

Calidad del aire y prevención de la salud: Un documento de reflexión

Autores:

Emilio Bouza¹,

Francisco Vargas²,

Bernardino Alcázar³,

Teresa Álvarez⁴,

Ángel Asensio⁵,

Gloria Cruceta⁶,

Diego Gracia⁷,

Jesús Vicente Guinea⁸,

Miguel Angel Gil⁹,

Cristina. Linares¹⁰,

Patricia Muñoz¹¹,

Eduardo Olier¹²,

Paulino Pastor¹³,

María Luisa Pedro-Botet¹⁴,

Xavier Querol¹⁵,

Javier Tovar¹⁶,

Isabel Urrutia¹⁷,

Felipe Villar¹⁸,

Esteban Palomo¹⁹

- ¹.- CIBER de Enfermedades Respiratorias (CIBERES CB06/06/0058), España. Patrono de la Fundación de Ciencias de la Salud. Servicio de Microbiología y Enfermedades Infecciosas Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Universidad Complutense. Madrid.
- ².- Médico Epidemiólogo. Sub. Gral. de Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad.
- ³.- Facultativo Especialista del Área de Neumología HU Virgen de las Nieves. Granada. Departamento de Medicina. Universidad de Granada. CIBERES. Instituto de Salud Carlos III. Madrid.
- ⁴.- Funcionaria de Carrera de E. Titulados Superiores del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- ⁵.- Jefe del Servicio de Medicina Preventiva Hospital Puerta de Hierro-Majadahonda. Madrid
- ⁶.- Directora de SEGLA, presidenta de ACESEM, presidenta del CTN 171 de calidad de ambientes interiores de UNE.
- ⁷.- Catedrático Emérito Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. Presidente. Fundación de Ciencias de la Salud.
- ⁸.- Servicio de Microbiología y Enfermedades Infecciosas Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid. Instituto de Investigación Sanitaria Gregorio Marañón, Madrid. CIBER Enfermedades Respiratorias-CIBERES.
- ⁹.- Director Dpto. Eficiencia Energética. Grupo Empresarial Electromédico.
- ¹⁰.- Unidad de referencia de Cambio Climático, Salud y Medio Ambiente Urbano de la Escuela Nacional de Sanidad del Instituto de Salud Carlos III. Madrid
- ¹¹.- Catedrático de Microbiología Médica. Departamento de Medicina. Universidad Complutense. Servicio de Microbiología y E. Infecciosas. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid. Instituto de Investigación Sanitaria Gregorio Marañón. CIBERES
- ¹².- Presidente del Instituto Choiseul España
- ¹³.- Director de Ambisalud. Presidente de FEDECAI (Federación Española de Empresas de Calidad Ambiental en Interiores)
- ¹⁴.- Jefe de Sección Servicio de Enfermedades Infecciosas del Hospital Germans Trías Barcelona. Profesora Titular Medicina Universitat Autònoma de Barcelona. Investigadora CIBERES.
- ¹⁵.- Profesor investigador del Instituto de Evaluación Ambiental e Investigación del Agua, Departamento de Geociencias (IDAEA) del Consejo Español de Investigaciones (CSIC), Barcelona.
- ¹⁶.- Director de la Agencia EFESalud
- ¹⁷.- Unidad de Asma y Enfermedades de Origen Ocupacional y Medioambiental Servicio de Neumología del Hospital de Galdakao, Bizkaia. Coordinadora del área de Enfermedades Respiratorias de Origen Ocupacional y Medio Ambiental (EROM) de la Sociedad Española de Patología Respiratoria(SEPAR). Coordinadora del año SEPAR por la Calidad del Aire, Cambio Climático y Salud.

¹⁸.- Servicio de Neumología. IIS Fundación Jiménez Díaz. CIBERES. UAM. Madrid. España.

¹⁹.- Doctor en Farmacia. Director Fundación de Ciencias de la Salud. Madrid.

RESUMEN

La calidad del aire ambiente y su implicación en la salud es un tema de enorme importancia que normalmente es tratado por grandes especialistas en sus particulares áreas de interés. En general, no es discutido desde enfoques multidisciplinares ni con un lenguaje que pueda llegar a todos.

Por ese motivo, la Fundación de Ciencias de la Salud desde su área de prevención, ha formulado una serie de preguntas a personas con competencias muy variadas en el área de la calidad del aire ambiente para obtener un panorama global del problema y de sus elementos de medida y control. Las respuestas han sido producidas por especialistas en cada tema y han sido sometidas a una discusión general que ha permitido alcanzar conclusiones en cada punto. El tema ha sido dividido en tres grandes bloques: el aire ambiente externo, el aire ambiente interno, principalmente en el medio laboral, y el aire ambiente hospitalario y las consecuencias de su mal control.

Junto con las definiciones de cada área y los indicadores de buena y mala calidad, se ha apuntado a algunas necesarias soluciones. Hemos tratado de conocer la legislación vigente sobre este problema y las competencias de las distintas administraciones sobre el mismo.

Pese a su enorme importancia, la calidad del aire ambiente y la salud no suele ser un tema de frecuente presencia en los medios de comunicación generales y hemos preguntado sobre las causas de ello. Finalmente, el documento aborda una serie de reflexiones desde la perspectiva de la ética y muy particularmente a la luz de los acontecimientos que la presente pandemia plantea.

Este trabajo pretende aportar datos objetivos y opinión que permitan a los no especialistas en el tema conocer mejor esta preocupante realidad.

Palabras clave para el índice

Aire ambiente, calidad, salud pública, infección nosocomial, aspergilosis invasora, sistemas de medición, infecciones respiratorias

TITULO EN INGLES

Air pollution and health prevention: A reflection document

SUMMARY

Ambient air quality, pollution and its implication on health is a topic of enormous importance that is normally dealt with by major specialists in their particular areas of interest.

In general, it is not discussed from multidisciplinary approaches or with a language that can reach everyone.

For this reason, the Health Sciences Foundation, from its prevention area, has formulated a series of questions to people with very varied competences in the area of ambient air quality in order to obtain a global panorama of the problem and its elements of measurement and control. The answers have been produced by specialists in each subject and have been subjected to a general discussion that has allowed conclusions to be reached on each point. The subject was divided into three main blocks: external ambient air, internal ambient air, mainly in the workplace, and hospital ambient air and the consequences of its poor control.

Along with the definitions of each area and the indicators of good and bad quality, some necessary solutions have been pointed out. We have tried to know the current legislation on this problem and the competences of the different administrations on it.

Despite its enormous importance, ambient air quality and health is not usually a topic of frequent presence in the general media and we have asked about the causes of this. Finally, the paper addresses a series of reflections from the perspective of ethics and very particularly in the light of the events that the present pandemic raises.

This work aims to provide objective data and opinions that will enable non-specialists in the field to gain a better understanding of this worrying reality.

Key words for the index

Ambient air, quality, public health, nosocomial infection, invasive aspergillosis, measurement systems, respiratory infections.

INTRODUCCION

La calidad del aire ambiente es un tema de indiscutible interés para la población, para las autoridades sanitarias, para los científicos y técnicos implicados de una manera u otra en el mismo y, consecuentemente para el mundo político. Sin embargo, su complejidad, sus múltiples aspectos técnicos y los distintos enfoques de este tema que se hacen desde diferentes campos hacen que se carezca, con frecuencia, de una visión de conjunto. La calidad del aire ambiente externo no sigue, necesariamente, los mismos parámetros que sigue en el medio laboral y los problemas del aire hospitalario tienen unas consecuencias específicas que no siempre son entendidas desde fuera del mundo sanitario.

Muy a menudo, los expertos en uno de estos aspectos ignoran los parámetros de calidad y las consecuencias de su descontrol en áreas diferentes a la propia.

Por ese motivo, la Fundación de Ciencias de la Salud, desde su área de prevención, ha motivado una reunión multidisciplinar para que distintos expertos en alguna de las múltiples facetas del control de la calidad del aire, pudieran responder a preguntas, aparentemente elementales, pero no siempre conocidas por todos que ayudaran a conocer mejor este tema y sus gravísimas implicaciones en la Salud de todos.

Los distintos autores respondieron por escrito a las preguntas que se les formularon, compartieron la información con el resto de participantes y se llegó a conclusiones tras la discusión de cada tema.

El documento que sigue es el fruto de dichas actividades y lo hemos dividido en 3 áreas temáticas: el aire ambiente en la comunidad, el aire ambiente en el medio laboral y el aire ambiente en el medio hospitalario.

PRIMERA PARTE: EL AIRE AMBIENTE EN LA COMUNIDAD

¿Cuál es la relación entre la contaminación del aire exterior, las enfermedades y la mortalidad?

Bernardino Alcázar Navarrete

La contaminación ambiental es una amenaza global que tiene unos impactos elevados en la salud humana y en los ecosistemas, con emisiones y concentraciones que han ido progresivamente en aumento en los últimos años en todo el orbe. La contaminación atmosférica es considerada en la actualidad el factor de riesgo medioambiental más importante para la salud humana, siendo una causa principal de muerte prematura y de enfermedad[1-3]. En Europa, la calidad del aire permanece por debajo del nivel considerado óptimo en muchas áreas, a pesar de los esfuerzos en la reducción de emisiones y contaminantes atmosféricos[4].

Los efectos de la contaminación ambiental sobre la salud humana incluyen principalmente muertes prematuras por enfermedad cardiovascular, entre las que se encuentran la cardiopatía isquémica y la enfermedad cerebrovascular, seguidas de las muertes debidas a enfermedad respiratoria y cáncer de pulmón. Además, tanto la exposición a corto como a largo plazo a la contaminación ambiental puede llevar a una función pulmonar reducida, al incremento de la susceptibilidad individual a las infecciones respiratorias y al agravamiento del asma bronquial. Por otro lado, la exposición a contaminantes ambientales se asocia a impactos negativos en la fertilidad, el embarazo, los recién nacidos y los niños.

Diferentes estudios han demostrado una asociación consistente entre los niveles de contaminación ambiental y la mortalidad por cualquier causa y también la mortalidad específica por enfermedad cardiovascular o respiratoria, tanto en el corto como en el medio y largo plazo. En un estudio internacional que incluía a más de 600 ciudades de todo el mundo, la exposición a incrementos de $10 \mu\text{g}$ en las concentraciones medias de partículas en suspensión (PM) [5] se asoció en el corto plazo con un incremento de la mortalidad diaria global (0.68%), por causa cardiovascular (0.55%) y por causa respiratoria (0.74%). De modo similar, incrementos de la misma magnitud en la media diaria de PM se asociaron a incrementos en la mortalidad diaria de causa global (0.44%), cardiovascular (0.36%) y respiratoria (0.47%).

La contaminación ambiental también se asocia a incrementos de la mortalidad a largo plazo en la población europea. Dentro de la iniciativa ESCAPE (Estudio europeo de cohortes para los efectos de la contaminación ambiental) se analizó dicho efecto utilizando datos de 22 cohortes europeas, con un seguimiento medio de 13,9 años, mostrando un efecto de la PM sobre la mortalidad (7% de incremento del riesgo de muerte por cada $5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). Estos efectos eran observables también si se seleccionaban los datos de participantes con niveles de exposición por debajo de los dinteles recomendados por las autoridades [4].

En España, los datos disponibles más recientes nos indican que el 15.3% de la población urbana española está expuesta a niveles de ozono (O_3) por encima del estándar recomendado por la UE, que un 3.6% de la población está expuesta a niveles por encima del estándar recomendado de dióxido de nitrógeno (NO_2) y que un 0.1% está expuesta a niveles excesivos de PM. Es cierto que la exposición a estos contaminantes ambientales ha sufrido un descenso progresivo en la última década gracias a los esfuerzos de los diferentes gobiernos, pero queda todavía trabajo por hacer.

Según los datos consultados del año 2018, las estimaciones nos indican que en España hubo 23.000 fallecimientos prematuros debidos a la exposición a PM, 6.800 muertes prematuras atribuibles a NO_2 y 1.800 fallecimientos atribuibles a O_3 , lo que nos daría un total de 31.600 muertes prematuras atribuibles a la contaminación ambiental en un año.

Además de estos datos, la contaminación ambiental como se ha comentado previamente es responsable de pérdida de años de vida derivados de sus efectos tanto a corto como a largo plazo. Se estimaba para el año 2018 una pérdida de más de 350.000 años de vida en la población española atribuibles a la contaminación ambiental, derivada de 254.700 años de vida perdidos por PM, 75.400 años de vida perdidos por NO_2 y 20.600 años de vida perdidos por O_3 . En términos ajustados a población, estas pérdidas serían de 573, 170 y 46 años de vida/100.000 habitantes para PM, NO_2 y O_3 , respectivamente.

Conclusión:

Es indiscutible el impacto de la contaminación ambiental sobre la salud de la población, tanto en el corto como en el largo plazo, con incrementos de la mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias principalmente, además de otros efectos sobre la salud que pueden repercutir sobre la calidad y duración de la vida.

¿Cómo definimos qué es un aire exterior de calidad? ¿Qué parámetros críticos hay en el control de la calidad del aire ambiente exterior? ¿Qué medidas deben tomarse para mejorar la calidad del aire exterior?

Xavier Querol Carceller

Un contaminante atmosférico es cualquier sustancia presente en el aire que pueda tener efectos nocivos para la salud humana, el medio ambiente o bienes de cualquier naturaleza. El incremento de la concentración de contaminantes atmosféricos en aire ambiente exterior (calle, parques, zonas industriales, rurales y remotas) provoca el deterioro de la calidad del mismo. Este deterioro se produce a diferentes escalas. Así, en las ciudades, las emisiones de contaminantes urbanos, industriales y domésticos causan un impacto en la calidad del aire en la misma zona donde estos son emitidos. Por otra parte, las ciudades y zonas rurales y remotas pueden ver su aire ambiente deteriorado por el transporte de contaminantes producidos a decenas, centenares o incluso miles de kilómetros. Son ejemplos el ozono troposférico, la lluvia ácida o las incursiones de masas de polvo de aire sahariano.

Los contaminantes críticos objetivos normativos de la OMS son las partículas en suspensión (PM₁₀, y PM_{2.5}), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el ozono troposférico (O₃) y el Benzo(a)pireno (BaP). Todo contaminante que posea un valor de referencia normativo de la OMS debe ser mantenido por debajo de los valores de referencia.

El último estudio sobre "The global burden of disease" publicado en The Lancet [6] concluye que la exposición al aire contaminado es el cuarto factor de riesgo de mortalidad a escala global, por detrás de la presión arterial elevada, el tabaco y la dieta inadecuada. Este impacto tiene, además, otro efecto económico asociado que se estima en un gasto del 4% del PIB global según el Banco Mundial [6].

