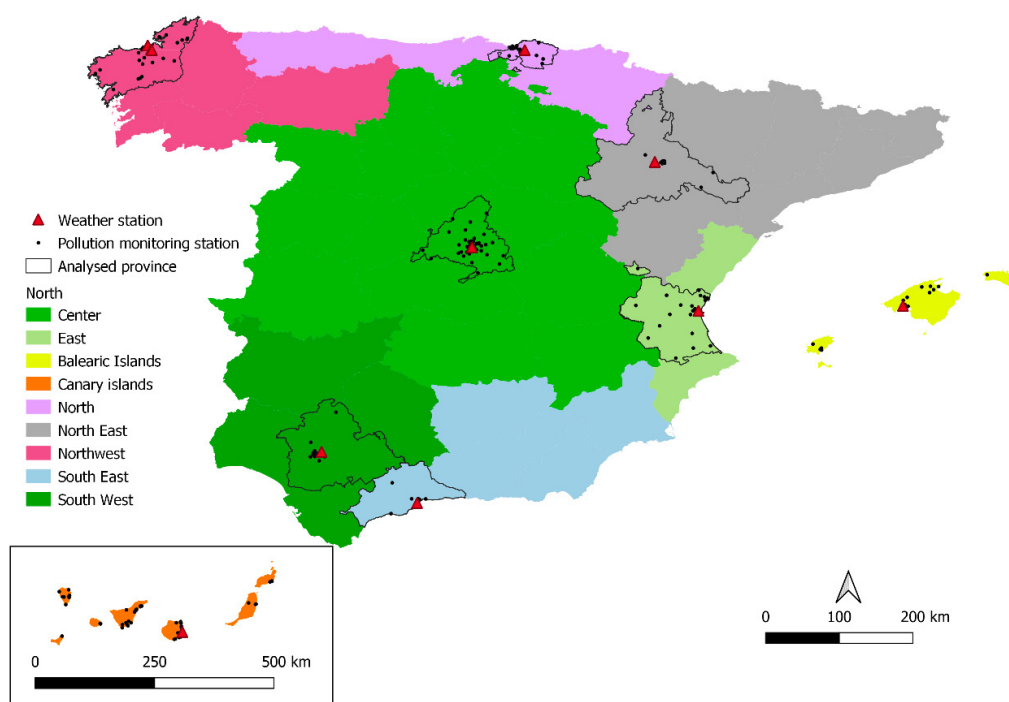
## **9. Cómo el ozono y las partículas materiales afectan a corto plazo a los ingresos hospitalarios urgentes en España los días con combustión de biomasa. (Botezat et al., 2025)**

El material particulado (PM) generado por procesos de combustión de biomasa producidos durante el desarrollo de incendios forestales presentan un alto grado de toxicidad (Jiao et al., 2024) existiendo varios efectos subclínicos asociados a la exposición a las mismas (Yousouf et al., 2014). Esto se debe a la composición particular de este tipo de PM, ricas en compuestos como hidrocarburos aromáticos policíclicos, benzopireno y reteno (Pérez-Pastor et al., 2023). Además, se debe tener presente que el PM generado por incendios forestales pueden recorrer largas distancias, por efecto de la advección de las masas de aire que las transporta tanto a escala regional como a larga distancia (Rogers et al., 2020). Junto con las PMs, los incendios forestales generan un aumento en las concentraciones de otros contaminantes atmosféricos, como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el ozono troposférico (O<sub>3</sub>) (Xu et al., 2021). Además, algunos estudios han evidenciado el hecho de que todos estos contaminantes intensifican estos efectos adversos al actuar conjuntamente (Xu et al., 2024). También suele ser frecuente que cuando se producen incendios forestales las situaciones meteorológicas que los originan coincidan con la aparición de olas de calor.

En España, el promedio de hectáreas quemadas en la última década es más de 82.000 (EFFIS, 2024) lo que la coloca en el segundo lugar de los países con más superficie quemada en el Europa Mediterránea. Sin embargo, hasta la fecha los estudios que exploran los efectos sinérgicos entre la advección de material particulado por combustión de biomasa, contaminación y olas de calor son bastante escasos, pese a que suelen darse de forma conjunta (Ruiz-Páez et al., 2024) habiéndose centrado en mayor medida en la mortalidad, pero no en la

morbilidad. Por tanto, este estudio tiene el objetivo de analizar la asociación diferencial que la contaminación atmosférica por PM, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>, y la temperatura tienen con los ingresos hospitalarios de urgencia los días con y sin advección de material particulado por combustión de biomasa en España a corto plazo.

Siguiendo la metodología descrita se calculó el impacto que la contaminación atmosférica tiene sobre los ingresos hospitalarios urgentes que se producen a corto plazo en España. Las unidades geográficas analizadas fueron 9 provincias representativas de las áreas en que se divide España para la monitorización y seguimiento de advección de material particulado por combustión de biomasa. Estas son las zonas Norte, Noreste, Noroeste, Centro, Suroeste, Sudeste, Levante, Baleares y Canarias (Moreira et al., 2020) (Fig.13).



**Figura 13. Regiones en las que se realizó el estudio y ubicación de las estaciones de medida de contaminación y meteorológicas.**

Se incluyeron en el análisis los ingresos por todas las causas, las causas respiratorias y las causas circulatorias, que corresponden a los códigos CIE-9-MC y CIE-10-ES ya descritos y que ocurrieron en cada una de las provincias durante el período 01-01-2013 a 31-12-2018.

Las fuentes de las variables dependientes e independientes son las descritas en el apartado de metodología de esta monografía.

El análisis se realizó para los días en los que se produjo advección de material particulado por combustión de biomasa (COMB=1) y los días en los que no había advección (COMB=0). Esta información se extrajo de los informes anuales suministrados en Open Access por el MITERD a partir del "Encargo del Ministerio para la Transición Ecológica a la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la detección de episodios naturales de aportes transfronterizos de partículas y otras fuentes de contaminación de material particulado, y de formación de ozono troposférico" (MITECO, 2024).

En la tabla 12 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables analizadas en este estudio para los días con y sin advección por combustión de biomasa.

		Todas las causas	Circulatorias	Respiratorias	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	T <sub>heat</sub> <sup>1</sup> (°C)
		Media DS	Media DS	Media DS	Media DS	Media DS	Media DS	Media DS	N Media DS
Coruña	Sin combustión N=1809	171,45 0,746	32,23 8,17	31,89 12,77	15,76 0,17	54,57 0,36	21,83* 0,19	12,41* 0,16	72 2,09 0,22
	Con combustión N= 382	165,12 1,58	30,13 7,72	28,23 12,07	16,37 0,41	56,07 0,84	26,27* 0,53	13,66* 0,39	40 2,07 0,36
Islas Baleares	Sin combustión N= 2151	165,73 0,76	22,87 7,16	30,74 14,39	9,48 0,07	68,12 0,30	17,04* 0,13	6,87* 0,06	28 1,10 0,19
	Con combustión N= 40	172,25 4,20	22,85 5,36	25,98 14,24	9,48 0,44	69,28 1,87	24,26* 1,37	10,18* 0,50	6 2,48 0,74
Las Palmas	Sin combustión N= 2167	105,57 0,44	18,97 0,13	15,65 0,15	12,63* 0,10	61,42* 0,29	27,11* 0,51	8,58* 0,13	22 1,30 0,21
	Con combustión N= 24	93,79 3,55	13,83 1,08	10,25 0,96	10,43* 0,67	66,66* 2,10	37,85* 2,65	12,37* 0,87	3 2,32 1,30
Madrid	Sin combustión N= 1901	956,77 3,82	149,84 0,76	186,60 1,74	30,25* 0,32	55,08 0,51	18,80* 0,24	9,96* 0,11	67 1,49 0,12
	Con combustión N= 290	949,02 10,40	143,45 2,00	177,46 4,85	34,99* 0,94	57,09 1,44	23,54* 0,77	12,03* 0,31	29 1,52 0,19
Málaga	Sin combustión N=2095	185,08 0,64	31,00 0,17	23,29 0,22	24,63* 0,20	64,91 0,37	23,74* 0,30	-	30 1,62 0,21
	Con combustión N=96	181,32 2,95	29,37 0,76	20,29 0,88	27,44* 0,97	65,49 1,88	27,25* 1,06	-	2 1,25 0,85
Sevilla	Sin combustión N=2020	220,86 0,97	40,49 0,25	27,69 0,31	20,09 0,17	(154) 6,34 0,40	25,19* 0,30	12,06* 0,14	35 1,40 0,18
	Con combustión N=171	199,27 3,70	34,94 0,80	22,11 0,93	20,82 0,60	(23) 6,75 1,12	31,49* 0,79	16,13* 0,59	9 1,32 0,42
Valencia	Sin combustión N=2102	353,13 1,35	57,88 0,29	62,63 0,58	16,63 0,15	61,85 0,36	17,12* 0,17	9,30* 0,10	33 2,03 0,31
	Con combustión N=89	362,60 6,76	57,81 1,32	66,38 3,37	18,18 0,86	61,81 1,68	20,77* 0,93	10,69* 0,53	3 1,67 0,23

		Todas las causas	Circulatorias	Respiratorias	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	T <sub>heat</sub> <sup>1</sup> (°C)
		Media DS	Media DS	Media DS	Media DS	Media DS	Media DS	Media DS	N Media DS
Vizcaya	Sin combustión N= 1977	184,02 0,77	32,90 0,20	33,30 0,34	23,97* 0,20	49,77 0,37	17,17* 0,17	10,42* 0,13	36 2,96 0,35
	Con combustión N= 214	183,07 2,35	32,36 0,58	32,83 1,20	26,17* 0,70	51,18 1,23	21,37* 0,55	12,54* 0,40	9 2,57 0,50
Zaragoza	Sin combustión N=2070	140,22 0,68	24,18 0,16	24,14 0,25	24,00* 0,18	51,22 0,45	18,03* 0,20	11,07* 0,14	25 1,27 0,28
	Con combustión N=121	151,90 2,84	25,08 0,67	30,46 1,42	26,44* 0,89	48,89 2,09	24,18* 1,22	16,46* 0,83	3 1,67 0,33

**Tabla 12. Estadísticos descriptivos de las variables dependientes e independientes en los días con y sin combustión de biomasa. N es el número de días con ola de calor. Para el caso del O<sub>3</sub> (N) representa el número días en que se superó el valor de O<sub>3</sub> umbral en el caso de que se parametrizase este valor. \* Representa que existen diferencias estadísticamente significativas entre los días con y sin advección por combustión de biomasa.**

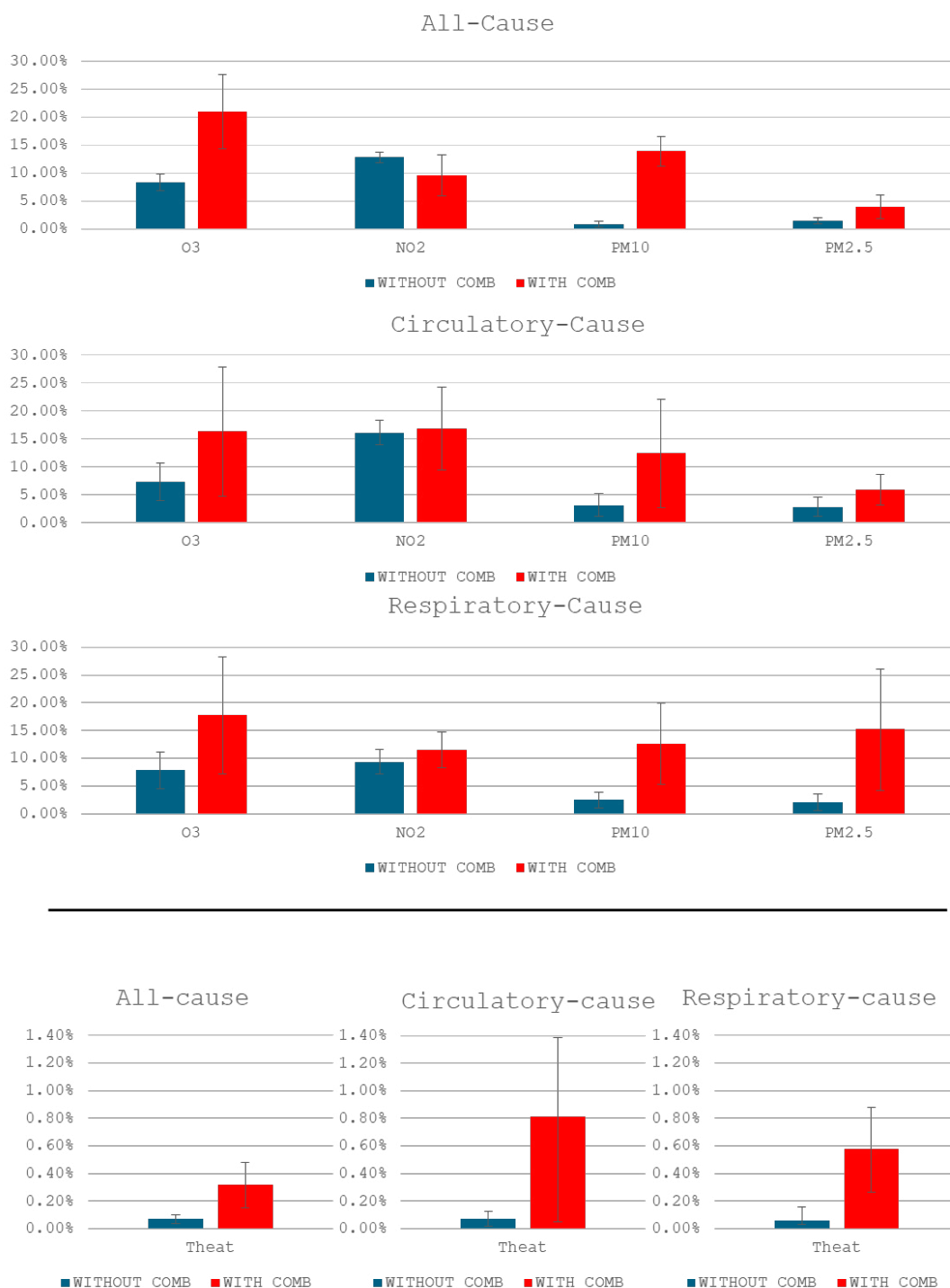
Los resultados de los GLM en los que se calculan los RR y los RA para cada una de las causas de ingreso analizadas y para los días con y sin advección por combustión de biomasa se muestran en la Tabla S5 del material suplementario.

En la figura 14 se muestran el % de ingresos atribuibles según causas específicas para los diferentes contaminantes y olas de calor y frío combinando los efectos de todas las provincias.

Se encuentra que todas las variables de contaminación consideradas en el estudio son factores de riesgo en los días con episodios de combustión (Figura 14a) al igual que las olas de calor (Figura 14b). Por ejemplo, encontramos un 21% (IC 95%: 14,35-27,63) de ingresos por causas naturales atribuibles al O<sub>3</sub> los días con combustión frente a un 8,3% (IC 95%: 6,83- 9,75) los días sin combustión (diferencias estadísticamente significativas, p-valor < 0,05); y un 13,9% (IC 95%: 11,25-16,59) de ingresos atribuibles a las PM<sub>10</sub> los días con combustión frente a un 0,8% (IC 95%: 0,30-1,34) los días sin combustión (también estadísticamente significativo).

Si en lugar de observar los ingresos por todas las causas atendemos los ingresos por causas circulatorias y respiratorias, se observa que los resultados siguen los mismos patrones. En este caso, destaca la carga de morbilidad por causas respiratorias asociadas con las PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, ambas significativamente mayores los días con combustión de biomasa. Por otro lado, es preciso señalar que la carga de morbilidad no alcanzó diferencias estadísticamente significativas para ningún contaminante para el caso de los ingresos por causas circulatorias.

En el caso de las olas de calor, también destaca el bajo porcentaje de morbilidad atribuible; especialmente si se compara con los indicadores de contaminación.



**Figura 14. Porcentaje medio casos atribuibles (%) para los ingresos hospitalarios debidos a los diferentes contaminantes y para olas de calor según días con y sin advección por combustión de biomasa.**

En la tabla 13 se muestran los ingresos anuales atribuibles a cada uno de los factores de riesgo analizados. En ella se ve que los factores asociados a otras variables que no son el material particulado como es el caso del NO<sub>2</sub> y el O<sub>3</sub> tienen un impacto mayor en los ingresos atribuibles que el propio PM. Además, el efecto de las temperaturas en olas de calor es muy inferior al de la contaminación atmosférica.

Causas	Factor de Riesgo	Ingresos hospitalarios atribuibles (CI 95%)
Todas las causas	NO <sub>2</sub>	5.982 (4.540 7.424)
Todas las causas	O <sub>3</sub>	8.018 (5.530 10.503)
Todas las causas	PM	3.813 (2.838 4.784)
Todas las causas	Tcal	164 (51 261)
	<b>Todos los Factores de Riesgo</b>	<b>17.978 (13.074 22.974)</b>
Causas Circulatorias	NO <sub>2</sub>	1.007 (663 1.349)
Causas Circulatorias	O <sub>3</sub>	1.116 (341 1.893)
Causas Circulatorias	PM	584 (313 857)
Causas Circulatorias	Tcal	10 ( 1 19)
	<b>Todos los Factores de Riesgo</b>	<b>2.718 (1.317 4.118)</b>
Causas Respiratorias	NO <sub>2</sub>	985 (708 1.260)
Causas Respiratorias	O <sub>3</sub>	1.279 (485 2.072)
Causas Respiratorias	PM	412 (327 497)
Causas Respiratorias	Tcal	19 (9 28)
	Todos los Factores de Riesgo	2.694(1.529 3.857)

**Tabla 13. Número de ingresos hospitalarios urgentes anuales, según causas específicas, atribuibles a los diferentes factores de riesgo los días con advección de material particulado por combustión de biomasa.**

Durante los episodios de advección por combustión de biomasa aumentan las concentraciones medias diarias de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> y sus impactos en salud medidos a través de los Riesgos Relativos (RR) y Atribuibles asociados (RA) así como sus ingresos atribuibles en relación a los días en los que no hay advección por combustión de biomasa. Además, las medias de riesgos y de porcentaje de ingresos atribuibles a los PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> son más altos por causas respiratorias que por causas circulatorias. Estos resultados para las partículas materiales se encuentran en línea con lo reportado en la literatura que indican un mayor grado de toxicidad en las PM que provienen de los incendios forestales como se ha citado anteriormente. Por otro lado, dos estudios encontraron que la contaminación del aire emitida por incendios forestales está significativamente asociada con un mayor riesgo de hospitalización por enfermedades cardiorrespiratorias (Jiao et al., 2024) destacando las asociaciones con problemas respiratorios, seguidos por los cardiovasculares, lo que concuerda con los resultados encontrados en nuestro estudio.

Además de las PM el otro contaminante destacado durante los episodios de combustión de biomasa es el O<sub>3</sub>. En este caso también se ha observado una tendencia a alcanzar mayores niveles de O<sub>3</sub> y porcentaje de casos atribuibles de ingresos hospitalarios durante los días de combustión de biomasa que los días sin combustión. Otros estudios parecen confirmar este resultado, así Chen et al. (Chen et al., 2024) observó en un estudio reciente un incremento en la concentración diaria media de O<sub>3</sub> relacionado con la ocurrencia de incendios forestales debido a la generación de los precursores de este gas que se liberan en el proceso de combustión.

Los resultados aquí obtenidos también indican que la intensidad y el efecto de las olas de calor

tiende a ser mayor los días con combustión de biomasa que cuando no la hay. Además, se observa una gran diferencia entre los grandes porcentajes de ingreso explicados por los distintos contaminantes frente a los pequeños asociados con el calor extremo.

Los resultados aquí encontrados muestran que el  $\text{NO}_2$  no es un factor de riesgo que se vea significativamente potenciado durante los episodios de combustión, pero sí es un factor que se mantiene tanto en los días con intrusión de biomasa como sin intrusión de biomasa, lo que concuerda con otros estudios citados en esta monografía (Ruiz Páez et al., 2025a; Linares et al., 2025b).

La principal conclusión del estudio es que durante los episodios de combustión de biomasa los RR y RA asociados con la contaminación y la temperatura se ven intensificados en la mayor parte de las regiones analizadas. La intensificación de estos riesgos se observa para todas las causas y por causas específicas destacan las respiratorias.

Así mismo, las estimaciones de ingresos atribuibles indican que todos los posibles factores de riesgos considerados en este estudio, y no solo las PM, se asocian con los ingresos hospitalarios urgentes que se producen los días con advección de material particulado por combustión de biomasa. Además, se observa un incremento del impacto que tiene el  $\text{O}_3$  en estos días en relación a su contribución al comportamiento de los ingresos anuales que se atribuyen a la contaminación en España. El efecto de la temperatura en olas de calor es un orden de magnitud menor al de la contaminación atmosférica química.

En los artículos anteriormente citados el ámbito de estudio era todas las provincias españolas o una muestra representativa de ellas como el último descrito. Los trabajos que se muestran a continuación se centran en la Comunidad de Madrid y presentan la novedad frente a los ya presentados en que se introduce el ruido ambiental como nueva variable independiente. Se realizan en esta Comunidad porque la ciudad de Madrid tiene estaciones de medida de ruido ambiental en los mismos lugares que se mide la contaminación atmosférica química lo que permite tener series temporales diarias de ruido y, por tanto, establecer impactos en salud a corto plazo.

Según la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera (B.O.E., 2007) se define Contaminación atmosférica como "La presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza" por tanto el ruido ambiental como forma de contaminación física debe ser considerado como contaminación atmosférica y, además, porque hay diferentes estudios que indican que el ruido, a corto plazo, tiene importantes efectos en salud (Recio et al., 2016a), tanto en mortalidad (Tobías et al., 2014; Tobías et al., 2015; Recio et al., 2016b) como en ingresos hospitalarios (Tobías et al., 2001; Linares et al., 2006, Linares et al., 2017; Díaz et al., 2020).

Las investigaciones que se relacionan a continuación analizan el efecto sobre los ingresos hospitalarios urgentes, a corto plazo, de la contaminación atmosférica tanto química como acústica, de la temperatura en olas de calor y frío y de otras variables ambientales.

## 10. Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica química y acústica sobre los ingresos hospitalarios urgentes en Madrid y su valoración económica (Ruiz-Páez et al., 2023b)

El objetivo de este estudio es analizar el efecto que tiene la contaminación atmosférica química y acústica sobre los ingresos por todas las causas, también sobre los ingresos por causas circulatorias y respiratorias en la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018. El análisis se realiza también por diferentes grupos de edad (menores de 2 años; 2- 10 años; 11- 64 años; 65-79 años y mayores de 80 años).

Las variables independientes consistieron en la concentración promedio diaria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de los contaminantes químicos atmosféricos, así como los niveles de ruido promedios diarios (dB(A)), considerados como contaminación acústica. La contaminación atmosférica se midió con los niveles de material particulado menor de 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ), material particulado menor de 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ) suministrados por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico durante el periodo de 6 años del estudio. La contaminación acústica se registró como ruido diurno el registrado desde las 7am hasta las 11pm ( $L_{\text{Aeq},7-23\text{h}}$ ), ruido nocturno desde las 11pm hasta las 7am ( $L_{\text{Aeq},23-7\text{h}}$ ) y ruido durante todo el día ( $L_{\text{Aeq},24\text{h}}$ ). Los datos de los niveles de ruido se obtuvieron de la Red Fija de Control de la Contaminación Acústica del Ayuntamiento de Madrid y de la Red de Control de la Contaminación Acústica de AENA para el periodo del 1 de enero de 2014 al 31 de diciembre de 2018 (5 años).

Como variables de control se utilizaron las variables meteorológicas diarias de temperaturas máximas y mínimas ( $^{\circ}\text{C}$ ), número de horas de sol, viento (km/h), presión atmosférica (hPa) y humedad relativa (%). Los datos se obtuvieron del Observatorio de Madrid-Retiro (observatorio de referencia de la Comunidad de Madrid) y de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

La metodología es la descrita en el apartado 2 de esta monografía.

La relación funcional entre estas variables de contaminación acústica y las variables dependientes es lineal y sin umbral. Los retardos introducidos son hasta el retardo 5 según los estudios realizados previamente y que se han referenciado en la introducción a este artículo.

En la tabla 14 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables dependientes.

Variable	Media ingresos por año	Media	DS	Mínimo	Máximo
<b>Ingresos por todas las causas:</b>					
Total	349.099	956	169	537	1395
<2 años	20.574	56	20	12	140
2 a 10 años	12.481	34	11	6	68
11 a 64 años	152.655	418	67	221	573
65 a 79 años	72.373	198	45	83	355
80+ años	91.016	249	58	103	502
<b>Ingresos por causas respiratorias:</b>					
Total	67.825	186	77	48	554
<b>Ingresos por causas circulatorias:</b>					
Total	54.413	149	34	54	230

DS: desviación estándar.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos de las variables dependientes. Comunidad de Madrid 2013-2018.

En la tabla 15 aparecen los estadísticos descriptivos de las variables independientes.

El ozono utilizado en este estudio se refiere a los valores octohorarios de este contaminante y se introduce de forma cuadrática considerándose únicamente los valores con concentraciones superiores a  $147,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{O}_{3\text{octhigh}}$ ). Estas concentraciones superiores a este valor se dan muy pocos días al año.

Variable	Media	DS	Mínimo	Máximo
<b>Contaminación atmosférica:</b>				
PM <sub>2,5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	10,3	4,7	3,2	33,1
PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	19,0	9,7	2,9	85,7
NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30,7	14,5	5,8	90,9
O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	56,4	23,0	6,1	113,7
O <sub>3 oct</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	78,6	28,8	9,9	171,5
<b>Contaminación acústica:</b>				
Ruido diurno (dB(A))	55,8	2,5	41,7	62,1
Ruido nocturno (dB(A))	48	2,6	36,3	61,4
Ruido 24h (dB(A))	54,1	2,4	40,2	60,0
<b>Condiciones meteorológicas:</b>				
Humedad relativa (%)	59,7	16,3	19,0	95,2
Presión atmosférica (hPa)	940,7	6,0	911,8	962,6
T máx (°C)	21,1	9,1	2,8	40,0
T mín (°C)	11,1	6,8	-3,0	25,9
Viento (km/h)	6,4	3,0	0,0	18,7
Nº horas de sol al día	8,1	4,3	0,0	14,4

DS: desviación estándar.

**Tabla 15. Estadísticos descriptivos de las variables ambientales.**

Los resultados del análisis para todos los grupos de edad y por causas específicas indica que el NO<sub>2</sub> demostró tener un efecto significativo en los ingresos por causas naturales y respiratorias, mientras que el ozono octohorario se relacionó con los ingresos por causas naturales y circulatorias. Sin embargo, no se encontró ninguna asociación estadísticamente significativa para las PM para ningún tipo de ingreso. Por parte del ruido, se encontró una asociación significativa para los tres tipos de ingresos, siendo la más relevante la detectada en los ingresos por causas circulatorias para el ruido diurno.

Los riesgos relativos para cada uno de los contaminantes según los diferentes grupos de edad y para todas las causas de ingreso se muestran en la figura 15. En ella hay que destacar que el ruido de tráfico aparece relacionado en todas las edades excepto en el de menores de 2 años, mientras que en este grupo es el NO<sub>2</sub> y el ozono octohorario el que muestra asociación con los ingresos hospitalarios. Los altos valores de los RR de la figura 9 para el ozono probablemente estén relacionados con los pocos días en los que se supera el umbral establecido, lo que explica también el gran intervalo de confianza que aparece representado en la figura 15. Es decir, el ozono se relaciona de forma importante con los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo pero únicamente los días en los que se supera el umbral antes citado. Esto explica también los pocos casos atribuibles a este contaminante que se muestran en la tabla 12.

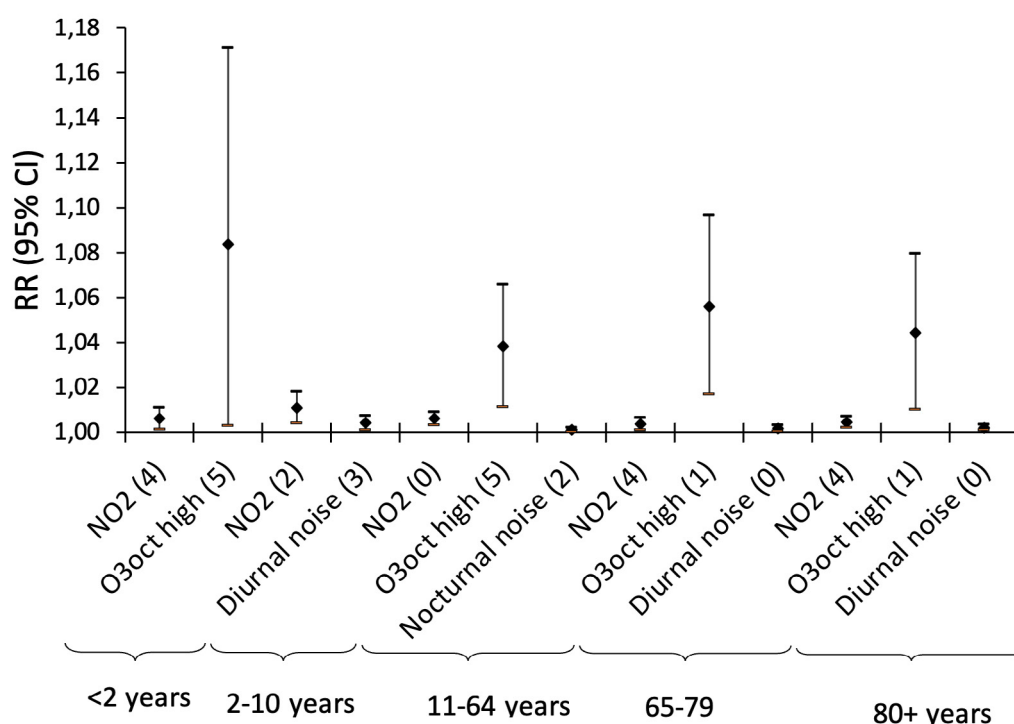


Figura 15. Riesgos relativos (RR) y Riesgos atribuibles (AR) con sus respectivos IC 95% de las variables independientes significativas en los ingresos por causas naturales. Incrementos por cada 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para los contaminantes atmosféricos. En el caso del ozono, incrementos por cada 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a partir del umbral de ozono octohorario de 147,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Entre paréntesis los lags.

