

Retos actuales en contaminación atmosférica

Los contaminantes climáticos modifican el clima global e incrementan la intensidad de olas de calor

Xavier Querol Carceller

Profesor de Investigación

Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua del CSIC (IDAEA-CSIC)

Contaminación atmosférica es el proceso por el cual se cambia química (contaminantes gaseosos y partículas) o físicamente (ruido y radiaciones) la atmósfera por causas antropogénicas o naturales. Estos cambios pueden afectar al clima, la calidad del aire (y por tanto tener impacto en salud humana y ecosistemas), la disponibilidad de recursos, la durabilidad de materiales, y la visibilidad, entre otros.

Tenemos, pues, contaminantes que pueden modificar el clima, y otros que reducen la calidad del aire (algunos están en los dos grupos), y por tanto afectar directamente la salud humana y de los ecosistemas, al ser expuestos a los mismos. La mayor parte de los climáticos no afectan directamente a la salud humana y ecosistemas, pero si indirectamente por cambiar el clima e incrementar indirectamente

la frecuencia e intensidad de olas de calor, inundaciones, migraciones, especies invasoras y reducción de recursos, entre otros.

En contaminación atmosférica existen tres grandes problemas que están evolucionando de formas muy diferentes, a saber: el cambio climático, la calidad del aire exterior y la calidad del aire en los interiores (Querol, 2022). Además, los tres tienen retroalimentaciones que deben ser consideradas en sus respectivas políticas ambientales.

Drástica transición a las renovables

En el caso del cambio climático, la evolución es sin duda inadecuada y parece que vamos hacia un calentamiento de, al menos, 2.7 °C en 2100, respecto a 1750, (IPCC,





2021); cuando el acuerdo de París pedía no superar 1.5°C (aunque ya anticipaba que ello no fuera posible, se recomendaba no superar 2.0°C). Además, el efecto de cambios de política energética derivados de la invasión de Ucrania sobre la evolución climática puede llegar incluso a empeorar el problema. En este escenario existe un sector, incluso científico, que considera que mejor invertir en adaptación. ¿Pero adaptarse a qué? No es adaptarse a los cambios climáticos actuales sino a unos que deben venir, y estos serán seguro mucho peor. En este campo, pues, **DEBEMOS**

Gracias a las medidas adoptadas la calidad del aire ha mejorado mucho en las dos últimas décadas

concentrarnos en una drástica transición a las renovables, y convencer a Asia para que lo haga también. Tan drástica ha de ser la transición que según IPCC (2019) la reducción de emisiones de contaminantes climáticos ha de reducirse alrededor de -25 o un -75 % entre 2020 y 2030, si no queremos sobrepasar 2.0 o 1.5°C, respetivamente. Sin embargo, un rápido cálculo de la tendencia de los últimos años muestra un incremento de +1.8 % por año.

En calidad del aire, hemos mejorado mucho en las dos últimas décadas. En 1990, en la UE-28 la contaminación por partículas en suspensión causaba 1 millón de muertes prematuras al año (AEMA, 2018), mientras que el último informe de diciembre de 2021 de la Agencia Europea de Medio Ambiente, atribuye 0.3 millones en 2019 y EU-27 (AEMA 2021). Por tanto, hemos reducido 0.7 millones de muertes prematuras por año en estos 30 años. Sin embargo, 0.3 millones son muchas muertes prematuras, y además no están homogéneamente repartidas de por la geografía europea, pues los niveles de contaminación en ciudades escandinavas son muy inferiores a las nuestras.

Los contaminantes críticos (aquellos presentes en concentraciones muy por encima de los niveles recomendados por la OMS (2021) y, en algunos casos, incluso de los valores límite y objetivo de la legislación de la UE en aire ambiente exterior (2008/50/CE y 2004/107/CE) son las partículas en suspensión finas y finas+gruesas (PM2.5 y PM10, respectivamente), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el ozono troposférico (O₃) y el benzo[a]pireno (BaP).



Los vehículos diésel fabricados entre 2005 y 2019 emiten cantidades elevadas de NO_x en circulación urbana. © E. Fdez

España lleva un cierto retraso, respecto a otros Estados Miembros de la UE, en lo referente a aplicación de políticas de reducción de la contaminación urbana. Y no solamente respecto a ciudades clásicamente más ambientalistas del centro y norte de Europa, sino a regiones como el norte de Italia. Muchas de estas medidas-políticas son de ámbito local y autonómico, aunque también nacional. En el contexto más urbano las actuaciones con mayor efectividad son de los dos primeros ámbitos, afectando sobre todo al tráfico rodado. Éste es responsable de aproximadamente el 35 % del PM2.5, y del 65 % del NO₂, que respira un ciudadano español de las grandes capitales. Además, el tráfico rodado, debido sus grandes volúmenes de emisión de NO_x (NO+NO₂), y compuestos orgánicos volátiles (COVs), ambos precursores de O₃ troposférico, es también es en parte responsables de los episodios de O₃ urbano, periurbano y rural.