La Agencia Europea de Medio Ambiente [7] cuantifica en 374.000 las muertes prematuras anuales en la Unión Europea debidas a la exposición a PM_{2.5}, y recuerda que en 1990 este impacto llegaba a un millón. La misma Agencia expone que el 74% de la población europea respiraba aire exterior que superaba el valor guía de la OMS para este contaminante. Los niveles máximos de NO₂, se incumplen en algunas de nuestras ciudades y la Agencia estima en 54.000 muertes prematuras anuales las atribuibles a su impacto en la salud. En lo referente a los niveles de O₃, el 70% del territorio español, incumple los valores objetivo normativos para la salud humana y el 99% de la población de la Europa de los -28 respira aire exterior con concentraciones superiores a los del nivel guía de la OMS. Finalmente el BaP es muy cancerígeno y sus niveles han incrementado con el uso de la quema de biomasa agrícola, doméstica y residencial.

En una ciudad típica española el tráfico rodado contribuye con el 70% del NO₂ que respiran sus ciudadanos. Y dentro del tráfico alrededor del 90% de esta contribución se debe a los vehículos diésel, en especial los anteriores a 2019. En el caso de PM_{2.5} el tráfico rodado es también el causante del 30% del PM_{2.5} y PM₁₀ que respiramos, y no solo por los tubos de escape, sino por el desgaste de frenos y ruedas. La industria aún puede contribuir con un 20% del PM, las obras con un 10%, los puertos con un 5%,.... En el caso del BaP los mayores niveles registrados en España son de zonas rurales con elevada quema de biomasa doméstica-residencial y/o agrícola. Finalmente, el O₃ es el contaminante más complejo. Es secundario (no emitido por fuentes de emisión sino formado en la atmósfera a partir de reacciones entre NOy compuestos orgánicos volátiles), por tanto, para reducir sus niveles hay que actuar sobre sus precursores, aunque saber cómo hacerlo es aún científica y políticamente complejo.

Además, hay contaminantes no regulados, como las partículas ultra-finas (aquellas inferiores a 0.1 micras) y el carbono negro (“black carbon”, producto de la combustión imperfecta de combustibles fósiles o biomasa) que tienen un elevado impacto en la salud, y en opinión de una gran parte de la ciencia merecerían estar regulados. En ambos casos su origen principal en zonas urbanas es el tráfico rodado.

Para mejorar la calidad del aire las ciudades más avanzadas en aspectos ambientales (escandinavas, suizas, canadienses, australianas) han aplicado desde hace años medidas que les han permitido registrar los niveles de contaminación más bajos del mundo urbano, pero también del rural, donde también pueden producirse problemas de calidad del aire. Es importante remarcar que la calidad del aire es una característica más de una sociedad, y que las sociedades más cultas y avanzadas, tienen las mejores condiciones en este sentido.

En el caso del NO₂ las medidas se han centrado en reducir el número de vehículos metropolitanos circulantes mediante [8] 1) un transporte público metropolitanos y urbano bien desarrollado, rápido, económico y confortable; 2) reducción del número de vehículos urbanos circulantes mediante peajes urbanos y restricción del parking exterior siendo solo permitido a residentes; 3) zonas de bajas emisiones que no permiten la circulación a los vehículos antiguos más contaminantes y favorecen a los más eco-eficientes; 4) logística eficiente de distribución urbana de mercancías y taxis (reduciendo el número de desplazamientos mediante logística inteligente, repartos nocturnos, hibridación y electrificación de vehículos,....); y 5) re-diseño 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,....

Para el PM_{2.5} estas medidas pueden ser parcialmente efectivas, pero además se han tomado medidas sobre emisiones industriales, puertos, aeropuertos, construcción-demolición y emisiones domésticas y residenciales. Así tanto para PM_{2.5} como para BaP se ha obligado a una certificación de bajas emisiones para las calderas de biomasa y se obliga al uso de biomasa certificada (origen natural, baja humedad y cenizas) [9].

Para el O₃ la situación es más compleja [10, 11], las medidas deben tomarse no solo a nivel urbano sino regional, nacional y europeo, en cuanto a reducción de emisiones de precursores (NOx del tráfico, industria y generación eléctrica principalmente) y compuestos orgánicos volátiles (tráfico e industria principalmente, pero también de uso de productos de limpieza, pinturas, resinas,....).

Conclusión:

Los contaminantes críticos son las partículas en suspensión (PM₁₀, y PM_{2.5}), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono troposférico (O₃) y Benzo(a)pireno (BaP)

Las medidas de control se han centrado en reducir el número de vehículos metropolitanos circulantes, pero además se han tomado medidas sobre emisiones industriales, puertos, aeropuertos, construcción-demolición y emisiones domésticas y residenciales.

¿Cómo afecta la contaminación atmosférica más allá de las enfermedades cardiovasculares y respiratorias? ¿Hay relación entre Covid-19 y contaminación atmosférica? ¿Por qué no se considera la contaminación acústica como parte de la contaminación atmosférica?

Cristina Linares Gil

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) actualmente el 90% de la población del planeta vive en áreas donde se superan los índices de contaminación ambiental aceptables para la protección de la salud [12]. Históricamente, la contaminación atmosférica se ha ligado a problemas de salud de carácter respiratorio y cardiovascular, pero cada día los estudios publicados sobre el impacto en otros órganos son más numerosos. En el año 2013 la IARC (Agencia Internacional Investigación en Cáncer) clasificó la contaminación atmosférica como un cancerígeno de primer orden [13] y en 2018 ya se publicó un estudio de revisión con datos de diferentes cohortes en Europa que relacionaban la contaminación atmosférica con el cáncer de mama [14], en especial con los NO_x. Otros estudios [15] también han apuntado a que existe una asociación entre las concentraciones de PM_{2.5} y la mortalidad por cáncer de cualquier origen y especialmente en el tracto superior del aparato digestivo. La contaminación se relaciona también con enfermedades de carácter endocrino como la diabetes. En el estudio de Alderete et al. [16] se resumen las evidencias científicas que establecen que la contaminación del aire es un nuevo factor de riesgo para diversas disfunciones metabólicas y para la diabetes tipo 2.

A nivel conductual, la contaminación atmosférica también se relaciona con riesgo de ansiedad y depresión. Un estudio realizado en Barcelona, entre los años 2013-2014, muestra aumento de casos de depresión y uso de medicamentos como benzodiazepinas y antidepresivos a medida que aumentan los niveles de exposición a los contaminantes atmosféricos [17]. También se ha relacionado la contaminación atmosférica con la capacidad cognitiva en adultos. Una revisión realizada sobre los estudios que relacionan contaminación atmosférica y enfermedad de Parkinson establece que, la exposición a NO_x, CO y O₃, puede aumentar el riesgo de padecer dicha enfermedad [18] y en un trabajo llevado a cabo en Madrid se muestra que los ingresos hospitalarios por enfermedad de Parkinson aumentan en relación a las concentraciones de PM_{2,5} [19].

Especialmente importante es el impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud infantil. Cada vez es mayor la evidencia de que la exposición a los contaminantes del aire durante

periodos de la vida fetal e infancia puede tener efectos a muy largo plazo. El impacto para la salud se produce incluso a concentraciones de contaminante menores que en el caso de los adultos [20] por la vulnerabilidad que supone ya de por sí el aumento celular acelerado que se da en esta etapa para la formación del sistema nervioso, reproductivo y endocrino [21] entre otros; como por el hecho de que las rutas fisiológicas sean metabólicamente más inmaduras y los mecanismos de eliminación de compuestos exógenos del organismo estén igualmente menos desarrollados y sean menos eficaces. La exposición de los niños a O₃ y PM se asocia con una mayor probabilidad de bronquitis y otras enfermedades respiratorias en la etapa post-natal, mientras que la exposición intrauterina al dióxido de nitrógeno y partículas tienen efectos negativos significativos sobre el crecimiento fetal y parámetros antropométricos al nacer [22] [23] Por otra parte, la COVID-19 y las limitaciones de movilidad establecidas para tratar de contener su propagación durante el periodo de confinamiento en España, han supuesto una disminución en cuanto a las emisiones de contaminantes. Esta reducción ha sido de más del 50% en las emisiones de NO₂ y casi del 20% en las de PM₁₀. [24]. Respecto a si la contaminación atmosférica puede ser un factor de riesgo en la transmisión del virus SARS-CoV-2, actualmente se barajan dos hipótesis, que son complementarias a su vez:

A. Se investiga si las propias partículas contaminantes son capaces de transportar de forma viable al nuevo virus, como se ha demostrado en estudios anteriores con otro tipo de material biológico: bacterias, virus, hongos y granos de polen [25]. La explicación para este mecanismo se puede encontrar en investigaciones recientes según las cuales, las partículas materiales podrían actuar como vector para la propagación de la enfermedad [26-28]; los lugares con mayores concentraciones de PM 10 se asociarían con regiones con mayor número de casos de COVID-19. Este mismo estudio, pero más ampliado, ha encontrado restos de ARN del SARS-CoV-2 en muestras de PM medidas tanto en ambientes industriales como urbanos. La hipótesis se basa en que las partículas de aerosol que contiene el virus de entre 0,1 y 1µm pueden viajar más lejos cuando se unen a partículas de contaminantes de hasta 10µm ya que la partícula resultante es más grande y menos densa que una gotícula respiratoria, por lo que podría aumentar su tiempo de permanencia en la atmósfera.

B. La segunda hipótesis se centra en la mayor vulnerabilidad cardio-respiratoria que presentan las personas que están expuestas de forma habitual a altos niveles de contaminación en las ciudades. Según la OMS, 1 de cada 7 pacientes con COVID-19 sufre dificultades respiratorias y otras complicaciones graves [29] y hasta este momento, los factores asociados con la mortalidad por COVID-19 incluyen: edad avanzada (mayor riesgo en >65 años) y la presencia de comorbilidades, entre ellas hipertensión, diabetes, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares. También se han documentado en relación a esta nueva enfermedad: inflamación vascular, miocarditis y arritmias cardíacas.

Por último, es importante señalar que la contaminación atmosférica incluye tanto la contaminación atmosférica química tradicional como la contaminación polínica y también la térmica, lumínica, electromagnética y, por supuesto, la acústica. Aunque casi siempre que se habla de contaminación del aire se refiere a la contaminación química, en un ambiente urbano y desde el punto de vista de sus impactos en salud, tan importante es la contaminación química como la acústica [30].

Conclusión:

La contaminación ambiental es un cancerígeno de primer orden, es un factor de riesgo para diversas disfunciones metabólicas, como la diabetes de tipo 2, aumenta el riesgo de ansiedad y depresión e influye en la salud fetal y del neonato.

Inicialmente se consideró la hipótesis de que las partículas en suspensión pudieran actuar como vector de transporte de forma viable del SARS-CoV-2, aunque investigaciones recientes parece que no avalan esta hipótesis. Es importante señalar que la contaminación atmosférica incluye tanto la contaminación química tradicional como la contaminación polínica y también la contaminación térmica, lumínica, electromagnética y acústica.

¿Cómo es la Red de Detectores en España? ¿Hay diferencias por Comunidades Autónomas? ¿Es suficiente?

Miguel Angel Gil Amigot

La Red de Detectores de contaminantes ambientales en España se basa en un sistema de estaciones de control equipadas con sensores y analizadores automáticos distribuidas en lugares representativos por zonas afectadas por la calidad del aire. Esta zonificación sirve para agrupar áreas con características similares o un comportamiento homogéneo en relación a la calidad del aire y a los umbrales de los contaminantes ambientales[31].

La determinación de las distintas zonas y del lugar de implantación de cada estación de control y vigilancia es una competencia de las Comunidades Autónomas (CCAA). Además de la red controlada por las CCAA, existen otros dos tipos de redes de vigilancia. Por un lado, la red estatal gestionada por la Agencia Española de Meteorología (AEMET) que se encarga de medir la calidad del aire en entornos rurales remotos y tiene como objetivo obtener información sobre la contaminación transfronteriza y de fondo para cumplir la normativa vigente [32]. Por otro lado, la red de detectores controlada por entidades locales o Ayuntamientos que se desarrolla con el fin de realizar un seguimiento de contaminantes principales en ciertas localidades.

Además de los criterios de homogeneidad de la calidad del aire, la legislación relativa a la calidad del aire, Real Decreto 102/2011 relativo a la mejora de calidad del aire, exige a las CCAAs que justifiquen la división de las zonas considerando una cierta densidad poblacional y un ecosistema común en cada una de ellas. Como ejemplo, la Comunidad Autónoma de Aragón sigue una metodología para zonificar su territorio [33]. Por un lado, se estudia el histórico de datos de la calidad del aire procedentes de las estaciones de detectores, compara los datos de diferentes estaciones, los factores meteorológicos de cada zona y la topografía del territorio. Una vez obtenidos los datos relativos al territorio, se toman medidas para que las características en cuanto a calidad del aire y geografía sean las mismas en cada zona y para delimitar al máximo las zonas donde existe un alto nivel de concentración (ya que las restricciones que exige la ley son mayores).

Todas las estaciones de vigilancia de la red autonómica y local de España miden las concentraciones de los contaminantes gaseosos (NO₂, O₃, CO...) y en forma de partícula (PM_{2,5}, PM₁₀) en el aire que son dañinos para la salud y para el medioambiente. Se trata de una red de vigilancia con más de 600 estaciones de mediciones fijas en la cual se registra y se controla una elevada variedad de contaminantes que sirven para estimar los riesgos y asociar los efectos en la salud derivados de una exposición de varios contaminantes en cada zona del territorio español [34, 35] [36].

Las estaciones se pueden clasificar por tipo de área y por tipo de contaminante principal influyente en el lugar. En relación al tipo de área, la estación puede ser urbana, si se coloca en zonas que son edificadas de forma continua; suburbana, si está en lugares donde no se edifica continuamente y existen separaciones de lagos, bosques, parques...; o rural, cuando no cumple ninguno de los criterios anteriores. En cambio, en relación al tipo de contaminante influyente en la zona, se puede clasificar como estación de tráfico, si el contaminante principal de la zona son las emisiones de los vehículos; industrial, cuando la emisión proviene de la industria; o de fondo, cuando no se detecta una emisión predominante.

La razón por la cual cada zona se evalúa mediante un número de estaciones y un tipo de estación determinado por cada C.A., se justifica con la imposibilidad de medir la calidad del aire en todos los puntos del territorio. Al hilo de este razonamiento, es cierto que el lugar de colocación de las estaciones de vigilancia y control en cada zona de España puede ser un factor determinante en la medición de los niveles de ciertos contaminantes. Es decir, no es lo mismo colocar una estación de tráfico muy próxima a una de las vías más transitadas y congestionadas de una gran ciudad donde es evidente que se registrarán concentraciones de contaminantes muy elevados (por ejemplo, las emisiones de NO₂ de los vehículos serán directamente registradas en estas estaciones), que construir la estación en un lugar más apartado del tráfico y de la alta congestión en esa misma ciudad. Dado que no existe una norma específica relacionada con el lugar exacto de colocación de las estaciones, es muy difícil reflejar la realidad de las variaciones de los niveles de exposición de los contaminantes.