En la tabla 15 se muestran los ingresos anuales a corto plazo atribuibles a los diferentes contaminantes tanto todas las causas como por las causas específicas tanto para todo el año como para aquellos días en los que se ha superado el valor guía 24h marcado por la OMS para cada uno de ellos.

	Media anual ingresos atribuibles (IC 95%)	Media anual ingresos al sobrepasarse el umbral OMS (IC 95%)	% ingresos atribuibles
<b>Ingresos por causas naturales:</b>			
NO <sub>2</sub> (lag 0)	5.191 (2966 - 7412)	1.503 (859 - 2146)	1,49%
NO <sub>2</sub> (lag 4)	3.055 (1614 - 4493)	885 (467 - 1301)	0,88%
O <sub>3</sub> oct high (lag 1)	31 (11 - 51)	31 (11 - 51)	0,01%
O <sub>3</sub> oct high (lag 7)	24 (4 - 44)	24 (4 - 44)	0,01%
Ruido diurno (lag 0)	5685 (2533 - 8835)	-	1,63%
<b>Ingresos por causas respiratorias:</b>			
NO <sub>2</sub> (lag 0)	1.427 (529 - 2321)	451 (167 - 734)	2,10%
NO <sub>2</sub> (lag 5)	1.301 (702 - 1898)	411 (222 - 600)	1,92%
Ruido diurno (lag 0)	1.987 (594 - 3378)	-	2,93%

	Media anual ingresos atribuibles (IC 95%)	Media anual ingresos al sobrepasarse el umbral OMS (IC 95%)	% ingresos atribuibles
<b>Ingresos por causas circulatorias:</b>			
O <sub>3</sub> oct high (lag 4)	13 (6 - 19)	13 (6 - 19)	0,02%
Ruido diurno (lag 0)	2.432 (1257 - 3605)	-	4,47%

**Tabla 15. Ingresos anuales a corto plazo atribuibles a cada contaminante. La media de ingresos por año si se sobrepasaba el umbral de la OMS se ha obtenido calculando el número de ingresos medio diario que tuvieron lugar los días en los que se superó el valor umbral diario recomendado por la OMS (O<sub>3</sub>: 100 µg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub>: 25 µg/m<sup>3</sup>).**

Cada año 8.246 (IC 95%: 4.580 – 11.905) ingresos por causas naturales son atribuibles a la totalidad de la exposición al NO<sub>2</sub>, lo que equivale al 2,4% de los ingresos. Estos ingresos suponen casi 120 millones de euros de gasto hospitalario al año. Además, si se hubieran cumplido los umbrales establecidos por la OMS se podrían haber evitado 2.388 (IC 95%: 1326 - 3447) ingresos anuales por causas naturales atribuidos a la exposición al NO<sub>2</sub>. Para las causas respiratorias, al NO<sub>2</sub> se le atribuyeron 2.728 (IC 95%: 1.231 – 4.219) ingresos anuales, correspondientes al 4% de los ingresos. Tomando los valores guía de la OMS, de estos ingresos se podían haber evitado 862 (IC 95%: 389 - 1334) ingresos anuales.

El segundo contaminante con mayor número de ingresos atribuibles es el ruido. Cada año 5.685 (IC 95%: 2533 – 8835) ingresos por causas naturales son atribuibles a la exposición a la contaminación acústica de ese mismo día, lo que supone el 1,6% de los ingresos. Estos ingresos equivalen a más de 82 millones de euros de gasto hospitalario al año. El efecto del ruido es aún mayor en los ingresos por causas respiratorias y circulatorias, donde respectivamente el 2,9% y el 4,47% de estos ingresos se atribuyen a la exposición acústica de ese mismo día.

Este estudio pone de manifiesto que el efecto de la contaminación varía según la edad de la población, siendo más vulnerables los niños y los ancianos, por lo que el análisis desagregado por grupos etarios aporta una valiosa información. En este trabajo se encontró que la edad con mayor riesgo de ingreso hospitalario a causa de la contaminación era el grupo de menores de 2 años para el ozono octohorario en lag 5 con un RR de 1,084 (IC 95%: 1,003 – 1,171), seguido de los de 65 a 79 años para el mismo contaminante con un RR de 1,056 (IC 95%: 1,017 – 1,097). Hay que tener en cuenta que la parametrización realizada para el ozono tiene el objetivo de analizar únicamente su impacto para concentraciones muy elevadas de ozono que se dan muy pocos días (0,3% de los días de toda la serie) lo que explica los altos RR encontrados para este contaminante. Además, el escaso número de ingresos que se producen en el grupo de menores de 2 años hace que los RR obtenidos sean más elevados que en otros grupos de edad. A pesar de ello, un estudio de Texas también describió el importante efecto que tiene la contaminación en los niños, describiendo que los niños de 5 a 14 años tenían mayor riesgo de ingreso hospitalario por asma respecto a la población más mayor a los 4 días de exposición de ozono octohorario, con un RR de 1,047 (IC 95%: 1,025 – 1,069) (Zu et al., 2017).

El efecto de las concentraciones de NO<sub>2</sub> se representa en todos los grupos etarios con una asociación más leve en cuanto a RR, pero con un mayor impacto sobre los ingresos hospitalarios en total, siendo el contaminante químico al que más ingresos hospitalarios se le atribuyen. Un estudio realizado en China

encontró una asociación estadísticamente significativa para el NO<sub>2</sub> en lag 5 y los ingresos hospitalarios por neumonía en menores de 15 años, siendo el efecto mayor en los menores de 1 año (Li et al., 2018).

Además de la contaminación atmosférica de tipo químico, la contaminación acústica tiene igualmente un papel relevante en la salud. Su efecto sobre los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo se evidencia en que nuestro estudio ha encontrado una asociación estadísticamente significativa entre el ruido diurno y todos los tipos de ingresos y para todos los rangos etarios excepto en los menores de 2 años, con los que se contaba con menor número. Además, es el contaminante al que se le relaciona mayor proporción de ingresos atribuibles, por encima del NO<sub>2</sub>, el ozono y las PM, con una atribución de hasta un 4,5% de los ingresos por causa circulatoria. Estos hallazgos coinciden con los descritos por otros autores, como Halonen et al., que describe que el ruido diurno aumenta el riesgo de ingreso por enfermedad cardiovascular en los adultos y el ruido nocturno es el responsable del mismo efecto en los ancianos (Halonen et al., 2015). Como se ha comentado previamente, los niños y los ancianos son más vulnerables al efecto del ruido que el resto de la población. Un estudio previo en Madrid realizado en menores de 10 años describió un RR de 1,02 (IC 95%: 1,01 – 1,04) para los ingresos por causas naturales y un RR de 1,05 (IC 95%: 1,01 – 1,08) para los ingresos por causas respiratorias (Linares et al., 2006). En nuestro estudio también se halló que los niños y ancianos contaban con RA más elevados respecto a los adultos, con un RR en el caso de los niños de 2 a 10 años de 1,004 (IC 95%: 1,001 – 1,007) y un RR para los mayores de 80 años de 1,002 (IC 95%: 1,001 – 1,003). Estudios más recientes realizados en Madrid han encontrado una asociación entre la exposición al ruido y los ingresos por suicidio y ansiedad (Díaz et al., 2020) y en los ingresos por exacerbaciones de los síntomas de demencia (Linares et al., 2017).

Son también destacables otros estudios realizados en Madrid en los que se relaciona el ruido de tráfico con la morbimortalidad por causas circulatorias y respiratorias (Tobías et al., 2015; Recio et al., 2017). El origen común en el tráfico rodado en una proporción muy elevada de la contaminación por NO<sub>2</sub> y el ruido hacen que sean los vehículos la principal causa de ingreso hospitalario por causas circulatorias y respiratorias en Madrid (Navares et al., 2020). Esto pone de manifiesto que el ruido es un contaminante con efectos en la salud similares al resto de contaminantes químicos, al menos en lo relativo al corto plazo. Sin embargo, la investigación sobre este contaminante es escasa, siendo necesarios más estudios para seguir evaluando el efecto del ruido en la salud.

## **11. Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica química y acústica en olas de calor y frío sobre los ingresos hospitalarios urgentes en Madrid, análisis según causas específicas y grupos de edad (Ruiz-Páez et al., 2025b).**

El objetivo de este estudio es evaluar el impacto combinado de la contaminación atmosférica química y acústica en los ingresos hospitalarios durante los meses de calor y frío, diferenciando por grupos de edad. El ámbito de estudio es la Comunidad de Madrid y el periodo temporal es 2013-2018. Presenta la novedad en relación al anterior artículo en que el análisis se hace no para todo el año, sino solo para los meses de verano e invierno, analizando el impacto de las olas de calor y frío. Para el grupo de los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo, además de las causas circulatorias se consideran el accidente cerebrovascular agudo (ACVA), el Infarto agudo de miocardio (IM) y la enfermedad isquémica del corazón. En los ingresos por causas respiratorias, se analizan las infecciones respiratorias agudas de tracto superior (IRAS), asma y neumonía. También se consideran en este estudio enfermedades neurológicas como Parkinson, demencia, Alzheimer y

esclerosis múltiple. Las variables independientes fueron las concentraciones medias diarias de  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ , ozono troposférico, ruido y temperaturas máximas y mínimas. Se diferenció por meses de verano (junio-septiembre) e invierno (noviembre a marzo) y por grupos de edad ( $\geq 65$  años en todos los ingresos y  $\leq 14$  años en los ingresos respiratorios).

En este caso la temperatura de definición de ola de calor corresponde a una temperatura máxima diaria de  $34^\circ C$ ; la temperatura de definición de ola de frío a una temperatura mínima diaria de  $1,9^\circ C$  según los datos obtenidos del Observatorio de Madrid-Retiro. En este caso se trabajó con concentraciones medias diarias de ozono. La relación funcional de este contaminante con los ingresos hospitalarios urgentes por todas las causas resultó ser cuadrática con una concentración umbral de  $107,5 \mu g/m^3$ .

La tabla 15 recoge los estadísticos descriptivos de las variables dependientes por meses cálidos y fríos y por grupos de edad.

	Toda la serie		Estaciones				Grupos de edad			
	X $\pm$ SD	Min/ Max	Meses cálidos		Meses fríos		$\geq 65$ años		$\leq 14$ años	
X $\pm$ SD			Min/ Max	X $\pm$ SD	Min/Max	X $\pm$ SD	Min/ Max	X $\pm$ SD	Min/ Max	
<b>Todas las causas respiratorias</b>	185,7 $\pm$ 77,4	48 / 554	127,5 $\pm$ 40,6	48 / 239	249,7 $\pm$ 69	120 / 554	115,5 $\pm$ 51,3	30 / 381	33,8 $\pm$ 23	0 / 134
<b>IRAS</b>	5,5 $\pm$ 2,7	0 / 16	4,9 $\pm$ 2,7	0 / 16	6,1 $\pm$ 2,6	0 / 16	0,7 $\pm$ 0,9	0 / 6	3,2 $\pm$ 2,1	0 / 12
<b>Asma</b>	10 $\pm$ 5,3	0 / 30	7,2 $\pm$ 5,1	0 / 29	12,5 $\pm$ 4,7	2 / 30	3,8 $\pm$ 2,9	0 / 19	3 $\pm$ 2,5	0 / 15
<b>Neumonía</b>	6 $\pm$ 3,4	0 / 26	4,3 $\pm$ 2,5	0 / 16	7,8 $\pm$ 3,6	0 / 26	4 $\pm$ 2,6	0 / 21	0,4 $\pm$ 0,7	0 / 4
<b>Todas las causas circulatorias</b>	149 $\pm$ 33,7	54 / 230	135 $\pm$ 30,6	54 / 207	160,2 $\pm$ 32,5	82 / 230	115,4 $\pm$ 26,9	36 / 181		
<b>Enfermedad isquémica</b>	0,3 $\pm$ 0,6	0 / 4	0,4 $\pm$ 0,6	0 / 4	0,3 $\pm$ 0,6	0 / 4	0,3 $\pm$ 0,5	0 / 3		
<b>Infarto agudo miocardio</b>	14 $\pm$ 4,2	1 / 31	12,5 $\pm$ 3,9	1 / 28	15,2 $\pm$ 4	4 / 31	8,1 $\pm$ 3,2	0 / 20		
<b>ACVA</b>	23,2 $\pm$ 5,7	4 / 43	21,7 $\pm$ 5,7	7 / 43	24,3 $\pm$ 5,4	4 / 43	18,1 $\pm$ 4,9	4 / 37		
<b>Parkinson</b>	0,3 $\pm$ 0,5	0 / 4	0,3 $\pm$ 0,5	0 / 3	0,3 $\pm$ 0,6	0 / 4	0,2 $\pm$ 0,5	0 / 4		
<b>Demencia</b>	0,5 $\pm$ 0,7	0 / 4	0,5 $\pm$ 0,7	0 / 4	0,5 $\pm$ 0,7	0 / 4	0,5 $\pm$ 0,7	0 / 4		
<b>Alzheimer</b>	0,5 $\pm$ 0,7	0 / 4	0,5 $\pm$ 0,8	0 / 4	0,5 $\pm$ 0,7	0 / 4	0,5 $\pm$ 0,7	0 / 4		
<b>Esclerosis múltiple</b>	0,5 $\pm$ 0,7	0 / 5	0,5 $\pm$ 0,7	0 / 4	0,4 $\pm$ 0,7	0 / 4	0 $\pm$ 0,2	0 / 1		

IRAS, Infección respiratoria tracto superior, ACVA: Accidente cerebro vascular agudo, DS: desviación estándar, X: Media, SD: Desviación Estándar, Meses cálidos: del 1 Mayo al 30 de Septiembre 30, Meses fríos: Del 1 Noviembre al 31 de Marzo,

**Tabla 15. Estadísticos descriptivos de las variables dependientes según meses cálidos y fríos y grupos de edad.**

En la tabla 16 se muestran los riesgos relativos (RR) y los riesgos atribuibles (RA) para todas las causas analizadas para los meses de invierno y verano.

	Meses cálidos		Meses fríos		
	RR (95% CI)	RA (95% CI)		RR (95% CI)	RA (95% CI)
<b>Causas respiratorias</b>					
NO <sub>2</sub> (3)	1,01 (1,00 - 1,02)	0,94 (0,10 - 1,77)	Leqd (0)	1,00 (1,00 - 1,01)	0,42 (0,19 - 0,65)
O <sub>3</sub> (1)	1,25 (1,04 - 1,51)	20,13 (3,96 - 33,57)	Tcold (3)	1,02 (1,01 - 1,03)	1,88 (1,25 - 2,50)
Theat (2)	1,01 (1,00 - 1,03)	1,27 (0,06 - 2,46)	Tcold (5)	1,02 (1,01 - 1,02)	1,62 (1,01 - 2,22)
			Tcold (12)	1,02 (1,01 - 1,02)	1,72 (1,13 - 2,32)
<b>IRAS</b>					
NO <sub>2</sub> (3)	1,05 (1,02 - 1,09)	5,19 (1,61 - 8,63)	Leqn (4)	1,01 (1,00 - 1,03)	1,41 (0,07 - 2,72)
<b>Astma</b>					
O <sub>3</sub> (7)	3,15 (1,36 - 7,31)	68,29 (26,55 - 86,31)	NO <sub>2</sub> (4)	1,02 (1,01 - 1,04)	2,34 (1,04 - 3,62)
			Tcold (5)	1,03 (1,00 - 1,05)	2,67 (0,26 - 5,02)
<b>Neumonía</b>					
NO <sub>2</sub> (5)	1,05 (1,01 - 1,09)	4,39 (0,53 - 8,10)	Leqn (1)	1,02 (1,00 - 1,03)	1,59 (0,36 - 2,80)
			Leqn (5)	1,01 (1,00 - 1,03)	1,42 (0,22 - 2,61)
			Tcold (5)	1,06 (1,02 - 1,09)	5,35 (2,20 - 8,39)
<b>Causas circulatorias</b>					
O <sub>3</sub> (2)	1,20 (1,01 - 1,43)	16,59 (0,61 - 30,00)	Leqd (0)	1,00 (1,00 - 1,01)	0,41 (0,13 - 0,69)
O <sub>3</sub> (8)	1,25 (1,05 - 1,49)	19,92 (4,55 - 32,81)	Tcold (4)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,24 (0,45 - 2,01)
<b>Enfermedad Isquémica</b>					
Leq24 (3)	1,08 (1,01 - 1,15)	7,06 (0,97 - 12,77)	Tcold (5)	1,15 (1,01 - 1,30)	12,91 (1,12 - 23,30)
<b>Infarto miocardio</b>					
O <sub>3</sub> (1)	1,81 (1,06 - 3,09)	44,71 (5,67 - 67,59)	Leq24 (0)	1,01 (1,00 - 1,02)	0,96 (0,05 - 1,86)
O <sub>3</sub> (8)	1,93 (1,13 - 3,29)	48,20 (11,84 - 69,57)	Tcold (7)	1,03 (1,00 - 1,05)	2,68 (0,23 - 5,06)
Leqd (0)	1,01 (1,00 - 1,03)	1,43 (0,35 - 2,49)			
<b>ACVA</b>					
O <sub>3</sub> (1)	1,80 (1,20 - 2,69)	44,37 (16,83 - 62,80)	Leqd (0)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,01 (0,30 - 1,72)
Leq24 (3)	1,01 (1,00 - 1,02)	0,89 (0,08 - 1,70)			
<b>Parkinson</b>					
Leqd (1)	1,08 (1,02 - 1,16)	7,77 (1,72 - 13,45)	Leqd (3)	1,08 (1,01 - 1,16)	7,74 (1,35 - 13,72)
Theat (3)	1,29 (1,09 - 1,54)	22,73 (8,26 - 34,92)	Tcold (8)	1,21 (1,04 - 1,42)	17,66 (3,74 - 29,56)

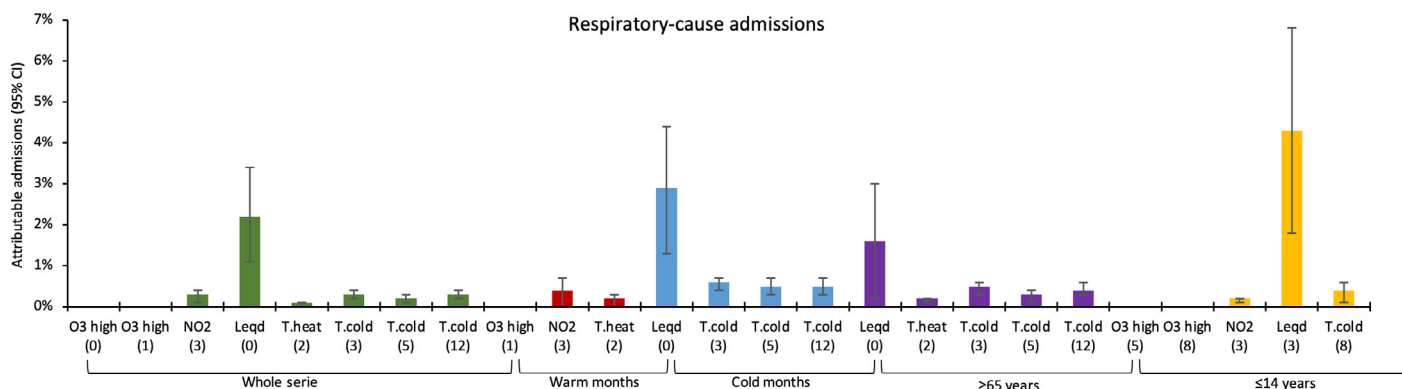
	Meses cálidos		Meses fríos		
	RR (95% CI)	RA (95% CI)		RR (95% CI)	RA (95% CI)
<b>Demencia</b>					
PM <sub>2,5</sub> (3)	1,31 (1,03 - 1,68)	23,76 (2,59 - 40,33)	Leqd (0)	1,07 (1,01 - 1,12)	6,16 (1,40 - 10,70)
Leqn (1)	1,08 (1,03 - 1,15)	7,79 (2,50 - 12,79)			
<b>Alzheimer</b>					
PM <sub>10</sub> (0)	1,12 (1,03 - 1,23)	10,84 (2,57 - 18,41)			
Theat (3)	1,17 (1,03 - 1,34)	14,72 (2,66 - 25,29)			
<b>Esclerosis múltiple</b>					
O <sub>3</sub> (2)	6,85 (1,03 - 45,66)	85,41 (2,74 - 97,81)	Tcold (6)	1,13 (1,00 - 1,26)	11,15 (0,38 - 20,76)
Leqd (5)	1,05 (1,00 - 1,11)	5,15 (0,26 - 9,80)			
Riesgos relativos (RRs) y riesgos atribuibles (RAs) con sus intervalos de confianza al 95%, Aumentos de 10 µg/m <sup>3</sup> , sobre el umbral del ozono establecido en 107,5 µg/m <sup>3</sup> , Entre paréntesis los lags., IRAS: Infección respiratoria tracto superior., ACVA: Accidente cerebrovascular agudo Leqd: LAeq,7-23h, Leqn: LAeq,23-7h, Leq24: LAeq,24h,					

**Tabla 16. Riesgos relativos (RR) y riesgos atribuibles (RA) para todas las causas analizadas para los meses de invierno y verano.**

En las tablas S6 y S7 del material suplementario se muestra la información de la tabla 16, según grupos de edad.

A partir de estos riesgos atribuibles y siguiendo la metodología descrita se calcularon los casos atribuibles y el porcentaje de casos atribuibles calculados sobre el total de ingresos que se producen por esa causa de ingreso en Madrid.

En la figura 15 se muestran estos porcentajes de ingresos atribuibles para las causas respiratorias y grupos de edad, mientras que en la figura 16 los resultados mostrados se refieren a las causas circulatorias y en la figura 17 a las neurodegenerativas.



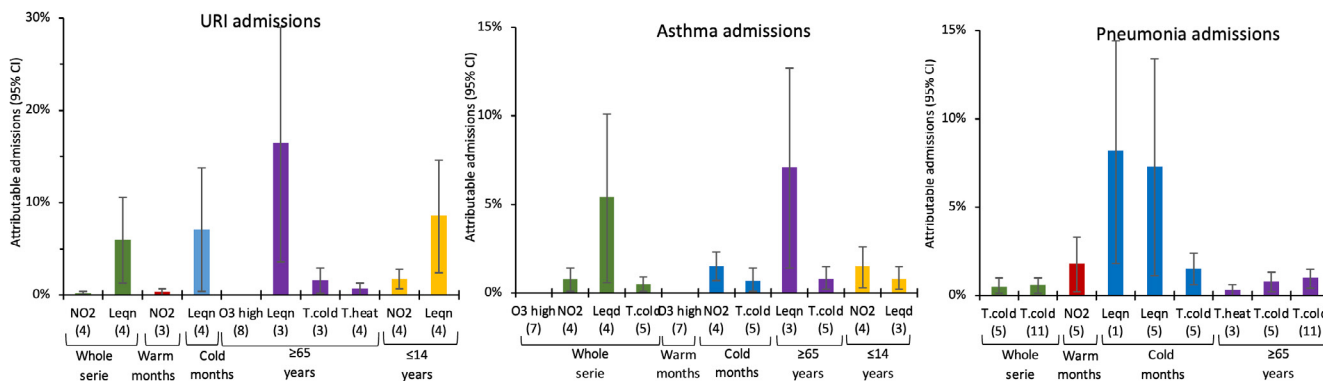


Figure 15. Percentage of attributable admissions with their respective 95% CIs for the significant independent variables in respiratory-cause admissions. Increases for every  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  above the 8-h ozone threshold of  $107,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Lags shown in brackets. Leqd:  $L_{\text{Aeq},7-23\text{h}}$ , Leqn:  $L_{\text{Aeq},23-7\text{h}}$ , Leq24:  $L_{\text{Aeq},24\text{h}}$ . URIs: Acute upper respiratory tract infections.

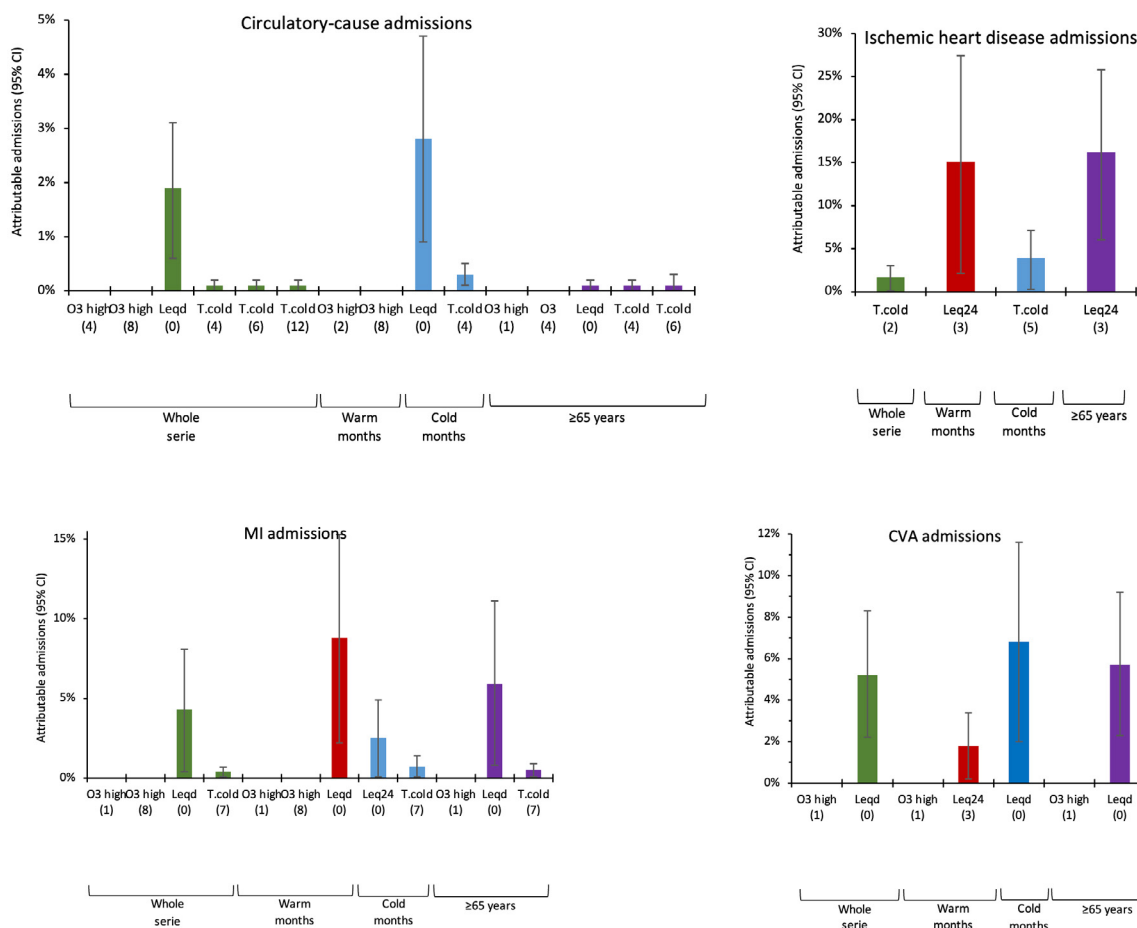
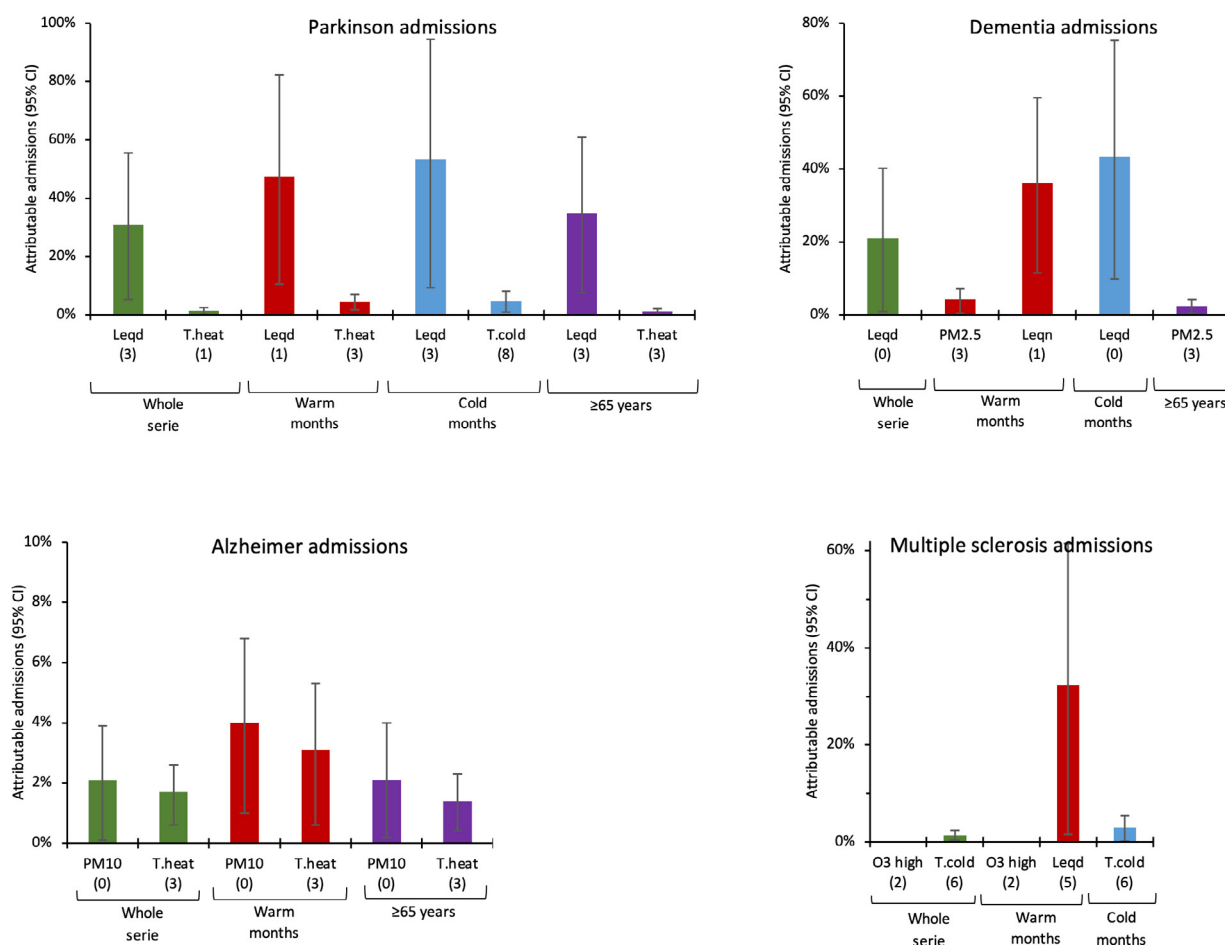


Figure 16. Percentage of attributable admissions with their respective 95% CIs for the significant independent variables in circulatory-cause admissions. Increases for every  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  above the 8-h ozone threshold of  $107,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Lags shown in brackets. Leqd:  $L_{\text{Aeq},7-23\text{h}}$ , Leqn:  $L_{\text{Aeq},23-7\text{h}}$ , Leq24:  $L_{\text{Aeq},24\text{h}}$ . MI: Acute myocardial infarction. ACVA: Acute cerebrovascular accident.