El 'diesel gate' complicó la mejora de la calidad del aire al provocar que ciertos turismos diésel tengan elevadas emisiones de NO_x en circulación urbana

En el caso del NO₂, la mejora de la calidad del aire se ha visto afectada negativamente por el 'diesel gate', el cual ha causado que vehículos diésel fabricados entre 2005 y 2019 tengan elevadas emisiones de NO_x en condiciones de circulación urbana. Por cierto, los vehículos diésel fabricados desde 2019 son tan contaminantes como los de gasolina, o incluso menos. En España las dos mayores ciudades incumplen el nivel límite anual de la legislación, el cual es cuatro veces más permisivo que el valor guía respectivo de la OMS (2021). Para reducir los niveles de este contaminante las medidas más efectivas se han centrado en reducir el número de vehículos metropolitanos circulantes mediante (Querol et al., 2018): (1) un transporte público metropolitano y urbano bien desarrollado, rápido, económico y confortable; (2) la implementación de peajes urbanos y restricción del parking en superficie en la ciudad; (3) creación de zonas de bajas emisiones que no permitan la circulación en los vehículos antiguos más contaminantes y favorecen la de los más eco-eficientes; (4) desarrollo de una logística eficiente de distribución urbana de mercancías y taxis con medidas tecnológicas y no tecnológicas; (5) el rediseño urbano que gane espacio al vehículo en favor de zonas verdes y peatonales, y que separe tráfico de hospitales, colegios, centros de atención primaria, geriátricos, zonas de juego, y favorezcan el transporte activo (peatones y ciclistas), entre otras.



La limitación del tráfico en las ciudades europeas favorece la calidad del aire y fomenta el transporte verde y activo © E. Fdez

Medidas sobre emisiones industriales y otras

Para el PM_{2.5} estas medidas pueden ser parcialmente efectivas, pero además deben aplicarse medidas sobre emisiones industriales, puertos, aeropuertos, construcción-demolición, emisiones domésticas y residenciales, y también agrícolas. Así, tanto para PM_{2.5} como para BaP, muchos países y regiones han creado (y exigido para instalar) certificaciones de bajas emisiones para las calderas de biomasa, a la vez que se obliga al uso de biomasa certificada (origen natural, baja humedad y cenizas). España ha evolucionado muy positivamente en cuanto a la reducción de niveles de PM hasta 2010. Así, en 2005 se incumplía la legislación en materia de PM₁₀ en 49 zonas de calidad del aire, mientras que actualmente ninguna incumple. Esta tendencia decreciente fue muy clara hasta 2010, pero desde entonces se evidencia un claro estancamiento. Desde este año, un cumplimiento generalizado de los valores límite de PM₁₀ y PM_{2.5} ha redundado posiblemente en un relajamiento de la aplicación de acciones encaminadas a reducir estos contaminantes. Esta reducción de actuaciones ambientales sobre PM y sus precursores ha causado que haya una distancia considerable entre los niveles de PM_{2.5} urbanos en España y los propuestos como valores guía por la OMS (2021). Otros países, como Suiza, desde hace años, sustituyeron los valores límite de su legislación para PM₁₀ y PM_{2.5}, por los valores guía de la OMS (2005), existentes en la década anterior. Desde entonces, una situación continuada de incumplimiento de su normativa les ha obligado a tener que tomar medidas de reducción de emisiones, y es por ello que actualmente se encuentran en condiciones de poder al-



España lleva cierto retraso respecto a otros Estados Miembros en la aplicación de políticas de reducción de la contaminación urbana

canzar cumplimiento de los valores guía actuales de la OMS (2021) de PM₁₀ y PM_{2.5} en un futuro no muy lejano. A este complejo escenario, se ha de añadir el hecho de que la reducción 2000-2010 de los niveles de PM₁₀ y PM_{2.5} se alcanzó sobretodo en base a la reducción de emisiones de PM primario (hollín del diésel, emisiones de polvo de obras de construcción, emisiones de ceniza de plantas industriales, de calderas, entre otras). Actualmente, la mayor parte del PM₁₀ y PM_{2.5} es de origen secundario, es decir generado en la atmósfera a partir de gases precursores, y no emitido directamente como PM (Amato et al., 2016); y reducir este tipo de PM es mucho más difícil que el PM primario (Querol et al., 2021).