Para finalizar, cabe destacar que a pesar de que cada C.A. divide su territorio en zonas de evaluación de la calidad del aire, al fin y al cabo, la legislación española exige una serie de criterios para la división de las zonas. Es cierto que, en las ciudades más pobladas y transitadas de España, donde se detectan los mayores niveles de contaminación, es decir, en Madrid, Barcelona y Valencia, se concentra un número mayor de estaciones de control y se desarrollan planes y protocolos de actuación más rigurosos para obtener los valores permitidos por la ley.

Conclusión:

La red de vigilancia de la calidad del aire en el territorio nacional está correctamente distribuida en las ciudades y localidades y son suficientemente sofisticadas para la detección de contaminantes ambientales. Cada centro hace un envío a tiempo real

de los resultados registrados para la elaboración de informes de evaluación y puesta en marcha de planes de reducción de contaminantes en el ambiente, si bien es cierto, que se precisa una mejor unificación de los criterios de valoración.

¿Qué enfermedades se relacionan directamente con la contaminación del aire?

Isabel Urrutia

Un reciente trabajo señala que el impacto en la salud atribuible a la contaminación del aire es sustancialmente más elevado de lo que se suponía anteriormente, y estima un exceso de mortalidad atribuido a la contaminación del aire de 790.000 muertes al año, solo en Europa (Figura 1).



Figura 1 Exceso de mortalidad estimada en Europa atribuible a la contaminación ambiental, y la contribución de las principales patologías. Adaptado de Lelieveld J. et al [2]

Aunque los contaminantes atmosféricos pueden dañar prácticamente cualquier órgano del cuerpo humano, son las enfermedades cardiovasculares y las respiratorias las que más muertes ocasionan. Se estima que alrededor de 500.000 muertes por cáncer de pulmón y 1.6 millones de muertes por EPOC en el mundo pueden ser atribuidas a la contaminación del aire. En España se calcula que se producen al año más de 5.000 muertes por cardiopatía isquémica, más de 2.000 por accidentes cerebrovasculares, casi 3.000 por EPOC, 1.216 por neoplasias pulmonares y más de 1.000 por infecciones del tracto respiratorio inferior que no sucederían si

no respirásemos un aire contaminado.

La EPOC se caracteriza por una limitación persistente del flujo de aire asociada a la inflamación crónica de las vías respiratorias y los pulmones en respuesta a la exposición a partículas y gases. El tabaquismo activo sigue siendo el principal factor de riesgo, pero otros factores son cada vez más conocidos, como exposiciones laborales, las infecciones y el papel de la contaminación atmosférica. La EPOC es la cuarta causa de mortalidad tanto en nuestro país como a nivel mundial, y se estima que en los próximos años escale algún puesto más en este fatídico ranking [37]. Se calcula una prevalencia en todo el mundo del 11,7% con unas elevadísimas tasas de infradiagnóstico que pueden superar el 70%.

Los pacientes con EPOC son más vulnerables a los efectos de la contaminación atmosférica. Los principales mecanismos subyacentes de los efectos adversos para la salud de la exposición ambiental a contaminantes están relacionados con el estrés oxidativo y la

inflamación. Aparte del hecho de que las partículas pueden trasladarse al torrente sanguíneo y crear una disfunción vascular con efectos sistémicos potenciales que descompensen las frecuentes comorbilidades cardiovasculares de estos pacientes, el estrés oxidativo relacionado con los contaminantes del aire puede dañar directamente el epitelio de las vías respiratorias y alterar la respuesta inmunitaria.

En la actualidad, existe suficiente evidencia científica para considerar a la contaminación ambiental como causa directa de la EPOC. Reflejo de ello es el posicionamiento favorable de las principales guías de práctica clínica de manejo de la EPOC, tanto nacionales [38, 39] como internacionales [40]. Las concentraciones ambientales de partículas en suspensión (PM) y dióxido de nitrógeno (NO₂) se han asociado con una mayor prevalencia de EPOC. Por ejemplo, una concentración media de PM_{2,5} más elevada durante todo el año, se ha asociado con un incremento de la prevalencia de EPOC con una odds ratio (OR) ajustada de 2,4 para concentraciones entre 35 y 75 µg/m³ y de 2,5 para concentraciones por encima de 75 µg/m³, respectivamente, en comparación con el límite inferior de 35 µg/m³.

Sin embargo, este papel etiológico resulta aún más evidente si atendemos a la contaminación del aire del interior de las casas. Pasamos cerca del 90% del tiempo en espacios cerrados, por lo que la atmósfera de estos espacios es muy importante para la salud. Unos 3.000 millones de personas cocinan y calientan sus hogares con fuegos abiertos y cocinas en los que queman biomasa (madera, excrementos de animales o residuos agrícolas) y carbón. Esta práctica se da, sobre todo, en países en vías de desarrollo. Cada año, más de 4 millones de personas mueren prematuramente por enfermedades atribuibles a la contaminación del aire de los hogares y la EPOC supone el 20% de estas muertes. De este modo, los contaminantes ambientales se convierten en la principal causa de EPOC en algunas regiones del planeta entre determinados grupos poblacionales, como las mujeres, con escasos recursos económicos en algunas zonas del sudeste asiático.

También se ha reconocido a la contaminación ambiental como un factor precipitante de las exacerbaciones de la EPOC, las cuales aceleran el deterioro de la función respiratoria, contribuyen a aumentar la mortalidad e incrementan significativamente los costes sanitarios.

En el caso de la pandemia de COVID, sabemos que el SARS-CoV-2 se propaga a través del aire por las llamadas gotitas de Flugge. Las partículas de menos de 5µm pueden permanecer en el aire incluso horas y propagarse a distancia. Algunos autores han descrito que el PM puede tanto aumentar la distancia de transmisión como la infectividad en el aerosol con efecto “booster”.

El impacto que la contaminación ambiental tiene sobre la extensión y pronóstico de la COVID-19 aún está por dilucidar. En un estudio reciente llevado a cabo en China entre enero y febrero de 2020 observaron una asociación positiva entre los niveles de PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂ y O₃ de las dos semanas y los casos nuevos confirmados de COVID-19. Los autores observaron que cada incremento del 10µg/m³ (lag 0-14 días) de estos contaminantes se asociaba con un incremento de los nuevos casos confirmados de 2,24%, 1,76%, 6,94% y 4,76%, respectivamente.

Italia fue otro de los grandes castigados en el inicio de esta pandemia en Europa. Diversos autores italianos han subrayado que la alta propagación del COVID en algunas áreas del Norte de Italia pudiera estar vinculado a las condiciones medioambientales. Además, las

partículas en suspensión, compuestas de partículas sólidas y líquidas permite dejar flotar en el aire al virus más tiempo y a distancias mayores. De hecho, la propagación de la infección por SARS-CoV-2 se encuentra incrementada en presencia de zonas con mayor humedad relativa mientras que en climas cálidos disminuye.

Conclusión:

Se estima que la contaminación del aire ambiente es causante de 790.000 muertes al año en Europa. Además de las enfermedades cardiovasculares, la relación entre contaminación ambiental y Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica es esencial. Se especula también entre la relación de contaminantes ambientales y una mejor vehiculización de partículas de SARS-CoV-2 a mayores distancias.

SEGUNDA PARTE: CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EL MEDIO LABORAL

¿Cómo definimos la calidad ambiental interior?, ¿Cuál es el efecto de los aerosoles en la transmisión de SARS-CoV-2?, ¿Qué medidas son más eficaces para reducir los aerosoles?

Francisco Vargas Marcos

La Calidad Ambiental Interior (CAI) está definida en la Norma UNE 171330:2008[41] como “Las condiciones ambientales de los espacios interiores, adecuadas al usuario y la actividad, definidas por los niveles de contaminación química, microbiológica y por los valores de los factores físicos”. Si no hay una buena CAI aumenta el riesgo de padecer numerosas enfermedades como la COVID-19.

Pasamos entre un 80-90 % de nuestro tiempo en ambientes interiores del ámbito laboral, doméstico, educativo, deportivo o de ocio. Durante la pandemia de COVID-19 este porcentaje ha subido y ha puesto en evidencia la importancia de vivir en espacios cerrados más saludables y seguros que eviten la transmisión por vía aérea del SARS-CoV-2.

El ser humano genera aerosoles o bioaerosoles al usar la voz, respirar, toser o estornudar [42]. Puede afirmarse que el SARS-CoV-2 es viable como un patógeno aerógeno emitido continuamente con la respiración. Su cantidad aumenta cuando padecemos enfermedades respiratorias y cuando forzamos la voz al hablar cantar o gritar. Por estas razones la transmisión de enfermedades respiratorias dentro de los espacios cerrados mal ventilados puede llegar a ser 20 veces superior a la transmisión en el exterior.

Desde el inicio de la pandemia se han publicado numerosos estudios que han observado un aumento del número de brotes de COVID-19 provocado por aerosoles que transportan el virus, en restaurantes, gimnasios, barcos, autobuses, coros y otros lugares cerrados con mala ventilación. Varios ensayos experimentales, sobre dinámica de fluidos, física-química de los aerosoles permanencia, viabilidad del SAR-CoV-2, capacidad infectiva (16horas), han alertado de la importancia de la trasmisión por aerosoles y de la necesidad de aplicar medidas de prevención y control en espacios cerrados, mal ventilados y concurridos.[43-46].

Estas evidencias cuestionaban las vías clásicas de transmisión de las enfermedades respiratorias aceptadas por la OMS y la comunidad científica. Los nuevos conocimientos sobre la dinámica de emisiones respiratorias indican que las gotas respiratorias pueden alcanzar, en condiciones específicas, 7-8 metros. Su aceptación tiene importantes implicaciones para mejorar el diseño de las máscaras de protección respiratoria, las recomendaciones de distanciamiento social, las estrategias de prevención en las instalaciones de climatización y otras recomendaciones de salud pública.

Pero para prevenir los contagios de SARS-CoV-2 por la vía aérea el primer paso era que las autoridades sanitarias, las agencias y organizaciones competentes aceptasen las evidencias publicadas sobre el papel de los aerosoles en la transmisión de COVID-19, superando los miedos políticos a la reacción de la población, los medios de comunicación, las encuestas de opinión y las redes sociales. Es evidente que se ha producido un retraso en el reconocimiento del impacto del aire en la transmisión de la COVID-19 y en la toma de decisiones sobre las medidas más eficaces para su aplicación.

Se han publicado peticiones legítimas y justificadas para evaluar cómo se ha gestionado la pandemia, aprender de los errores, dotar de los recursos necesarios para la investigación, mejorar los sistemas de vigilancia epidemiológica y los servicios de salud pública. Sin embargo, hay que señalar que es habitual que transcurra demasiado tiempo entre la publicación de evidencias sólidas, su aceptación mayoritaria por la comunidad científica y finalmente su aplicación por las autoridades competentes en Salud Pública o los profesionales sanitarios respecto a una medida preventiva, medicamento, técnica médica o quirúrgica.

Uno de los primeros artículos que se publicaron en nuestro país reclamaba medidas de prevención de la vía aérea. Este trabajo hizo una revisión de evidencias científicas sobre la transmisión del SARS-CoV-2 por gotas respiratorias, objetos contaminados y aerosoles [47]. Este documento sirvió de base para que el Ministerio de Sanidad promoviera la redacción de un documento técnico que recogió las Recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación para la prevención de la propagación del SARS-CoV-2 [48].

El ECDC [49], la OMS [50] y los CDC [51] han aceptado las evidencias de la transmisión del SARS -CoV-2 mediante aerosoles, han propuesto medidas para reducir el riesgo de exposición a los mismos y han descrito el papel desempeñado por los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado. A la luz de las nuevas evidencias, admiten la posibilidad de que en ciertos ambientes interiores con muchas personas que no mantienen la distancia de seguridad, sin protección facial, en espacios cerrados y mal ventilados se puede producir la transmisión aérea combinada con la vía por gotas (grandes) y por contacto.

Posteriormente el Ministerio de Sanidad español publicó un documento técnico respaldado por expertos y varias Sociedades Científicas especializadas en aerosoles que reconoce la importancia de la transmisión de la vía aérea y propone medidas de prevención [52].

Resumen de recomendaciones para la prevención de la transmisión del SARS-CoV-2 mediante aerosoles.

Las medidas de prevención para evitar la transmisión del virus SARS-CoV-2 deben seguir una estrategia combinada de medidas de protección, de forma que el uso conjunto de más de una medida permita alcanzar una mejor protección. Ninguna de las medidas de protección es eficaz al 100% por sí misma para evitar la transmisión. En el momento actual la evidencia científica acerca de la efectividad de cada medida en relación con SARS-CoV-2 es aún limitada y hay que ponerla en relación con los riesgos y la factibilidad asociados a su implementación.

En la siguiente figura se resumen las medidas para la prevención de la transmisión de SARS-CoV-2. (Figura 2).

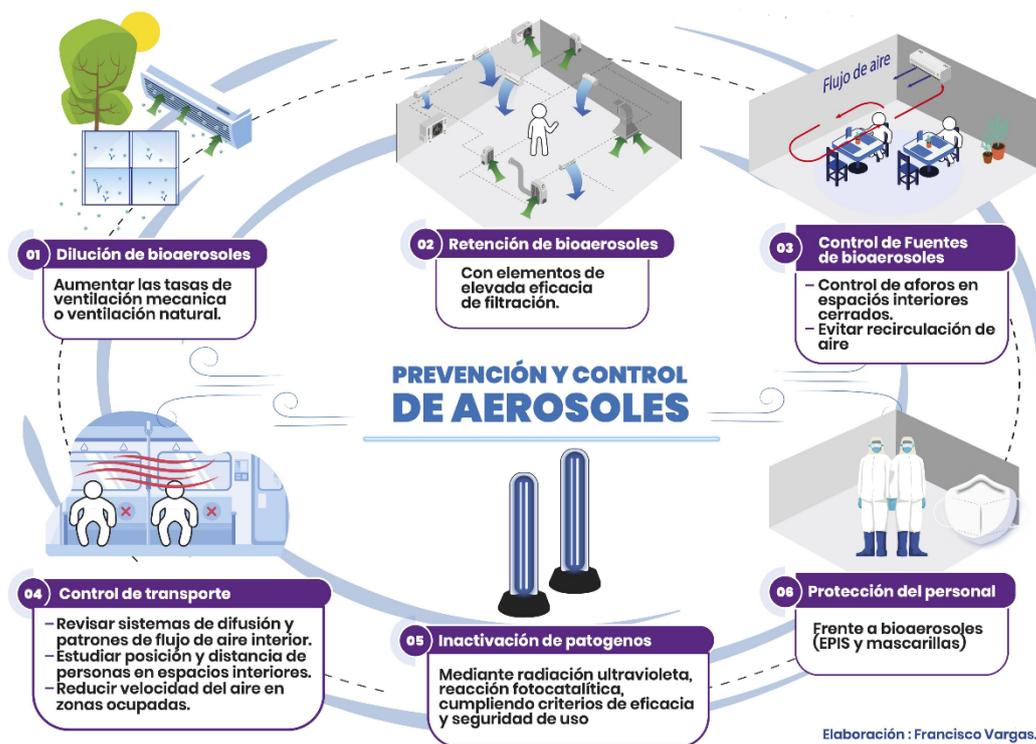


Figura 2.- Prevención y control de la transmisión de patógenos por aerosoles.