**Figura 17. Percentage of attributable admissions with their respective 95% CIs for the significant independent variables in neurological-cause admissions. Increases for every 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  above the 8-h ozone threshold of 107,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Lags shown in brackets. Leqd:  $L_{Aeq,7-23h}$ , Leqn:  $L_{Aeq,23-7h}$ , Leq24:  $L_{Aeq,24h}$ .**

En resumen, durante los meses de calor se encontró mayor asociación entre: ozono e ingresos por causas respiratorias, circulatorias y neurológicas;  $\text{NO}_2$  e ingresos respiratorios, IRAS y neumonía; PM e ingresos por demencia y Alzheimer. El calor tuvo mayor efecto en los ingresos por Parkinson y Alzheimer. Durante los meses de frío no se encontró ninguna asociación con ningún contaminante atmosférico químico, salvo el  $\text{NO}_2$  con ingresos por asma. Al frío, predominantemente se le atribuyeron ingresos por enfermedad isquémica del corazón, Parkinson y esclerosis múltiple. En los  $\geq 65$  años las PM, el ruido, el frío y el calor tuvieron los mayores impactos. En los  $\leq 14$  años fue el ruido,  $\text{NO}_2$  y el frío. El ruido fue el contaminante al que se le atribuyeron mayor proporción de ingresos.

En nuestro trabajo, durante los meses de verano, destaca el efecto de las concentraciones de ozono de manera global, de las concentraciones de  $\text{NO}_2$  en los ingresos respiratorios y de las concentraciones de PM en los ingresos neurológicos. Sin embargo, los ingresos atribuibles al ozono son inferiores al 0,05% pese a los elevados RA, probablemente debido al elevado valor umbral utilizado para realizar el ajuste de los datos del ozono, el cual únicamente se supera en el 0,3% de los días de la serie. En relación con el impacto de las

concentraciones de PM en los ingresos por causas neurológicas, una revisión bibliográfica sobre los efectos de la contaminación en el sistema nervioso central señaló un aumento en el riesgo de recaída de esclerosis múltiple tras la exposición a ozono durante la estación cálida, así como un incremento del impacto del NO<sub>2</sub> y PM10 durante la estación fría (Alhussaini et al., 2023; Vojinović et al., 2015). Es importante señalar que, a pesar de la amplia documentación sobre los impactos del ozono, el NO<sub>2</sub> y las PM en la salud, existe una notable heterogeneidad en los resultados al explorar si las temperaturas elevadas influyen en dichas asociaciones. Esta variabilidad se puede atribuir a la diversidad de las definiciones de temperaturas elevadas utilizadas (Conti et al., 2022) y al distinto grado de adaptación de la población a las condiciones de calor (Navas-Martín et al., 2024).

Durante los meses de invierno no se encontró asociación estadísticamente significativa de ningún contaminante atmosférico químico con los ingresos hospitalarios, salvo para el caso del NO<sub>2</sub> en los ingresos por asma. El resto de contaminantes químicos no mostraron significación estadística, en consonancia con los resultados de dos metaanálisis realizados sobre el efecto de la polución y las bajas temperaturas en los ingresos por enfermedades respiratorias (Areal et al., 2022) y cardiovasculares (Wu et al., 2022). Al impacto de las olas de frío en los meses invernales, se le atribuyen entre el 3% y el 5% de los ingresos por enfermedad isquémica del corazón, esclerosis múltiple y Parkinson. Una revisión de revisiones identificó una asociación entre el frío y la morbilidad cardiovascular, pero no evidenció efectos relacionados con patologías respiratorias ni exploró la patología neurológica (Song et al., 2017). En cuanto al calor, nuestro estudio revela un aumento en el riesgo de ingreso por causas respiratorias y, especialmente, en el riesgo de ingreso por Parkinson y Alzheimer durante los meses de verano y en la población mayor de 65 años. Estos hallazgos concuerdan con investigaciones previas realizadas en Madrid (Culqui et al., 2017; Linares et al., 2016; Linares et al., 2017). Es importante destacar que el calor no afecta a la población menor de 14 años, conforme a lo descrito anteriormente (Díaz et al., 2015) en relación a los ingresos urgentes a corto plazo aquí analizados.

Dado que la contaminación atmosférica afecta especialmente a la población vulnerable, en nuestro estudio analizamos el efecto en los mayores de 65 años. Los datos sobre población anciana de dos estudios realizados en Italia y China coinciden en que las PM están asociadas a mayores riesgos de hospitalización por patología respiratoria (Renzi et al., 2022). Estos hallazgos son similares a los resultados obtenidos en nuestra investigación.

Cada vez hay más evidencia sobre los efectos adversos que la contaminación atmosférica tiene en la salud infantil. Una revisión narrativa centrada en los impactos de la contaminación revela asociaciones con diversas patologías pediátricas, incluyendo enfermedades respiratorias, alérgicas y neuroendocrinas entre otras (Lin et al., 2023). En nuestro trabajo, al analizar el efecto de la contaminación en las enfermedades respiratorias se encontró que a las concentraciones de NO<sub>2</sub> se le atribuían el 2% de los ingresos por IRA y asma. En cambio, no se identificó una asociación estadísticamente significativa con las concentraciones de PM, a pesar de que un reciente metaanálisis sobre la relación entre las PM y las infecciones respiratorias del tracto superior encontró una asociación significativa (Ziou et al., 2022). Otro estudio realizado en China encontró una asociación significativa entre las PM y NO<sub>2</sub> y los ingresos por infecciones respiratorias del tracto inferior (Zhang et al., 2023).

En el grupo de mayores de 65 años, se observa que el frío, el calor, el ruido y el ozono (solo en el caso de las IRATs) incrementan el riesgo de ingreso hospitalario, posiblemente debido a la exacerbación de patologías preexistentes (Meade et al., 2020). En contraste, en el grupo de menores de 14 años, el NO<sub>2</sub> emerge como un contaminante con un riesgo relativo significativo. Esta asociación podría atribuirse no solo al agravamiento de patologías respiratorias en la edad pediátrica, sino también a un efecto irritativo directo

de los contaminantes en las vías respiratorias, así como a una mayor exposición a la contaminación, dado que los niños pasan más tiempo al aire libre y se encuentran más cerca del suelo, donde se concentran en mayor medida los contaminantes (WHO, 2018). Es crucial destacar que la exposición a la contaminación durante la infancia puede condicionar el desarrollo de patología respiratoria en la edad adulta (Mocelin et al., 2022). Por consiguiente, es de suma importancia incorporar recomendaciones dirigidas a proteger a la población infantil en los planes de prevención de la contaminación.

Un resultado notable de nuestro estudio es el considerable porcentaje de ingresos atribuibles a los niveles de ruido en ambos grupos etarios. Destaca de manera particular el elevado porcentaje atribuible a la contaminación acústica en los ingresos por demencia y Parkinson. Probablemente estos altos RR estén relacionados con el escaso número de casos de la enfermedad, aunque la existencia de asociación podría indicar la existencia de un mecanismo biológico (Culqui et al., 2018). En una revisión sistemática sobre la influencia del ruido en la salud, en los resultados relacionados con la demencia se concluyó que existe una evidencia limitada acerca del impacto del ruido del tráfico (Clark et al., 2020).

## 12. Impacto a corto plazo del ruido y otros factores ambientales sobre los ingresos hospitalarios urgentes por trastorno mental en la Comunidad de Madrid (Gómez-González et al., 2023),

Este estudio tiene por objetivo analizar el impacto de diversos factores ambientales sobre los ingresos hospitalarios urgentes a nivel diario y a corto plazo por trastorno mental en la Comunidad de Madrid en el periodo 2013-2018. Entre estas variables ambientales de nuevo se incluye el ruido de tráfico.

La variable dependiente en ese caso fueron los ingresos hospitalarios no programados diarios por trastorno mental registrados en la Comunidad de Madrid del 1 de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2018, según la Clasificación Internacional de Enfermedades, 9ª y 10ª edición (CIE-9-MC-MC y CIE-10-ES-ES). Se consideraron para el análisis los ingresos por todas las causas relacionadas con la salud mental (CIE-9-MC: 290-319 y E950-959; CIE-10-ES:F00-F99 y X71-X83 y T14.91). Las causas mencionadas en el párrafo anterior se desagregaron por sexo (hombres – mujeres).

Los estadísticos descriptivos de la variable dependiente son los que se muestran en la tabla 17.

Variable	Media	SD	Min	Max
Ingresos totales salud mental	30,68	9,45	7	61
Ingresos en mujeres	15,99	5,84	2	34
Ingresos en hombres	14,69	5,14	2	36

SD: desviación estándar, Min: mínimo, Max: máximo,

### Tabla 17. Ingresos hospitalarios por trastornos mentales en la Comunidad de Madrid, según sexos.

El proceso de modelización Poisson con la metodología descrita permitió calcular los RR y los RA entre las variables dependientes y las independientes.

En la tabla 18 se muestran las variables ambientales que muestran asociación con los ingresos por enfermedades mentales, así como sus riesgos relativos y sus riesgos atribuibles.

Ingresos totales							
	Lag	RR	IC 95% RR		RA	IC 95% RA	
<b>Horas de luz*</b>	4	1,004	1,001	1,007	0,398	0,093	0,704
<b>Velocidad viento</b>	1	1,0033	1,0007	1,0059	0,3321	0,0748	0,5887
<b>Ruido diurno</b>	0	1,0033	1	1,0066	0,3270	0,0010	0,6520
Ingresos mujeres							
	Lag	RR	IC 95% RR		RA	IC 95% RA	
<b>Tendencia presión</b>	12	1,004	1,001	1,006	0,354	0,065	0,641
<b>Horas de luz*</b>	0 y 5**	1,007	1,003	1,012	0,740	0,313	1,166
<b>Velocidad viento</b>	1	1,005	1,001	1,008	0,464	0,105	0,822
<b>Ruido diurno</b>	0	1,005	1,0004	1,01	0,498	0,04	0,954
Ingresos hombres							
	Lag	RR	IC 95% RR		RA	IC 95% RA	
<b>Horas de luz*</b>	4	1,006	1,0014	1,0103	0,579	0,136	1,02
<b>Velocidad viento</b>	13	1,0063	1,0027	1,01	0,6308	0,2669	0,9933

Lag: retardo, RR: riesgo relativo, IC: intervalo de confianza, RA riesgo atribuible \* En el caso de las horas de luz la interpretación es que a menos horas de luz más ingresos, \*\*Cuando han resultado significativos más de un lag para una misma variable independiente, se calcula el RR conjunto de los lags significativos,

**Tabla 18. variables ambientales que muestran asociación con los ingresos por enfermedades mentales, así como sus riesgos relativos y sus riesgos atribuibles.**

A partir de los riesgos atribuibles con la metodología descrita se calcularon el número de casos atribuibles tanto para ambos sexos como para mujeres. Para el caso de los hombres no hubo asociación con el ruido de tráfico, Los resultados se muestran en la tabla 19.

	Lag	Nº medio de ingresos por causas de salud mental por año
<b>Ruido diurno umbral*</b>	0	745 (283 - 1207)
		<b>Nº medio de ingresos por causas de salud mental por año (mujeres)</b>
<b>Ruido diurno umbral*</b>	1	437 (147 - 584)
		<b>Nº medio de ingresos por causas de salud mental por año (hombres)</b>
<b>Ruido diurno umbral*</b>		Sin asociación significativa

Lag: retardo, \*Ruido diurno umbral se refiere al nivel de ruido restando el valor mínimo de ruido registrado de 48,1 dB(A).

**Tabla 19. Ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo anuales atribuibles al ruido de tráfico por causas mentales.**

Los resultados de nuestro estudio muestran asociación estadísticamente significativa entre el nivel sonoro, las horas de luz, la velocidad del viento y los ingresos hospitalarios urgentes por causas mentales, variando algo esta asociación entre hombres y mujeres. Sin embargo, no hay asociación con la contaminación atmosférica química. Esto va en la línea de otras investigaciones que apuntan a que el ruido tiene un mayor impacto en la salud que la contaminación atmosférica (Recio et al., 2017). Una revisión sistemática publicada recientemente también apoya estos resultados, encontrándose relación entre el ruido y trastornos como la depresión y ansiedad (Hegewald et al., 2020) y otra investigación realizada en Madrid en la que se analizaban los efectos del ruido del tráfico y otros factores ambientales con los ingresos hospitalarios de urgencia por suicidio, depresión y ansiedad se encontró relación entre los ingresos urgentes por estas patologías y el ruido, no encontrándose sin embargo asociación con contaminantes ambientales químicos (Díaz et al., 2020). Desagregando por sexo, el nivel de ruido se relacionó con la variable dependiente en el caso de las mujeres, no así en el caso de los hombres. Hay estudios que sugieren una mayor sensibilidad al ruido en las mujeres (Schreckenberget al., 2020; Hammersen et al., 2016). En relación al mecanismo biológico por el cual el ruido afecta a la salud mental hay diversas teorías. El ruido podría provocar anomalías en la respuesta al estrés en el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HPA) y en la neurotransmisión de serotonina (Thomson EM, 2019) y activaría vías inflamatorias y de estrés oxidativo (Hahad et al., 2020).

En cuanto a la insolación se ha descrito que la mayor exposición a la luz solar se relaciona con menor número de días con trastorno mental (Ha et al., 2021) y las variaciones en la luz solar se han correlacionado con la prescripción de antidepresivos (Lansdall-Welfare et al., 2019). El "Diagnostic and statistical manual of mental disorders" en su V edición (DSM, 2013), incluye entre sus diagnósticos el trastorno afectivo estacional que se define como la presencia de episodios depresivos recurrentes en una época del año (usualmente otoño e invierno) (Rosenthal et al., 1984). Entre los mecanismos implicados en su fisiopatología se encuentra la alteración del ritmo circadiano (Desan et al., 2001), un anormal metabolismo de la melatonina y la disminución de la secreción de neurotransmisores como la serotonina (Carlsson et al 1980). Por tanto, menos horas de luz podrían relacionarse, como se obtiene en nuestro estudio, con una mayor incidencia en los ingresos hospitalarios urgentes por enfermedades mentales.

Por otro lado, la velocidad del viento resultó actuar como factor de riesgo. Hay estudios que correlacionan la dirección del viento con la patología mental (Bos et al., 2012). También hay investigaciones que correlacionan el viento con la sensación térmica de frío, llamada "wind chill" (Shitzer A, 2006) y el frío se ha asociado a empeoramiento de la patología mental y aumento de los ingresos por esquizofrenia (Sung et al., 2011; Pan et al., 2019) o ansiedad (Li et al., 2022).

En conclusión, se puede decir que el ruido es una variable relacionada con los ingresos hospitalarios por trastornos mentales en general para todos los grupos de edad y para mujeres de manera independiente en Madrid. El porcentaje de ingresos por año atribuibles a esta variable supone un 4,72% del total. Las escasas horas de luz y la velocidad del viento han resultado igualmente significativas pudiendo interpretarse este hallazgo como indicador del efecto de la sensación térmica de frío.

Los resultados de este estudio pueden servir de base para la elaboración de recomendaciones y planes de salud que consideren estas variables como factores de riesgo para la salud mental; sobre todo para el caso del ruido, ya que la contaminación acústica depende fundamentalmente de las actividades antropogénicas en zonas altamente urbanizadas y con elevada densidad de tráfico y por tanto puede ser potencialmente modificable mediante la implementación de normativas y políticas basadas en la evidencia científica. Si bien hay variables sobre las que no se puede intervenir como son las horas de luz o la velocidad del viento. La investigación en el campo de salud mental debe evolucionar y considerar los cambios que se producen en la sociedad y el medio ambiente.

### **13. Efecto a corto plazo de las altas temperaturas, las horas de luz y la contaminación química sobre los ingresos hospitalarios diarios urgentes por causas endocrinas y metabólicas en la Comunidad de Madrid, España (2013- 2018), (Egea et al., 2021).**

Existen estudios que de forma univariada relacionan el efecto que algunas variables ambientales como olas de calor, contaminación atmosférica o ruido tiene sobre la morbimortalidad por enfermedades neuroendocrinas. Pero son prácticamente inexistentes los trabajos que analizan de forma conjunta el efecto de variables de contaminación atmosférica química y acústica y de diferentes variables meteorológicas sobre la patología neuroendocrina. El objetivo de este estudio fue analizar el impacto de los contaminantes atmosféricos y de las variables ambientales meteorológicas sobre los ingresos diarios no programados por enfermedades endocrinas y metabólicas en la Comunidad de Madrid entre 2013 y 2018.

Se trata de un trabajo en el que las variables independientes son similares al de la publicación anterior pero la variable dependiente, en este caso son las enfermedades neuroendocrinas. Las causas consideradas en este estudio según los códigos CIE-10-ES y CIE- 9-MC son:

#### **CIE-10-ES:**

- E03.5 Diabetes mellitus tipo 1
- E05 Diabetes mellitus tipo 1
- E06 Diabetes mellitus tipo 1 (excluimos E06.4 Tiroiditis inducida por fármacos)
- E07 Otros trastornos tiroideos
- E10 Diabetes mellitus tipo 1
- E11 Diabetes mellitus tipo 2
- E15 Coma hipoglucémico no diabético
- E16.1 Otros tipos de hipoglucemia
- E16.2 Hipoglucemia, no específica
- E16.3 Aumento de secreción de glucagón
- E16.4 Aumento de secreción de gastrina
- E16.8 Otros trastornos especificados de secreción interna del páncreas
- E20 Hipoparatiroidismo
- E21 Hiperparatiroidismo y otros trastornos de glándula paratiroides
- E22 Hiperfunción de hipófisis
- E23 Hipofunción y otros trastornos de hipófisis. Excluimos E23.1
- E24 Síndrome de Cushing
- E27 Otros trastornos de glándula suprarrenal
- E31 Disfunción poliglandular
- E32 Enfermedades del timo
- E34 Otros trastornos endocrinos
- E88.4 Trastornos del metabolismo mitocondrial
- E87 Otros trastornos de líquidos, electrolitos y equilibrio ácido-base (excluimos E87.7).

### CIE-9-MC

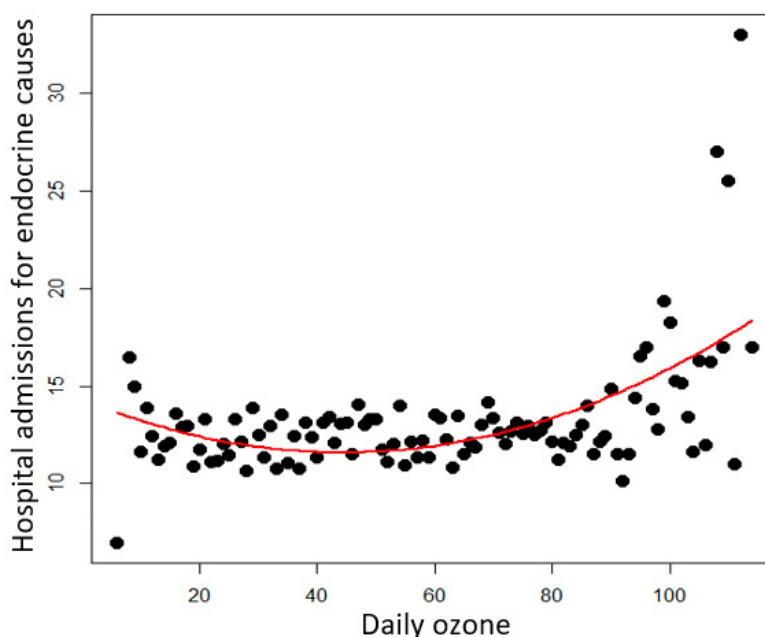
244.9 combinado con 780.01, 242, 245, 245.1, 245.2, 245.3, 245.8, 245.9, 246, 246.0, 246.1, 246.3, 246.8, 246.9, 790.94, 250, 250.00, 250.01, 250.02, 250.03, 250.10, 250.11, 250.12, 250.13, 250.20, 250.21, 250.22, 250.22, 250.30, 250.31, 250.32, 250.33, 250.40, 250.41, 250.42, 250.43, 250.50, 250.51, 250.52, 250.53, 250.60, 250.61, 250.62, 250.63, 250.70, 250.71, 250.72, 250.73, 250.80, 250.81, 250.82, 250.83, 250.90, 250.91, 250.92, 250.93, 251.0, 251.1, 251.2, 251.4, 251.5, 251.8, 252.0, 252.1, 252.8, 252.9, 253.0, 253.1, 253.2, 253.3, 253.4, 253.5, 253.6, 253.8, 253.9, 254, 255.0, 255.1, 255.3, 255.4, 255.5, 255.6, 255.8, 255.9, 258, 259, 277.87, 276 (excluimos 276.6).

Los estadísticos descriptivos correspondientes a estos ingresos son los que aparecen en la tabla 20.

Variable	Media	SD	Mín,	Máx,
Ingresos por patología neuroendocrina	12,6	4,66	0	44
Ingresos por patología neuroendocrina en mujeres	6,7	3,06	0	25
Ingresos por patología neuroendocrina en hombres	5,9	2,79	0	20

**Tabla 20. Estadísticos descriptivos de los ingresos por patología Neuroendocrina según sexos (N= 2.191).**

En este caso el ozono se considera de forma cuadrática con una concentración umbral de ozono en 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media diaria, según puede apreciarse en la figura 18.



**Figura 18. Diagrama de dispersión entre las concentraciones medias diarias de ozono y los ingresos por enfermedades endocrinas. El umbral de ozono se establece en 44  $\text{mg}/\text{m}^3$ .**

El resultado de la modelización de Poisson con la metodología anteriormente descrita, está en la tabla 21 en la que aparecen las variables que mostraron asociación significativa y los riesgos relativos y atribuibles correspondientes a estas asociaciones según sexos y población general,

	Ambos Sexos	Hombres	Mujeres
<b>T<sub>cal</sub></b>	Lags (0,2,4)	Lags (2, 4)	Lags (0,2,4)
<b>RR: (CI 95%)</b>	1,123 (1,064 1,185)	1,106 (1,051 1,164)	1,149 (1,069 1,235)
<b>AR %: (CI 95%)</b>	10,9 (6,0 15,6)	9,6 (4,9 14,1)	13,0 (6,5 19,0)
<b>T<sub>frío</sub></b>			Lag (4)
<b>RR: (CI 95%)</b>			1,746 (1,079 2,825)
<b>AR %: (CI 95%)</b>			42,7 (7,3 64,6)
<b>Insolación*</b>	Lag (5)	Lag (7)	Lag (5)
<b>RR: (CI 95%)</b>	1,005 (1,002 1,008)	1,006(1,002 1,010)	1,005 (1,001 1,010)
<b>AR %: (CI 95%)</b>	0,5 (0,2 0,8)	0,6 (0,2 1,0)	0,5 (0,1 1,0)
<b>NO<sub>2</sub></b>			Lag (2)
<b>RR: (CI 95%)</b>			1,21 (1,007 1,0135)
<b>AR %: (CI 95%)</b>			2,0 (0,7 3,4)
<b>O<sub>3a</sub></b>	Lag (8)		Lag (8)
<b>RR: (CI 95%)</b>	1,010 (1,001 1,018)		1,027 (1,014 1,040)
<b>AR %: (CI 95%)</b>	0,9 (0,1 1,8)		2,6 (1,3 3,8)

**Tabla 21. Riesgos relativos (RR) y riesgos atribuibles (AR) correspondientes a las variables en los retrasos correspondientes (lags) estadísticamente significativas a  $p < 0,05$  en los modelos de regresión Poisson. \* En el sentido de que a menos horas de luz más ingresos hospitalarios urgentes por enfermedad neuroendocrina.**

Los resultados de ese estudio indican que existe una asociación estadísticamente significativa entre el aumento de las temperaturas en olas de calor y el número de ingresos de carácter urgente que se produjeron en la Comunidad de Madrid lo que supone el principal factor de riesgo. Así mismo, se observa asociación entre la disminución de horas de luz y el aumento de los ingresos hospitalarios. También el ozono para concentraciones medias diarias superiores a  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tienen impacto sobre los ingresos por patología neuroendocrina. Al desagregar por sexo observamos como para las mujeres el NO<sub>2</sub> supone también un factor de riesgo.

Existen estudios que relacionan las altas temperaturas con el aumento de enfermedades neurodegenerativas en general (Amiri et al., 2021) y específicamente con los ingresos por enfermedades neurodegenerativas como Parkinson (Linares et al., 2016) o Demencia (Linares et al., 2017). De forma consistente con nuestros resultados también se han descrito asociaciones con enfermedades neuroendocrinas (Moon, 2021). El mecanismo que podría explicar esta asociación sería doble. Por un lado, en las enfermedades de carácter neurológico presentan desórdenes en la regulación de la temperatura corporal a través de alteraciones en el sistema nervioso central (disfunciones hipotalámicas o vagales) y en el sistema nervioso periférico a través

de disfunciones en el sistema autónomo (Pursiainen et al., 2007). Una potencial neuropatía autónoma causada por algunas enfermedades metabólicas en situaciones de estrés térmico aumentaría la disfunción cardiovascular y un anormal control glucémico (Moom, 2021) así como alteraciones de la tolerancia de la glucosa y aumento de la absorción de insulina. Por otro lado, entre el 30 y el 65 % de personas con trastornos neurológicos presentan deshidrosis (Hirayama, 2006) que puede estar provocada tanto por la medicación que toman estos pacientes (Swinn et al., 2003; Hirayama, 2006) como por disfunciones generadas por la propia enfermedad a nivel de hipotálamo o disfunciones vagales (Bouchama et al. 2022). La deshidratación predispondría a la cetoacidosis diabética y a un estado hiperglucémico.

Por otro lado, el hecho de que el impacto sea mayor en mujeres podría deberse a las diferencias fisiológicas inherentes al sexo como el efecto hormonal sobre la temperatura corporal y la presión sanguínea y las diferencias tanto en los ciclos menstruales como durante la menopausia, también debido al hecho de que las mujeres disipen menos calor al sudar por tener a una mayor proporción de grasa subcutánea (Navas-Martín et al., 2022).

Las horas de luz se asociación con los ingresos por enfermedades neuroendocrinas en el sentido de que a menos horas de luz mayor número de ingresos. Aunque no hay estudios similares al aquí realizado que muestra una asociación directa entre la falta de horas de luz y trastornos de carácter mental. El mecanismo mediante el cual puede explicarse la asociación detectada podría deberse una conexión bidireccional entre el sistema endocrino y el reloj circadiano, puesto que el ritmo circadiano influye sobre todos los niveles del eje neuroendocrino, desde la síntesis y la liberación de hormonas hasta la sensibilidad de los diferentes órganos diana a éstas (Jouffe et al., 2022).

También es destacable la asociación que existe para el caso de las mujeres entre las bajas temperaturas y los ingresos por causas endocrinas con un AR del 42,7%. El motivo de este elevado valor de AR probablemente se relacione con el escaso número de días con olas de frío en el periodo considerado que únicamente son 4 por lo que este resultado debe de tomarse con cautela. Tanto el ozono como el  $\text{NO}_2$  se relacionan con el estrés oxidativo y la activación de las vías inflamatorias que afecta al eje hipotálamo-hipofisario-adrenal y al sistema simpático adrenérgico (Thiering et al., 2015; Rao et al., 2015) que explicaría el mecanismo fisiopatológico que relacionaría esos contaminantes con la exacerbación de la sintomatología de las enfermedades neuroendocrinas.

Por último, es de destacar que en este estudio no se encuentra asociación de los niveles de ruido analizados con esta causa de ingreso. Este hecho parece ir en contra con estudios previos realizados en la Ciudad de Madrid que encontraban asociación a corto plazo entre el ruido de tráfico y los ingresos por enfermedades neurológicas como Parkinson (Díaz et al., 2018) Demencia (Linares et al., 2017) y esclerosis múltiple (Carmona et al., 2018). Además, también se ha relacionado el ruido de tráfico con mortalidad diaria por enfermedades endocrinas como la diabetes (Recio et al., 2016a). Los mecanismos biológicos descritos en ambos casos (Recio et al., 2016b) podrían explicar que se detectase asociación entre el ruido y los ingresos urgentes aquí considerados. No obstante, hay que destacar que este estudio está realizado para toda la Comunidad de Madrid y no para la Ciudad de Madrid como es el caso de las investigaciones anteriores. En la Comunidad de Madrid la exposición de los ciudadanos a ruido ambiental es muy inferior al que se ven sometidos los ciudadanos en el Municipio de Madrid. En el caso de la Ciudad de Madrid en el periodo en el que se realizaron los estudios anteriores los valores medios de  $L_{Aeq7-23h}$ ,  $L_{Aeq23-7h}$  fueron respectivamente de 63,9 y 58,6 dB(A) valores muy superiores a los 55,8 y 48,0 respectivamente registrados en este estudio. Probablemente estos valores más bajos expliquen que no se obtengan asociaciones estadísticamente significativas en este caso.