Para el O₃ (otro contaminante de origen secundario) la situación es también muy compleja. Las medidas de reducción de emisiones de precursores deben producirse no sólo a nivel urbano, sino regional, nacional y europeo. Además, la meteorología compleja que rige sus episodios de contaminación dificulta la aplicación de medidas coste-efectivas (Millán et al., 2002). Sin embargo, el hecho de la reducción marcada de O₃ en toda la franja mediterránea española en los veranos de



Deben aplicarse medidas sobre emisiones industriales, aeropuertos y emisiones domésticas

2020 y 2021 (MITERD 2021, 2022), con una reducción de tráfico de 20 y 10 %, junto con la reducción del tráfico aéreo y marítimo, da esperanzas de que el problema sea resoluble. Debido a la alta complejidad que tiene la reducción de los niveles de este contaminante secundario, su marco normativo aplica valores objetivo, y no límite; lo cual supone que exceder sus valores normativos no conlleva necesariamente una sanción por incumplimiento legal. Además, por ser un contaminante fotoquímico (activado y acelerado en su formación por altos niveles de radiación solar), sus incumplimientos normativos son mucho más frecuentes e intensos en el sur de Europa que en las regiones del norte, típicamente con más tendencia a 'tirar' de políticas ambientales que las primeras. Por todos estos motivos en los últimos años los niveles de este contaminante se han mantenido relativamente constante, aunque la intensidad de los episodios más agudos ha disminuido claramente debido a la reducción de emisiones de precursores.

La regulación de puertos y transporte marino es aún insuficiente para reducir emisiones

Cambio climático y calidad del aire

En este punto cabe indicar la clara retroalimentación negativa entre el cambio climático y la calidad del aire. Por una parte, contaminantes de calidad del aire como el carbono negro ('Black Carbon' o BC), el O₃ y CO, entre otros, contribuyen también al calentamiento

atmosférico que rige el cambio climático. Por otra, la instalación de determinadas tecnologías de reducción de emisiones de contaminantes urbanos (filtros diésel, desulfurización con caliza, son ejemplos) conllevan un incremento de las emisiones de CO₂. Por otra, la reducción de las emisiones de SO₂ y NO_x han resultado en una clara disminución de sulfatos y nitratos en PM₁₀ y PM_{2.5}, los cuales tienen un claro efecto atmosférico refrigerante (IPCC 2021); su disminución para reducir impactos en salud de la población, reduce este efecto refrigerante. Por otra, el cambio climático incrementa la frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor y periodos de sequía, entre otros efectos. Cuanto más dure una ola de calor más alta es la probabilidad de que una actividad mecánica produzca una chispa, o una tormenta seca un rayo, que causen un incendio forestal. Éste libera enormes volúmenes de CO₂ de golpe que a su vez contribuyen a retro-alimentar el cambio climático; pero además emite PM, NO_x, CO, NH₃ y COVs, que perjudican la calidad del aire. Además, periodos prolongados de olas de calor (poco viento, poca lluvia, mucha radiación solar, aportes de polvo africano) retroalimentan negativamente la calidad del aire.

Finalmente, en este apartado hay que destacar las políticas como el apoyo al diésel en 1990-2010 y a la instalación de calderas de biomasa (sin el despliegue de una legislación ambiental adecuado en paralelo), redundaron en incremento de las emisiones de NO_x y PM, y PM y B(a)P, respectivamente. En ningún caso indicamos que no debiera de apoyarse ambos sectores, sino que pedimos constantemente que su apoyo fuera acompañado de una legislación EURO adecuada, en



La ola de incendios ha perjudicado mucho la calidad global del aire © E. Fdez

el primer caso, y de una legislación paralela que obligase a la instalación de calderas de bajas emisiones y a la obligatoriedad de uso de biomasa certificada, en el segundo.

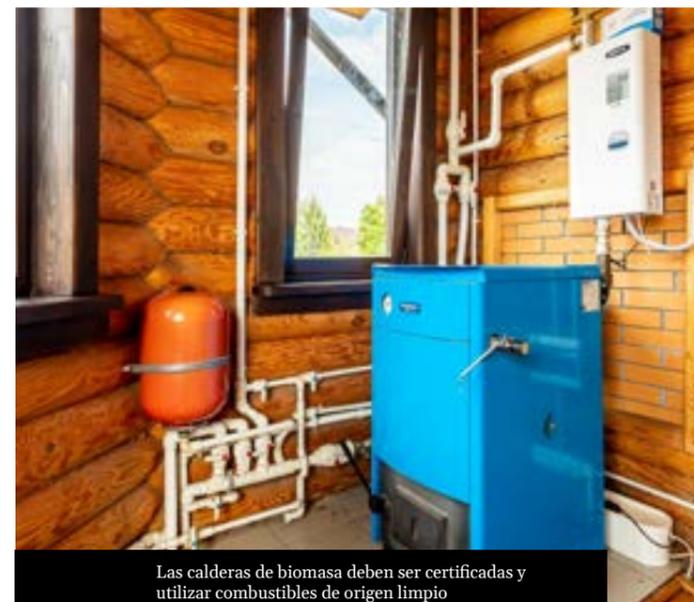
Ventilación versus eficiencia energética