1. Dilución de bioaerosoles.

- Aumentar las tasas de ventilación con equipos de ventilación mecánica o natural mediante apertura de ventanas.

2. Retención de bioaerosoles.

- Uso de elementos de filtración con elevada eficacia de filtración.

3. Control de fuentes de bioaerosoles.

- Reducir las tasas de ocupación y tiempo de permanencia en locales. Mantener distancia interpersonal.
- Evitar recirculación de aire en equipos de climatización.
- Uso de mascarillas en locales cerrados cuando no se pueden aplicar medidas de distancias social.

4. Control del transporte de bioaerosoles.

- Controlar el sistema de difusión de aire y de los patrones flujos de aire interiores.
- Estudio de posición y distancia de las personas en los locales interiores. Evitar los flujos de aire procedentes de otra persona.
- Reducir velocidad del aire en la zona ocupada. Evitar las corrientes de aire entre personas en la zona respirable.

5. Inactivación de patógenos en bioaerosoles.

- Uso de equipos germicidas de acción física que pueden contribuir a reforzar la higiene del ambiente interior. Con dos condiciones para su uso:
- 1) Evidencias científicas de la efectividad del sistema frente al virus SARS-CoV-2.
- 2) La dosis aplicada y los residuos resultantes de su aplicación no suponga ningún riesgo para las personas.
-

6. Protección personal frente a bioaerosoles.

Usar mascarillas con adecuada capacidad de filtración para evitar transmisión desde/hacia otras personas. Uso de EPIs en el medio laboral.

Conclusión:

La Calidad Ambiental Interior (CAI) está definida en la Norma Une 171330:2008. Desde el inicio de la pandemia de COVID-19 se han publicado numerosos estudios que han observado un aumento del número de brotes de COVID-19 provocados por aerosoles en restaurantes, gimnasios, barcos, autobuses, coros y otros lugares cerrados con mala ventilación. El Ministerio de Sanidad español publicó un documento que proponía medidas de prevención de la transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles.

¿Qué relación existe entre contaminación exterior e interior? ¿Cuáles son, a grandes rasgos, las medidas para mantener un aire saludable en el medio laboral? ¿Pueden aplicarse estas medidas a la prevención del COVID-19?

Teresa Álvarez Bayona

La OMS estima que se producen anualmente 3,8 millones de muertes por enfermedades atribuibles a la contaminación del aire interior frecuentemente causadas por el uso de

combustibles sólidos ineficientes [53]. En países como España, las personas pasan entre un 60% y un 80% del tiempo en ambientes interiores [54] y los efectos de un aire contaminado en el interior de edificios se acumulan en el organismo con independencia de donde se produzca la contaminación. El CO₂ es un contaminante que en interiores sirve como indicador de la calidad del aire asociada a la actividad humana. Su empleo requiere referenciarse a la concentración exterior [55] ya que en realidad, el aire exterior no es ni «limpio» ni «fresco».

Las medidas técnicas para el control del aire interior irán encaminadas a controlar los riesgos relacionados con el ambiente: reducir la emisión del foco, evitar o disminuir su propagación por el aire y, finalmente, actuar sobre las personas. Cuando el foco no se puede eliminar, ni la emisión se puede reducir, cabe proceder al apantallamiento del foco. Es una medida cuyo objetivo es interponer una barrera física que disminuye la emisión del contaminante al aire [56].

El siguiente grupo de medidas van encaminadas a actuar sobre el medio. La medida más eficaz es la ventilación, ya sea natural, mecánica o mixta. El objetivo es que, en interiores, el aire «contaminado» se renueve a un ritmo adecuado. Como la ventilación más eficaz y barata es la natural, preferiblemente cruzada, se deberá optar por ella siempre que sea viable y suficiente. [57]. En ocasiones, la programación y ajustes de los sistemas de climatización deberán ir encaminados a un aporte mayor de caudal de aire exterior. El uso de filtros adecuados para la fracción de aire recirculada y su mantenimiento son otros aspectos clave [57].

Las últimas medidas técnicas en el ámbito preventivo se encaminan a actuar directamente sobre el trabajador. Muchas coinciden con las medidas encaminadas a controlar el foco, pues hay que considerar a los trabajadores a proteger también como posibles focos.

Centrándonos en el problema palpitante del SARS-CoV, este virus identificado en 2019 pertenece a la familia *Coronaviridae* [58] y su vía de transmisión y su comportamiento es similar al de otros virus de la misma familia [59]. Se transmite por secreciones nasofaríngeas a través de gotas de más de 5 micras y por aerosoles procedentes de la respiración humana. [60] Es decir, si se evita el foco se elimina la «contaminación». La forma más directa es evitar que las personas acudan a los centros de trabajo, por ejemplo, teletrabajando. Como no siempre es posible, habrá que reducir la exposición, aunque no se elimine el riesgo, y tomar medidas encaminadas a distanciar y minimizar el contacto.

En este caso, la barrera es la mascarilla, que cuanto mayor sea su eficacia y ajuste, menor será la emisión de aerosoles al ambiente. Hay gobiernos autonómicos que han obligado a llevar la mascarilla en todo momento en el ámbito laboral.[61]

Algunos estudios que sugieren la viabilidad del SARS-CoV-2 en forma de aerosol durante tres horas [58]. Este es el motivo de recomendaciones como ventilar antes de acceder a los puestos de trabajos. Pero no todos los espacios disponen de ventanas o elementos que garanticen la correcta renovación del aire. Una situación que se produjo al comienzo de la pandemia fue considerar los ventiladores que remueven el aire como un sustituto. Su efecto es el contrario: en lugar de aportar aire «limpio», recirculan y concentran los contaminantes

incluidos los aerosoles. En estos casos es necesario recurrir a una ventilación mecánica, más costosa y que requiere de conocimientos especializados

En el caso del SARS-CoV-2, distancias de 2 metros serán suficientes para evitar la llegada de gotas, pero no ocurre lo mismo con los aerosoles. El aerosol tiene una aerodinámica dependiente del medio influida por la temperatura, humedad y velocidad del aire. Así, aumentar la humedad relativa por encima de 40% afecta a su aerodinámica en el sentido que favorece la precipitación de los aerosoles y, por tanto, dificulta su propagación. [59].

Todas estas medidas técnicas para controlar la transmisión del virus por el aire no funcionan si no se consigue cambiar también las conductas de los trabajadores. En empresas de riesgo medio y bajo, posiblemente las principales causas de transmisión del virus han sido las salidas a tomar café, fiestas de jubilación u otros actos sociales. Para que sea exitosa la concienciación de los trabajadores, la información ha de ser coherente y ajustada al nivel de conocimiento del receptor de manera que el trabajador pueda aplicar el sentido común. Desgraciadamente, en estos días, esta labor se ha dificultado debido a la contradictoria sobreinformación mediática que ha hecho que la población general opine sobre un aspecto tan especializado y delicado como este.

Conclusión:

La OMS estima que se producen anualmente 3,8 millones de muertes por enfermedades atribuibles a la contaminación del aire interior frecuentemente causadas por el uso de combustibles sólidos ineficientes.

Las medidas técnicas para el control del aire interior deben ir encaminadas a eliminar o controlar los focos emisores de contaminantes, disminuir su propagación por el aire y aumentar y mejorar la ventilación y renovación del mismo, lo que en ocasiones incluye la programación y ajustes de los sistemas de climatización y el uso de filtros adecuados.

SARS-CoV-2 puede permanecer viable en aerosoles durante tres o más horas y por ello se recomiendan las medidas de distanciamiento y ventilación.

¿Qué se está haciendo para disminuir la contaminación del aire por parte de la industria? ¿Hay planes viables? ¿Pueden las energías renovables ayudar a mejorar la calidad del aire?

Paulino Pastor Pérez

Cuando se habla de calidad ambiental en interiores, a menudo se hace la reflexión de que pasamos el 90% de nuestro tiempo en espacios cerrados, para visualizar mejor la magnitud de esa exposición, consideremos que eso supone para una persona de 55 años, 50 años en un ambiente interior, repartido entre la exposición residencial, laboral y el ocio, por tanto, está claro que los espacios cerrados constituyen la principal fuente de exposición a la contaminación atmosférica.

La calidad del aire interior está condicionada por la calidad del aire exterior, ya que la primera medida para mejorar es ventilar con aire fresco del exterior, el problema es que este aire no siempre reúne las condiciones térmicas o de pureza (ausencia de contaminantes) para producir una mejora efectiva del aire interior, por eso es preciso acondicionar y tratar el aire mediante sistemas de purificación y filtración antes de introducirlo en los entornos cerrados.

Mejorar la calidad del aire interior, habitualmente, supone un coste energético, y eso paradójicamente produce contaminación en el exterior, especialmente si lo hacemos a través de energía procedente de combustibles fósiles, por tanto, es fundamental trabajar en la descarbonización de nuestros edificios de tal modo que acabemos consiguiendo la necesaria calidad del aire interior y el confort térmico sin comprometer la calidad del aire exterior.

Afortunadamente, las energías renovables, en la generación (solar, térmica, biomasa, etc.) como la mejora en las formas de consumo energético (aeroterminia, geotérmica, etc.) así como la disminución de la demanda energética de los edificios a través de mejoras en la envolvente y otros, están permitiendo acercarnos a un punto de equilibrio entre salubridad y confort en los interiores y la neutralidad en términos de emisiones a la atmosfera por parte del parque edificatorio.

Actualmente los propietarios de edificios, principalmente de oficinas, están empezando a dedicar cada vez más recursos para conseguir edificios sostenibles (certificaciones medioambientales como LEED o BREEAM), pero en los últimos años también se está enfatizando la importancia de que los edificios sean saludables y confortables (certificación WELL).

La tendencia medioambiental en el sector terciario es clara, no obstante, otros sectores edificatorios no están aún en esa línea. Los edificios residenciales, industriales, los centros logísticos, hoteles, o centros de transporte e incluso los centros comerciales, aún están en lejos de iniciar de forma masiva el proceso de descarbonización.

Si comparamos el sector inmobiliario con otros ámbitos muy intensivos en consumo de energía como es el transporte (vehículos eléctricos), se puede asegurar que aun se encuentra muy atrasado. Los recientes planes de incentivos por parte de la administración muy probablemente ayudaran a que las tecnologías comiencen a implantarse, porque actualmente la tecnología existe, pero la principal barrera es la disponibilidad de recursos económicos para la rehabilitación de los edificios.

Conclusión:

Mejorar la calidad del aire interior, habitualmente, supone un coste energético, y eso paradójicamente produce contaminación en el exterior, especialmente si se hace a través de energía procedente de combustibles fósiles.

Es fundamental trabajar en la descarbonización progresando en el logro de certificaciones medioambientales como LEED, BREEAM o WELL.

¿Cuál es la situación de la legionelosis en España en el momento actual? ¿Se adoptan las medidas suficientes para su prevención? ¿Que marca la legislación?

María Luisa Pedro-Botet

Legionella spp. es un bacilo gramnegativo aerobio intracelular que causa neumonía tanto en el entorno comunitario como hospitalario en forma de casos esporádicos o brotes. La familia Legionellaceae cuenta con más de 60 especies y más de 70 serogrupos de las que destaca tanto en el reservorio acuático como en patología humana, *L. pneumophila* sg 1

El término legionelosis hace referencia a las manifestaciones clínicas que causa este microorganismo e incluye como mayoritaria, la forma neumónica y con menor frecuencia, una forma febril sin neumonía o “Fiebre de Pontiac”. El mecanismo de transmisión al hombre más comúnmente aceptado es la inhalación de aerosoles que emanan del agua colonizada, sanitaria o procedente de sistemas de enfriamiento (torres de refrigeración y cogeneración) aunque se describe de forma excepcional la aspiración tras la colonización orofaríngea en pacientes hospitalizados con disfagia.

Según datos publicados por el ECDC, un total de 30 países comunicaron 11.343 casos de legionelosis en 2018 al sistema de Vigilancia Europeo, lo que representa una incidencia de 2,2 casos/100.000 habitantes, la mayor registrada en los últimos años. Entre los países que más casos han declarado destacan, Francia, Alemania, Italia y España. En España, el número de casos declarados en 2018 fue de 1.513 y la incidencia de 3,3 casos por 100.000 habitantes. En el territorio español, los casos y brotes son vigilados por las comunidades autónomas y notificados a través de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (RENAVE) al Centro Nacional Epidemiológico del ISCIII.

La mortalidad de la legionelosis en Europa se situó en 2018 en el 8% y se han comunicado 32 brotes en dicho año que han contabilizado entre 2 y 11 afectados por brote y de los que sólo 6 se han originado en ambiente hospitalario.

El cambio climático, el envejecimiento de la población, el eventual deterioro de los edificios y de sus sistemas de distribución del agua y una mayor concienciación y sensibilidad de los países hacia el diagnóstico y comunicación de los casos de legionelosis al ECDC justifican sin duda el incremento de los casos y de la incidencia de esta enfermedad en Europa.

La legislación vigente no prevé ninguna actuación sobre la calidad del aire en el caso de la legionelosis y sí, por el contrario, sobre la fase de diseño, explotación y mantenimiento de sistemas de agua que son la fuente de infección por *Legionella* en el hombre. En el caso de los centros sanitarios, el sistema de ventilación debe ser cerrado, como medida para frenar la entrada eventual a través de las ventanas, de aerosoles generados en el exterior en instalaciones de riesgo para la legionelosis. Si el hospital dispone de climatizadores centrales debe vigilarse las cámaras de humectación, calentamiento (para calefacción) y enfriamiento (para refrigeración) ya que una avería en estos sistemas podría conllevar el pase de aerosoles contaminados eventualmente por *Legionella* al aire de distribución de las habitaciones del hospital [62] [63] [64, 65] [66-69] [70-72].