Los resultados obtenidos en ese estudio sirven para identificar factores de riesgo en esta enfermedad como las temperaturas extremas en olas de calor, lo que lleva a considera a este grupo como especialmente vulnerable

ante altas temperaturas y a incluirlo en los grupos de especial vulnerabilidad en el Plan de Prevención ante altas temperaturas del Ministerio de Sanidad español. El hecho de que se asocien también los ingresos con variables como el ozono troposférico o el NO<sub>2</sub> que son que es especialmente elevados en olas de calor lleva a la necesidad de que los planes de prevención ante altas temperaturas se extiendan a más variables que la mera temperatura (Ruíz-Páez et al., 2023a). Es decir, hacen falta planes que integren todos los factores que inciden de forma conjunta en un determinado lugar y que afectan a la salud humana (Linares et al., 2020) y más en un entorno de cambio climático en el que estas situaciones de ola de calor van a ser más frecuentes y más intensas. Por otro lado, la asociación robusta encontrada entre la disminución de horas de luz y el aumento de los ingresos hospitalarios por enfermedad neuroendocrina viene a poner el foco en un factor ambiental hasta ahora pocas veces considerado en salud pública.

## **14. Efectos a corto plazo del ozono troposférico y otros factores ambientales sobre los ingresos urgentes por complicaciones del embarazo: análisis de series temporales en la Comunidad de Madrid, (Calle-Martínez et al., 2023),**

Las complicaciones del embarazo, parto y puerperio continúan siendo un importante problema de salud pública a nivel mundial. El parto prematuro constituye la primera causa de mortalidad neonatal, seguida de las complicaciones durante el parto y las infecciones (WHO,2022). También genera una importante carga de morbilidad y discapacidad a corto y largo plazo (Blencowe et al., 2013). Otras, como la rotura prematura de membranas, originan aproximadamente un tercio de los partos prematuros, además de causar infecciones tanto en la madre como en el recién nacido (Goldenberg et al., 2008; Slattery et al., 2002). Por otro lado, los trastornos hipertensivos afectan al crecimiento fetal y tienen importantes consecuencias en la salud materna, aumentando el riesgo de infarto y disminuyendo la esperanza de vida (Theilen et al., 2018), siendo la segunda causa de mortalidad materna a nivel mundial (WHO, 2022).

Cada vez existe mayor evidencia científica respecto a la influencia de factores ambientales tales como la contaminación y los fenómenos meteorológicos extremos sobre los resultados gestacionales (Syed et al.,2022). Durante el embarazo, la capacidad de termorregulación del organismo está reducida debido al aumento de masa corporal, incremento de las demandas metabólicas y disminución de la sudoración (Stevens et al., 2022). Por ello se considera a este colectivo como un grupo especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático (Ha, 2022). Por otro lado, la contaminación atmosférica puede actuar de diversas formas, tanto por mecanismos químicos como físicos. Los contaminantes atmosféricos químicos son inhalados por la mujer gestante, cuya capacidad inspiratoria se encuentra incrementada por la mayor demanda de oxígeno, aumentando por lo tanto el paso de contaminantes al torrente sanguíneo (Bobrowski, 2010). Algunos de ellos como el ozono (O<sub>3</sub>) irritan las vías respiratorias agravando patologías como el asma, que es la patología pulmonar que más frecuentemente causa ingresos durante el embarazo. Además de la propia inflamación local, el ozono inhalado produce un exceso de radicales libres oxidativos que se distribuyen por todo el organismo, alterando los mecanismos inflamatorios e inmunitarios (Mumby et al., 2019).

Varios metaanálisis han encontrado asociaciones consistentes entre los resultados perinatales y la contaminación atmosférica (Arroyo et al., 2019), siendo uno de los efectos en salud con mayor calidad de evidencia (Boogaard et al., 2022). Sin embargo, la mayoría de los artículos publicados se enfocan en exposiciones a largo plazo y consecuencias en el recién nacido, como la prematuridad o el bajo peso (Syed et

al., 2022).

El objetivo de este trabajo es analizar el efecto a corto plazo de diversos factores ambientales sobre los ingresos hospitalarios urgentes por complicaciones del embarazo, parto y puerperio.

Las variables independientes que se utilizaron en este estudio son las ya descritas en los apartados 9 y 10 anteriores. Las variables dependientes en este caso han sido las representadas por los códigos del capítulo 11 de la Clasificación Internacional de Enfermedades Clínica (CIE), 9ª revisión (CIE-9-MC) excepto el código 650 que corresponde al parto normal. Debido a la entrada en vigor de la nueva codificación de la CIE, a partir del año 2016 se utilizaron los códigos del capítulo 15 de la 10ª revisión (CIE-10-ES), excepto el código O80 equivalente al 650 de la edición previa. Además de esta variable principal se definieron otras variables específicas: rotura prematura de membranas con los códigos 658.1, 658.2 y O42, trabajo de parto prematuro (644.0, 644.2, 649.7, O60.0, O60.1, O26.87 y O47.0) trastornos hipertensivos (642 y O10-O16) y vómitos excesivos en el embarazo (643 y O21).

Los estadísticos descriptivos de estas variables son los de la tabla 22.

Diagnóstico (códigos CIE)	Media diaria	Desviación típica	Mínimo diario	Máximo diario	Total de ingresos	Media anual
<b>Complicaciones del embarazo</b> (capítulo 11 CIE-9 excepto 650 y capítulo 15 CIE-10 excepto O80)	145,2	20,1	77	212	318 069	53 012
<b>Rotura prematura de membranas</b> (658,1, 658,2 y O42)	33,4	6,6	13	58	73 230	12 205
<b>Trabajo de parto prematuro</b> (644,0, 644,2, 649,7, O60,0, O60,1, O26,87 y O47,0)	5,5	2,4	0	17	12 036	2006
<b>Trastornos hipertensivos</b> (642 y O10-O16)	3,0	1,9	0	10	6549	1092
<b>Vómitos en el embarazo</b> (643 y O21)	0,8	0,9	0	5	1704	284

**CIE: Clasificación Internacional de Enfermedades, CIE-9-MC: Clasificación Internacional de Enfermedades, 9ª revisión, CIE-10-ES: Clasificación Internacional de Enfermedades, 10ª revisión.**

**Tabla 22. Ingresos no programados de mujeres residentes en la Comunidad de Madrid por complicaciones relacionadas con el embarazo durante el periodo del 1 de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2018 (N= 2191).**

En la tabla 23 se muestran los RR y los RA correspondientes a las asociaciones estadísticamente significativas entre las diferentes variables ambientales y las causas de ingresos urgentes a corto plazo consideradas.

	lag	RR	RA
		(IC 95%)	(IC 95%)
<b>Complicaciones del embarazo</b>			
PM <sub>2,5</sub>	3	1,010	1,02
		(1,001 - 1,020)	(0,10 - 1,92)
O <sub>3</sub> oct	1	1,005	0,52
		(1,004 - 1,007)	(0,40 - 0,65)
Ruido diurno	0	1,002	0,23
		(1,001 - 1,004)	(0,08 - 0,39)
<b>Rotura prematura de membranas</b>			
Tfrío	11	1,245	19,68
		(1,000 - 1,550)	(0,02 - 35,47)
PM <sub>10</sub>	0	1,013	1,32
		(1,005 - 1,021)	(0,54 - 2,10)
O <sub>3</sub> oct	5	1,007	0,74
		(1,004 - 1,011)	(0,41 - 1,06)
<b>Trabajo de parto prematuro</b>			
NO <sub>2</sub>	4	1,021	2,06
		(1,003 - 1,039)	(0,35 - 3,74)
O <sub>3</sub> oct	1	1,011	1,08
		(1,001 - 1,021)	(0,10 - 2,05)
<b>Trastornos hipertensivos</b>			
O <sub>3</sub> oct	3	1,014	1,40
		(1,002 - 1,027)	(0,21 - 2,58)
<b>Vómitos en el embarazo</b>			
Tfrío	2	3,386	70,47
		(1,159 - 9,895)	(13,70 - 89,89)
NO <sub>2</sub>	3	1,066	6,15
		(1,021 - 1,112)	(2,09 - 10,04)
Ruido nocturno	3	1,021	2,03
		(1,001 - 1,041)	(0,07 - 3,95)

**Lag:** días de retardo, **RR:** riesgo relativo, **RA:** riesgo atribuible, **IC:** intervalo de confianza, **PM<sub>2,5</sub>:** Materia Particulada de diámetro igual o inferior a 2,5 micras, **PM<sub>10</sub>:** Materia Particulada de diámetro igual o inferior a 10 micras, **NO<sub>2</sub>:** Dióxido de nitrógeno, **O<sub>3</sub> oct:** ozono octohorario.

Tabla 23. RR y los RA correspondientes a las asociaciones estadísticamente significativas entre las diferentes variables ambientales y las causas de ingresos urgentes a corto plazo consideradas y retardos (lags) en los que se establece la asociación.

En la tabla 24, se muestran los ingresos atribuibles a cada una de las variables significativas y en el caso de los contaminantes cuál habría sido esa disminución en el caso de aplicarse los niveles Guía de la OMS (WHO, 2021).

Contaminante	lag	Media anual de ingresos atribuibles	% sobre el total de ingresos	Media anual de ingresos evitables*	% evitable* de los ingresos atribuibles
		(IC 95%)	(IC 95%)	(IC 95%)	(IC 95%)
<b>Complicaciones del embarazo</b>					
O <sub>3</sub> oct	1	2.194	4,1	107	4,9
		(1655 - 2733)	(3,1 - 5,2)	(80 - 133)	
Ruido diurno	0	1762	3,3	NA	NA
		(595 - 2928)	(1,1 - 5,5)		
PM <sub>2,5</sub>	3	555	1,0	32	5,7
		(56 - 1049)	(0,1 - 2,0)	(3 - 60)	
<b>Rotura prematura de membranas</b>					
O <sub>3</sub> oct	5	714	5,9	36	5,0
		(394 - 1032)	(3,2 - 8,5)	(20 - 52)	
PM <sub>10</sub>	0	308	2,5	3	1,1
		(126 - 489)	(1,0 - 4,0)	(1 - 6)	
Tfrio	11	3	0,03	NA	NA
		(0 - 6)	(0,00 - 0,05)		
<b>Trabajo de parto prematuro</b>					
O <sub>3</sub> oct	1	170	8,5	8	4,8
		(15 - 323)	(0,8 - 16,1)	(1 - 16)	
NO <sub>2</sub>	4	128	6,4	36	27,9
		(22 - 233)	(1,1 - 11,6)	(6 - 65)	
<b>Trastornos hipertensivos</b>					
O <sub>3</sub> oct	3	119	10,9	6	4,6
		(18 - 220)	(1,6 - 20,1)	(1 - 10)	
<b>Vómitos en el embarazo</b>					
Ruido nocturno	3	68	23,9	28	41,1
		(2 - 132)	(0,9 - 46,4)	(1 - 54)	
NO <sub>2</sub>	3	54	19,2	15	27,7
		(19 - 89)	(6,5 - 31,3)	(5 - 25)	
Tfrio	2	1	0,00	NA	NA
		(0 - 1)	(0,00 - 0,00)		

\*Potencialmente evitables cumpliéndose los niveles umbrales recomendados por la OMS (REF), NA: no aplica (no existe nivel umbral).

Tabla 24, los ingresos atribuibles a cada una de las variables significativas y en el caso de los contaminantes cuál habría sido esa disminución en el caso de aplicarse los niveles Guía de la OMS (WHO, 2021).

Dos estudios realizados en EEUU observaron un aumento de hospitalizaciones durante las olas de calor, considerando cualquier patología incluida en el capítulo del CIE correspondiente al embarazo, parto y puerperio (Qu et al., 2021). La asociación estadísticamente significativa con el ruido diurno del conjunto de las enfermedades obstétricas analizadas. Esto está en concordancia con lo observado para diferentes patologías del embarazo (Gehring et al., 2014; Díaz et al., 2016). Los mecanismos fisiopatológicos que podrían desencadenar estas complicaciones se basan en que el ruido actúa como factor estresante, activando el sistema noradrenérgico (Wood et al., 2017). Una posible vía de abordaje podría ser la suplementación con vitamina D, cuyo déficit es muy prevalente en nuestro medio, y se ha observado que proporciona un efecto protector frente al ruido (Samad et al., 2022).

Las asociaciones encontradas en relación a la rotura prematura de membranas destacan los impactos de la PM, el ozono y el frío. En relación al frío estos resultados irían en la línea del estudio realizado en Irán que encontró mayor riesgo de trabajo de parto prematuro durante bajas temperaturas (Khodadadi et al., 2022), pero iría en contra de una investigación en una cohorte retrospectiva con 23 millones de nacidos vivos en EEUU que encontró efecto protector (Sun et al., 2019) de las bajas temperaturas. Los mecanismos por los que la contaminación ambiental influye en la rotura prematura de membranas no son del todo conocidos. Ensayos en experimentación animal han encontrado una disminución de la vascularización de las células placentarias, especialmente en aquellas responsables de la integridad estructural, tras la administración nasal de  $PM_{10}$  (Tosevska et al., 2022). En estudios observacionales en humanos se ha observado que las partículas ambientales pueden atravesar la placenta, y que la cantidad de partículas encontradas en la parte fetal placentaria se relaciona positivamente con la exposición durante el embarazo (Bové et al., 2019). En general, el resto de las variables analizadas muestran un comportamiento similar al ya descrito en la que la escasez de estudios previos muestra la necesidad de realizar ese tipo de investigaciones sobre la mujer embarazada.

En resumen, la exposición a ozono troposférico, dióxido de nitrógeno,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ , ruido diurno, ruido nocturno y temperaturas extremadamente bajas se asoció con mayor número de ingresos por diversas patologías relacionadas con el embarazo, parto y puerperio. Este estudio justifica la creación de planes de prevención para mitigar los efectos de la contaminación y de las temperaturas extremas en la salud materno-infantil. Se necesitan estrategias de información a la ciudadanía sobre la relación entre los factores ambientales y los resultados perinatales adversos, así como de los riesgos para la propia salud durante el embarazo.

## 15. LIMITACIONES COMUNES A LOS ESTUDIOS REALIZADOS.

Además de las limitaciones inherentes a los estudios ecológicos que no permiten inferir causalidad ni realizar asunciones a nivel individual, los estudios descritos en esta monografía presentan las limitaciones relacionadas con la asignación de la exposición a las diferentes variables ambientales. Estudios anteriores han establecido que las medidas de contaminación tomadas en estaciones oficiales podrían subestimar los niveles de inmisión reales a los que se ve sometida la población. Hay que tener en cuenta que las redes de estaciones de medida de calidad del aire, al menos en Europa, están compuestas por un número más elevado de estaciones de fondo rural y urbano que de estaciones urbanas y suburbanas orientadas al tráfico o a focos industriales importantes (EEA, 2020). En consecuencia, los niveles medios que registran estas redes representarían en mayor medida niveles de fondo de contaminantes atmosféricos para una zona determinada, que son más reducidos que aquellos a los que puede estar expuesta una persona en la proximidad de las principales fuentes de estos contaminantes en entornos urbanos.

Así mismo, las temperaturas máximas diarias fueron monitorizadas en estaciones meteorológicas distantes del lugar real de exposición. Estos problemas de misalignment son intrínsecos a este tipo de estudios ecológicos (Barceló et al., 2020). Sin embargo, el diseño del mismo permite reducir el alcance de esta limitación. Así, al trabajar con datos agregados se puede asumir que los datos empleados son representativos de la exposición promedio que experimenta la población.

También pueden existir sesgos asociados a la clasificación errónea de la causa por la que se produce el ingreso hospitalario, En especial en el caso de las enfermedades neurológicas en las que la frontera entre enfermedad neurológica y enfermedad mental no siempre está claramente definida, Los trastornos neurológicos y mentales comparten potencialmente la misma fisiopatología genética y molecular (Wingo et al., 2022).

En los estudios aquí presentados en los que se han utilizado funciones dosis-respuesta calculadas a nivel provincial únicamente se ha tenido en cuenta la asociación cuando ésta era estadísticamente significativa, es decir, puede haber casos de ingresos atribuible a un determinado contaminante que se han quedado en el límite de la significación y que en estos estudios se consideran que no existe efecto. Este sesgo estaría minimizando los ingresos atribuibles aquí obtenidos. Por otro lado, al utilizar causas específicas de ingreso el poco número de casos diarios en algunas provincias puede hacer que los RR y los AR obtenidos se vean aumentados, si bien el hecho de no ser significativa la variable "población" en los modelos mixtos aleatorios donde se han utilizado (caso de las causas cardiovasculares) quita significancia a este posible sesgo.

## 16. CONCLUSIONES

### 16.1. Conclusiones específicas.

- Basándonos en funciones dosis-respuesta calculadas para cada provincia, la contaminación atmosférica se relaciona en España, a corto plazo, anualmente con cerca de 62.000 ingresos urgentes por todas las causas. Esto supone el 2,5% de los ingresos por urgencias que se producen en España. Su coste aproximado es 900 millones de € anuales.
- El NO<sub>2</sub> es el principal contaminante que se relaciona a corto plazo con los ingresos hospitalarios urgentes con 28.000 ingresos/año, seguido del ozono con 23.000 ingresos/año y del material particulado con 11.000 ingresos/año.
- A nivel de Comunidades Autónomas, Valencia es la que presenta mayor número de ingresos atribuibles a corto plazo de carácter urgente a la contaminación con 13.500 ingresos/año, seguido de la Comunidad de Madrid con 11.500 ingresos/año y Cataluña con 9.600 ingresos/año.
- El impacto a corto plazo de las olas de calor y frío sobre los ingresos hospitalarios urgentes es un orden de magnitud inferior al de la contaminación atmosférica (5.400 ingresos/año) de los que 4.200 se atribuirían a las olas de frío y 1.200 a las olas de calor.
- El cumplimiento de los valores de la nueva Directiva de la UE en relación a los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo (basado en el cumplimiento de los valores límite 24h) indica que, a nivel global, su incidencia es muy baja con apenas una disminución del 1,27% en los ingresos hospitalarios urgentes atribuidos a PM y NO<sub>2</sub>. Sin embargo, el cumplimiento con los valores de la OMS supondría una disminución del 11,59%.

- La contaminación atmosférica se relaciona a corto plazo con 33.000 ingresos anuales urgentes a corto plazo por causas respiratorias, lo que representa el 7,6% de los ingresos que se producen por estas causas. En el grupo de menores de 14 años representa el 3,3%.

- Más de la mitad (53,3%) de los ingresos urgentes a corto plazo atribuibles a la contaminación atmosférica son por causas respiratorias.

- El mayor número de ingresos urgentes a corto plazo por causas respiratorias se atribuyen al NO<sub>2</sub> con 13.687 ingresos/año, seguidos de las concentraciones de O<sub>3</sub> 12.650 ingresos/año y por último las PM 7.216 ingresos/año.

- En el grupo de menores de 14 años se atribuyen, en España, 1.900 ingresos urgentes anuales por causas respiratorias atribuibles a la contaminación atmosférica a corto plazo en especial al NO<sub>2</sub>, y solo 158 a los extremos térmicos de los que 153 se relacionarían con las olas de frío.

- En mayores de 65 años es el ozono el contaminante que presenta una mayor asociación con los ingresos atribuibles llegando a explicar más del 50% de los ingresos que se producen por infecciones del aparato respiratorio superior.

- El efecto de los extremos térmicos sobre los ingresos urgentes por causas respiratorias es 6 veces inferior al de la contaminación atmosférica a corto plazo.

- La contaminación atmosférica se relaciona con 9.000 ingresos anuales urgentes a corto plazo por causas circulatorias, lo que representa el 6,9 % de los ingresos que se producen por estas causas.

- El 14,5 % de los ingresos atribuibles a la contaminación atmosférica son por causas circulatorias.

- A nivel de toda España el contaminante que muestra relación con mayor número de ingresos urgentes atribuibles por causas cardiovasculares y por las causas específicas consideradas es el NO<sub>2</sub> (3.700 ingresos/año), seguido del ozono (3.300 ingresos/año), siendo las PM las que muestran una menor asociación (2.000 ingresos/año).

- Por Comunidades Autónomas es Valencia con más de 2.500 ingresos/año la que presenta mayor número de ingresos atribuibles a la contaminación atmosférica por causas cardiovasculares.

- El efecto de los extremos térmicos sobre los ingresos por causas cardiovasculares es 9 veces inferior al de la contaminación atmosférica siendo el impacto de las olas de calor, prácticamente inexistente, apenas 60 casos/año, frente a los 1.100 atribuibles a las olas de frío.

- El porcentaje de población mayor de 65 años presenta un factor de riesgo ante el porcentaje de ingresos atribuibles a la contaminación por causas cardiovasculares a nivel provincial, mientras que el nivel de renta es un factor protector.

- La contaminación atmosférica se relaciona a corto plazo con 320 ingresos anuales urgentes a corto plazo por causas neurológicas en las 10 provincias analizadas, lo que representa el 12,5% de los ingresos que se producen por estas causas.

- A nivel de toda España el contaminante que muestra relación con mayor número de ingresos urgentes atribuibles por causas neurológicas consideradas en las provincias analizadas es el O<sub>3</sub> (185 ingresos/año), seguido del NO<sub>2</sub> (97 ingresos/año), siendo las PM las que muestran una menor asociación (41 ingresos/año).

- El efecto de los extremos térmicos sobre los ingresos por causas neurológicas es de 22 ingresos/año, es decir, la quinceava parte de los atribuibles a la contaminación atmosférica. De estos 15 ingresos/año serían atribuidos a las olas de frío y solo 7 a las altas temperaturas en olas de calor.

- En los días con combustión de biomasa las concentraciones medias diarias de  $O_3$  y de PM son mayores que los días sin combustión de biomasa, pero no así para el caso del  $NO_2$ .
- El ozono en los días con combustión de biomasa es el que más ingresos hospitalarios urgentes anuales se le atribuyen 8.000 ingresos por todas las causas frente a los 6.000 atribuibles al  $NO_2$  y 3.800 a las PM. A la temperatura en olas de calor apenas se le atribuyen 164 ingresos urgentes por todas las causas.
- En estudios realizados en la Comunidad de Madrid, el segundo contaminante con mayor número de ingresos atribuibles, después del  $NO_2$  es el ruido. Cada año, 5.700 ingresos por causas naturales son atribuibles a la exposición a la contaminación acústica de ese mismo día, lo que supone el 1,6% de los ingresos. Este porcentaje es aún mayor en los ingresos por causas respiratorias y circulatorias, donde respectivamente el 2,9% y el 4,47% de estos ingresos se atribuyen a la exposición acústica de ese mismo día.
- Para la Comunidad de Madrid un estudio realizado para los meses de invierno y verano y los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo para diferentes causas específicas, se obtuvo que durante los meses de calor se encontró mayor asociación entre: ozono e ingresos por causas respiratorias, circulatorias y neurológicas;  $NO_2$  e ingresos respiratorios, IRAS y neumonía; PM e ingresos por demencia y Alzheimer. Durante los meses de frío no se encontró ninguna asociación con ningún contaminante atmosférico químico, salvo el  $NO_2$  con ingresos por asma.
- En un estudio realizado para la Comunidad de Madrid y los ingresos hospitalarios urgentes por trastornos mentales resultó que el ruido es una variable relacionada con los ingresos hospitalarios por trastornos mentales en general para todos los grupos de edad y para mujeres de manera independiente en Madrid. El porcentaje de ingresos por año atribuibles a esta variable supone un 4,72% del total.
- Existe una asociación estadísticamente significativa entre el aumento de las temperaturas en olas de calor y el número de ingresos de carácter urgente que se produjeron en la Comunidad de Madrid por enfermedad neuroendocrina, lo que supone el principal factor de riesgo. Así mismo, se observa asociación entre la disminución de horas de luz y el aumento de los ingresos hospitalarios. También el ozono para concentraciones medias diarias superiores a  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tienen impacto sobre los ingresos por patología neuroendocrina. Al desagregar por sexo observamos como para las mujeres el  $NO_2$  supone también un factor de riesgo.
- La exposición a ozono troposférico, dióxido de nitrógeno,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ , ruido diurno, ruido nocturno y temperaturas extremadamente bajas se asoció con mayor número de ingresos por diversas patologías relacionadas con el embarazo, parto y puerperio en la Comunidad de Madrid.

## 16.2. Conclusiones generales.

- En el conjunto de los estudios realizados el  $NO_2$  y el  $O_3$  son los que muestran mayor número de ingresos atribuibles a corto plazo por las causas analizadas, seguido de las PM. Puesto que el  $NO_2$  tiene un origen fundamentalmente antrópico relacionado con el tráfico rodado y además es un importante precursor del  $O_3$ , es necesaria la adopción de medidas dirigidas a reducir el tráfico en las ciudades. Entre ellas la instauración de zonas de baja emisiones y el fomento de la movilidad sostenible redundarían en la mejora de la salud de la población.
- El efecto del material particulado sobre el indicador de salud aquí utilizado ha descendido en relación al detectado en estudios anteriores en España, probablemente relacionado con la clara disminución de sus concentraciones en los últimos años, cosa que no ha ocurrido con el ozono sobre todo en ambientes urbanos.

- El efecto de los extremos térmicos sobre los ingresos hospitalarios es muy inferior al de la contaminación atmosférica. Esto no solo puede deberse al menor número de días con ola de calor y ola de frío, ya que el análisis conjunto del impacto de la contaminación en días con extremos térmicos indica que el efecto de la contaminación es superior al de la propia temperatura.
- La implementación de planes de prevención ante olas de calor y olas de frío deben integrar los efectos conjuntos de los extremos térmicos y de la contaminación.
- Durante los episodios de combustión de biomasa los riesgos relativos asociados con la contaminación y la temperatura se ven intensificados en la mayor parte de las regiones analizadas. La intensificación de estos riesgos se observa para todas las causas, y por causas específicas destacan las respiratorias.
- En aquellos estudios en los que se incluye el ruido de tráfico se comprueba que su efecto sobre la salud es del mismo orden que el debido al NO<sub>2</sub> y en algunos casos se detectan asociaciones con diferentes causas de ingreso con las que no se relaciona la contaminación atmosférica química.

## 17. AGRADECIMIENTOS Y DESCARGO DE RESPONSABILIDAD.

### Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Instituto de Salud Carlos III la financiación concedida en la Acción Estratégica en Salud Intramural 2021 para la realización del Proyecto ENPY 436/21: "*Efecto a corto plazo de la contaminación atmosférica química sobre los ingresos hospitalarios urgentes en España por diferentes causas específicas y su valoración económica*" gracias a la cual se ha podido realizar la investigación que se recoge en esta monografía.

### Descargo de responsabilidad.

Las opiniones expresadas por los autores en esta monografía no son necesariamente las de las instituciones a las que están afiliados.

## 18. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Sinc. (2016). El impacto de las enfermedades neurodegenerativas en España. <https://www.agenciasinc.es/Visual/Infografias/El-impacto-de-las-enfermedades-neurodegenerativas-en-Espana>.

Al Ahad MA, Sullivan F, Demšar U, et al (2020) The effect of air-pollution and weather exposure on mortality and hospital admission and implications for further research: A systematic scoping review. PLoS One 15:e0241415.

Alhussaini, A. R., Aljabri, M. R., Al-Harbi, Z. T., Abdulrahman Almohammadi, G., Al-Harbi, T. M., Bashir, S. (2023). Air Pollution and Its Adverse Effects on the Central Nervous System. Cureus, 15(5), e38927.

Alikhani Faradonbeh M, Mardani G, Raeisi Shahraki H (2021) Longitudinal Trends of the Annual Exposure to PM2.5 Particles in European Countries. Scientifica (Cairo) 2021;. <https://doi.org/10.1155/2021/8922798>.

Amiri M, Peinkhofer C, Othman MH, De Vecchi T, Nersesjan V, Kondziella D (2021). Global warming and neurological practice: systematic review. Peer J.;9:e11941.

Areal, A. T., Zhao, Q., Wigmann, C., Schneider, A., Schikowski, T. (2022). The effect of air pollution when modified by temperature on respiratory health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *The Science of the Total Environment*, 811, 152336.

Arroyo V, Linares C, Díaz J (2019). Premature births in Spain: Measuring the impact of air pollution using time series analyses. *Sci Total Environ*. 660:105-14.

Askariyeh MH, Zietsman J, Autenrieth R (2020) Traffic contribution to PM<sub>2.5</sub> increment in the near-road environment. *Atmos Environ* 224:117113. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2019.117113>.

Barceló MA, Varga D, Tobias A, Diaz J, Linares C, Saez M (2016). Long term effects of traffic noise on mortality in the city of Barcelona, 2004–2007. *Environ Res* 147:193-206.

Bandyopadhyay A (2016) Neurological disorders from ambient (urban) air pollution emphasizing UFPM and PM<sub>2.5</sub>. *Curr Pollut Rep* 2(3):203–211.

Bencardino M, Sprovieri F, Cofone F, Pirrone N (2011) Variability of atmospheric aerosol and ozone concentrations at marine, urban, and high-altitude monitoring stations in southern Italy during the 2007 summer Saharan dust outbreaks and wildfire episodes. *J Air Waste Manag Assoc* 61:952–967. <https://doi.org/10.1080/10473289.2011.599279>.

Blencowe H, Cousens S, Chou D, Oestergaard M, Say L, Moller AB, et al (2013). Born too soon: the global epidemiology of 15 million preterm births. *Reprod Health*. 10 Suppl 1:S2.

Bobrowski RA (2010). Pulmonary physiology in pregnancy. *Clin Obstet Gynecol*. 53(2):285-300.

Boletín Oficial del Estado (B.O.E.) (2007). [https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-19744#:~:text=e\)%20%20C2%ABContaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20BB%3A,dem%C3%A1s%20bienes%20de%20cualquier%20naturaleza](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-19744#:~:text=e)%20%20C2%ABContaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20BB%3A,dem%C3%A1s%20bienes%20de%20cualquier%20naturaleza).

Bongioanni P, Del Carratore R, Corbianco S, Diana A, Cavallini G, Masciandaro SM, Buizza R. (2021) Climate change and neurodegenerative diseases. *Environ. Res.*, 201.