En cuanto a la calidad del aire interior, la evolución ha sido positiva durante muchos años, pero cambios asociados a la mejora de eficiencia energética de los edificios y transporte público han derivado en ambientes interiores herméticamente cerrados, y en muchos casos recirculación masiva de aires interiores (Morawska et al., 2020). La reciente pandemia Covid-19 ha mostrado muy claramente el efecto negativo de este ‘encajonamiento’ interior, y que es necesario ventilar (que no significa mover aire, sino cambiar el aire interior por aire exterior fresco) para reducir el riesgo de transmisión de enfermedades respiratorias. Esta ventilación permite también reducir los niveles de contaminantes emitidos en espacio interiores (desde cocinas, calefacciones, humedades, COVs de disolventes, pinturas, muebles, textiles, detergentes, además del radón, entre otros). La complejidad de alcanzar una buena calidad del aire interior con una ventilación adecuada, reside en evitar que durante ésta se introduzcan contaminantes externos al interior. Así, una mala calidad del aire exterior, y no solo urbana, sino también rural por altos niveles de O_3 , retroalimenta negativamente la calidad del aire interior. Una ‘hermetización’ de los hogares, escuelas y oficinas para incrementar la eco-efi-

ciencia climática de los edificios, puede llegar a perjudicar la calidad del aire interior; y una exigencia de un mayor acondicionamiento del aire interior para una ventilación adecuada, y su purificación, pueden llevar a un mayor consumo energético y a un incremento de emisiones de gases de efecto invernadero.

Muchos países han exigido instalar las calderas de biomasa de bajas emisiones, que deben utilizar combustible certificado

Se ha intentado reflejar la complejidad actual y las inter-relaciones de los tres ámbitos tratados: clima, calidad del aire exterior y calidad del aire interior. En ciencia y tecnología esta complejidad no es sinónimo de imposibilidad. Hay políticas ambientales que pueden beneficiar a los tres, pero hay otras que, mejorando un ámbito, se puede empeorar otro. Lo importante es evaluar el efecto de las medidas en uno de estos ámbitos en los otros dos, compatibilizarlas y aprovechando sinergias. Y para ello, las decisiones basadas sobre sólidos pilares de ciencia e ingeniería son más relevantes que nunca. Hemos avanzado mucho, y mejorar cuando se ha reducido mucho es más difícil (que no imposible). ✨



Las calderas de biomasa deben ser certificadas y utilizar combustibles de origen limpio



La ventilación debe ser compatible con la eficiencia energética de los edificios de nueva construcción

REFERENCIAS

2004/107/CE. Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente, [https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2005-80075#:~:text=L%2D2005%2D80075-,Directiva%202004%2F107%2FCE%20del%20Parlamento%20Europeo%20y%20del%20Consejo,a%2016%20\(14%20p%C3%A1gs.%20\)](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2005-80075#:~:text=L%2D2005%2D80075-,Directiva%202004%2F107%2FCE%20del%20Parlamento%20Europeo%20y%20del%20Consejo,a%2016%20(14%20p%C3%A1gs.%20))

2008/50/CE. Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2008-81053>

AEMA, 2018. Air Quality in Europe 2018. Agencia Europea de Medio Ambiente, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>

AEMA 2021. Air Quality in Europe 2021, Agencia Europea de Medio Ambiente, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021>

Amato et al., 2016

IPCC, 2021. Climate Change 2021. The Physical Science Basis. 6th Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf

Millán M.M., et al., 2002. Atmospheric dynamics and ozone cycles related to nitrogen deposition in the western Mediterranean. Environmental Pollution, 118, 167–186. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749101003116>

MITERD 2021. Evaluación de la calidad del aire en España, Año 2020. Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/evaluacioncalidaddelaireenespana2020-tcm30-534713.pdf>

MITERD, 2022. Evaluación de la calidad del aire en España, Año 2021. Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/informeevaluacioncalidadairespana2021-tcm30-543132.pdf>

Morawska L. et al., 2020. How can airbornetransmissionof COVID-19 indoors be minimised? Environment International, 142, 105832, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020317876?via%3Dihub>

OMS, 2005. World Health Organization. Regional Office for Europe. (2006). Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organization. Regional Office for Europe, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823>

OMS, 2021. World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>

Querol X., 2018 air use

Querol et al., 2021. Lessons from the COVID-19 air pollution decrease in Spain: Now what? Science of the Total Environment, 779, 146380 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721014480>

Querol X., 2022. Millorar la qualitat de l'aire que respirem. Revista Mètode, Universitat de València, 2022, 2, 113. <https://metode.cat/revista/vida-social>

UNEP, 2019. Emissions Gap Report 2019. UN Environmental Programme. Report 26/11/2019. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2019>