Conclusión:

Los microorganismos del género Legionella vehiculizados por aerosoles son causa de infecciones neumónicas y no neumónicas tanto dentro como fuera de los hospitales. Su prevención se centra en evitar y tratar la colonización de reservorios de agua desde los cuáles puedan generarse aerosoles que alcancen la vía aérea de las personas.

¿Cuáles son los costes sanitarios, sociales y económicos de un aire interior contaminado?

Eduardo Olier Arenas

En 2013, el Banco Mundial y del Instituto de Evaluación y Métricas de Salud de la Universidad de Washington estimaban que sólo la polución del aire interior conducía a unas pérdidas de riqueza en torno a los mil quinientos millones de dólares [73].

Son pocos los estudios sobre los efectos socioeconómicos de la polución en espacios cerrados y en los países en vías de desarrollo. Francia, sin embargo, es uno de los países que han entendido la importancia de este tipo de polución y sus perjudiciales efectos sociales y económicos. Quizás, no se ha prestado demasiada atención a este problema porque los efectos económicos de la polución constituyen “externalidades negativas”: un concepto económico difícil de contabilizar en muchos casos. Como antesala de lo que sigue, diremos que una externalidad económica es aquella en la que los costes de producir o consumir un bien o un servicio o, también, los beneficios de hacerlo no vienen reflejados en los precios de mercado. Es decir, se trata de efectos secundarios que se producen cuando una actividad económica no considera los costes o beneficios que ella misma produce. Y, en este caso, la polución, al ser una externalidad negativa, ocasiona unas consecuencias económicas difíciles de estimar, pues es complejo evaluar sus correspondientes precios de mercado.

La polución del aire en espacios interiores es un hecho poco estudiado en general, pues se hace más hincapié y esfuerzo en políticas dirigidas a paliar los efectos del cambio climático y, en especial, a los efectos producidos por los gases de efecto invernadero. Tan es así, que el actual Programa *Next Generation EU*, de 750.000 millones de euros, aprobado por el Consejo Europeo el 21 de julio de 2020 [74], dedica grandes esfuerzos económicos a los problemas relacionados con el cambio climático, sin tener en cuenta la polución del aire en espacios interiores.

El tema de la polución es un antiguo problema económico que Ronald Coase, premio Nobel de Economía, puso ya de manifiesto en 1960 al tratar de los efectos dañinos causados por algunas factorías, cuyas emisiones perjudicaban la salud de los habitantes en poblaciones cercanas[75]. Coase refutaba a aquellos economistas que pretendían solventar dicho problema mediante tasas impositivas a las industrias contaminantes, pues el verdadero problema a resolver –entendía Coase– tenía que centrarse en evitar la polución, no en aceptarla aplicando

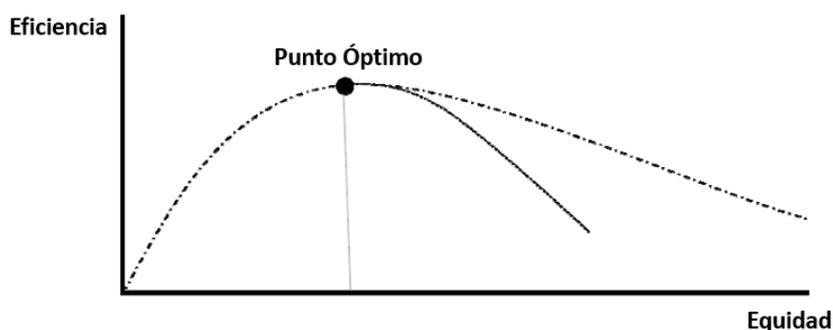
un tratamiento fiscal; ya que, en realidad, se trata de un problema relacionado con el coste social del daño producido, que debería considerar si el coste de la contaminación es mayor o menor que el problema causado por ella [75]. Asunto que puede ser extendido a toda la problemática relacionada con los pilares del Estado de bienestar que disfrutaban los países avanzados, que no es otra que el análisis entre la eficiencia económica y el problema de equidad entre los que polucionan y los que sufren tales efectos [76].

Una circunstancia que, en general, no considera toda su dimensión, pues, normalmente, se pretende paliar el problema con soluciones fiscales o financieras mediante los conocidos mercados de emisiones nacidos al amparo de los Acuerdos de Kioto [77]. En lo que sigue, sin ser exhaustivos, daremos algunas ideas sobre el problema socioeconómico de la polución del aire en interiores que, en España, por cierto, no ha sido asunto que haya suscitado, hasta la fecha, demasiada atención.

Los principales elementos contaminantes en espacios interiores provienen, principalmente, de tres fuentes: (1) contaminantes químicos (compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos aromáticos, etc.); (2) biocontaminantes (mohos, ácaros del polvo, mascotas, polen, cucarachas, etc.); (3) partículas en suspensión y fibras (amianto, fibras minerales artificiales, partículas inertes, etc.) [78]. La filosofía que encierra este criterio se centra, sin embargo, en solventar el problema mediante impuestos a las empresas supuestamente contaminantes; es decir: poner un impuesto según el nivel de la externalidad económica producida; lo que requiere conocer el tipo de contaminante y sus efectos en el ambiente, aparte de determinar el agente contaminador. De nuevo, este mecanismo trata de resolver los problemas de la contaminación con nuevos impuestos, para lo cual, se imponen los criterios fiscales con criterios *ex-ante*, en lugar de realizar análisis *ex-post*, necesarios para conocer con detalle los efectos indeseables de la polución, de dónde provienen y cuáles deberían ser las medidas a tomar para evitarlos.

En lo relativo al hecho económico de los elementos contaminantes del aire en interiores, es preciso considerar, al menos, dos aspectos: (1) el coste de oportunidad, relativo a la pérdida de actividad económica por enfermedad de los trabajadores o, en caso límite, por pérdida de vidas humanas, y (2) el coste directo que tiene la polución sobre la economía pública o privada, que se relaciona con el coste marginal que han de soportar Gobiernos o empresas a causa de la polución; es decir con los costes adicionales que han de asumir debido al hecho contaminante. Una circunstancia igualmente tratada por Ronald Coase en su día, que dio origen al denominado *Teorema de Coase*, según el cual, en ausencia de transacciones monetarias, como es el caso que tratamos, coinciden los costes privados y públicos [79]; entendiendo que el mercado por sí sólo no será capaz de acomodar los dos extremos, y será el regulador, es decir, el Gobierno correspondiente, quien deberá dar una solución equitativa al problema, a fin de encontrar el punto óptimo entre eficiencia y equidad, al margen de la simple aplicación de nuevos impuestos. La Figura 3 muestra el esquema de equidad vs. eficiencia [76].

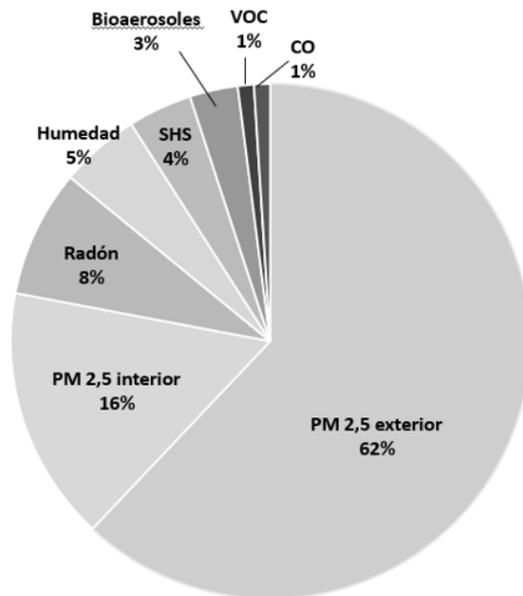
Figura 3.- Búsqueda de la equidad impositiva



Una forma de expresar el coste socioeconómico producido por la polución del aire en interiores toma la siguiente forma para el caso de los costes públicos asociados con ella:

$$W = \Delta CE + \Delta G \times (1 + \alpha)$$

donde: W es el coste socioeconómico; ΔCE la variación de los costes debidos a pérdidas de vidas humanas, la degradación de la calidad de vida o las pérdidas de producción; $(1 + \alpha)$ el impacto negativo sobre las finanzas públicas; y ΔG la variación de otros conceptos como: pensiones de retiro o incapacidad, inversiones en investigación, gastos sanitarios añadidos, etc.; con “x” como signo de multiplicación [80]. Este estudio, dirigido por Guillaume Boulanger, muestra también los efectos sobre la salud de un determinado número de contaminantes (benceno, radón, monóxido de carbono, humo de tabaco, etc.) causados en Francia en 2004: 19.879 fallecimientos, con una incidencia en la morbilidad de 26.046 personas, y un coste total de 19.443 millones de euros para las arcas públicas. Por otro lado, un informe del Parlamento Europeo [81] referencia un estudio donde se estima, para 26 países de la Unión Europea, unas pérdidas de 700.000 años de “vida sana” debido a la polución del aire en interiores [82], con una distribución del daño producido por las diferentes partículas tal como indica la Figura 4. El riesgo, como ahí se muestra, es mayor en el caso de micropartículas provenientes del exterior, con lo que la polución exterior se demuestra también nociva en los espacios interiores, con una incidencia mayor en aquellas personas que sufren algún tipo de patología o disfunción respiratoria, tanto jóvenes como personas mayores y, en los tiempos actuales, muy especialmente en las personas que sufren la pandemia del coronavirus (Covid-19).



- (1) PM 2,5: Micropartículas con tamaño menor de 2,5 micrómetros
 (2) VOC: Volatile Organic Compounds
 (3) CO: Monóxido de carbono
 (4) SHS: Secondhand Smoke

Figura 4: Influencia de las diferentes partículas en espacios interiores

Conclusión:

La polución del aire en espacios interiores es un hecho poco estudiado en general, pues se hace más hincapié y esfuerzo en políticas dirigidas a paliar los efectos del cambio climático y, en especial, a los efectos producidos por los gases de efecto invernadero y la polución en espacios abiertos. Sólo la polución del aire interior conduce a unas pérdidas de riqueza en torno a los mil quinientos millones de dólares. Al coste de oportunidad relativo a la pérdida de actividad económica por enfermedad de los trabajadores o, en caso límite, por pérdida de vidas humanas, hay que añadir el coste directo que tiene la polución sobre la economía pública o privada, que se relaciona con el coste marginal que han de soportar Gobiernos o empresas a causa de la polución.

¿Cuál es la relación entre contaminación del Aire y Cambio climático? ¿Qué implicaciones tiene dicha relación con el Sector de la Salud?

Felipe Villar Álvarez

La contaminación del aire y el cambio climático son los dos principales problemas ambientales. Ambos tienen una estrecha relación, pero no son lo mismo. Así como la definición del primero ha quedado bien precisada anteriormente, podemos decir que el cambio climático, según la OMS, es una variación estadísticamente significativa en el estado medio del clima o de su variabilidad, y que persiste durante un período prolongado (generalmente décadas o más).

El cambio climático se debe a procesos internos naturales o a forzamientos externos, y a cambios antropogénicos, persistentes, en la composición de la atmósfera. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático define el cambio climático como "un cambio del clima que se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante períodos de tiempo comparables".

Las $PM_{2.5}$ pueden provenir de todas las clases de combustión, como la de los automóviles, fábricas, quemados de madera y agrícolas, u otras actividades, y también pueden afectar al clima. Contaminantes primarios como el hollín pueden absorber el calor, aumentando así las temperaturas locales[83], y secundarios como las partículas de sulfato enfrían el clima y contribuyen a las interacciones aerosol-nube[84, 85]. El ozono cercano a la superficie es otro contaminante secundario formado por la interacción de compuestos precursores con la luz solar, incluida la radiación ultravioleta[86]. La velocidad de formación depende de la temperatura. Debido a esto, el ozono aumenta en los días calurosos y sin nubes[87]. En cambio, el viento y la deposición seca pueden reducir sus niveles [88]. Esta formación de ozono cerca de la superficie es el resultado de reacciones químicas que dependen de las emisiones de precursores de ozono de fuentes naturales y antropogénicas. Los principales precursores incluyen varios contaminantes primarios y otros secundarios como los componentes orgánicos volátiles (COV), el metano (CH_4) y el monóxido de carbono (CO), que reaccionan con el radical hidroxilo (OH) para producir finalmente ozono a nivel del suelo. Además, la formación de radicales hidroxilo está asociada con el CH_4 , otro gas de efecto invernadero [89].

El calentamiento global del planeta se acelera por la emisión de gases de efecto invernadero causados por las actividades humanas. Los principales son el dióxido de carbono (CO_2), el CH_4 y el óxido de nitrógeno (N_2O). Los dos efectos principales del cambio climático en la calidad del aire son la amplificación de la química atmosférica y la degradación de los procesos de eliminación[88]. Estos afectarán a los contaminantes primarios y secundarios. La elevación de las temperaturas, con los consiguientes cambios en el metabolismo de las plantas, alterarán las emisiones de COV y de aerosoles orgánicos secundarios, dando lugar a cambios en los niveles de partículas secundarias[90]. El cambio climático puede provocar más incendios forestales, tormentas de polvo y transporte de partículas de polvo, pudiendo cambiar las concentraciones medias anuales de $PM_{2.5}$ en $\pm 1 \mu g/m^3$ [86].

El cambio climático y la contaminación del aire pueden influirse mutuamente, y estos hacerlo en la salud de una forma directa o indirecta. Las partículas del aire, especialmente las de la combustión, y, como se ha mencionado, gases como el ozono pueden aumentar la mortalidad cardiopulmonar y las hospitalizaciones, y están relacionados con enfermedades respiratorias como el asma, la bronquitis crónica o la rinitis[91, 92]. Otras enfermedades asociadas a la contaminación del aire son las reumáticas, las neurodegenerativas, la diabetes, el parto prematuro, o el deterioro cognitivo[91, 92]. Por otro lado, los contaminantes primarios y secundarios pueden impulsar el cambio climático que, a su vez, afecta a la salud pública a través de, por ejemplo, temperaturas más extremas[93]. Los contaminantes secundarios como el ozono también pueden afectar el rendimiento de los cultivos que, en combinación con el cambio del clima, pueden afectar a la seguridad alimentaria y a la salud pública[94, 95].

Los impactos directos del cambio climático, como la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, temperaturas más elevadas, sequías, tormentas fuertes e inundaciones, así como también la migración masiva de refugiados climáticos, tienen consecuencias para la salud, a través del aumento de enfermedades infecciosas, cardiovasculares, respiratorias, mentales o alérgicas, e incluso con la aparición de desnutrición. Estos afectarán desproporcionadamente a las poblaciones más vulnerables y marginadas, y se incrementarán en intensidad con el tiempo [96].