Boogaard H, Crouse DL, Tanner E, Mantus E, van Erp AM, Vedal S, et al. (2024). Assessing Adverse Health Effects of Long-Term Exposure to Low Levels of Ambient Air Pollution: The HEI Experience and What's Next? *Environ Sci Technol*; 58(29):12767-83.

Boogaard H, Patton AP, Atkinson RW, Brook JR, Chang HH, Crouse DL, et al (2022). Long-term exposure to traffic-related air pollution and selected health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int* 164:107262.

Borge R, Artíñano B, Yagüe C, et al (2018) Application of a short term air quality action plan in Madrid (Spain) under a high-pollution episode - Part I: Diagnostic and analysis from observations. *Sci Total Environ* 635:1561–1573. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.03.149>

Bos EH, Hoenders R, Jonge P (2012). Wind direction and mental health: a time-series analysis of weather influences in a patient with anxiety disorder. *Case Reports*. bcr2012006300.

Botezat E, Linares X, Salvador P, Navas MA, Díaz J, López-Bueno JA (2025). How ozone and particulate matter on days with biomass combustion affect cause-specific emergency hospital admissions in Spain. *Atmospheric Pollution Research*.

Bouchama A, Abuyassin B, Lehe C, Laitano O, Jay O, O'Connor FG, Leon LR (2022). Classic and exertional heatstroke. *Nat Rev Dis Primers* 8(1):8. doi: 10.1038/s41572-021-00334-6

Bové H, Bongaerts E, Slenders E, Bijmens EM, Saenen ND, Gyselaers W, et al (2019). Ambient black carbon particles reach the fetal side of human placenta. *Nat Commun.* 10(1):3866.

Byun G, Choi Y, Foo D, Stewart R, Song Y, Son JY et al., (2024). Effects of ambient temperature on mental and neurological conditions in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 194, 109166.

Calderón-Garcidueñas L, Calderón-Garcidueñas A, Torres-Jardón R, et al (2015) Air pollution and your brain: what do you need to know right now. *Prim Health Care Res Dev* 16:329–345.

Calle-Martínez A, Ruiz-Páez R, Gómez-González L, Egea-Ferrer A, López-Bueno JA, Díaz J, Asensio C, Navas MA, Linares C (2023). Short-term effects of tropospheric ozone and other environmental factors on emergency admissions due to pregnancy complications: a time-series analysis in the Madrid Region. *Environmental Research.* 231 116206.

Carlsson A, Svennerholm L, Winblad B (1980) . Seasonal and circadian monoamine variations in human brains examined post mortem. *Acta Psychiatr Scand* 61(S280):75-85.

Carmona R, Díaz J, Mirón IJ, Ortíz C, León I, Linares C (2016). Geographical variation in relative risks associated with cold waves in Spain: The need for a cold wave prevention plan. *Environment International.*2016; 88:103-111.

Carmona R, Linares C, Recio A, Ortiz C, Díaz J (2018). Daily hospital admissions by Multiple Sclerosis associate to chemical and acustic air pollution in Madrid 2001-2009. *Science of the Total Environment.* 612:111-118

Carlaw DC (2005) Evidence of an increasing NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> emissions ratio from road traffic emissions. *Atmos Environ* 39:4793–4802. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2005.06.023>

Chen G, Guo Y, Yue X, Xu R, Yu W, Ye T, et al. All-cause, cardiovascular, and respiratory mortality and wildfire-related ozone: a multicountry two-stage time series analysis. *Lancet Planet Health* 2024;8(7):e452-62.

Chen YR, Sun RC, Chen X, Qin XZ (2023). Does extreme temperature exposure take a toll on mental health? Evidence from the China Health and Retirement Longitudinal Study. *Environ. Dev. Econ.*, 25.

Cichowicz R, Wielgosiński G, Fetter W (2017) Dispersion of atmospheric air pollution in summer and winter season. *Environ Monit Assess* 189:1–10. <https://doi.org/10.1007/S10661-017-6319-2/FIGURES/9>.

Clark, C., Crumpler, C., Notley, H. (2020). Evidence for Environmental Noise Effects on Health for the United Kingdom Policy Context: A Systematic Review of the Effects of Environmental Noise on Mental Health, Wellbeing, Quality of Life, Cancer, Dementia, Birth, Reproductive Outcomes, and Cognition. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 393.

Clean Cities, 2024. [https://ecodes.org/images/que-hacemos/01.Cambio\\_Climatico/Incidencia\\_politicas/Clean\\_Cities\\_Campaign/The-development-trends-of-low-emissionand-zero-emission-zones-in-Europe-1.pdf](https://ecodes.org/images/que-hacemos/01.Cambio_Climatico/Incidencia_politicas/Clean_Cities_Campaign/The-development-trends-of-low-emissionand-zero-emission-zones-in-Europe-1.pdf).

Conti, A., Valente, M., Paganini, M., Farsoni, M., Ragazzoni, L., Barone-Adesi, F. (2022). Knowledge Gaps and Research Priorities on the Health Effects of Heatwaves: A Systematic Review of Reviews. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 5887.

Coste, J., & Spira, A. (1991). Proportion of cases attributable to public health: definition(s), estimation(s) and interpretation. *Revue d'épidemiologie et de Sante Publique*, 39(4), 399–411.

Cresswell-Clay N, Ummenhofer CC, Thatcher DL, et al (2022) Twentieth-century Azores High expansion unprecedented in the past 1,200 years. *Nature Geoscience* 2022 15:7 15:548–553. <https://doi.org/10.1038/s41561-022-00971-w>

Culqui, DR, Linares, C, Ortiz, C, Carmona, R, Díaz, J. (2017). Association between environmental factors and emergency hospital admissions due to Alzheimer's disease in Madrid. *The Science of the Total Environment*, 592, 451-457.

Davidkovova, H, Plavcova, E, Kyncl, J, Kysely, J, (2014). Impacts of hot and cold spells differ for acute and chronic ischaemic heart diseases. *BMC Public Health* 14, 480.

Davis R, Novicoff W (2018). The Impact of Heat Waves on Emergency Department Admissions in Charlottesville, Virginia, U.S.A. *Int J Environ Res Public Health*. 15(7):1436.

Desan PH, Oren DA (2001) . Is seasonal affective disorder a disorder of circadian rhythms? *CNS Spectr*. 6(6):487-94, 499-501.

Díaz J (2022). Efectos en salud de la contaminación atmosférica química y acústica. *Revista ambienta*. N° 133.

Díaz J, Alberdi JC, Pajares MS, López R, López C, Otero A (2001). A model for forecasting emergency hospital admissions: effect of environmental variables. *Journal of Environmental Health*. 64:9-15.

Díaz J, Arroyo V, Ortiz C, Carmona R, Linares C (2016). Effect of Environmental Factors on Low Weight in Non-Premature Births: A Time Series Analysis. *PloS One*. 11(10):e0164741.

Díaz J, Carmona R, Mirón IJ, Ortiz C, León I, Linares C (2015). Geographical variation in relative risks associated with heat: update of Spain's Heat Wave Prevention Plan. *Environment International*. 85:273-283. <https://doi: 10.1016/j.envint.2015.09.022>.

Díaz J, García R, Prieto L, López C, Linares C (2005). Mortality impact of extreme winter temperatures. *International Journal of Biometeorology*. 49:179-183.

Díaz J, Linares C, Carmona R, et al (2017) Saharan dust intrusions in Spain: Health impacts and associated synoptic conditions. *Environ Res* 156:455–467. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2017.03.047>.

Díaz J, Linares C. Qué suponen los nuevos calores Guía de calidad del aire de la OMS. *Revista de Salud Ambiental* 2021; 21 (2) 186-195.

Díaz J, López-Bueno JA, González JL, López-Ossorio JJ, Sánchez F, Linares C (2020). Short-Term Effects of Traffic Noise on Suicides and Emergency Hospital Admissions due to Anxiety and Depression in Madrid (Spain). *Science of the Total Environment* 710 136315.

Díaz J, López-Bueno JA, Linares C (2023). Determinación de los umbrales epidemiológicos de temperatura de definición de ola de calor y frío basados en la mortalidad diaria poblacional. *Registro General de la Propiedad Intelectual*. Número de Asiento Registral 16/2023/2287. Abril 2023.

Díaz J, Ortiz C, Falcón I, Linares C (2018). Short-term effect of tropospheric ozone on daily mortality in Spain. *Atmospheric Environment*. 187:107-116.

Díaz, J., Carmona, R., Mirón, I. J., Ortiz, C., Linares, C. (2015). Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: The need for a cold wave prevention plan. *Environmental Research*, 143(Pt A), 186-191.

Dirección General de Medio Ambiente (Comisión Europea), Kantar. Attitudes of Europeans towards the environment: report [Internet]. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea; 2020 [citado 2024 sep 2]. Available from: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/902489>.

Dolcini J, Kioumourtzoglou M, Cayir A, Sanchez-Guerra M, Brennan KJ, Dereix AE, Baccarelli AA (2020). Age and mitochondrial DNA copy number influence the association between outdoor temperature and cognitive function: Insights from the VA Normative Aging Study. *Environ. Epidemiol.*, 4. e0108.

DSM (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™*, 5th ed. Arlington, VA, US: American Psychiatric Publishing, Inc.; 2013. xlv, 947 p. (Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™, 5th ed).

Duc, H.N.; Rahman, M.M.; Trieu, T.; Azzi, M.; Riley, M.; Koh, T.; Liu, S.; Bandara, K.; Krishnan, V.; Yang, Y.; et al. Study of Planetary Boundary Layer, Air Pollution, Air Quality Models and Aerosol Transport Using Ceilometers in New South Wales (NSW), Australia. *Atmosphere* 2022, 13, 176.

Ecologistas en Acción (2023). La contaminación por ozono en España. <https://www.ecologistasenaccion.org/300387/informe-la-contaminacion-por-ozono-en-espana-durante-2023/>.

EFFIS (2024) Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales. In: <https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/apps/effis.statistics/estimates>.

Egea A, Linares C, Díaz J, Gómez L, Calle A, Navas MA, Ruiz-Páez R, Asensio C, Padrón-Monedero A, López-Bueno JA (2023). How heat waves, ozone and sunlight hours affect endocrine and metabolic diseases emergency admissions? A case study in the Region of Madrid (Spain). *Environmental Research* 229 116022.

Eisenman DP, Galway LP (2022) The mental health and well-being effects of wildfire smoke: a scoping review. *BMC Public Health* 22: <https://doi.org/10.1186/S12889-022-14662-Z>

European Environment Agency (2024a) Europe's air quality status 2024.

European Environment Agency (2024b) Air pollution and children's health. Briefing no. 07/2023.

Font-Ribera L, Rico M, Marí-Dell'Olmo M, et al (2023) Estimating ambient air pollution mortality and disease burden and its economic cost in Barcelona. *Environ Res* 216:114485. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2022.114485>

Fuller R, Landrigan PJ, Balakrishnan K, et al (2022) Pollution and health: a progress update. *Lancet Planet Health* 6:e535–e547. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00090-0/ATTACHMENT/2EE53347-A2F9-42A9-9FA0-0310A3F4DFE2/MMC1.PDF](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0/ATTACHMENT/2EE53347-A2F9-42A9-9FA0-0310A3F4DFE2/MMC1.PDF).

Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (2009) Estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por ozono troposférico en España.

Gao X, Jiang W, Liao J, et al (2022) Attributable risk and economic cost of hospital admissions for depression due to short-exposure to ambient air pollution: A multi-city time-stratified case-crossover study. *J Affect Disord* 304:150–158. <https://doi.org/10.1016/J.JAD.2022.02.064>.

Gao Y, Huang W, Yu P, et al (2023) Long-term impacts of non-occupational wildfire exposure on human health: A systematic review. *Environ Pollut* 320. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2023.121041>.

Gbd (2021). Nervous System Disorders Collaborators, 2024. Global, regional, and national burden of disorders affecting the nervous system, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Neurol.*, 23 (2021), pp. 344–381.

Gehring U, Tamburic L, Sbihi H, Davies HW, Brauer M (2014). Impact of noise and air pollution on pregnancy outcomes. *Epidemiol Camb Mass*. 25(3):351-8.

Goldenberg RL, Culhane JF, Iams JD, Romero R (2008). Epidemiology and causes of preterm birth. *The Lancet* 371(9606):75-84.

Gómez González, L., Linares, C., Díaz, J., Egea, A., Calle-Martínez, A., Luna, M. Y., Navas, M. A., Ascaso-Sánchez, M. S., Ruiz-Páez, R., Asensio, C., Padrón-Monedero, A., & López-Bueno, J. A. (2023). Short-term impact of noise, other air pollutants and meteorological factors on emergency hospital mental health admissions in the Madrid region. *Environmental Research*, 224, 115505.

Grigorieva E, Lukyanets A (2021) Combined Effect of Hot Weather and Outdoor Air Pollution on Respiratory Health: Literature Review. *Atmosphere* 2021, Vol 12, Page 790 12:790.

Gu J, Shi Y, Zhu Y, et al (2020) Ambient air pollution and cause-specific risk of hospital admission in China: A nationwide time-series study. *PLoS Med* 17:e1003188. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PMED.1003188>.

Guaita R, Pichule M, Maté T, Linares C, Díaz J (2011). Short-term impact of particulate matter (PM2.5) on respiratory mortality in Madrid. *International Journal of Environmental Health Research* 21:260-274.

Ha H, Shao W. A spatial epidemiology case study of mentally unhealthy days (MUDs): air pollution, community resilience, and sunlight perspectives (2021). *International Journal of Environmental Health* 31(5):491-506.

Ha S (2022). The Changing Climate and Pregnancy Health. *Curr Environ Health Rep*. 9(2):263-75.

Haddad P, Kutlar Joss M, Weuve J, et al (2023) Long-term exposure to traffic-related air pollution and stroke: A systematic review and meta-analysis. *Int J Hyg Environ Health* 247:. <https://doi.org/10.1016/J.IJHEH.2022.114079>.

Hahad O, Lelieveld J, Birklein F, Lieb K, Daiber A, Münzel T (2020). Ambient Air Pollution Increases the Risk of Cerebrovascular and Neuropsychiatric Disorders through Induction of Inflammation and Oxidative Stress. *International Journal of Molecular Sciences* 21(12):4306.

Hajat A, Hsia C, O'Neill MS (2015). Socioeconomic Disparities and Air Pollution Exposure: a Global Review. *Curr Environ Health Rep*. Dec;2(4):440-50.

Hajat S, Sheridan SC, Allen MJ, et al (2010) Heat–Health Warning Systems: A Comparison of the Predictive Capacity of Different Approaches to Identifying Dangerously Hot Days. *Am J Public Health* 100:1137. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.169748>.

Hammersen F, Niemann H, Hoebel J (2016). Environmental Noise Annoyance and Mental Health in Adults: Findings from the Cross-Sectional German Health Update (GEDA) Study 2012. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13(10):954.

Han K, Ran Z, Wang X, et al (2021) Traffic-related organic and inorganic air pollution and risk of development of childhood asthma: A meta-analysis. *Environ Res* 194:110493. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2020.110493>

Heffernan O (2016) The mystery of the expanding tropics. *Nature* 530:20–22. <https://doi.org/10.1038/530020A>

Hegewald J, Schubert M, Freiberg A, Romero Starke K, Augustin F, Riedel-Heller SG, et al (2020). Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(17):6175.

Hirayama M (2006). Sweating dysfunctions in Parkinson's disease. *J. Neurol.* 253, VII42–VII47

<https://www.proteccioncivil.es/documents/20121/0/Informe%20de%20Seguimiento%20de%20IIFFF%2020240908.pdf/cf264033-a102-6933-f625-059373c4fe47> .

INE (2024a). Encuesta de morbilidad hospitalaria. Metodología. <https://www.ine.es/daco/daco42/sanitarias/notaemh.htm>.

INE (2024b). Encuesta de morbilidad hospitalaria. Metodología. <https://www.ine.es/daco/daco42/sanitarias/notaemh.htm>

INE (2024c). Cifras de población. Últimos datos. [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176951&menu=ultiDatos&idp=1254735572981](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176951&menu=ultiDatos&idp=1254735572981)

INE (2024d). Encuesta de población activa. Últimos datos. [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595).

INE (2015). Instituto Nacional de Estadística. Población por provincias y sexo. <https://ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2852> .

IPCC (2022) Sixth Assessment Report. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability

IPCC (2023) Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva.

Institute for Health Metrics and Evaluation (2020). GBD Results IHME, University of Washington, Seattle, WA. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results>.

Jaffe DA, Wigder N, Downey N, et al (2013) Impact of wildfires on ozone exceptional events in the Western u.s. *Environ Sci Technol* 47:11065–11072. <https://doi.org/10.1021/ES402164F>.

Jiao A, Headon K, Han T, Umer W, Wu J (2024). Associations between short-term exposure to wildfire particulate matter and respiratory outcomes: A systematic review. *Sci TOTAL Environ* 907.

Jouffe C, Weger BD, Martin E, Atger F, Weger M, Gobet C, Ramnath D, Charpagne A, Morin-Rivron D, Powell EE, Sweet MJ, Masoodi M, Uhlenhaut NH, Gachon F (2022). Disruption of the circadian clock component BMAL1 elicits an endocrine adaption impacting on insulin sensitivity and liver disease. *Proc Natl Acad Sci U S A* 119(10):e2200083119.

Juginović A, Vuković M, Aranza I, Biloš V (2021) Health impacts of air pollution exposure from 1990 to 2019 in 43 European countries. *Scientific Reports* 2021 11:1 11:1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01802-5>.

Kalkstein LS, Greene S, Mills DM, Samenow J (2011) An evaluation of the progress in reducing heat-related human mortality in major U.S. cities. *Natural Hazards* 56:113–129. <https://doi.org/10.1007/S11069-010-9552-3>

Karanasiou A, Querol X, Alastuey A, et al (2014) Particulate matter and gaseous pollutants in the Mediterranean Basin: results from the MED-PARTICLES project. *Sci Total Environ* 488–489:297–315. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2014.04.096>

Khodadadi N, Dastoorpoor M, Khanjani N, Ghasemi A (2022). Universal Thermal Climate Index (UTCI) and adverse pregnancy outcomes in Ahvaz, Iran. *Reprod Health*. 19(1):33.

Khomenko S, Cirach M, Pereira-Barboza E, et al (2021) Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment. *Lancet Planet Health* 5:e121–e134. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30272-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30272-2)

Koopmans E, Cornish K, Fyfe TM, et al (2022) Health risks and mitigation strategies from occupational exposure to wildland fire: a scoping review. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 17:. <https://doi.org/10.1186/S12995-021-00328-W>

Kuźma Ł, Wańha W, Kralisz P, et al (2021) Impact of short-term air pollution exposure on acute coronary syndrome in two cohorts of industrial and non-industrial areas: A time series regression with 6,000,000 person-years of follow-up (ACS - Air Pollution Study). *Environ Res* 197:. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2021.111154>

Landguth EL, Knudson J, Graham J, et al (2023) Seasonal extreme temperatures and short-term fine particulate matter increases child respiratory hospitalizations in a sparsely populated region of the intermountain western United States. <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-3438033/V1>.

Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, Adeyi O, Arnold R, Basu NN, Baldé AB, Bertollini Ret al. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet*. 2018 Feb 3;391(10119):462-512.

Lansdall-Welfare T, Lightman S, Cristianini N (2019). Seasonal variation in antidepressant prescriptions, environmental light and web queries for seasonal affective disorder. *The British Journal of Psychiatry* 215(2):481-4.

Li C, van Donkelaar A, Hammer MS, et al (2023) Reversal of trends in global fine particulate matter air pollution. *Nature Communications* 2023 14:1 14:1–12. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41086-z>.

Li D, Wang Jb, Zhang Zy et al (2018). Effects of air pollution on hospital visits for pneumonia in children: a two-year analysis from China. *Environ Sci Pollut Res* 25, 10049–10057.

Li H, Li M, Zhang S, Qian Z (Min), Zhang Z, Zhang K, et al (2022). Interactive effects of cold spell and air pollution on outpatient visits for anxiety in three subtropical Chinese cities. *Science of The Total Environment* 817:152789.

Li Z, Guo J, Ding A, et al (2017) Aerosol and boundary-layer interactions and impact on air quality. *Nat Sci Rev* 4:810–833. <https://doi.org/10.1093/NSR/NWX117>.

Lin, L.-Z., Chen, J.-H., Yu, Y.-J., Dong, G.-H. (2023). Ambient air pollution and infant health: A narrative review. *eBioMedicine*, 93, 104609.

Linares C, Culqui DR, Carmona R, Ortiz C, Díaz J (2017). Short-term association between environmental factors and hospital admissions due to dementia in Madrid. *Environment Research*. 2017; 152: 214-220. <https://doi: 10.1016/j.envres.2016.10.020>.

Linares C, Díaz J (2007). Impact of high temperatures on hospital admissions: comparative analysis with previous studies about mortality (Madrid). *European Journal of Public Health*. 18:318-322.

Linares C, Díaz J (2008). Impact of heat waves on daily mortality in distinct age groups. *Gac. Sanit*. 2008; 22 (2): 115-9.

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

Linares C, Díaz J, Navas MA, Ruiz-Páez R, Saez M, Barceló MA, López-Bueno JA (2025b). How air pollution and extreme temperatures affect emergency hospital admissions due to various respiratory causes in Spain, by age group: A national study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*.

Linares C, Díaz J, Tobías A, De Miguel JM, Otero A (2006). Air pollutants and noise levels over daily hospital admissions in children in Madrid: a time series analysis. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 79:143-152.

Linares C, Martínez-Martín P, Rodríguez-Blázquez C, MJ Forjaz, Quiroga B, Ortiz C, Carmona R, Díaz J (2016). Short-term association between road traffic noise and demand for health care generated by Parkinson's disease in Madrid. *Environment International* 89-90:1-5.

Linares C, Sanchez-Martinez G, Kendrovski V, Diaz J (2020). A New Integrative Perspective on Early Warning Systems for Health in the Context of Climate Change. *Environmental Research* 187 109623.

Linares, C., & Díaz, J. (2008). Impact of high temperatures on hospital admissions: comparative analysis with previous studies about mortality (Madrid). *European Journal of Public Health*, 18(3), 317–322. <https://doi.org/10.1093/EURPUB/CKM108>.

López-Bueno JA, Díaz J, Iriso M, Ruiz-Páez R, Navas-Martín MA, Linares C. (2025). Influence of economic and demographic factors on hospital admissions for cardiovascular causes related to air pollution and thermal extremes in Spain: a nationwide study. *Environmental Research. International Journal of Biometeorology*. In Press 2025.

Liu Y, Guo M, Wang J, Gong Y, Huang C et al., (2024). Effect of short-term exposure to air pollution on hospital admission for cardiovascular disease: A time-series study in Xiangyang, China. *Science of The Total Environment*. 918 170735.

Markozannes G, Pantavou K, Rizos EC, et al (2022) Outdoor air quality and human health: An overview of reviews of observational studies. *Environmental Pollution* 306:119309. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2022.119309>

Martens DS, Nawrot TS (2016) Air Pollution Stress and the Aging Phenotype: The Telomere Connection. *Curr Environ Health Rep* 3:258–269.

Mastrangelo G, Hajat S, Fadda E, et al. (2006) Contrasting patterns of hospital admissions and mortality during heat waves: are deaths from circulatory disease a real excess or an artifact? *Med Hypotheses* 66:1025–8.

Meade, R. D., Akerman, A. P., Notley, S. R., McGinn, R., Poirier, P., Gosselin, P., Kenny, G. P. (2020). Physiological factors characterizing heat-vulnerable older adults: A narrative review. *Environment International*, 144, 105909.

Metzger KB, Ito K, Matte TD (2010) Summer heat and mortality in New York City: how hot is too hot? *Environ Health Perspect* 118:80–86. <https://doi.org/10.1289/EHP.0900906>

Mills IC, Atkinson RW, Kang S, et al (2015) Quantitative systematic review of the associations between short-term exposure to nitrogen dioxide and mortality and hospital admissions. *BMJ Open* 5:e006946. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2014-006946/-/DC1>

Milton LA, White AR (2020) The potential impact of bushfire smoke on brain health. *Neurochem Int* 139: <https://doi.org/10.1016/J.NEUINT.2020.104796>

Ministerio de Sanidad. (2023a). Plan Nacional de actuaciones preventivas por bajas temperaturas 2023-2024. [https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/frioExtremo/publicaciones/docs/Plan\\_Frio\\_23-24.pdf](https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/frioExtremo/publicaciones/docs/Plan_Frio_23-24.pdf)

Ministerio de Sanidad. (2023b). Temperaturas Umbrales de referencia de impacto en salud por altas temperaturas. <https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltasTemp/2023/tempeUmbrales.htm>.

Ministerio de Sanidad. (2024a). Costes hospitalarios-contabilidad analítica. <https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/inforRecopilaciones/anaDesarrolloGDR.htm>.

Ministerio del Interior (2024).

MITECO (2023). Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2022. Madrid.

MITECO (2024). <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/planes-mejora.html>

Mocelin HT, Fischer GB, Bush A (2022) Adverse early-life environmental exposures and their repercussions on adult respiratory health. *J Pediatr (Rio J)* 98:S86–S95.

Moon J (2021). The effect of the heatwave on the morbidity and mortality of diabetes patients; a meta-analysis for the era of the climate crisis. *Environ Res. Apr*;195:110762.

Moreira I, Linares C, Follos F, Sánchez-Martínez G, Vellón JM, Díaz J. (2020). Short-term effects of Saharan dust intrusions and biomass combustion on birth outcomes in Spain. *Sci Total Environ*;701:134755.

Mumby S, Chung KF, Adcock IM (2019). Transcriptional Effects of Ozone and Impact on Airway Inflammation. *Front Immunol.* 10:1610.

Naserinejad N, Costanian C, Birot O, Barboni T, Roudier E. Wildland fire, air pollution and cardiovascular health: is it time to focus on the microvasculature as a risk assessment tool? *Front Physiol* 2023;14(WOS:001039301400001).

Navares R, Aznarte JL, Linares C, Díaz J (2020). Direct assessment of health impact from traffic intensity. *Environmental Research.* 184 C 109254.

Navarro-Espigares JL. (2021). The hospital cost of COVID-19 patients. In XL Jornadas de Economía de la Salud. Online. <https://www.youtube.com/watch?v=KNDF25QLjUY>.

Navas-Martín MÁ, López-Bueno JA, Ascaso-Sánchez MS, Sarmiento-Suárez R, Follos F, Vellón JM, Mirón IJ, Luna MY, Sánchez-Martínez G, Culqui D, Linares C, Díaz J. (2022). Gender differences in adaptation to heat in Spain (1983-2018). *Environ Res* 215(Pt 1):113986.

Navas-Martín, M Á, Ovalle-Perandones MA., López-Bueno J A, Díaz J, Linares C, Sánchez-Martínez G (2024). Population adaptation to heat as seen through the temperature-mortality relationship, in the context of the impact of global warming on health: A scoping review. *Science of the Total Environment*, 908.

Nejjari C, Marfak A, Rguig A, et al (2021) Ambient air pollution and emergency department visits among children and adults in Casablanca, Morocco. *AIMS Public Health* 2021 2:285 8:285–302. <https://doi.org/10.3934/PUBLICHEALTH.2021022>.

Newby DE, Mannucci P, Tell G, Baccarelli AA, Brook RD, Donaldson K, Forastiere F, Franchini M, Franco OH, Graham I, Hoek G, Hoffmann B, Hoylaerts MF, Künzli N, Mills N, Pekkanen J, Peters A, Piepoli MF, Rajagopalan S, Storey R. ESC Working Group on Thrombosis, European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation and ESC Heart Failure (2015). Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 36:83-93.

Nguyen AM, Malig BJ, Basu R (2021) The association between ozone and fine particles and mental health-related emergency department visits in California, 2005-2013. *PLoS One* 16:. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0249675>

Ni J, Zhao Y, Li B, et al (2023) Investigation of the impact mechanisms and patterns of meteorological factors on air quality and atmospheric pollutant concentrations during extreme weather events in Zhengzhou city, Henan Province. *Atmos Pollut Res* 14:101932.

Niu Z, Liu F, Yu H, et al (2021) Association between exposure to ambient air pollution and hospital admission, incidence, and mortality of stroke: an updated systematic review and meta-analysis of more than 23 million participants. *Environ Health Prev Med* 26:1–14. <https://doi.org/10.1186/S12199-021-00937-1/TABLES/4>.

Pan R, Zhang X, Gao J, Yi W, Wei Q, Xu Z, et al (2019). Impacts of heat and cold on hospitalizations for schizophrenia in Hefei, China: An assessment of disease burden. *Science of The Total Environment* 694:133582.

Pandolfi M, Tobias A, Alastuey A, et al (2014) Effect of atmospheric mixing layer depth variations on urban air quality and daily mortality during Saharan dust outbreaks. *Sci Total Environ* 494–495:283–289. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2014.07.004>

Park K, Jin HG, Baik JJ (2023) Do heat waves worsen air quality? A 21-year observational study in Seoul, South Korea. *Science of The Total Environment* 884:163798.

Parry M, Green D, Zhang Y, Hayen A (2019) Does Particulate Matter Modify the Short-Term Association between Heat Waves and Hospital Admissions for Cardiovascular Diseases in Greater Sydney, Australia? *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, Vol 16, Page 3270 16:3270. <https://doi.org/10.3390/IJERPH16183270>.

Pascal M, Corso M, Chanel O, et al (2013) Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: Results of the Aphekom project. *Science of The Total Environment* 449:390–400. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2013.01.077>

Pérez-Pastor R, Salvador P, García-Gómez H, García-Alonso S, Toro M, Artíñano B, Alonso R. (2023). Characterization of organic aerosols at the Natura 2000 remote environment of Sanabria Lake (Spain): Evaluating the influence of African dust and regional biomass burning smoke. *Atmospheric Environment* 298 (2023) 119634.

Praud D, Deygas F, Amadou A, et al (2023) Traffic-Related Air Pollution and Breast Cancer Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Cancers (Basel)* 15:. <https://doi.org/10.3390/cancers15030927>.

Prieto L, García-Herrera R, Díaz J, Hernández E, Del Teso MT (2004). Minimum extreme temperatures over Peninsular Spain. *Global and Planetary Change*. 44:59-71.

Prospero JM (2006) Saharan dust impacts and climate change. *Oceanography* 19:60–61. <https://doi.org/10.5670/OCEANOLOG.2006.65>.

Pursiainen V., Haapaniemi TH, Korpelainen JT, Sotaniemi KA, Myllylä VV (2007). Sweating in Parkinsonian patients with wearing-off. *Mov. Disord.* 22 (6), 828-832.

Qu Y, Zhang W, Ryan I, Deng X, Dong G, Liu X, et al (2021). Ambient extreme heat exposure in summer and transitional months and emergency department visits and hospital admissions due to pregnancy complications. *Sci Total Environ.* 777:146134.

Querol, X., Viana, M., Moreno, T., Alastuey, A., (2012). Bases científico-técnicas para un plan nacional de mejora de la calidad del aire. Informes CSIC.

Rajagopalan S, Al-Kindi SG, Brook RD (2018). Air Pollution and Cardiovascular Disease. *J Am Coll Cardiol* 72:2054-70.

Rao X, Montresor-Lopez J, Puett R, Rajagopalan S, Brook RD (2015). Ambient air pollution: an emerging risk factor for diabetes mellitus. *Curr Diab Rep* 15(6):603.

Recio A, Banegas JR, Linares C, Díaz J (2016b) . The short-term association of road traffic noise with cardiovascular, respiratory, and diabetes-related mortality. *Environmental Research* 150:383-390.

Recio A, Linares C, Banegas JR, Díaz J (2016a). Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory and metabolic health: an integrative model of biological mechanisms. *Environment Research* 146:359-370.

Recio A, Linares C, Banegas JR, Díaz J (2017). Impact of road traffic noise on cause-specific mortality in Madrid (Spain). *Science of The Total Environment.* 590-591:171-3.

Renzi M, Scortichini M, Forastiere F, et al (2022) A nationwide study of air pollution from particulate matter and daily hospitalizations for respiratory diseases in Italy. *Sci Total Environ* 807:. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.151034>.

Rodriguez P, López-Landa A, Romo-Parra H, Rubio-Osornio M, Rubio C. (2024) Unraveling the ozone impact and oxidative stress on the nervous system. *Toxicology.*509:153973.

Rogers HM, Ditto JC, Gentner DR (2020). Evidence for impacts on surface-level air quality in the northeastern US from long-distance transport of smoke from North American fires during the Long Island Sound Tropospheric Ozone Study (LISTOS) 2018. *Atmospheric Chem Phys* 20(2):671-82.

Rosenthal NE, Sack DA, Gillin JC, Lewy AJ, Goodwin FK, Davenport Y, et al (1984). Seasonal affective disorder. A description of the syndrome and preliminary findings with light therapy. *Arch Gen Psychiatry* 41(1):72-80.

Ruiz-Páez R, Díaz J, López-Bueno JA, Navas MA, Mirón IJ, Martínez GS, Luna MY, Linares C. (2023a). Does the meteorological origin of heat waves influence their impact on health? A 6-year morbidity and mortality study in Madrid (Spain). *Sciences of the Total Environment.* 855 158900.

Ruiz-Páez R, Díaz J, López-Bueno JA, Asensio C, Ascaso MS, Saez M, Barceló MA, Navas MA, Linares C. (2023b). Short-term effects of air pollution and noise on emergency hospital admissions in Madrid and economic assessment. *Environmental Research* 219 115147.

Ruiz-Páez R, Díaz J, López-Bueno JA, Saez M, Barceló MA, Navas MA, Linares C (2025a). 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.*

Ruiz-Páez R, López-Bueno JA, Díaz J, Navas MA, Linares C. (2025b). Short-term effects of chemical and noise pollution during heat and cold waves on emergency hospital admissions in Madrid. *Journal of Urban Health*. In Press 2005.

Ruiz-Páez R, López-Bueno JA, Padrón-Monedero A, Navas MA, Salvador P, Linares C, Díaz J (2024). 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*. 946 174316.

Salvador P, Pandolfi M, Tobías A, et al (2020) Impact of mixing layer height variations on air pollutant concentrations and health in a European urban area: Madrid (Spain), a case study. *Environmental Science and Pollution Research* 27:41702-41716. <https://doi.org/10.1007/S11356-020-10146-Y/FIGURES/6>.

Salvador P, Pey J, Perez N, et al (2022) Increasing atmospheric dust transport towards the western Mediterranean over 1948–2020. *NPJ Clim Atmos Sci* 5:34. <https://doi.org/10.1038/s41612-022-00256-4>.

Samad N, Imran A, Bhatti SA, Imran I, Alqahtani F, Alasmari AF, et al (2022). Vitamin D2 protects acute and repeated noise stress induced behavioral, biochemical, and histopathological alterations: Possible antioxidant effect. *Saudi J Biol Sci*. 29(1):601-9.

Sánchez de la Campa AM, Salvador P, Fernández-Camacho R, et al (2018) Characterization of biomass burning from olive grove areas: A major source of organic aerosol in PM10 of Southwest Europe. *Atmos Res* 199:1–13. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSRES.2017.07.032>.

Sanyal S, Rochereau T, Maesano CN, et al (2018) Long-Term Effect of Outdoor Air Pollution on Mortality and Morbidity: A 12-Year Follow-Up Study for Metropolitan France. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2018, Vol 15, Page 2487 15:2487. <https://doi.org/10.3390/IJERPH15112487>.

Schifano, P, Leone, M, De Sario, M, et al (2018). Joint occurrence of heatwaves and ozone pollution and increased health risks in Beijing, China: Role of synoptic weather pattern and urbanization. *Journal of Climate*, 22(10), 929–937. <https://doi.org/10.5194/ACP-22-6523-2022>

Schreckenber D, Griefahn B, Meis M (2010). The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance. *Noise and Health*. 12(46):7.

SEN, 2025. Sociedad Española de Neurología. Impacto socio sanitario de las enfermedades neurológicas en España. Madrid, 2025.

Shen J, Ma Y, Zhang Y, et al (2023) Temperature modifies the effects of air pollutants on respiratory diseases. *Environ Sci Pollut Res Int* 30:61778–61788.

Shin HH, Maquiling A, Thomson EM, Park IW, Stieb DM, Dehghani P (2022). Sex-difference in air pollution-related acute circulatory and respiratory mortality and hospitalization. *Science of The Total Environment*. 806, Part 3, 150515.

Shitzer A (2006). Wind-chill-equivalent temperatures: regarding the impact due to the variability of the environmental convective heat transfer coefficient. *Int J Biometeorol* 50(4):224-32.

Slattery MM, Morrison JJ (2002). Preterm delivery. *Lancet Lond Engl*. 360(9344):1489-97.

Song, X., Wang, S., Hu, Y., Yue, M., Zhang, T., Liu, Y., Tian, J., Shang, K. (2017). Impact of ambient temperature on morbidity and mortality: An overview of reviews. *Science of The Total Environment*, 586, 241-254.

Sousa PM, Barriopedro D, Ramos AM, et al (2019) Saharan air intrusions as a relevant mechanism for Iberian heatwaves: The record breaking events of August 2018 and June 2019. *Weather Clim Extrem* 26:100224. <https://doi.org/10.1016/J.WACE.2019.100224>.

Sperandei S. Understanding logistic regression analysis. *Biochem Med (Zagreb)*. 2014 Feb 15;24(1):12-8.

Stafoggia M, Michelozzi P, Schneider A, et al (2023) Joint effect of heat and air pollution on mortality in 620 cities of 36 countries. *Environ Int* 181:108258. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2023.108258>.

Stafoggia M, Oftedal B, Chen J, Rodopoulou S, Renzi M, Atkinson RW, et al. (2022). Long-term exposure to low ambient air pollution concentrations and mortality among 28 million people: results from seven large European cohorts within the ELAPSE project. *Lancet Planet Health* 6(1):e9-18.

Stevens DR, Rohn MCH, Hinkle SN, Williams AD, Kumar R, Lipsky LM, et al (2022). Maternal body composition and gestational weight gain in relation to asthma control during pregnancy. *PloS One*. 17(4):e0267122.

Sun S, Weinberger KR, Spangler KR, Eliot MN, Braun JM, Wellenius GA (2019). Ambient temperature and preterm birth: A retrospective study of 32 million US singleton births. *Environ Int*. 126:7-13.

Sung TI, Chen MJ, Lin CY, Lung SC, Su HJ (2011). Relationship between mean daily ambient temperature range and hospital admissions for schizophrenia: Results from a national cohort of psychiatric inpatients. *Science of the Total Environment*. 410-411, 41-46.

Swinn L, Schrag A, Viswanathan R, Bloem BR, Lees A, Quinn N (2003). Sweating dysfunction in Parkinson's disease. *Mov. Disord*. 18 (12), 1459–1463.

Syed S, O'Sullivan TL, Phillips KP (2022). Extreme Heat and Pregnancy Outcomes: A Scoping Review of the Epidemiological Evidence. *Int J Environ Res Public Health*. 19(4):2412.

Thakur CP, Anand MP, Shahi MP (1987) Cold weather and myocardial infarction. *Int J Cardiol* 16:19–25.

Theilen LH, Meeks H, Fraser A, Esplin MS, Smith KR, Varner MW (2018). Long-term mortality risk and life expectancy following recurrent hypertensive disease of pregnancy. *Am J Obstet Gynecol*. 219(1):107. e1-107.e6.

Thiering E, Heinrich J. Epidemiology of air pollution and diabetes (2015). *Trends Endocrinol Metab*. 26(7):384-94.

Thomas N, Nigam S (2018) Twentieth-Century Climate Change over Africa: Seasonal Hydroclimate Trends and Sahara Desert Expansion. *J Clim* 31:3349–3370. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0187.1>.

Thomson EM (2019). Air Pollution, Stress, and Allostatic Load: Linking Systemic and Central Nervous System Impacts. *Journal of Alzheimer's Disease* 69(3):597-614.

To P, Eboreime E, Agyapong VIO (2021) The Impact of Wildfires on Mental Health: A Scoping Review. *Behavioral sciences (Basel, Switzerland)* 11:.. <https://doi.org/10.3390/BS11090126>.

Tobías A, Díaz J, Sáez M, Alberdi JC (2001). Use of Poisson Regression and Box Jenkins Models to Evaluate the Short-Term Effects of Environmental Noise Levels on Health in Madrid, Spain.. *European Journal Epidemiology* 2001; 17:765-771.

Tobías A, Recio A, Díaz J, Linares C (2014) . Noise levels and cardiovascular mortality: A case-crossover analysis. *European Journal Preventive Cardiology*. 22:496-502.

Tobías A, Recio A, Díaz J, Linares C (2015). Health impact assessment of traffic noise. *Environmental Research*, 137:136-140.

Tosevska A, Ghosh S, Ganguly A, Cappelletti M, Kallapur SG, Pellegrini M, et al (2022). Integrated analysis of an in vivo model of intra-nasal exposure to instilled air pollutants reveals cell-type specific responses in the placenta. *Sci Rep*. 8438-8438

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 <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-88-2024-INIT/es/pdf>.

Vojinović, S., Savić, D., Lukić, S., Savić, L., Vojinović, J. (2015). Disease relapses in multiple sclerosis can be influenced by air pollution and climate seasonal conditions. *Vojnosanitetski Pregled*, 72(1), 44-49.

Wang L, Yang X, Dong J, et al (2023) Evolution of surface ozone pollution pattern in eastern China and its relationship with different intensity heatwaves. *Environmental Pollution* 338:122725. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122725>.

WHO (2013) Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

WHO (2016) Mental health: neurological disorders. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/mental-health-neurological-disorders>.

WHO (2018) Air pollution and child health: prescribing clean air. Summary. [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2018 [cited 31 January 2024]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/275545/WHO-CED-PHE-18.01-eng.pdf?sequence=2>

WHO (2021) WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide and carbon monoxide. Geneva.

WHO (2022) World Health Organization. Maternal, newborn, child and adolescent health and ageing <https://platform.who.int/data/maternal-newborn-child-adolescent-ageing/static-visualizations/mca>

WHO (2024) Health topics - Air pollution. [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1). Accessed 20 Mar 2024.

Wingo TS, Liu Y, Gerasimov YS, Vattathil SM, Wynne ME, Liu J, Wingo AP (2022). Shared mechanisms across the major psychiatric and neurodegenerative diseases. *Nat. Commun.*, 13. 4314.

Wood SK, Valentino RJ (2017). The brain norepinephrine system, stress and cardiovascular vulnerability. *Neurosci Biobehav Rev*. 74:393-400.

Wu, K, Ho, HC, Su, H, Huang, C, Zheng, H, Zhang, W, Tao, J, Hossain, MZ, Zhang, Y, Hu, K, Yang, M, Wu, Q, Xu, Z, Cheng, J (2022). A systematic review and meta-analysis of intraday effects of ambient air pollution and temperature on cardiorespiratory morbidities: First few hours of exposure matters to life. *eBioMedicine*, 86, 104327.

Xu C, Yin P, Jiang Y, Lin X, Shi S, Li X, et al. Joint Effect of Short-Term Exposure to Fine Particulate Matter and Ozone on Mortality: A Time Series Study in 272 Chinese Cities. *Environ Sci Technol* 2024;58(29):12865-74.

Xu L, Crounse JD, Vasquez KT, Allen H, Wennberg PO, Bourgeois I, et al. Ozone chemistry in western

U.S. wildfire plumes. *Sci Adv* 2021;7(50):eabl3648.

Yang M, Chen L, Msigwa G, et al (2022) Implications of COVID-19 on global environmental pollution and carbon emissions with strategies for sustainability in the COVID-19 era. *Sci Total Environ* 809:. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.151657>

Yang X, Jiang W, Gao X, et al (2024) Impact of airborne particulate matter exposure on hospital admission for Alzheimer's disease and the attributable economic burden: evidence from a time-series study in Sichuan, China. *Environ Sci Eur* 36:1–12. <https://doi.org/10.1186/S12302-023-00833-1/TABLES/4>

Youssef H, Liousse C, Roblou L, Assamoi EM, Salonen RO, Maesano C, et al. (2014). Non-Accidental Health Impacts of Wildfire Smoke. *Int J Environ Res Public Health* 11:11772-11804.

Zhang Y, Xu R, Huang W, Morawska L, Johnston FH, Abramson M, et al. (2024) Short-term Exposure to Wildfire-Specific PM<sub>2.5</sub> and Diabetes Hospitalization: A Study in Multiple Countries and Territories. *Diabetes Care* ; 47(MEDLINE:39012781):1664-1672-1664-72.

Zhang, W., Ling, J., Zhang, R., Dong, J., Zhang, L., Chen, R., Ruan, Y. (2023). Short-term effects of air pollution on hospitalization for acute lower respiratory infections in children: A time-series analysis study from Lanzhou, China. *BMC Public Health*, 23(1).

Zhao T, Markevych I, Romanos M, et al (2018) Ambient ozone exposure and mental health: A systematic review of epidemiological studies. *Environ Res* 165:459–472. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2018.04.015>

Zheng X yan, Orellano P, Lin H liang, et al (2021) Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency department visits and hospital admissions due to asthma: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int* 150:. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2021.106435>

Ziou, M., Tham, R., Wheeler, A. J., Zosky, G. R., Stephens, N., Johnston, F. H. (2022). Outdoor particulate matter exposure and upper respiratory tract infections in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research*, 210, 112969.

Zou B, You J, Lin Y, et al (2019) Air pollution intervention and life-saving effect in China. *Environ Int* 125:529–541. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2018.10.045>.

Zu, K., Liu, X., Shi, L., Tao, G., Loftus, C. T., Lange, S., & Goodman, J. E. (2017). Concentration-response of short-term ozone exposure and hospital admissions for asthma in Texas. *Environment International*, 104, 139-145.

## 19. Material suplementario

	Contaminantes			Extremos térmicos		
		RR (95%CI)	RA (95%CI)		RR (95%CI)	RA (95%CI)
<b>Almería</b>	-			Cold (8, 13)	1,09 (1,02 - 1,17)	8,25 (1,64 - 14,41)
<b>Cádiz</b>	NO <sub>2</sub> (0, 5)	1,03 (1,01 - 1,04)	2,45 (1,18 - 3,70)	-		
	PM <sub>10</sub> (0)	1,01 (1,01 - 1,01)	0,60 (0,51 - 0,91)			
<b>Córdoba</b>	NO <sub>2</sub> (5)	1,01 (1,00 - 1,02)	0,93 (0,29 - 1,57)	Heat (2)	1,02 (1,00 - 1,03)	1,73 (0,23 - 3,20)
				Cold (7, 10)	1,03 (1,01 - 1,05)	3,07 (1,26 - 4,84)
<b>Granada</b>	-			Heat (0, 5)	1,02 (1,00 - 1,04)	2,01 (0,22 - 3,76)
				Cold (3, 11)	1,03 (1,01 - 1,05)	2,77 (1,11 - 4,39)
<b>Huelva</b>	PM <sub>10</sub> (0)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,91 (0,43 - 1,38)	Cold (2, 11)	1,04 (1,02 - 1,06)	3,68 (1,68 - 5,63)
<b>Jaén</b>	-			Heat (5)	1,03 (1,01 - 1,06)	3,18 (0,95 - 5,35)
				Cold (4, 7)	1,07 (1,02 - 1,12)	6,37 (1,70 - 10,81)
<b>Málaga</b>	NO <sub>2</sub> (4)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,72 (0,30 - 1,13)	Cold (8, 11)	1,08 (1,02 - 1,13)	7,17 (2,39 - 11,72)
	O <sub>3</sub> (4)	1,00 (1,00 - 1,01)	0,34 (0,06 - 0,63)			
<b>Sevilla</b>	NO <sub>2</sub> (2)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,54 (0,06 - 1,02)	Cold (4, 13)	1,02 (1,01 - 1,03)	2,09 (0,82 - 3,34)
<b>Huesca</b>	O <sub>3</sub> (3)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,73 (0,15 - 1,31)	Cold (2, 6)	1,04 (1,01 - 1,07)	3,85 (0,63 - 6,96)
<b>Teruel</b>	O <sub>3</sub> (8)	1,01 (1,00 - 1,02)	0,89 (0,13 - 1,64)	Cold (13)	1,05 (1,00 - 1,10)	5,01 (0,46 - 9,36)
<b>Zaragoza</b>	PM <sub>10</sub> (3)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,64 (0,22 - 1,06)	Heat (2, 5)	1,04 (1,02 - 1,06)	3,54 (1,74 - 5,31)
<b>Asturias</b>	PM <sub>2,5</sub> (3)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,02 (0,29 - 1,75)	Heat (1)	1,01 (1,01 - 1,02)	1,06 (0,58 - 1,52)
	PM <sub>10</sub> (0)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,85 (0,36 - 1,34)	Cold (5, 14)	1,11 (1,04 - 1,18)	10,07 (4,26 - 15,53)
<b>Islas Baleares</b>	O <sub>3</sub> (3)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,59 (0,24 - 0,94)	Heat (1, 4)	1,03 (1,00 - 1,06)	3,23 (0,38 - 5,99)
	PM <sub>10</sub> (0)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,61 (0,07 - 1,14)	Cold (6, 14)	1,06 (1,03 - 1,08)	5,24 (2,82 - 7,60)

	Contaminantes			Extremos térmicos		
		RR (95%CI)	RA (95%CI)		RR (95%CI)	RA (95%CI)
<b>Las Palmas</b>	PM <sub>2,5</sub> (0)	1,01 (1,01 - 1,02)	1,36 (0,71 - 2,01)	Heat (2)	1,02 (1,00 - 1,05)	2,29 (0,15 - 4,38)
	PM <sub>10</sub> (4)	1,00 (1,00 - 1,00)	0,27 (0,10 - 0,44)	Cold (14)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,22 (0,07 - 2,35)
<b>S/C Tenerife</b>	O <sub>3</sub> (7)	1,00 (1,00 - 1,01)	0,43 (0,09 - 0,77)	Cold (12)	1,05 (1,01 - 1,09)	4,52 (1,06 - 7,86)
<b>Cantabria</b>	NO <sub>2</sub> (1)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,06 (0,20 - 1,90)	Heat (2)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,10 (0,41 - 1,78)
				Cold (3, 9)	1,13 (1,05 - 1,21)	11,44 (4,82 - 17,59)
<b>Albacete</b>	-			Heat (0)	1,03 (1,00 - 1,07)	3,32 (0,45 - 6,11)
				Cold (5, 12)	1,02 (1,00 - 1,04)	2,23 (0,16 - 4,26)
<b>Ciudad Real</b>	-			Heat (1)	1,02 (1,00 - 1,04)	2,08 (0,47 - 3,67)
				Cold (2, 12)	1,03 (1,01 - 1,05)	2,87 (1,09 - 4,63)
<b>Cuenca</b>	NO <sub>2</sub> (5)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,31 (0,48 - 2,12)	Heat (2)	1,06 (1,02 - 1,10)	5,70 (1,90 - 9,36)
				Cold (3, 7)	1,09 (1,04 - 1,13)	7,86 (3,90 - 11,65)
<b>Guadalajara</b>	NO <sub>2</sub> (3)	1,03 (1,02 - 1,05)	3,33 (1,92 - 4,72)	-		
<b>Toledo</b>	NO <sub>2</sub> (3)	1,01 (1,00 - 1,02)	0,91 (0,07 - 1,74)	Cold (3)	1,01 (1,00 - 1,03)	1,41 (0,04 - 2,75)
<b>Ávila</b>	NO <sub>2</sub> (4)	1,02 (1,01 - 1,03)	1,95 (0,58 - 3,31)	Heat (3)	1,04 (1,00 - 1,08)	3,73 (0,22 - 7,12)
				Cold (2)	1,03 (1,01 - 1,05)	2,76 (0,70 - 4,77)
<b>Burgos</b>	NO <sub>2</sub> (4)	1,03 (1,02 - 1,04)	2,93 (2,00 - 3,85)	Cold (5, 8)	1,03 (1,01 - 1,05)	2,57 (0,64 - 4,46)
	O <sub>3</sub> (6)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,51 (0,16 - 0,86)			
<b>León</b>	NO <sub>2</sub> (3)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,28 (0,47 - 2,08)	-		
<b>Palencia</b>	-			Heat (2)	1,03 (1,00 - 1,05)	2,61 (0,20 - 4,96)
				Cold (6, 12)	1,27 (1,10 - 1,47)	21,29 (9,15 - 31,81)
<b>Salamanca</b>	-			Heat (2)	1,04 (1,02 - 1,06)	3,63 (1,81 - 5,41)
				Cold (3, 11)	1,03 (1,01 - 1,05)	2,90 (1,25 - 4,53)
<b>Segovia</b>	NO <sub>2</sub> (3)	1,03 (1,01 - 1,05)	3,05 (1,33 - 4,74)	Cold (8, 12)	1,04 (1,01 - 1,08)	4,03 (0,76 - 7,19)
<b>Soria</b>	O <sub>3</sub> (2)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,19 (0,49 - 1,89)	Cold (3, 6)	1,16 (1,04 - 1,29)	13,62 (3,53 - 22,65)
<b>Valladolid</b>	-			Cold (4, 9)	1,05 (1,02 - 1,07)	4,42 (2,24 - 6,55)

	Contaminantes			Extremos térmicos		
		RR (95%CI)	RA (95%CI)		RR (95%CI)	RA (95%CI)
<b>Zamora</b>	-			Heat (4)	1,05 (1,02 - 1,09)	5,17 (1,63 - 8,58)
				Cold (4, 11)	1,06 (1,03 - 1,08)	5,22 (2,74 - 7,63)
<b>Barcelona</b>	NO <sub>2</sub> (5)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,58 (0,38 - 0,78)	Heat (4)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,81 (0,26 - 1,35)
	O <sub>3</sub> (2)	1,00 (1,00 - 1,00)	0,20 (0,05 - 0,35)	Cold (7, 11)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,30 (0,31 - 2,29)
<b>Gerona</b>	-			Heat (0)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,08 (0,13 - 2,03)
				Cold (8, 12)	1,02 (1,00 - 1,03)	1,60 (0,24 - 2,93)
<b>Lérida</b>	NO <sub>2</sub> (4)	1,04 (1,02 - 1,06)	4,10 (2,22 - 5,94)	-		
<b>Tarragona</b>	O <sub>3</sub> (3)	1,09 (1,01 - 1,17)	8,06 (0,86 - 14,75)	Heat (1)	1,06 (1,03 - 1,10)	6,09 (3,09 - 8,99)
	PM <sub>10</sub> (0)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,67 (0,11 - 1,22)			
<b>Ceuta</b>	-			Cold (14)	1,07 (1,01 - 1,13)	6,37 (0,74 - 11,68)
<b>Badajoz</b>	NO <sub>2</sub> (0)	1,01 (1,00 - 1,03)	1,33 (0,21 - 2,45)	Cold (3, 11)	1,04 (1,02 - 1,06)	3,66 (1,98 - 5,32)
	PM <sub>2,5</sub> (1)	1,02 (1,01 - 1,03)	1,93 (0,94 - 2,91)			
<b>Cáceres</b>	PM <sub>2,5</sub> (1)	1,02 (1,01 - 1,03)	1,91 (0,51 - 3,28)	Heat (1)	1,01 (1,00 - 1,03)	1,29 (0,12 - 2,44)
				Cold (4, 14)	1,04 (1,01 - 1,08)	4,07 (1,02 - 7,02)
<b>A Coruña (Corunna)</b>	-			Heat (0)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,76 (0,23 - 1,29)
				Cold (4, 7)	1,03 (1,01 - 1,04)	2,64 (1,13 - 4,13)
<b>Lugo</b>	O <sub>3</sub> (0, 6)	1,02 (1,01 - 1,03)	1,49 (0,52 - 2,46)	Cold (2)	1,22 (1,12 - 1,33)	17,94 (10,37 - 24,87)
	PM <sub>2,5</sub> (3)	1,03 (1,01 - 1,04)	2,46 (1,06 - 3,84)			
<b>Ourense</b>	PM <sub>10</sub> (0)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,55 (0,04 - 1,07)	Heat (3)	1,02 (1,01 - 1,04)	2,38 (0,77 - 3,97)
				Cold (7, 11)	1,03 (1,01 - 1,04)	2,64 (1,24 - 4,02)
<b>Pontevedra</b>	PM <sub>10</sub> (2)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,65 (0,26 - 1,03)	Heat (3)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,51 (0,11 - 0,91)
				Cold (4, 11)	1,02 (1,01 - 1,04)	2,33 (1,21 - 3,43)
<b>Madrid</b>	NO <sub>2</sub> (0, 4)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,74 (0,40 - 1,08)	Heat (1)	1,00 (1,00 - 1,01)	0,48 (0,26 - 0,69)
	O <sub>3</sub> (4)	1,00 (1,00 - 1,00)	0,17 (0,04 - 0,30)	Cold (4, 13)	1,17 (1,08 - 1,27)	14,63 (7,39 - 21,30)

	Contaminantes			Extremos térmicos		
		RR (95%CI)	RA (95%CI)		RR (95%CI)	RA (95%CI)
<b>Melilla</b>	-			Heat (2)	1,07 (1,01 - 1,12)	6,11 (1,29 - 10,70)
				Cold (10)	1,07 (1,02 - 1,12)	6,58 (1,93 - 11,00)
<b>Murcia</b>	PM <sub>10</sub> (1)	1,00 (1,00 - 1,01)	0,41 (0,14 - 0,67)	Cold (2, 8)	1,02 (1,01 - 1,04)	2,24 (0,73 - 3,73)
<b>Navarre</b>	-			Heat (3)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,13 (0,10 - 2,16)
				Cold (3, 6)	1,08 (1,02 - 1,14)	7,20 (1,53 - 12,54)
<b>Álava</b>	-			Heat (3)	1,02 (1,00 - 1,04)	1,83 (0,09 - 3,54)
				Cold (4)	1,05 (1,02 - 1,07)	4,56 (2,11 - 6,95)
<b>Guipúzcoa</b>	O <sub>3</sub> (1)	1,03 (1,02 - 1,05)	3,27 (1,58 - 4,93)	Cold (3, 13)	1,06 (1,03 - 1,08)	5,44 (3,01 - 7,81)
	PM <sub>2,5</sub> (0, 5)	1,03 (1,01 - 1,05)	2,86 (0,96 - 4,73)			
<b>Vizcaya</b>	O <sub>3</sub> (3)	1,04 (1,01 - 1,07)	3,84 (1,16 - 6,46)	Cold (4, 8)	1,06 (1,04 - 1,09)	5,73 (3,51 - 7,91)
<b>La Rioja</b>	NO <sub>2</sub> (5)	1,02 (1,01 - 1,03)	1,57 (0,56 - 2,57)	-		
	O <sub>3</sub> (4)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,51 (0,09 - 0,92)			
	PM <sub>10</sub> (0)	1,01 (1,01 - 1,02)	1,40 (0,52 - 2,28)			
<b>Alicante</b>	NO <sub>2</sub> (5)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,53 (0,06 - 1,00)	Heat (3)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,70 (0,21 - 1,20)
	O <sub>3</sub> (3, 6)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,78 (0,25 - 1,31)	Cold (3, 8)	1,02 (1,01 - 1,04)	2,33 (0,89 - 3,73)
	PM <sub>2,5</sub> (1)	1,01 (1,01 - 1,02)	1,04 (0,54 - 1,54)			
<b>Castellón</b>	-			Heat (2)	1,02 (1,00 - 1,05)	2,41 (0,39 - 4,39)
				Cold (3, 8)	1,08 (1,03 - 1,12)	7,21 (3,27 - 10,98)
<b>Valencia</b>	NO <sub>2</sub> (0, 5)	1,02 (1,01 - 1,03)	1,79 (0,96 - 2,61)	Cold (4, 11)	1,02 (1,02 - 1,03)	2,38 (1,53 - 3,23)
	O <sub>3</sub> (1)	1,00 (1,00 - 1,00)	0,25 (0,01 - 0,49)			

**Tabla S1. Riesgos relativos (RR) y riesgos atribuibles (RA) para los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo por todas las causas en el periodo 2013-2018. Entre paréntesis, el retardo en el que se produce la asociación. Solo se muestran las variables significativas a  $p < 0,05$ .**

*Corresponde al artículo: IMPACTO A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y LOS EXTREMOS TÉRMICOS SOBRE LOS INGRESOS HOSPITALARIOS URGENTES EN ESPAÑA: UNA ESTIMACIÓN ECONÓMICA (RUIZ-PÁEZ ET AL., 2025A).*