El sector de la salud de cada país libera gases de efecto invernadero y contribuye a las emisiones de carbono a través del consumo de energía, el transporte, y la fabricación, uso y disposición de productos[96]. La huella climática del sector de la salud equivale al 4,4% de las emisiones globales netas (1,6 gigatoneladas de CO₂ equivalente)[97]. Las emisiones emanadas directamente de los establecimientos de salud constituyen el 17% de la huella mundial del sector, mientras que las emisiones indirectas provenientes de fuentes de energía comprada, como electricidad, vapor, refrigeración y calefacción representan otro 12%. La mayor parte de las emisiones (71%) proviene de la cadena de suministro del sector de la salud[96].

Conclusión:

La contaminación del aire y el cambio climático están estrechamente relacionados y comparten el mismo responsable principal: la quema de combustibles fósiles. Encontrar soluciones para disminuir la contaminación del aire y el cambio climático requiere de acciones conjuntas a través de una energía limpia, que reduzcan las emisiones atmosféricas, disminuyan la mortalidad y aparición de enfermedades y reduzcan los costes derivados de cuidado de la salud.

TERCERA PARTE. EL AIRE HOSPITALARIO COMO CAUSA DE ENFERMEDAD

¿Qué entendemos por un aire ambiente sano en el medio hospitalario y centros sanitarios?

Ángel Asensio

Podríamos definir un aire ambiente sano en los centros sanitarios como aquél que nos proporciona una actividad confortable y unas condiciones de seguridad tanto para los pacientes como para los trabajadores o los visitantes[98].

Los criterios de confort y seguridad estarán solapados con frecuencia. La confortabilidad dependerá de parámetros como la temperatura, la humedad y la velocidad del aire y la seguridad abarcará aspectos desde el punto de vista de la protección frente agentes nocivos biológicos, físicos o químicos.

En el ambiente sanitario, de todos los riesgos asociados al aire ambiental, y dejando aparte los riesgos comunes a otros centros de trabajo, los riesgos biológicos son los más importantes. Y estos riesgos van a ser proporcionales a la vulnerabilidad de los pacientes. Por lo tanto, el mantenimiento de una buena calidad del aire va a ser en muchos casos una importante estrategia no-farmacológica para la prevención de las infecciones y el mantenimiento de la salud [99].

Las actividades de calefacción, ventilación y aire acondicionado (Heat Ventilation Air Conditioning, HVAC) además de su propósito primario de proporcionar un ambiente confortable y seguro para los pacientes y el resto de personas, juegan un papel fundamental en la prevención de la infección de los pacientes [100, 101]. Las funciones esenciales de los sistemas HVAC comprenden el calentamiento y enfriamiento, la humi y deshumidificación, la ventilación y la distribución del aire, y el filtrado para eliminar del aire las partículas de polvo y los contaminantes biológicos tales como los hongos, los virus o las bacterias. Estas funciones de acondicionamiento del aire son importantes para la prevención de la contaminación, y de la contaminación cruzada, y para la protección tanto de los pacientes como de los trabajadores[102].

Son numerosas las enfermedades que están relacionadas con una deficiente gestión de la calidad del aire en los hospitales. Desde las infecciones por hongos filamentosos (*Aspergillus*,...) a la transmisión de bacterias (Enterobacterias, Gran negativos no fermentadores, Gram positivos, *Legionella*,...) Micobacterias (tuberculosis,...) o virus (VRS, varicella, gripe, rinovirus, coronavirus,...)

Los pacientes con inmunosupresión severa, los que están siendo operados quirúrgicamente, y los alojados en Unidades de Cuidados Intensivos van a ser grupos de pacientes muy vulnerables a los agentes biológicos vehiculados por el aire. Por tanto, va a ser

en las dependencias donde se alojan estos pacientes donde las condiciones de seguridad del aire deban ser más estrictas.

Cuando necesitamos crear un ambiente protector especial para pacientes de muy alto riesgo de infección debemos garantizar que la calidad del aire ambiental sea ultralimpio mediante filtraciones de muy alta eficiencia (High Efficiency Particulate Air filter, o filtros HEPA) y asegurando que la presión dentro del habitáculo sea positiva de forma que a la apertura de las puertas se impidan corrientes de aire que penetren en la habitación desde el exterior potencialmente contaminado.

Por otro lado, debemos garantizar que los pacientes que presentan infecciones transmisibles por el aire se alojen en ambientes controlados que impidan el contagio a otros pacientes o trabajadores. Es el caso de infecciones por microorganismos que generalmente desde el árbol respiratorio de los pacientes infectados, y por efecto de la expulsión del aire (hablar, toser, expirar profundamente) pueden ser enviados al ambiente, y que en función del tipo de vehículo (tamaño de las partículas exhaladas) y de la viabilidad y supervivencia de los agentes pueden llegar a contaminar a pacientes o profesionales. En estos casos los sistemas de HVAC deben adecuarse a la contención y depuración de los agentes, creando condiciones de estanqueidad, presión negativa, depuración y renovación exhaustiva del aire.

La situación más compleja ocurre cuando debemos alojar en ambiente protector a pacientes que a su vez puede ser infecciosos para otros en cuyo caso los sistemas de HVAC deben garantizar mediante cámaras intermedias entre la habitación del paciente y los pasillos, una presión positiva para el paciente y a su vez positiva entre el pasillo frente a la cámara intermedia.

Otro apartado importante en la seguridad ambiental de los centros sanitarios es la relacionada con los agentes nocivos físicos o químicos vehiculados por el aire tales como polvos, gases y sustancias irritantes que debe abordarse mediante medidas que incluyan la contención o eliminación del foco emisor, la filtración o la depuración.

Finalmente, mientras que el mecanismo de la transmisión de las infecciones por contacto es el más frecuente, el de la transmisión por el aire es más difícil de controlar, y uno donde las ciencias de la ingeniería juegan un importante papel para limitar la diseminación de los microorganismos [103].

Conclusión:

Entendemos por aire hospitalario sano aquél que proporciona una actividad confortable y unas condiciones de seguridad adecuadas tanto para los pacientes como para los trabajadores o los visitantes. Los riesgos del aire hospitalario para los pacientes van a ser proporcionales a la vulnerabilidad de los mismos.

¿Qué tipos de nivel de protección del aire ambiente deben existir en los hospitales y centros sanitarios? ¿Hay medidas especiales para prevenir el COVID-19?

Gloria Cruceta Arboles

Si hay un edificio o espacio, en el que la calidad del aire se convierte en protagonista principal de nuestra salud, es en los hospitales y centros sanitarios. Ya se ha mencionado que los pacientes inmunodeprimidos son susceptibles de contraer infecciones a través de aire, por microorganismos (bacterias, hongos, virus...) que pueden ser habituales en el ambiente general, pero que pueden producir en personas enfermas una infección nosocomial, con un impacto, en muchas ocasiones irreversible.

La protección del aire ambiente en los hospitales se consigue a través de tres medios fundamentales, que son:

1-La ventilación.

2-La filtración.

3-La purificación.

La combinación de estos elementos debe ser estudiada en función de las necesidades de protección que requiere el paciente, la intervención que se va a realizar, o las actuaciones complementarias que se deban llevar a término.

La ventilación es muy importante ya que diluye los contaminantes, sean químicos o biológicos, y existe Normativa al respecto, en el RD 1027/2007, RITE, que categoriza la calidad del aire en centros sanitarios, como IDA 1, lo que significa máxima ventilación.

La filtración es fundamental para limitar el paso de partículas, sabiendo que los microorganismos siempre van suspendidos en ellas, es básica para restringir su propagación en aire. En los hospitales existen salas de ambiente controlado, que, para proteger al paciente, disponen de filtración HEPA, pudiendo retener hasta el 99,95% de partículas. Estas salas, especiales para pacientes inmunocomprometidos, áreas quirúrgicas, zonas de preparación de fármacos por vía parenteral, etc. deben disponer además de un diferencial de presión, que favorezca que el aire vaya siempre de la zona más limpia a la más contaminada.

La normativa vigente, exige desde el diseño, la adecuación de las zonas de ambiente controlado a las necesidades de control y protección, estableciendo una clasificación, según el peligro que existe para el paciente de poder contaminarse, que se establece desde el riesgo ligero, hasta el riesgo muy alto. Asimismo, establece la obligatoriedad de la validación y cualificación anual de estas salas, recogida en la Norma UNE 171340:2020. La combinación de estos elementos y otros de purificación, como la fotocatalisis, filtración electrostática o las lámparas UV, aumentan la eficacia de los sistemas y las instalaciones, hasta proveer de un aire exento de microorganismos, a las zonas tratadas en los centros sanitarios [104-109].

En el caso del SARS CoV-2, es otro agente biológico que se puede transmitir a través de aerosoles por el aire, por lo que, al igual que a los demás microorganismos, los tres mecanismos de protección citados le son aplicables.

En los pacientes con COVID son frecuentes el uso de antibióticos y corticosteroides y en ellos se ha descrito una nueva forma de Aspergilosis Invasora denominada COVID-Associated Pulmonary Aspergillosis (CAPA) [110-113]. Se recomienda en algunos de estos enfermos el aislamiento con respecto a áreas adyacentes y el uso de equipos de apoyo de purificación de aire, con filtros HEPA de alta eficacia, dotados de lámparas de radiación ultravioleta, y filtración electrostática.

Conclusión:

Los pacientes inmunodeprimidos ingresados en los hospitales son susceptibles de contraer infecciones a través del aire, por distintos microorganismos (bacterias, hongos, virus...) que pueden ser habituales en el ambiente general, pero que pueden producir en personas enfermas una infección nosocomial, con un impacto, en muchas ocasiones irreversible.

La protección del aire ambiente en los hospitales se consigue a través de tres medios fundamentales, que son la ventilación, la filtración y la purificación.

¿Cuáles son los principales hongos presentes en el aire y potencialmente patógenos para la salud humana?

Jesús Guinea

Las micosis invasoras son infecciones graves de carácter oportunista causadas por hongos en pacientes hospitalizados con diversos grados de inmunodepresión. En líneas generales, el reino de los hongos lo componen levaduras y hongos filamentosos o mohos, conformando el segundo grupo una serie de especies que se multiplican y proliferan a través de esporas. Estas esporas son transportadas por el aire, y su inhalación accidental por pacientes de alto riesgo puede desencadenar el desarrollo de micosis invasoras que generalmente afectan localmente al pulmón y en algunos casos se diseminan a otros órganos profundos. Este fenómeno es especialmente relevante en el medio hospitalario, que es donde residen los pacientes en los momentos de mayor riesgo de desarrollo de micosis invasoras [114-117].

Considerando el aire como su vehículo natural, cualquier especie de hongo filamentoso productora de esporas puede ser detectada en el aire. Sin medidas de protección, las esporas presentes en el aire del ambiente hospitalario serán un reflejo de lo que ocurre en el aire de la calle[118, 119]. Se estima que existen en la naturaleza cerca de 4 millones de especies de hongos, aunque sólo unas pocas docenas son de interés clínico, siendo las especies pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, especies de Mucorales, *Fusarium*, *Scedosporium* y *Pseudoallescheria*, los hongos filamentosos más relevantes. *Aspergillus fumigatus* es, con diferencia, el hongo filamentoso causante del mayor número de micosis graves, denominadas aspergilosis invasora.

Conclusión:

Los principales hongos filamentosos presentes en el aire ambiente y capaces de causar micosis invasoras en pacientes inmunodeprimidos hospitalizados son las distintas especies pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, Mucorales, *Fusarium*, *Scedosporium* y *Pseudoallescheria*.

¿Qué parámetros se deben medir y donde en hospitales y centros sanitarios para definir la calidad de su aire ambiente? ¿Qué dice nuestra legislación? ¿Es homogéneo en todas las Comunidades autónomas?

Existe una relación entre la adquisición de micosis invasoras y la presencia de esporas de hongos filamentosos en el entorno del paciente. Datos indirectos sugieren esta relación y provienen de la aparición desmesurada de casos de aspergilosis en forma de brotes hospitalarios cuando se realizan actividades que desembocan en altos niveles de esporas en el aire, como obras de renovación, cerca de las áreas donde residen los pacientes de alto riesgo[120]. Del mismo modo, la localización de esos mismos pacientes en áreas equipadas con protección HEPA de alta eficacia se asocia a un menor número de casos [121]. La evidencia más directa y clara proviene de la demostración por medios de tipificación molecular de la presencia del microorganismo causante de la infección en el aire del entorno del paciente[122, 123].

Los contadores de partículas suponen un método rápido y simple para monitorizar la presencia de partículas en el aire, pero simplemente alertan de la presencia de partículas en el aire, sin discriminar entre esporas fúngicas u otras partículas (polvo, polen, etc.). Para la detección concreta de esporas de hongos filamentosos es necesario recurrir al cultivo de las muestras de aire que descansa en la aspiración de volúmenes concretos de aire y su posterior cultivo en medios especiales, identificación, y cálculo de esporas por metro cúbico de aire muestreado (UFC/m³). La carga de esporas tolerada en el aire dependerá del nivel de protección del área muestreada. Mientras que en el aire de la calle se aceptan como niveles de esporas de hasta 10³UFC/m³, en zonas no protegidas del medio hospitalario se ha definido como dintel de riesgo la presencia de >25 UFC/m³ mientras que en aquellas protegidas con filtros HEPA los niveles de hongos deben ser 0 UFC/m³ [124]. La normativa aplicable al ámbito hospitalario ha sido poco concreta y se basa en guías desarrolladas específicamente para el diseño de quirófanos o de aplicación más amplia en el hospital (Guía Práctica para el Diseño y Mantenimiento de la climatización en Quirófanos del Insalud; 1996 y la Guía INSALUD 99 Verificación de Bioseguridad ambiental frente a hongos oportunistas; 1999). Por tanto, en ausencia de una normativa concreta, los centros donde se realizan este tipo de muestreos basan su política en recomendaciones de documentos científicos. Las actuales recomendaciones científicas recomiendan la monitorización del aire en habitaciones/zonas protegidas, quirófanos, unidades de pacientes críticos-quemados, así como unidades de oncohematología [124]. Las recomendaciones de los CDC (Centres for Diseases Control and Prevention) recomiendan el muestreo de aire hospitalario tanto en periodos de alto riesgo por obras como en muestreo periódico para determinar la calidad del aire, la eficacia de las medidas de barrera, o el estado de los sistemas de climatización [62]. Centros hospitalarios como el Hospital Gregorio Marañón aplican una política de muestreo mensual en zonas de ambiente protegido, muestreo trimestral en zonas de ambiente sin proteger, y siempre que existen actividades de alto riesgo (obras) o en el seno de un brote hospitalario de aspergilosis invasora. Con ello se evalúa la integridad de los filtros, la detección de nichos de esporas desconocidos, se detectan niveles anormalmente elevados de esporas y se genera un nivel de conciencia del problema en todo el personal hospitalario encargado de velar por la calidad del aire.