Comunidad Autónoma	Provincia	Variable (lag)	RR (IC95%)	RA (IC95%)
Andalucía	Almería	Tcold (3, 11)	1,19 (1,02 - 1,37)	15,69 (2,39 - 27,18)
	Cádiz	PM <sub>10</sub> (0)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,14 (0,36 - 1,92)
	Córdoba	NO <sub>2</sub> (0)	1,02 (1,00 - 1,03)	1,68 (0,30 - 3,04)
		Tcold (7, 13)	1,07 (1,03 - 1,11)	6,35 (2,92 - 9,65)
	Granada	PM <sub>10</sub> (5)	1,01 (1,00 - 1,02)	0,90 (0,20 - 1,61)
		Tcal (4)	1,03 (1,00 - 1,06)	3,07 (0,45 - 5,63)
		Tcold (3, 11)	1,05 (1,01 - 1,09)	4,33 (0,69 - 7,84)
	Huelva	Tcold (8, 13)	1,08 (1,02 - 1,14)	7,20 (2,18 - 11,96)
	Jaén	Tcold (2, 7)	1,18 (1,07 - 1,29)	14,91 (6,60 - 22,47)
	Málaga	NO <sub>2</sub> (5)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,23 (0,19 - 2,25)
Tcold (3, 11)		1,19 (1,07 - 1,34)	16,29 (6,38 - 25,14)	
Sevilla	Tcold (4, 13)	1,06 (1,03 - 1,10)	6,05 (3,17 - 8,85)	
Aragón	Huesca	Tcold (3, 6)	1,11 (1,04 - 1,18)	9,72 (3,99 - 15,12)
	Teruel	NO <sub>2</sub> (4)	1,06 (1,00 - 1,13)	5,86 (0,07 - 11,32)
	Zaragoza	PM <sub>10</sub> (3)	1,02 (1,01 - 1,02)	1,54 (0,65 - 2,42)
		Tcold (4, 8)	1,06 (1,02 - 1,10)	5,67 (2,14 - 9,07)
Asturias	Asturias	PM <sub>2,5</sub> (3)	1,03 (1,02 - 1,05)	3,10 (1,68 - 4,50)
		Tcold (2, 8)	1,23 (1,09 - 1,39)	18,53 (7,91 - 27,93)
Islas Baleares	Baleares	Tcal (5)	1,06 (1,02 - 1,10)	5,41 (1,78 - 8,91)
		Tcold (6, 13)	1,09 (1,04 - 1,15)	8,62 (4,07 - 12,96)
País Vasco	Álava	Tcold (4, 9)	1,14 (1,04 - 1,25)	12,37 (4,03 - 19,98)
	Guipuzcoa	PM <sub>2,5</sub> (0, 5)	1,07 (1,02 - 1,12)	6,55 (2,26 - 10,66)
		Tcold (4, 12)	1,09 (1,03 - 1,15)	8,00 (3,06 - 12,70)
Vizcaya	Tcold (4, 7)	1,06 (1,02 - 1,11)	5,88 (1,67 - 9,91)	
Islas Canarias	Las Palmas	PM <sub>2,5</sub> (0)	1,03 (1,01 - 1,05)	2,56 (0,75 - 4,34)
		PM <sub>10</sub> (1, 3)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,21 (0,31 - 2,10)
	SC de Tenerife	NO <sub>2</sub> (0)	1,03 (1,00 - 1,05)	2,81 (0,50 - 5,08)
		O <sub>3</sub> (2, 7)	1,02 (1,00 - 1,04)	2,03 (0,24 - 3,78)
		PM <sub>10</sub> (0)	1,00 (1,00 - 1,01)	0,46 (0,03 - 0,89)
Tcold (2)	1,10 (1,01 - 1,19)	9,13 (1,35 - 16,29)		
Cantabria	Cantabria	NO <sub>2</sub> (4)	1,04 (1,02 - 1,06)	3,68 (1,88 - 5,44)
		Tcal (1)	1,02 (1,00 - 1,04)	2,19 (0,39 - 3,96)
		Tcold (3, 8)	1,20 (1,05 - 1,37)	16,79 (4,87 - 27,23)

Comunidad Autónoma	Provincia	Variable (lag)	RR (IC95%)	RA (IC95%)
Castilla y León	Ávila	NO <sub>2</sub> (5)	1,04 (1,01 - 1,07)	3,55 (0,57 - 6,45)
		Frío (6)	1,04 (1,00 - 1,08)	3,96 (0,26 - 7,51)
	Burgos	NO <sub>2</sub> (4)	1,04 (1,02 - 1,07)	4,24 (2,18 - 6,27)
		O <sub>3</sub> (6)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,37 (0,44 - 2,30)
		Tcold (2, 8)	1,09 (1,05 - 1,13)	8,13 (4,68 - 11,46)
	León	NO <sub>2</sub> (3)	1,03 (1,01 - 1,05)	2,87 (1,05 - 4,65)
		Tcold (14)	1,11 (1,01 - 1,23)	10,15 (0,62 - 18,77)
	Palencia	Tcold (6, 12)	1,52 (1,16 - 1,98)	34,20 (14,13 - 49,58)
	Salamanca	Tcold (1)	1,09 (1,04 - 1,14)	8,08 (3,45 - 12,49)
		Frío (4, 11)	1,08 (1,04 - 1,12)	7,51 (4,26 - 10,65)
	Segovia	NO <sub>2</sub> (3)	1,08 (1,04 - 1,13)	7,59 (3,44 - 11,56)
		O <sub>3</sub> (3)	1,03 (1,01 - 1,04)	2,50 (0,72 - 4,25)
		Tcold (14)	1,05 (1,01 - 1,08)	4,45 (1,14 - 7,64)
	Soria	NO <sub>2</sub> (4)	1,08 (1,03 - 1,13)	7,25 (2,90 - 11,40)
		O <sub>3</sub> (4)	1,03 (1,01 - 1,05)	3,16 (1,09 - 5,18)
		Tcal (4)	1,34 (1,11 - 1,63)	25,53 (9,86 - 38,48)
		Tcold (3, 6)	1,31 (1,07 - 1,59)	23,58 (6,92 - 37,26)
	Valladolid	Tcal (2)	1,83 (1,01 - 3,33)	45,33 (0,52 - 69,95)
		Tcold (4, 14)	1,09 (1,04 - 1,14)	7,91 (3,52 - 12,10)
	Zamora	PM <sub>10</sub> (5)	1,03 (1,00 - 1,06)	2,88 (0,47 - 5,23)
Tcold (2, 11)		1,08 (1,02 - 1,13)	7,13 (2,32 - 11,70)	
Castilla-La Mancha	Albacete	Tcal (1)	1,09 (1,00 - 1,18)	8,03 (0,27 - 15,20)
		Tcold (3, 8)	1,05 (1,00 - 1,09)	4,58 (0,45 - 8,53)
	Ciudad Real	Tcal (1)	1,05 (1,00 - 1,09)	4,40 (0,44 - 8,20)
		Tcold (2, 12)	1,07 (1,03 - 1,10)	6,21 (3,00 - 9,32)
	Cuenca	NO <sub>2</sub> (3)	1,03 (1,00 - 1,05)	2,58 (0,43 - 4,68)
		Tcal (0)	1,12 (1,02 - 1,23)	10,34 (1,48 - 18,39)
		Tcold (3, 8)	1,11 (1,03 - 1,20)	10,00 (2,65 - 16,80)
	Guadalajara	PM <sub>10</sub> (2)	1,02 (1,00 - 1,03)	1,50 (0,23 - 2,76)
	Toledo	Tcal (1)	1,05 (1,01 - 1,10)	4,88 (0,58 - 9,00)
Tcold (3)		1,04 (1,01 - 1,06)	3,46 (0,98 - 5,89)	

Comunidad Autónoma	Provincia	Variable (lag)	RR (IC95%)	RA (IC95%)
Cataluña	Barcelona	NO <sub>2</sub> (4)	1,01 (1,01 - 1,02)	1,31 (0,88 - 1,73)
		O <sub>3</sub> (1)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,65 (0,32 - 0,98)
		Tcal (1, 3)	1,05 (1,01 - 1,09)	4,70 (1,43 - 7,86)
		Tcold (7, 11)	1,03 (1,01 - 1,05)	2,56 (0,64 - 4,43)
	Gerona	Tcold (7, 10)	1,04 (1,01 - 1,07)	3,86 (1,20 - 6,44)
	Lérida	O <sub>3</sub> (0)	1,21 (1,04 - 1,40)	17,31 (4,07 - 28,71)
		Tcold (1)	1,07 (1,02 - 1,13)	6,85 (1,76 - 11,67)
	Tarragona	Tcal (0)	1,13 (1,04 - 1,23)	11,66 (3,97 - 18,73)
Tcold (7)		1,03 (1,00 - 1,05)	2,46 (0,34 - 4,55)	
Ceuta	Ceuta	-	-	-
Extremadura	Badajoz	PM <sub>2,5</sub> (1)	1,05 (1,03 - 1,07)	4,70 (2,45 - 6,89)
		Tcold (3, 11)	1,09 (1,05 - 1,13)	8,10 (4,94 - 11,16)
	Cáceres	Tcold (4, 11)	1,11 (1,05 - 1,18)	10,14 (4,61 - 15,35)
Navarra	Navarra	Tcold (3, 6)	1,21 (1,09 - 1,36)	17,68 (7,83 - 26,48)
Galicia	A Coruña	Tcal (3)	1,02 (1,01 - 1,03)	1,93 (0,56 - 3,29)
		Tcold (3, 11)	1,05 (1,02 - 1,08)	4,69 (1,88 - 7,43)
	Lugo	NO <sub>2</sub> (4)	1,09 (1,05 - 1,14)	8,27 (4,39 - 11,99)
		O <sub>3</sub> (2, 7)	1,03 (1,01 - 1,06)	3,16 (0,96 - 5,31)
		PM <sub>2,5</sub> (1)	1,06 (1,03 - 1,10)	5,95 (2,90 - 8,89)
		Tcold (7, 12)	1,77 (1,20 - 2,61)	43,54 (16,73 - 61,72)
	Ourense	Tcal (3)	1,10 (1,06 - 1,14)	9,16 (5,82 - 12,37)
		Tcold (3, 11)	1,05 (1,03 - 1,08)	5,16 (2,85 - 7,42)
	Pontevedra	NO <sub>2</sub> (2)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,38 (0,44 - 2,30)
		PM <sub>10</sub> (2)	1,02 (1,01 - 1,02)	1,52 (0,67 - 2,37)
Tcold (4, 11)		1,04 (1,02 - 1,06)	3,67 (1,58 - 5,71)	
La Rioja	La Rioja	Tcold (12)	1,09 (1,03 - 1,15)	8,13 (3,28 - 12,74)
Madrid	Madrid	NO <sub>2</sub> (3)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,57 (0,29 - 0,85)
		O <sub>3</sub> (0, 1)	1,61 (1,11 - 2,34)	37,84 (9,77 - 57,18)
		Tcal (2)	1,01 (1,00 - 1,03)	1,44 (0,27 - 2,60)
		Tcold (3, 12)	1,04 (1,03 - 1,05)	4,03 (2,87 - 5,18)
Melilla	Melilla	Calor (3)	1,19 (1,01 - 1,40)	15,78 (1,01 - 28,34)
Murcia	Murcia	PM <sub>10</sub> (1)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,14 (0,48 - 1,81)
		Tcal (2)	1,05 (1,02 - 1,08)	4,60 (1,61 - 7,50)
		Tcold (2, 8)	1,05 (1,01 - 1,08)	4,47 (1,45 - 7,39)

Comunidad Autónoma	Provincia	Variable (lag)	RR (IC95%)	RA (IC95%)
Comunidad Valenciana.	Alicante	NO <sub>2</sub> (5)	1,02 (1,01 - 1,03)	2,06 (1,00 - 3,11)
		O <sub>3</sub> (3, 6)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,78 (0,14 - 1,42)
		PM <sub>2,5</sub> (1)	1,02 (1,01 - 1,04)	2,29 (1,11 - 3,47)
		Tcold (3, 7)	1,05 (1,02 - 1,08)	4,83 (1,88 - 7,69)
	Castellón	Tcal (4)	1,06 (1,08 - 3,09)	5,83 (7,09 - 67,61)
		Tcold (3, 11)	1,19 (1,10 - 1,29)	16,02 (9,26 - 22,27)
	Valencia	NO <sub>2</sub> (5)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,19 (0,26 - 2,11)
		PM <sub>2,5</sub> (0)	1,01 (1,00 - 1,03)	1,39 (0,31 - 2,46)
		Tcold (3, 11)	1,04 (1,02 - 1,06)	4,09 (2,41 - 5,74)

**Tabla S2. Riesgos relativos (RR) y riesgos atribuibles (RA) para los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo por causas respiratorias en el periodo 2013-2018. Entre paréntesis, el retardo en el que se produce la asociación. Solo se muestran las variables significativas a  $p < 0,05$ .**

*Corresponde al artículo: CÓMO AFECTAN, A CORTO PLAZO Y POR GRUPOS DE EDAD, LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y LOS EXTREMOS TÉRMICOS A LOS INGRESOS HOSPITALARIOS URGENTES POR DIVERSAS CAUSAS RESPIRATORIAS EN ESPAÑA: UN ESTUDIO A NIVEL NACIONAL (LINARES ET AL., 2025B).*

Provincia	Causa	Factor de riesgo	RR	IC Inferior	IC Superior	RA%	IC Inferior	IC Superior
A Coruña	CVD	Tcold	1,05	1,01	1,09	4,59	1,2	7,86
A Coruña	ACVA	Tcold	1,05	1,01	1,10	4,92	0,94	8,73
A Coruña	IHD	O3	1,12	1,01	1,24	10,72	1,29	19,25
Álava	CVD	Tcold	1,10	1,03	1,17	8,81	2,93	14,35
Álava	ACVA	Tcold	1,19	1,03	1,36	15,75	3,33	26,57
Álava	IHD	Tcold	2,25	1,17	4,34	55,62	14,54	76,96
Álava	AMI	NO2	1,07	1,01	1,12	6,12	1,1	10,88
Albacete	CVD	Tcold	1,03	1,00	1,05	2,74	0,25	5,17
Alicante	CVD	O3	1,01	1,01	1,02	1,32	0,73	1,92
Alicante	CVD	Tcold	1,04	1,01	1,08	4	0,69	7,2
Alicante	ACVA	Tcold	1,06	1,01	1,10	5,25	1,35	8,98
Alicante	IHD	PM10	1,17	1,04	1,31	14,41	4,28	23,46
Alicante	AMI	O3	1,03	1,01	1,05	2,89	1,33	4,43
Alicante	AMI	Theat	1,04	1,01	1,07	3,82	0,56	6,97

Provincia	Causa	Factor de riesgo	RR	IC Inferior	IC Superior	RA%	IC Inferior	IC Superior
<b>Almería</b>	ACVA	Tcold	1,23	1,03	1,47	18,56	2,77	31,78
<b>Asturias</b>	CVD	O3	1,01	1,01	1,02	1,2	0,51	1,89
<b>Asturias</b>	CVD	NO2	1,02	1,01	1,04	2,15	0,65	3,63
<b>Asturias</b>	CVD	PM10	1,01	1,00	1,01	1,34	0,35	0,53
<b>Asturias</b>	CVD	Tcold	1,32	1,24	1,42	24,51	19,04	29,61
<b>Asturias</b>	ACVA	O3	1,03	1,01	1,04	2,57	1,31	3,82
<b>Asturias</b>	ACVA	Tcold	1,18	1,01	1,37	14,9	0,95	26,89
<b>Asturias</b>	IHD	O3	1,43	1,27	1,61	29,99	21,15	37,85
<b>Asturias</b>	IHD	NO2	1,87	1,47	2,38	46,55	32,06	57,95
<b>Asturias</b>	IHD	Tcold	1,86	1,11	3,12	46,18	9,57	67,97
<b>Ávila</b>	CVD	Tcold	1,06	1,01	1,11	5,45	0,83	9,85
<b>Ávila</b>	ACVA	Tcold	1,27	1,04	1,56	21,45	3,45	36,1
<b>Ávila</b>	AMI	Tcold	1,16	1,01	1,33	13,81	1,16	24,84
<b>Badajoz</b>	CVD	PM2,5	1,04	1,01	1,06	3,48	1,21	5,7
<b>Badajoz</b>	CVD	Tcold	1,06	1,01	1,10	5,27	1,29	9,08
<b>Badajoz</b>	ACVA	Tcold	1,07	1,02	1,13	6,69	1,99	11,16
<b>Badajoz</b>	AMI	Tcold	1,09	1,03	1,15	8,31	2,96	13,37
<b>Baleares</b>	CVD	PM10	1,02	1,01	1,03	1,87	0,5	3,22
<b>Baleares</b>	CVD	Theat	1,06	1,02	1,10	5,6	2,09	8,97
<b>Baleares</b>	CVD	Tcold	1,13	1,05	1,20	11,15	5,18	16,75
<b>Baleares</b>	ACVA	PM2,5	1,08	1,00	1,17	7,76	0,39	14,59
<b>Baleares</b>	ACVA	Theat	1,16	1,07	1,25	13,5	6,54	19,94
<b>Baleares</b>	ACVA	Tcold	1,13	1,04	1,22	11,23	3,7	18,17
<b>Baleares</b>	IHD	PM10	1,21	1,03	1,41	17,17	3,22	29,1
<b>Baleares</b>	IHD	Theat	3,03	1,60	5,76	67,03	37,42	82,63
<b>Baleares</b>	IHD	Tcold	1,56	1,05	2,31	35,81	4,92	56,66
<b>Baleares</b>	AMI	Tcold	1,11	1,00	1,22	9,68	0,13	18,33
<b>Barcelona</b>	CVD	Tcold	1,02	1,01	1,03	2	0,86	3,13
<b>Barcelona</b>	IHD	PM2,5	1,24	1,06	1,44	19,15	5,93	30,5
<b>Barcelona</b>	AMI	Tcold	1,05	1,01	1,09	4,65	1,19	7,99
<b>Burgos</b>	CVD	O3	1,01	1,00	1,02	1,4	0,37	2,42
<b>Burgos</b>	CVD	NO2	1,06	1,03	1,08	5,44	3,21	7,61
<b>Burgos</b>	CVD	Tcold	1,03	1,01	1,05	2,87	0,55	5,14
<b>Burgos</b>	ACVA	Tcold	1,07	1,02	1,13	6,91	1,7	11,84
<b>Burgos</b>	IHD	Tcold	1,47	1,09	1,97	31,79	8,34	49,24
<b>Cáceres</b>	CVD	PM2,5	1,04	1,01	1,07	3,87	0,79	6,86

Provincia	Causa	Factor de riesgo	RR	IC Inferior	IC Superior	RA%	IC Inferior	IC Superior
Cáceres	CVD	Tcold	1,05	1,01	1,08	4,39	0,98	7,69
Cáceres	ACVA	PM10	1,06	1,02	1,10	5,26	1,71	8,69
Cádiz	CVD	NO2	1,04	1,01	1,07	3,81	0,87	6,66
Cádiz	ACVA	O3	1,04	1,00	1,08	3,73	0,1	7,22
Cádiz	IHD	NO2	1,25	1,08	1,44	20,06	7,75	30,73
Cantabria	CVD	O3	1,02	1,00	1,03	1,59	0,21	2,95
Cantabria	CVD	PM10	1,03	1,02	1,05	3,31	1,48	5,11
Cantabria	ACVA	NO2	1,04	1,00	1,09	4,24	0,45	7,89
Cantabria	ACVA	Tcold	1,21	1,00	1,46	17,14	0,05	31,31
Cantabria	IHD	NO2	1,29	1,02	1,64	22,54	1,75	38,93
Cantabria	AMI	O3	1,04	1,01	1,07	3,71	0,91	6,44
Castellón	CVD	Tcold	1,14	1,04	1,26	12,44	3,48	20,58
Castellón	ACVA	Tcold	1,22	1,10	1,35	17,92	9	25,96
Castellón	IHD	Theat	1,68	1,22	2,33	40,53	17,75	57,01
Ceuta	CVD	Theat	1,10	1,01	1,19	8,94	1,35	15,94
Ceuta	CVD	Tcold	1,25	1,08	1,45	20,24	7,76	31,03
Ceuta	ACVA	Theat	1,21	1,05	1,41	17,68	4,72	28,88
Ciudad Real	CVD	NO2	1,03	1,01	1,04	2,52	0,78	4,23
Ciudad Real	CVD	Tcold	1,04	1,02	1,06	3,99	1,93	6
Ciudad Real	ACVA	O3	1,03	1,01	1,05	2,77	0,9	4,61
Ciudad Real	ACVA	NO2	1,06	1,02	1,11	5,85	1,86	9,69
Ciudad Real	ACVA	Tcold	1,11	1,06	1,16	9,81	5,32	14,08
Ciudad Real	IHD	Tcold	1,56	1,14	2,15	36,05	12,05	53,51
Ciudad Real	AMI	Tcold	1,09	1,03	1,16	8,61	3,15	13,76
Córdoba	CVD	Tcold	1,04	1,02	1,06	3,57	1,62	5,48
Córdoba	ACVA	Tcold	1,16	1,06	1,26	13,5	5,7	20,65
Córdoba	IHD	Theat	1,82	1,04	3,19	45,17	4,04	68,67
Córdoba	AMI	Theat	1,11	1,00	1,22	9,77	0,31	18,33
Cuenca	CVD	NO2	1,04	1,02	1,07	3,97	1,6	6,29
Cuenca	CVD	Tcold	1,05	1,00	1,11	5,2	0,39	9,79
Cuenca	AMI	Theat	1,39	1,05	1,85	28,31	4,75	46,05
Gerona	CVD	O3	1,38	1,05	1,82	27,69	4,87	45,04
Gerona	IHD	PM2,5	1,36	1,00	1,85	26,57	0,46	45,83
Granada	CVD	Tcold	1,02	1,00	1,04	1,96	0,15	3,74
Granada	ACVA	Tcold	1,04	1,00	1,09	4,28	0,32	8,07

Provincia	Causa	Factor de riesgo	RR	IC Inferior	IC Superior	RA%	IC Inferior	IC Superior
<b>Granada</b>	IHD	PM2,5	1,35	1,08	1,69	25,9	7,27	40,79
<b>Granada</b>	IHD	Tcold	1,37	1,04	1,79	26,91	4,24	44,22
<b>Granada</b>	AMI	Theat	1,05	1,00	1,11	5,18	0,24	9,88
<b>Granada</b>	AMI	Tcold	1,06	1,01	1,10	5,28	0,92	9,44
<b>Guadalajara</b>	CVD	NO2	1,05	1,01	1,08	4,47	1,05	7,77
<b>Guipúzcoa</b>	CVD	O3	1,03	1,00	1,05	2,49	0,35	4,57
<b>Guipúzcoa</b>	CVD	Tcold	1,09	1,05	1,13	8,13	4,98	11,19
<b>Guipúzcoa</b>	ACVA	O3	1,07	1,03	1,12	6,61	2,52	10,53
<b>Guipúzcoa</b>	IHD	Theat	1,18	1,06	1,32	15,52	5,67	24,33
<b>Guipúzcoa</b>	AMI	NO2	1,05	1,00	1,09	4,64	0,46	8,64
<b>Guipúzcoa</b>	AMI	Tcold	1,32	1,10	1,57	24,01	9,21	36,39
<b>Huelva</b>	CVD	Tcold	1,05	1,01	1,10	5,1	0,92	9,11
<b>Huelva</b>	IHD	PM10	1,10	1,02	1,18	9,02	1,97	15,57
<b>Huelva</b>	AMI	Tcold	1,07	1,00	1,15	6,78	0,48	12,68
<b>Huesca</b>	AMI	Tcold	1,21	1,06	1,39	17,68	5,72	28,13
<b>Jaén</b>	CVD	NO2	1,02	1,01	1,04	2,28	0,69	3,85
<b>Jaén</b>	ACVA	NO2	1,04	1,00	1,07	3,52	0,04	6,88
<b>Jaén</b>	ACVA	Theat	1,16	1,05	1,29	13,87	4,65	22,2
<b>Jaén</b>	IHD	Tcold	1,87	1,07	3,28	46,6	6,58	69,47
<b>La Rioja</b>	CVD	O3	1,05	1,00	1,10	4,98	0,45	9,31
<b>La Rioja</b>	CVD	NO2	1,03	1,00	1,05	2,69	0,29	5,04
<b>La Rioja</b>	CVD	Tcold	1,14	1,07	1,21	12,46	6,91	17,67
<b>La Rioja</b>	ACVA	Tcold	1,15	1,00	1,32	13,13	0,31	24,31
<b>La Rioja</b>	AMI	Tcold	1,19	1,02	1,39	16,01	1,99	28,03
<b>Las Palmas</b>	CVD	NO2	1,03	1,01	1,06	3,07	0,7	5,38
<b>Las Palmas</b>	CVD	PM10	1,01	1,00	1,01	0,51	0,1	0,91
<b>Las Palmas</b>	CVD	Theat	1,05	1,00	1,10	5,09	0,49	9,48
<b>Las Palmas</b>	ACVA	PM10	1,02	1,00	1,04	2,24	0,4	4,04
<b>Las Palmas</b>	IHD	NO2	1,49	1,15	1,94	33,08	13,27	48,36
<b>Las Palmas</b>	AMI	Tcold	1,06	1,00	1,12	5,57	0,23	10,61
<b>León</b>	CVD	NO2	1,03	1,01	1,05	2,82	1,09	4,53
<b>León</b>	AMI	NO2	1,06	1,02	1,11	6,08	1,92	10,07
<b>Lérida</b>	CVD	Tcold	1,11	1,04	1,18	9,93	4,09	15,42
<b>Lérida</b>	IHD	PM2,5	1,42	1,04	1,94	29,71	4,17	48,44

Provincia	Causa	Factor de riesgo	RR	IC Inferior	IC Superior	RA%	IC Inferior	IC Superior
Lugo	CVD	O3	1,01	1,00	1,03	1,44	0,32	2,54
Lugo	CVD	PM2,5	1,06	1,03	1,09	5,49	2,45	8,43
Lugo	CVD	Tcold	1,24	1,02	1,49	19,2	2,43	33,09
Lugo	ACVA	O3	1,03	1,00	1,05	2,52	0,33	4,66
Lugo	ACVA	Tcold	1,53	1,01	2,31	34,51	0,84	56,75
Lugo	IHD	NO2	2,03	1,09	3,79	50,69	7,94	73,59
Lugo	AMI	Tcold	1,64	1,01	2,67	39,05	0,8	62,55
Madrid	CVD	O3	1,08	1,06	1,11	7,67	5,41	9,88
Madrid	CVD	Tcold	1,04	1,03	1,05	3,87	3,13	4,6
Madrid	ACVA	O3	1,16	1,10	1,23	14	8,75	18,95
Madrid	AMI	O3	1,04	1,01	1,07	3,71	0,91	6,44
Madrid	AMI	Theat	1,05	1,00	1,10	4,68	0,06	9,09
Málaga	CVD	Tcold	1,18	1,05	1,32	15,35	5,15	24,45
Málaga	ACVA	O3	1,02	1,00	1,03	1,51	0,05	2,94
Málaga	ACVA	Tcold	1,33	1,02	1,73	24,85	2,05	42,34
Málaga	IHD	NO2	1,17	1,05	1,29	14,28	5,02	22,64
Málaga	AMI	Tcold	1,15	1,00	1,32	12,95	0,04	24,2
Murcia	CVD	O3	1,03	1,02	1,04	2,99	1,75	4,21
Murcia	CVD	Tcold	1,05	1,03	1,07	4,71	2,89	6,5
Murcia	ACVA	Tcold	1,06	1,02	1,11	5,99	1,82	9,98
Murcia	IHD	O3	1,22	1,09	1,38	18,33	8,06	27,46
Murcia	AMI	PM10	1,03	1,01	1,05	2,67	1	4,31
Murcia	AMI	Tcold	1,08	1,03	1,13	7,2	2,54	11,64
Navarra	CVD	NO2	1,02	1,00	1,03	1,82	0,26	3,36
Navarra	CVD	Tcold	1,10	1,02	1,18	8,73	1,55	15,38
Navarra	ACVA	PM10	1,05	1,01	1,09	4,51	0,68	8,19
Navarra	ACVA	Tcold	1,17	1,01	1,37	14,73	0,76	26,74
Ourense	CVD	Tcold	1,02	1,00	1,03	1,77	0,21	3,31
Ourense	ACVA	Tcold	1,05	1,02	1,09	4,82	1,62	7,92
Ourense	AMI	NO2	1,18	1,09	1,28	15,49	8,5	21,95
Palencia	CVD	Tcold	1,24	1,04	1,46	19,06	4,03	31,74
Pontevedra	CVD	Tcold	1,02	1,00	1,03	1,63	0,29	2,95
Pontevedra	ACVA	PM10	1,04	1,02	1,07	4,25	2,28	6,18
Pontevedra	ACVA	Tcold	1,04	1,01	1,07	3,68	0,57	6,69

Provincia	Causa	Factor de riesgo	RR	IC Inferior	IC Superior	RA%	IC Inferior	IC Superior
<b>Pontevedra</b>	IHD	Tcold	1,30	1,08	1,56	22,96	7,23	36,02
<b>Pontevedra</b>	AMI	O3	1,02	1,01	1,04	2,11	0,68	3,52
<b>Pontevedra</b>	AMI	Tcold	1,08	1,03	1,12	7,08	3,33	10,68
<b>Salamanca</b>	CVD	Tcold	1,02	1,00	1,04	2,06	0,25	3,83
<b>Salamanca</b>	ACVA	NO2	1,09	1,03	1,15	8,04	2,69	13,1
<b>Salamanca</b>	AMI	Tcold	1,07	1,02	1,12	6,14	1,62	10,46
<b>Segovia</b>	CVD	Tcold	1,05	1,02	1,09	5,05	1,56	8,42
<b>Segovia</b>	ACVA	O3	1,05	1,02	1,07	4,42	1,83	6,95
<b>Segovia</b>	ACVA	Tcold	1,10	1,02	1,20	9,48	1,89	16,48
<b>Segovia</b>	AMI	Tcold	1,12	1,02	1,24	10,9	1,58	19,34
<b>Sevilla</b>	CVD	Tcold	1,05	1,02	1,08	4,99	2,12	7,77
<b>Sevilla</b>	ACVA	Tcold	1,09	1,01	1,18	8,51	1,35	15,15
<b>Sevilla</b>	IHD	Tcold	1,29	1,12	1,48	22,48	10,91	32,54
<b>Soria</b>	CVD	O3	1,08	1,02	1,15	7,52	2	12,74
<b>Soria</b>	CVD	Tcold	1,13	1,01	1,27	11,63	1,03	21,11
<b>Soria</b>	ACVA	O3	1,16	1,02	1,32	13,65	1,56	24,24
<b>Sta Cruz Tfe</b>	CVD	Tcold	1,12	1,03	1,22	10,6	2,63	17,92
<b>Sta Cruz Tfe</b>	AMI	O3	1,03	1,01	1,06	3,02	0,63	5,36
<b>Tarragona</b>	CVD	PM10	1,02	1,00	1,03	1,52	0,18	2,85
<b>Tarragona</b>	CVD	Tcold	1,05	1,02	1,08	4,59	1,88	7,22
<b>Tarragona</b>	ACVA	Tcold	1,08	1,01	1,16	7,65	1,24	13,64
<b>Teruel</b>	CVD	Tcold	1,16	1,05	1,29	13,99	4,6	22,46
<b>Teruel</b>	ACVA	Theat	1,43	1,08	1,88	29,84	7,68	46,68
<b>Teruel</b>	ACVA	Tcold	1,72	1,10	2,68	41,81	9,32	62,66
<b>Toledo</b>	CVD	Tcold	1,11	1,04	1,18	9,82	3,8	15,47
<b>Toledo</b>	ACVA	NO2	1,08	1,03	1,13	7,57	3,11	11,81
<b>Toledo</b>	ACVA	Tcold	1,10	1,02	1,18	9,09	2,22	15,47
<b>Toledo</b>	AMI	Tcold	1,15	1,05	1,25	12,85	5,15	19,92
<b>Valencia</b>	CVD	NO2	1,03	1,01	1,05	2,56	0,57	4,52
<b>Valencia</b>	CVD	Tcold	1,04	1,02	1,07	4,14	2,07	6,16
<b>Valencia</b>	ACVA	Tcold	1,03	1,00	1,05	2,7	0,23	5,11
<b>Valencia</b>	IHD	NO2	1,16	1,06	1,26	13,42	5,8	20,43
<b>Valencia</b>	IHD	Theat	1,14	1,01	1,29	12,25	0,82	22,37
<b>Valencia</b>	AMI	NO2	1,05	1,02	1,08	4,6	1,9	7,22

Provincia	Causa	Factor de riesgo	RR	IC Inferior	IC Superior	RA%	IC Inferior	IC Superior
Valencia	AMI	Tcold	1,04	1,01	1,08	4,12	1,12	7,03
Valladolid	CVD	Theat	1,86	1,10	3,13	46,25	9,47	68,09
Valladolid	CVD	Tcold	1,05	1,02	1,08	4,59	1,99	7,12
Valladolid	ACVA	Theat	4,25	1,77	10,19	76,48	43,62	90,19
Valladolid	ACVA	Tcold	1,11	1,04	1,18	9,61	3,6	15,25
Valladolid	AMI	Tcold	1,10	1,02	1,18	8,83	2,07	15,12
Vizcaya	CVD	PM2,5	1,02	1,00	1,03	1,79	0,48	3,09
Vizcaya	CVD	Tcold	1,05	1,02	1,08	4,39	1,69	7,01
Vizcaya	ACVA	NO2	1,03	1,01	1,06	3,13	0,64	5,56
Vizcaya	IHD	PM10	1,17	1,01	1,36	14,51	0,53	26,54
Zamora	CVD	NO2	1,10	1,04	1,16	9,12	4,11	13,86
Zamora	CVD	Tcold	1,05	1,02	1,08	4,93	2,08	7,7
Zamora	ACVA	Tcold	1,11	1,04	1,18	9,76	3,64	15,5
Zamora	AMI	NO2	1,29	1,07	1,55	22,22	6,27	35,45
Zamora	AMI	Tcold	1,09	1,00	1,19	8,46	0,15	16,08
Zaragoza	ACVA	Tcold	1,06	1,01	1,12	5,83	0,87	10,55
Zaragoza	IHD	PM10	1,17	1,01	1,36	14,44	0,77	26,23
Zaragoza	AMI	Theat	1,13	1,02	1,26	11,77	2,15	20,44

**Tabla S3. Riesgos relativos (RR) y riesgos atribuibles (AR) con sus intervalos de confianza (IC) a nivel provincial para cada una de las causas de ingresos y con el factor que ha resultado con significación estadística en la modelización Poisson.**

CVD: Todas las causas cardiovasculares; ACVA: Accidente Cerebrovascular Agudo; AMI: Infarto agudo de miocardio; IHD: Enfermedad Isquémica del corazón.

*Corresponde al artículo: INFLUENCIA DE LOS FACTORES ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS SOBRE LOS INGRESOS HOSPITALARIOS POR CAUSAS CARDIOVASCULARES RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y LOS EXTREMOS TÉRMICOS EN ESPAÑA: UN ESTUDIO A NIVEL NACIONAL. (LÓPEZ-BUENO ET AL., 2025).*

Provincia	Variable	Coficiente b	OR	IC(95%)
Granada	T <sub>cold</sub>	0,222	1,25	(1,04 1,45)
Baleares	T <sub>cold</sub>	0,427	1,53	(1,17 1,90)
Bizkaia	-	-	-	-

Provincia	Variable	Coefficiente b	OR	IC(95%)
Gipuzkoa	T <sub>heat</sub>	0,147	1,16	(1,04 1,27)
	NO <sub>2</sub>	0,015	1,02	(1,00 1,03)
	PM <sub>2,5</sub>	0,029	1,03	(1,01 1,05)
Las Palmas	NO <sub>2</sub>	0,047	1,05	(1,02 1,07)
	O <sub>3</sub>	0,010	1,01	(1,00 1,02)
Barcelona	T <sub>cold</sub>	0,825	2,28	(1,50 3,07)
Coruña	-	-	-	-
Madrid	T <sub>heat</sub>	0,251	1,29	(1,08 1,49)
	T <sub>cold</sub>	0,701	2,02	(1,69 2,34)
	O <sub>3</sub>	0,008	1,01	(1,00 1,01)
Alicante	T <sub>heat</sub>	0,196	1,22	(1,04 1,40)
	PM <sub>10</sub>	0,011	1,01	(1,00 1,02)
Valencia	NO <sub>2</sub>	0,023	1,02	(1,01 1,04)
	O <sub>3</sub>	0,011	1,01	(1,00 1,02)

**Tabla S4. Odds Ratio a nivel provincial como resultado del proceso de modelización para cada una de las variables independientes que resultaron significativas estadísticamente  $p < 0,05$ .**

- No hay ninguna variable que se asocie de forma estadísticamente significativa.

*Corresponde al artículo: CÓMO AFECTA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y LOS EXTREMOS TÉRMICOS A LOS INGRESOS HOSPITALARIOS URGENTES POR ENFERMEDADES NEUROLÓGICAS: UN ESTUDIO EN 10 PROVINCIAS ESPAÑOLAS (IRISO ET AL., 2025).*

Provincia		Todas las causas	Circulatorias	Respiratorias
A Coruña	Sin combustión	<p><b>Tcal (1)</b></p> <p>RR: 1,017 (1,010 1,024) RA (%):1,65 (0,97 2,32)</p> <p>O3 (3)</p> <p>RR: 1,013 (1,010 1,015) RA (%):1,2 (1,0 1,5)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,064 (1,058 1,070) RA (%):6,0 (5,5 6,6)</p>	<p><b>O3 (2)</b></p> <p>RR: 1,013 (1,007 1,020) RA (%):1,3 (0,7 1,9)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,071 (1,058 1,085) RA (%):6,7 (5,5 7,8)</p>	<p>O3 (3)</p> <p>RR: 1,012 (1,005 1,018) RA (%):1,2 (0,5 1,8)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,050 (1,037 1,062) RA (%):4,7 (3,6 5,9)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(4)</p> <p>RR: 1,015 (1,003 1,028) RA (%):1,5 (0,3 2,7)</p>
	Con combustión	<p>Tcal (2,4)</p> <p>RR: 1,022 (1,012 1,031) RA (%):2,11(1,19 3,02)</p> <p>O3 (8)</p> <p>RR: 1,014 (1,008 1,020) RA (%):1,4 (0,8 2,0)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,012 (1,000 1,025) RA (%):1,2 (0,0 2,4)</p>	<p><b>O3 (8)</b></p> <p>RR: 1,022 (1,008 1,036) RA (%):2,1 (0,8 3,5)</p>	<p><b>Tcal (0,3)</b></p> <p>RR: 1,050 (1,027 1,075) RA (%):4,79 (2,58 6,94)</p>
Islas Baleare	Sin combustión	<p><b>Tcal (2,5)</b></p> <p>RR: 1,066 (1,046 1,087) RA (%):6,20 (4,40 7,97)</p> <p>O3 (2,8)</p> <p>RR: 1,020 (1,016 1,024) RA (%):2,0 (1,6 2,4)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,116 (1,103 1,129) RA (%):10,4 (9,4 11,5)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(5)</p> <p>RR: 1,020 (1,008 1,032) RA (%):2,0 (0,8 3,1)</p>	<p><b>Tcal (5)</b></p> <p>RR: 1,068 (1,029 1,109) RA (%):6,4 (2,9 9,8)</p> <p>O3 (2)</p> <p>RR: 1,010 (1,000 1,020) RA (%): 1,0 (0,0 2,0)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,174 (1,140 1,209) RA (%): 14,8 (12,2 17,3)</p> <p>PM<sub>10</sub>(0)</p> <p>RR: 1,020 (1,006 1,034) RA (%):2,0 (0,6 3,3)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(5)</p> <p>RR: 1,041 (1,011 1,072) RA (%):3,9 (1,1 6,7)</p>	<p><b>Tcal (5)</b></p> <p>RR: 1,073 (1,032 1,115) RA (%):6,76 (3,09 10,29)</p> <p>O3 (2,8)</p> <p>RR: 1,021(1,012 1,029 )</p> <p>RA (%):2,0 (1,2 2,8)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,095 (1,069 1,123) RA (%):8,7 (6,4 10,9)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(0)</p> <p>RR: 1,029 (1,002 1,056) RA (%):2,8 (0,2 5,3)</p>
	Con combustión	<p><b>O3 (3,6)</b></p> <p>RR: 1,150 (1,110 1,192) RA (%):13,1 (9,9 16,1)</p>	----	<p>PM<sub>2,5</sub>(3)</p> <p>RR: 1,363 (1,063 1,749) RA (%):26,7 (5,9 42,8)</p>

Provincia		Todas las causas	Circulatorias	Respiratorias
Las Palmas	Sin combustión	Tcal (3,4) RR: 1,062 (1,036 1,089) RA (%):5,8 (3,4 8,2) O3 (2,8) RR: 1,021 (1,017 1,025) RA (%):2,1 (1,7 2,4) NO2(0) RR: 1,118 (1,108 1,130) RA (%):10,6 (9,7 11,5) PM <sub>10</sub> (0) RR: 1,002 (1,000 1,004) RA (%):0,2 (0,0 0,4)	Tcal (2) RR: 1,064 (1,005 1,127) RA (%):6,0 (0,5 11,2) O3 (3) RR: 1,020 (1,011 1,029) RA (%): 1,9 (1,1 2,8) NO2(0) RR: 1,177 (1,151 1,204) RA (%):15,1 (13,1 16,9)	<b>O3 (2,8)</b> RR: 1,028 (1,018 1,038) RA (%):2,7 (1,7 3,6) NO2(0) RR: 1,119 (1,092 1,146) RA (%):10,6 (8,4 12,8) PM <sub>10</sub> (0,3) RR: 1,014 (1,010 1,018) RA (%):1,4 (1,0 1,8)
	Con combustión	----	----	----
Madrid	Sin combustión	O3 (2,8) RR: 1,016 (1,015 1,018) RA (%):1,6 (1,5 1,7) NO2(0) RR: 1,038 (1,036 1,039) RA (%):3,6 (3,5 3,8) PM <sub>2,5</sub> (5) RR: 1,005 (1,002 1,008) RA (%):0,5 (0,2 0,8)	O3 (2) RR: 1,018 (1,015 1,021) RA (%):1,8 (1,5 2,1) NO2(0) RR: 1,049 (1,046 1,052) RA (%):4,7 (4,4 5,0)	O3 (2) RR: 1,008 (1,006 1,011) RA (%):0,8 (0,6 1,1) NO2(0,4) RR: 1,035 (1,033 1,038) RA (%):3,4 (3,2 3,7)
	Con combustión	Tcal (1) RR: 1,010 (1,002 1,018) RA (%):1,0 (0,2 1,8) O3 (0,8) RR: 1,018 (1,014 1,022) RA (%):1,7 (1,3 2,1) NO2(0) RR: 1,028 (1,024 1,032) RA (%):2,7 (2,3 3,1) PM <sub>2,5</sub> (5) RR: 1,043 (1,034 1,053) RA (%):4,1 (3,3 5,0)	O3 (8) RR: 1,013 (1,004 1,022) RA (%):1,2 (0,4 2,1) NO2(0) RR: 1,030 (1,022 1,039) RA (%):2,9 (2,1 3,7) <b>PM<sub>2,5</sub>(5)</b> RR: 1,051 (1,027 1,075) RA (%):4,8 (2,6 7,0)	<b>O3 (0)</b> RR: 1,015 (1,006 1,025) RA (%):1,5 (0,6 2,4) NO2(0,5) RR: 1,033 (1,024 1,043) RA (%):3,2 (2,3 4,1)

Provincia		Todas las causas	Circulatorias	Respiratorias
Málaga	Sin combustión	<p><b>Tcal (3)</b></p> <p>RR: 1,014 (1,000 1,029) RA (%): 1,4 (0,0 2,8)</p> <p>O3 (3,8) RR: 1,001 (1,001 1,001) RA (%):0,1 (0,1 0,1)</p> <p>NO2(0) RR: 1,004 (1,004 1,005) RA (%):0,4 (0,4 0,5)</p> <p>PM<sub>10</sub>(5) RR: 1,000 (1,000 1,001) RA (%):0,0 (0,0 0,1)</p>	<p>O3 (2) RR: 1,002 (1,001 1,002) RA (%):0,2 (0,1 0,2)</p> <p>NO2(0) RR: 1,005 (1,005 1,006) RA (%):0,5 (0,5 0,6)</p>	<p>NO2(0) RR: 1,035 (1,025 1,046) RA (%):3,4 (2,4 4,4)</p> <p>PM<sub>10</sub>(5) RR: 1,007 (1,000 1,013) RA (%):0,7 (0,0 1,3)</p>
	Con combustión	<p>Tcal (2)</p> <p>RR: 1,070 (1,000 1,145) RA (%):6,6 (0,0 12,7)</p> <p>NO2(0) RR: 1,035 (1,014 1,057) RA (%):3,4 (1,4 5,4)</p> <p>PM<sub>10</sub>(0,3) RR: 1,068 (1,047 1,090) RA (%):6,4 (4,5 8,2)</p>	<p>O3 (2) RR: 1,049 (1,013 1,086) RA (%):4,7 (1,3 7,9)</p> <p>PM<sub>10</sub>(0) RR: 1,053 (1,011 1,097) RA (%):5,1 (1,1 8,9)</p>	<p>----</p>
Seville	Sin combustión	<p>O3 (2) RR: 1,029 (1,015 1,044) RA (%):2,8 (1,5 4,2)</p> <p>NO2(0) RR: 1,076 (1,071 1,081) RA (%):7,0 (6,6 7,5)</p>	<p>O3 (4) RR: 1,042 (1,009 1,077) RA (%):4,1 (0,9 7,1)</p> <p>NO2(0) RR: 1,104 (1,092 1,116) RA (%):9,4 (8,4 10,4)</p>	<p>O3 (1) RR: 1,054 (1,007 1,104) RA (%):5,2 (0,7 9,4)</p> <p>NO2(0) RR: 1,042 (1,029 1,055) RA (%):4,0 (2,8 5,2)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(4) RR: 1,018 (1,005 1,031) RA (%):1,8 (0,5 3,0)</p>
	Con combustión	<p><b>Tcal (3,5)</b></p> <p>RR: 1,053 (1,028 1,078) RA (%):5,0 (2,7 7,2)</p> <p>O3 (8) RR: 1,046 (1,001 1,094) RA (%):4,4 (0,1 8,6)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(0) RR: 1,021 (1,006 1,037) RA (%):2,1 (0,6 3,5)</p>	<p><b>Tcal (0)</b></p> <p>RR: 1,071 (1,006 1,141) RA (%):6,7 (0,6 12,4)</p> <p>PM<sub>10</sub>(5) RR: 1,035 (1,008 1,062) RA (%):3,3 (0,8 5,8)</p>	<p>PM<sub>2,5</sub>(1) RR: 1,072 (1,024 1,122) RA (%):6,7 (2,3 10,9)</p>

Provincia		Todas las causas	Circulatorias	Respiratorias
Valencia	Sin combustión	<p><b>Tcal (1,4)</b></p> <p>RR: 1,024 (1,017 1,032)</p> <p>RA (%):2,4 (1,7 3,1)</p> <p>O3 (2,8)</p> <p>RR: 1,026 (1,024 1,028)</p> <p>RA (%):2,5 (2,3 2,7)</p> <p>NO2(0,5)</p> <p>RR: 1,091 (1,086 1,095)</p> <p>RA (%): 8,3 (7,9 8,7)</p>	<p>O3 (2)</p> <p>RR: 1,019 (1,013 1,024)</p> <p>RA (%):1,8 (1,3 2,4)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,102 (1,09 1,113)</p> <p>RA (%):9,3 (8,4 10,1)</p>	<p>O3 (8)</p> <p>RR: 1,008 (1,002 1,013)</p> <p>RA (%):0,8 (0,2 1,3)</p> <p>NO2(0,5)</p> <p>RR: 1,041 (1,032 1,050)</p> <p>RA (%):3,9 (3,1 4,7)</p>
	Con combustión	<p>O3 (3)</p> <p>RR: 1,010 (1,000 1,021)</p> <p>RA (%):1,0 (0,0 2,1)</p> <p>PM<sub>10</sub>(0)</p> <p>RR: 1,049 (1,034 1,065)</p> <p>RA (%):4,7 (3,2 6,1)</p>	----	<p>O3 (3)</p> <p>RR: 1,028 (1,002 1,055)</p> <p>RA (%): 2,7 (0,2 5,2)</p> <p>PM<sub>10</sub>(0)</p> <p>RR: 1,063 (1,026 1,101)</p> <p>RA (%):5,9 (2,5 9,2)</p>
Vizcaya	Sin combustión	<p>O3 (0)</p> <p>RR: 1,012 (1,009 1,015)</p> <p>RA (%):1,2 (0,9 1,5)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,067 (1,062 1,073)</p> <p>RA (%):6,3 (5,8 6,8)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(5)</p> <p>RR: 1,018 (1,012 1,024)</p> <p>RA (%):1,7 (1,2 2,3)</p>	<p>O3 (0)</p> <p>RR: 1,009 (1,002 1,016)</p> <p>RA (%):0,9 (0,2 1,5)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,079 (1,066 1,091)</p> <p>RA (%):7,3 (6,2 8,4)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(5)</p> <p>RR: 1,029 (1,015 1,043)</p> <p>RA (%):2,8 (1,5 4,1)</p>	<p>O3 (0)</p> <p>RR: 1,018 (1,010 1,025)</p> <p>RA (%):1,7 (1,0 2,4)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,048 (1,036 1,061)</p> <p>RA (%):4,6 (3,5 5,7)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(5)</p> <p>RR: 1,026 (1,012 1,040)</p> <p>RA (%):2,6 (1,2 3,9)</p>
	Con combustión	<p>Tcal (1,4)</p> <p>RR: 1,055 (1,034 1,076)</p> <p>RA (%):5,2 (3,3 7,1)</p> <p>O3 (5,8)</p> <p>RR: 1,002 (1,001 1,003)</p> <p>RA (%):0,2 (0,1 0,3)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,003 (1,002 1,005)</p> <p>RA (%):0,3 (0,2 0,5)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(0)</p> <p>RR: 1,003 (1,001 1,005)</p> <p>RA (%):0,3 (0,1 0,5)</p>	<p>O3 (8)</p> <p>RR: 1,027 (1,008 1,046)</p> <p>RA (%):2,6 (0,8 4,4)</p> <p>NO2(0)</p> <p>RR: 1,048 (1,019 1,077)</p> <p>RA (%):4,5 (1,9 7,1)</p>	<p>Tcal (2)</p> <p>RR: 1,041 (1,009 1,073)</p> <p>RA (%):3,9 (0,9 6,8)</p> <p>O3 (7)</p> <p>RR: 1,031 (1,015 1,048)</p> <p>RA (%):3,0 (1,4 4,6)</p> <p>PM<sub>2,5</sub>(1)</p> <p>RR: 1,074 (1,033 1,117)</p> <p>RA (%):6,9 (3,2 10,5)</p>

Provincia		Todas las causas	Circulatorias	Respiratorias
Zaragoza	Sin combustión	Tcal (1) RR: 1,028 (1,011 1,045) RA (%):2,7 (1,0 4,3) O3 (2) RR: 1,009 (1,006 1,012) RA (%):0,9 (0,6 1,2) NO2(0) RR: 1,063 (1,058 1,069) RA (%):6,0 (5,5 6,4) PM <sub>2,5</sub> (5) RR: 1,020 (1,014 1,026) RA (%):2,0 (1,4 2,5)	O3 (5) RR: 1,005 (1,001 1,010) RA (%):0,5 (0,1 1,0) NO2(0) RR: 1,073 (1,061 1,085) RA (%):6,8(5,7 7,8) PM <sub>10</sub> (5) RR: 1,016 (1,007 1,026) RA (%):1,6 (0,6 2,5)	NO2(0) RR: 1,039 (1,027 1,050) RA (%):3,7 (2,6 4,8) PM <sub>10</sub> (3) RR: 1,011 (1,001 1,021) RA (%):1,1 (0,1 2,1) PM <sub>2,5</sub> (5) RR: 1,016 (1,003 1,030) RA (%):1,6 (0,3 2,9)
	Con combustión	O3 (8) RR: 1,034 (1,022 1,045) RA (%):3,3 (2,2 4,3) NO2(0) RR: 1,074 (1,053 1,095) RA (%):6,9 (5,1 8,7)	Tcal (4) RR: 1,539 (1,016 2,330) RA (%):35,0 (1,6 57,1) O3 (8) RR: 1,038 (1,010 1,066) RA (%):3,6 (1,0 6,2) NO2(0) RR: 1,112 (1,061 1,166) RA (%):10,1 (5,8 14,2)	O3 (8) RR: 1,062 (1,034 1,090) RA (%):5,8 (3,3 8,3) PM <sub>2,5</sub> (3) RR: 1,061 (1,016 1,107) RA (%):5,7 (1,6 9,7)

PM: Material Particulado

**Tabla S5. Riesgos relativos (RR) y riesgos atribuibles (RA) para los ingresos hospitalarios urgentes a corto plazo por las causas analizadas los días con y sin advección por combustión de biomasa en el periodo 2013-2018. Entre paréntesis, el retardo en el que se produce la asociación. Solo se muestran las variables significativas a  $p < 0,05$ .**

*Corresponde al artículo: CÓMO EL OZONO Y LAS PARTÍCULAS MATERIALES AFECTAN A CORTO PLAZO A LOS INGRESOS HOSPITALARIOS URGENTES EN ESPAÑA LOS DÍAS CON COMBUSTIÓN DE BIOMASA (BOTEZAT ET AL., 2025).*

	≥65 years		≤14 years		
	RR (95% CI)	RA (95% CI)		RR (95% CI)	RA (95% CI)
<b>Todas las causas respiratorias</b>					
Leqd (0)	1,00 (1,00 - 1,00)	0,24 (0,02 - 0,46)	NO <sub>2</sub> (3)	1,01 (1,00 - 1,02)	0,83 (0,18 - 1,48)
T.heat (2)	1,04 (1,02 - 1,05)	3,66 (2,32 - 4,97)	O <sub>3</sub> (5)	2,94 (1,65 - 5,25)	66,00 (39,28 - 80,96)
T.cold (3)	1,03 (1,02 - 1,04)	2,88 (2,14 - 3,62)	O <sub>3</sub> (8)	2,17 (1,13 - 4,16)	53,86 (11,38 - 75,98)
T.cold (5)	1,02 (1,01 - 1,02)	1,66 (0,92 - 2,40)	Leqd (3)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,66 (0,28 - 1,04)
T.cold (12)	1,03 (1,02 - 1,04)	2,84 (2,14 - 3,53)	Tcold (8)	1,02 (1,01 - 1,04)	2,27 (0,75 - 3,76)
<b>IRA</b>					
O <sub>3</sub> (8)	14,62 (2,40 - 89,21)	93,16 (58,25 - 98,88)	NO <sub>2</sub> (4)	1,03 (1,01 - 1,06)	3,36 (1,28 - 5,40)
Leqn (3)	1,03 (1,01 - 1,06)	3,33 (0,71 - 5,87)	Leqn (4)	1,02 (1,01 - 1,03)	1,80 (0,50 - 3,07)
T.cold (3)	1,18 (1,00 - 1,38)	14,97 (0,09 - 27,64)			
T.heat (4)	1,10 (1,01 - 1,20)	9,29 (0,91 - 16,96)			
<b>Asma</b>					
Leqn (3)	1,01 (1,00 - 1,03)	1,44 (0,28 - 2,58)	NO <sub>2</sub> (4)	1,03 (1,01 - 1,05)	2,78 (0,51 - 4,99)
Tcold (5)	1,05 (1,01 - 1,09)	4,81 (1,10 - 8,39)	Leqd (3)	1,02 (1,01 - 1,03)	1,79 (0,52 - 3,04)
<b>Neumonía</b>					
Theat (3)	1,08 (1,01 - 1,15)	7,21 (0,61 - 13,37)			
Tcold (5)	1,05 (1,01 - 1,09)	4,90 (1,42 - 8,26)			
Tcold (11)	1,07 (1,03 - 1,10)	6,11 (2,75 - 9,36)			

Riesgos relativos (RRs) y riesgos atribuibles (RAs) con sus intervalos de confianza al 95%. Aumentos de 10 µg/m<sup>3</sup>, sobre el umbral del ozono establecido en 107.5 µg/m<sup>3</sup>. Entre paréntesis, los lags. IRA: Infección respiratoria tracto superior. Leqd: LAeq,7-23h, Leqn: LAeq,23-7h, Leq24: LAeq,24h.

**Tabla S6. Riesgos relativos y riesgos atribuibles para las causas respiratorias y grupos de edad en la Comunidad de Madrid.**

*Corresponde al artículo: EFECTOS A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA QUÍMICA Y ACÚSTICA EN OLAS DE CALOR Y FRÍO SOBRE LOS INGRESOS HOSPITALARIOS URGENTES EN MADRID. ANÁLISIS SEGÚN CAUSAS ESPECÍFICAS Y GRUPOS DE EDAD (RUÍZ-PÁEZ ET AL., 2025B).*

	≥65 years	
	RR (95% CI)	AR (95% CI)
<b>Todas las causas circulatorias</b>		
O <sub>3</sub> (1)	1,35 (1,11 - 1,64)	25,70 (9,61 - 38,92)
O <sub>3</sub> (4)	1,48 (1,19 - 1,84)	32,36 (15,99 - 45,55)
Leqd (0)	1,00 (1,00 - 1,01)	0,35 (0,13 - 0,57)
Tcold (4)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,15 (0,19 - 2,10)
Tcold (6)	1,01 (1,00 - 1,02)	1,25 (0,32 - 2,17)
<b>Enfermedad Isquémica</b>		
Leq24 (3)	1,07 (1,03 - 1,13)	6,95 (2,59 - 11,12)
<b>Infarto de miocardio</b>		
O <sub>3</sub> (1)	2,26 (1,16 - 4,42)	55,79 (13,69 - 77,35)
Leqd (0)	1,01 (1,00 - 1,02)	0,93 (0,13 - 1,72)
Tcold (7)	1,05 (1,01 - 1,08)	4,33 (1,13 - 7,43)
ACVA		
O <sub>3</sub> (1)	1,98 (1,27 - 3,09)	49,46 (21,02 - 67,66)
Leqd (0)	1,01 (1,00 - 1,01)	0,90 (0,36 - 1,44)
<b>Parkinson</b>		
Leqd (3)	1,06 (1,01 - 1,11)	5,52 (1,21 - 9,65)
Theat (3)	1,23 (1,02 - 1,48)	18,61 (1,87 - 32,49)
<b>Demencia</b>		
PM <sub>2,5</sub> (3)	1,16 (1,02 - 1,31)	13,49 (2,11 - 23,54)
Alzheimer		
PM <sub>10</sub> (0)	1,07 (1,01 - 1,14)	6,39 (0,51 - 11,93)
Theat (3)	1,20 (1,04 - 1,37)	16,34 (4,30 - 26,86)

**Tabla S7. Riesgos relativos (RRs) y riesgos atribuibles (RAs) con sus intervalos de confianza al 95%. Aumentos de 10 µg/m<sup>3</sup>, sobre el umbral del ozono establecido en 107.5 µg/m<sup>3</sup>. Entre paréntesis, los lags. ACVA: Accidente Cerebrovascular Agudo. Leqd: LAeq,7-23h, Leqn: LAeq,23-7h, Leq24: LAeq,24h.**

Corresponde al artículo: *EFFECTOS A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA QUÍMICA Y ACÚSTICA EN OLAS DE CALOR Y FRÍO SOBRE LOS INGRESOS HOSPITALARIOS URGENTES EN MADRID. ANÁLISIS SEGÚN CAUSAS ESPECÍFICAS Y GRUPOS DE EDAD (RUÍZ-PÁEZ ET AL., 2025B).*