Conclusión:

La calidad del aire ambiente hospitalario suele medirse de forma general mediante contadores de partículas y más específicamente mediante el recuento por metro cúbico del número de esporas de hongos filamentosos. Las cantidades aceptables son diferentes en

distintos ambientes y en el caso de quirófanos y habitaciones de pacientes neutropénicos se pretende el recuento cero. La legislación sobre este aspecto no es común ni internacionalmente ni en España entre sus distintas comunidades autónomas.

¿Cuáles son las principales enfermedades adquiribles en un hospital por la presencia de un aire ambiente inadecuado?

Patricia Muñoz García

El aire es el medio por el que se adquieren un gran número de infecciones, tanto fuera como dentro de los hospitales. Este riesgo es especialmente elevado en hospitales y centros sanitarios donde se concentran pacientes frágiles con alto riesgo de infección, tales como pacientes inmunodeprimidos, ancianos, operados, intubados, etc. Estos pacientes pueden adquirir una infección bien por un problema general de la calidad del aire del hospital, a la que se dedica esta revisión, o por un fallo concreto del aislamiento y de la prevención de la transmisión de microorganismos a partir de otro paciente, de un visitante o de un trabajador enfermo. Ejemplos de estas segundas situaciones son la transmisión nosocomial de infecciones respiratorias tales como gripe, varicela, virus respiratorio sincitial, o incluso COVID-19[125-127]. Estos casos han de ser reconocidos y evitados, ya que causan una importante morbi-mortalidad.

Sin embargo, como decíamos, el tema que nos ocupa son las enfermedades adquiridas por un mal cuidado de los sistemas de aireación, que puede constituir una responsabilidad hospitalaria. Aunque este problema puede ser causante de diferentes infecciones, la más paradigmática es la aspergilosis invasora, cuyas características clínicas más importantes describiré brevemente. Se denomina aspergilosis a las enfermedades causadas por hongos filamentosos del género *Aspergillus*, que es un microorganismo ubicuo, que se puede aislar de la tierra y el polvo, de distribución universal. Se caracteriza por producir pequeñas conidias, que, dado su tamaño, pueden ser inhaladas con facilidad llegando al pulmón y a los senos paranasales, desde donde pueden diseminarse a cualquier órgano. La infección puede adquirirse también por inoculación directa en pacientes operados, cuando el *Aspergillus* está en el aire de un quirófano[128].

La aspergilosis invasora aguda suele afectar a pacientes inmunodeprimidos, aunque los tipos de pacientes afectados cada vez son más diversos [129]. Las enfermedades de base más frecuentes son las enfermedades hematológicas (leucemia, linfoma, trasplante de progenitores hematopoyéticos) que responden de casi el 60% de los casos en algunas series[130]. Se describe también en otros pacientes inmunocomprometidos (trasplantes de órgano sólido, HIV, altas dosis de esteroides, tumores sólidos, etc.) y en pacientes con fallo hepático fulminante, cirróticos avanzados, pacientes críticos desnutridos, grandes quemados, etc.

Al penetrar en el microorganismo por el aire, las formas clínicas invasoras más frecuentes en pacientes inmunocomprometidos son la aspergilosis pulmonar y la rinosinusitis. Menos frecuentes son las aspergilosis de la vía aérea (bronquial obstructiva, traqueobronquitis

invasiva, ulcerada o pseudomembranosa), la cutánea primaria, la del sistema nervioso central (SNC) y la diseminada. La capacidad de invasión del hongo se debe a su gran capacidad angioinvasiva y puede extenderse tanto por contigüidad como por vía hematológica a órganos distantes de la infección primaria, tales como el SNC, hígado, bazo, riñones, próstata, etc [131].

La aspergilosis pulmonar puede comenzar asintóticamente y constituir un hallazgo radiológico o acompañarse de tos, fiebre, disnea, dolor torácico y hemoptisis. Es recomendable realizar siempre que sea posible un TAC de tórax de alta resolución que suele aportar más datos que la radiología simple y que es un requisito en los criterios diagnósticos internacionales[132]. Las manifestaciones radiológicas que se consideran sugestivas de aspergilosis pulmonar son las lesiones nodulares con o sin halo de atenuación alrededor -signo del halo (precoz), las cavitaciones y el signo del menisco aéreo o de la media luna (más tardío). Sin embargo, la aspergilosis puede tener otras presentaciones radiológicas, sobre todo en poblaciones distintas a los pacientes neutropénicos. El tratamiento precoz (pacientes con signo del halo o medialuna) se ha asociado con una mayor supervivencia que cuando el tratamiento se inicia ya con cavitación.

Las formas traqueobronquiales son más frecuentes en los receptores de trasplante pulmonar. Los criterios clínicos aceptados exigen la realización de fibrobroncoscopia en la que se han de observar úlceras traqueobronquiales, nódulos, pseudomembranas, placas o escaras. El diagnóstico de sinusitis precisa su demostración radiológica junto al menos uno de los siguientes datos clínicos: dolor agudo localizado en ocasiones irradiado al ojo, úlcera nasal con escara negra o extensión paranasal de la infección sobrepasando las barreras óseas y en ocasiones afectando a la órbita.

Son extraordinariamente importantes también, por su trascendencia clínica y legal, las formas de aspergilosis invasora que aparecen en pacientes no inmunodeprimidos asociadas a daño tisular, cirugía o presencia de material extraño. Algunos ejemplos son las queratitis o endoftalmitis postquirúrgicas o postraumáticas, las infecciones cutáneas de los quemados, las infecciones de herida o área quirúrgica, y las relacionadas con la colocación de prótesis valvulares, catéteres de diálisis o venosos centrales, marcapasos, etc. [133-135].

La mortalidad de esta infección es muy elevada (alrededor del 60%), alcanzando más del 80% en pacientes muy inmunodeprimidos, con afectación del SNC o con infección diseminada. En la actualidad se obtienen cifras algo más satisfactorias en parte debido a la detección más precoz y al tratamiento con fármacos mejor tolerados y de gran eficacia.

Conclusión:

El paradigma de infección vehiculada por aire ambiente de mala calidad en un hospital es la Aspergilosis Pulmonar Invasora. Ocurre en pacientes muy vulnerables y ante exposiciones relativamente pequeñas, como es el caso de los enfermos onco-hematológicos nerutropénicos. Por otro lado, puede ocurrir en pacientes inmunocompetentes ante exposiciones masivas o por exposición directa de tejidos y órganos profundos al aire ambiente como son los casos de infecciones adquiridas durante la cirugía extracorpórea.

¿Se puede alcanzar la incidencia cero de micosis invasoras de adquisición hospitalaria?

Patricia Muñoz García

La ambición de conseguir una incidencia cero en diversas infecciones nosocomiales se plasma en campañas bien estructuradas y ambiciosas, que han logrado reducir significativamente la incidencia de bacteriemia relacionada a catéter, neumonía en pacientes ventilados mecánicamente, infecciones de herida quirúrgica e incluso infecciones por bacterias multi-resistentes. Por tanto, es lícito y muy pertinente, tratar de aproximarse a la incidencia cero de micosis invasoras de adquisición hospitalaria.

Como sucede en muchas otras infecciones, las micosis invasivas que se diagnostican en el hospital pueden haber sido adquiridas en la comunidad (alimentos, plantas, aire no filtrado, polvo) o en el hospital, y dentro del hospital, bien en el área donde el paciente está ingresado o durante sus movimientos por el centro para realizarse pruebas o intervenciones. Por todo ello es difícil establecer el lugar de adquisición de una aspergilosis[136]. Por otra parte, son muchos los factores ambientales (clima, viento, lluvia, vegetación, etc) que pueden influir en un incremento de casos puntuales. Además, el problema se exagera al no estar bien definido el periodo de incubación de la enfermedad que depende del estado inmunitario del paciente, de la vía de adquisición y de la concentración de esporas a la que el paciente se ha visto expuesto. Nosotros describimos un caso bien documentado en el que pudo determinarse el momento de la infección y establecimos para nuestro paciente un periodo de incubación de 15-20 días [122].

A pesar de estas consideraciones y dificultades, es imprescindible tratar de detectar los casos adquiridos en el hospital y prevenirlos mediante la implementación estricta de medidas generales y específicas. Entre las generales se incluyen, entre otras, las siguientes recomendaciones: Traslado de pacientes de alto riesgo a una zona protegida y distante del emplazamiento de obras o remodelaciones y evitar exposiciones a plantas, duchas, alimentos contaminados, etc; Mantener puertas y ventanas cerradas en áreas con pacientes de alto riesgo; Uso de mascarillas N95 por los pacientes de alto riesgo al abandonar las áreas protegidas; Aislamiento óptimo de obras con barreras impermeables; Reducir el tráfico por las zonas afectadas; Tomas ambientales rutinarias y en caso de sospecha de episodio nosocomial, para asegurarse de que no exceden los niveles permitidos en cada área; Limpieza óptima de las superficies con bayetas húmedas y retirada inmediata de desechos. Registro cuidadoso de los cambios de filtros; Seguimiento de posibles infecciones en pacientes de riesgo de AI; Reuniones periódicas con todos los implicados (infecciosas, microbiología, medicina preventiva, dirección hospitalaria, servicios afectados, ingeniería)[124, 137-141].

Entre las medidas específicas se encuentra la administración de profilaxis antifúngica a pacientes de riesgo. Esta medida ha de ser dirigida sólo a pacientes con un riesgo muy elevado, bien por sus condiciones de base, o porque se han visto expuestos a niveles altos de esporas en el hospital, dado que vamos a administrar medicamentos potencialmente tóxicos a personas que no tienen aún la enfermedad. Pero merece la pena, porque estas medidas funcionan.

Como ejemplo voy a exponer nuestra experiencia con la aspergilosis en un programa de trasplante cardíaco. En este grupo de población la recomendación era dar profilaxis a todos los pacientes, pero nosotros observamos que, mientras no había exposiciones ambientales masivas, sólo los pacientes con determinados factores de riesgo sufrían aspergilosis. Definimos cuales eran los factores que aumentaban el riesgo y la duración del riesgo elevado en relación con cada uno de los factores. Con ello diseñamos un protocolo de prevención en el que sólo administrábamos profilaxis a ese grupo concreto de pacientes y sólo durante el mínimo tiempo necesario. Con ello logramos reducir a cero la incidencia de aspergilosis en nuestro programa de trasplante durante algunos años, con un importantísimo impacto sobre la supervivencia global de nuestros pacientes y con buena tolerancia[142, 143] . En la Figura 5 que se adjunta se muestra como en varios años del programa no hubo un solo caso, ni nosocomial ni comunitario. Posteriormente, una nueva contaminación aérea nosocomial trajo consigo la aparición de casos nosocomiales[133], que volvieron a desaparecer posteriormente.

Figura 5.- Distribución anual de casos de Aspergilosis Invasora en trasplantados de corazón

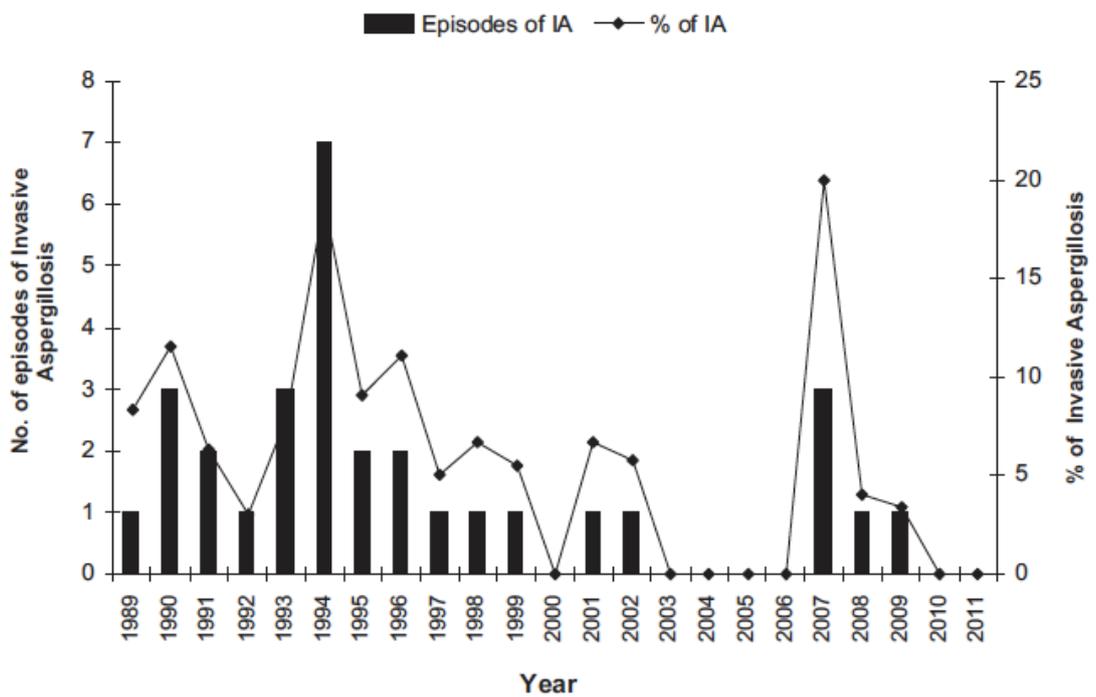


Figure 1 Annual distribution of invasive aspergilosis cases in heart transplant recipients.

Es preciso insistir en la necesidad de ser rigurosos y exquisitos en la observancia de todas las recomendaciones de prevención, incluyendo la medición de esporas en el aire hospitalario. Se ha de ser ejemplar en la observancia de la ley sobre “tolerancia cero” de esporas en aire

protegido (quirófanos, hematología) y la no superación de niveles razonables (25ufc/m³) en el no protegido[144]. Este cuidado extraordinario conllevará que no tengamos que lamentar, a diferencia de muchos centros, casos adquiridos en el quirófano, que suelen con frecuencia complicar las cirugías cardíacas y que condicionan una gran mortalidad. Finalmente, si el episodio finalmente no ha podido ser prevenido, es necesario diagnosticarlo y tratarlo con prontitud y registrarlo para su posterior análisis entre todas las partes implicadas.

Conclusión:

La incidencia cero de micosis sistémicas en el medio hospitalario debe ser un objetivo razonable y pasa por la implementación de una serie de medidas de protección del aire ambiente y en ocasiones también de medidas de profilaxis antifúngica. No conocemos el logro estable de dicho objetivo, pero las medidas que se han intentado se han asociado con clara disminución de los episodios.

¿Cuál es el sistema de medición de contaminantes actual? ¿Es eficaz? ¿Qué medidas son más eficaces para garantizar más seguridad y prevenir enfermedades en el medio hospitalario y centros de salud?

Miguel Angel Gil Amigot

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) es el órgano encargado de recoger toda la información y realizar un informe de evaluación anualmente relativa a los valores registrados en las estaciones de control de contaminantes ambientales en cada Comunidad Autónoma (C.A.). Esta información se evalúa en relación con la legislación vigente en España (Real Decreto 102/2011) la cual se constituyó a partir de la Directiva 2008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente y una atmosfera más limpia en Europa. La evaluación se realiza acorde al siguiente criterio: la clasificación de la zona en relación a los niveles de contaminantes se determina con el valor más alto de cada contaminante detectado en las estaciones pertenecientes a la zona [145][146].

La legislación establece unos valores límite que deben cumplir todas las CCAA en sus zonas de medición de la calidad del aire. En el caso de que alguna CCAA supere los valores límites legales de cierto contaminante, deberá tomar las medidas necesarias para su reducción hasta conseguir un nivel permitido. Además, la legislación marca unos valores objetivos nacionales para que todas las CCAA tomen medidas y alcancen una reducción de ciertos contaminantes (PM_{2,5}, O₃, Cd...) para el año especificado [147].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) elabora estudios a nivel mundial y europeo para analizar el impacto de la contaminación en la salud de la población. Según los resultados obtenidos, se estima que la contaminación del aire provoca un 3,2% de las enfermedades mundiales y unos 3,1 millones de muertes prematuras anuales. Los efectos de la contaminación

en la salud se relacionan principalmente con las enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer en el sistema respiratorio. En España el Centro Nacional de Sanidad Ambiental (CNSA) es el órgano encargado de controlar la contaminación del aire y realizar estudios para la contribución de la protección de la salud de las personas.

Debido al gran impacto de la contaminación del aire en la salud de las personas, los centros sanitarios, hospitales y centros de salud deben adoptar medidas para controlar el nivel de calidad del aire en el interior (IDA) de los centros. El aire que circula por el interior de los centros sanitarios puede estar cargado tanto de pequeñas partículas y gases provenientes del aire exterior como de bacterias y virus infecciosos espirados por pacientes que padecen infecciones respiratorias en el propio centro. La climatización y los conductos de aire de los centros sanitarios son elementos indispensables para el control de la calidad del aire que se introduce en el centro y circula dentro del hospital. En el caso del aire acondicionado, el aire que proviene del exterior se filtra y se aclimata en las Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs) y circula a través de los conductos de aire hasta las diferentes salas. En las zonas más delicadas de los hospitales donde la calidad del aire debe ser óptima, es decir, en quirófanos y salas de ambiente controlado, la legislación vigente en relación con la climatización exige el cumplimiento de ciertos requisitos: un número de etapas de filtración, la aplicación de filtros HEPA, una concentración de microorganismos permitida y un mínimo de renovaciones de aire por hora.

En el resto de los espacios del hospital, consultas, dormitorios, salas de reuniones, servicios generales... se deben cumplir unos requisitos menos exigentes en cuanto a la calidad del aire. Desde el punto de vista de las instalaciones, existe una serie de medidas importantes a considerar y adoptar para el control de la contaminación en los centros sanitarios, así como el uso de las Unidades de Tratamiento del Aire (UTA) y su mantenimiento, es decir, la limpieza de las unidades de climatización y conductos de aire de distribución del aire impulsado por las UTAs, el recambio de pre- filtros y filtros de media y alta eficacia y la comprobación del correcto funcionamiento de la instalación climática. Además, una continua renovación de aire en todos los espacios interiores y aperturas de ventanas para una ventilación suplementaria son medidas eficaces para la reducción de transmisiones de infecciones respiratorias.

Conclusión:

Las medidas más eficaces para garantizar la calidad del aire ambiente hospitalario son el establecimiento de filtros en áreas de máximo riesgo para la protección de los pacientes más vulnerables.

Qué papel pueden jugar los medios de comunicación en la difusión y la concienciación de la ciudadanía en general sobre el problema de la calidad del aire ambiente y en particular sobre las personas con algún tipo de enfermedad respiratoria?

Establecida la importancia y relevancia de este problema para la salud presente y futura de los ciudadanos, así como su repercusión enorme en la sostenibilidad de los sistemas sanitarios, apunto un grupo de consideraciones sobre el papel que los medios y el periodismo pueden y deben desempeñar para paliar estos cuantiosos efectos y riesgos.

Los medios de comunicación tienen una responsabilidad social a desarrollar mediante buenas prácticas informativas, capacidad de distribución y difusión para llegar a la población, rigor y veracidad de los contenidos y labor divulgativa de informar sobre la relación Salud y Medio Ambiente.

El papel de los medios en la concienciación de los ciudadanos para poner en valor tanto la defensa de la salud como un medio ambiente sano y saludable es parte crucial y esencial de sus cometidos.

Tanto los temas de salud/sanidad como los de medio ambiente han adquirido una enorme importancia desde hace décadas en los medios, generalistas y especializados, más allá del impacto mediático intensísimo y específico que la pandemia COVID-19 ha generado desde marzo de 2020.

La conjunción de estos dos factores, preservación de un medio ambiente sostenible (en este caso centrado en la consecución de un aire limpio) y la defensa de la salud y del bienestar como derecho ciudadano, ya tiene en los medios una cierta presencia a través de noticias, reportajes, informes, debates, entrevistas, y otros tipos de contenidos periodísticos.

Las secciones de Salud/Sanidad y Medio Ambiente ocupan lugares en las redacciones, aunque no con el relieve en recursos y personas que la sociedad demanda; además, estos departamentos han visto mermados sus efectivos como consecuencia de la crisis económica que, desde 2008, afectó a los medios, tanto en la pérdida de captación de ingresos, los efectos de la revolución tecnológica y la quiebra del modelo de negocio.

Es necesario que, en la organización, estructura y planificación de las estrategias de contenidos de los medios, las secciones de Medio Ambiente y Salud se refuercen y avancen hacia una mayor coordinación para ofrecer trabajos conjuntos de producción informativa que vinculen y conecten, con una mayor profundidad y amplitud, el binomio Salud/Medio Ambiente.

En mi opinión, los medios tienen entre sus tareas informativas exponer, tanto desde la actualidad, como desde la divulgación, contenidos rigurosos, completos y contrastados, claros y veraces, de la realidad que centra y rodea la contaminación ambiental y sus efectos en la salud.

Asuntos, entre otros, como las políticas medioambientales y sanitarias, y la conexión entre ellas; la denuncia de situaciones contaminantes de riesgo para la salud; la opinión de expertos sobre esta casuística; los trabajos, investigaciones e informes de organismos e instituciones tanto públicas como privadas; dar voz a quienes sufren más directamente estos problemas; y otros contenidos de relieve social, con especificidades, ejemplos, casos e historias que muestren y demuestren el daño para la salud.

También deben complementar los contenidos generados por los actores del sector con la iniciativa propia para ofrecer información de calidad a la sociedad que, a su vez, contribuya a paliar los bulos y la desinformación que en esta materia también se producen.

La protección de quienes se ven especialmente perjudicados por la contaminación del aire, como niños, ancianos o personas con enfermedades respiratorias, debe suponer un esfuerzo añadido mediante contenidos que den visibilidad a situaciones, medidas o actuaciones reprobables.

Si bien es cierto que el tema que nos ocupa, a diferencia de otros problemas sociales o sanitarios, no permanece relegado o arrinconado en los medios, creo que es responsabilidad de ellos aumentar su presencia en lugares destacados de la agenda periodística y de los escaparates de la información.

Además, los medios deben ser exigentes en la supervisión de las actuaciones de los poderes públicos sobre los riesgos de la contaminación y su efecto en la salud; vigilar el cumplimiento de las normas y las estrategias de la industria y las empresas para que colaboren en un aire más limpio, tanto en espacios públicos como privados, centros de trabajos, académicos, hospitales o centros de salud, por poner algunos ejemplos.

También es papel de los medios inyectar conciencia y responsabilidad en la ciudadanía para que se comprometan, dentro del ámbito de sus acciones y decisiones, a lograr un aire no contaminado en los hogares y en las ciudades.

Conclusión:

Los medios de comunicación deben ayudar a salir del cierto adormecimiento social que lleva a la ciudadanía a no tener consciencia real de los enormes riesgos que para la salud tiene respirar, día tras día, un aire insalubre que impide a nuestro organismo funcionar de forma sana, y que actúa como una especie de asesino invisible de difícil detección y control.

¿Qué aspectos éticos resaltaría? ¿Qué reflexiones desde la perspectiva de la ética se plantean en esta Pandemia?

Diego Gracia Guillén

La pandemia actual es nueva no solo porque está producida por un agente distinto de todos los conocidos hasta ahora, sino también porque está suponiendo un desafío nuevo e inédito para el sistema sanitario. Éste se hallaba preparado para afrontar epidemias de breve duración, de aparición brusca y de final rápido. De hecho, eso es lo que significa el término “epidemia”. *Dêmos* es el término griego para población, y *epí* es un prefijo que significa sobre o a través de. A la esencia de las enfermedades epidémicas pertenece el ser pasajeras y, por lo general, breves. En esto se diferencian de las endémicas, aquellas en las que el mal permanece en una población durante periodos muy prolongados de tiempo, llegándose a un cierto grado de equilibrio entre el germen y las poblaciones a que afecta. El ejemplo paradigmático de esto lo constituye el paludismo o malaria, que ha sido tan endémico en ciertas zonas del planeta que sus habitantes han acabado desarrollando ciertas mutaciones genéticas que permiten su coexistencia con el parásito, como es el caso de modificación de la célula de hemoglobina que protege contra la malaria, por más que produzca otra enfermedad, la anemia de células falciformes.

Las enfermedades epidémicas se caracterizan por su gran agresividad, de modo que afectan a porcentajes muy altos de la población, acabando con la vida de un alto número de

personas e inmunizando al resto. La inmunidad adquirida durante la epidemia hace que el germen no encuentre dónde reproducirse, lo que da lugar a su desaparición.

Todo esto es bien conocido en medicina y algo para lo que están preparados los sistemas de salud, y con ellos las sociedades avanzadas en general. Las crisis son situaciones agudas que precisan de medidas especiales, no solo sanitarias sino también políticas, económicas, etc. Estas últimas, por ejemplo, tienen por objeto mantener la actividad económica mediante subsidios públicos a las empresas privadas y a los trabajadores que pierden su empleo durante el periodo de cuarentena, que en las epidemias se supone, por definición, breve.

La epidemia actual tiene dos características que la hacen peculiar. En primer lugar, se trata de una epidemia global, dado que es la primera, o una de las primeras, de la llamada “era de la globalización”, aquella en la que nos encontramos. La segunda característica es que se está prolongando en el tiempo mucho más de lo que corresponde a una clásica epidemia. Hasta tal punto se está prolongando, que empieza a tener rasgos más propios de las endemias. Algo para lo que nadie estaba preparado, ni el sistema sanitario, ni tampoco la teoría económica. Cuando una pandemia empieza a presentar síntomas propios de las enfermedades endémicas, como sucede en la presente, entra en crisis el sistema social en su conjunto. Se suponía que los avances de la ciencia, y más en concreto de la medicina, hacían imposible la aparición de un fenómeno como el descrito. Con lo cual resulta que lo sucedido ha supuesto para todos, una sorpresa, y no precisamente agradable.

En la cronificación de esta epidemia ha jugado un papel fundamental la medicina. Dejada a su curso natural, esta enfermedad habría infectado muy rápidamente a buena parte de la población mundial, y tras acabar con la vida de un cierto porcentaje e inmunizar a los demás, habría desaparecido. Esa es la historia natural de una enfermedad epidémica. La cronificación es consecuencia de las medidas preventivas puestas a punto por las autoridades políticas en aplicación de los principios de los preventivistas. Esas medidas, qué duda cabe, salvan muchas vidas, pero al precio de retrasar la inmunización del colectivo, que de ese modo resulta susceptible a la infección durante mucho más tiempo, hasta que se consigue inmunizar a toda o la mayor parte de la población o se logra, por vía artificial, vacunar a todos o la mayoría.

El problema es que, en una pandemia, la inmunización tiene que llegar a todos o a la mayoría de los habitantes de la tierra, lo cual plantea retos de todo tipo para los que nuestra sociedad se halla en el momento presente poco y mal preparada. La gran pregunta es si las enseñanzas cosechadas durante esta crisis por el sistema social en su conjunto y muy particularmente por el sistema sanitario servirán para corregir la enorme cantidad de disfunciones identificadas, o no. Y esto a todos los niveles, desde el local al global.

Se ha convertido en eslogan la vuelta a la “nueva normalidad”. Nada puede ser más peligroso que esto. Si algo tenemos que aprender de esta crisis es que no vale volver al pasado, de modo que esta pandemia pase como un mal sueño. No cabe volver a lo anterior, porque eso significará que no hemos aprendido nada de esto, lo que hará que los problemas queden sin resolver. No se trata solo de las reformas profundas que exige el sistema sanitario. Si de lo que estamos hablando es de higiene y de salud pública, entonces tienen que cambiar muchas cosas en los hábitos de las personas y en la cultura de la sociedad. Las enfermedades epidémicas obedecen al principio darwiniano de lucha por la vida de las diferentes especies animales, pero

se deben también a la ruptura de los equilibrios ecológicos. La epidemiología histórica es buen testigo en esta causa. Y la creencia, hoy tan extendida, de que el ser humano es el rey de la creación y que todo lo demás está a su servicio, de modo que puede usar y abusar de la naturaleza según le plazca, es un error gravísimo. Quien no trata con respeto a la naturaleza, incluso a la inanimada, no hay razones para pensar que tratará con respeto a los seres humanos. Y esto que se dice de las personas, vale también para las empresas y los gobiernos.

Esta crisis hay que entenderla como un primer aviso de que la trayectoria que está siguiendo la humanidad no es correcta, que necesita una rectificación, y que además ésta ha de ser rápida y profunda. De no ser así, los avisos se sucederán, y cada vez más graves.

Conclusión

La ética es el estudio de la corrección o incorrección de los hábitos y costumbres de los seres humanos. La presente crisis sanitaria no es un mero suceso fortuito, sino consecuencia del modo como el ser humano está depredando la naturaleza y alterando sus equilibrios. Es preciso promover una nueva cultura de respeto a la naturaleza y a sus equilibrios, aunque solo fuera porque es el medio en que es posible la vida humana, nuestra propia vida. Frente a una cultura depredadora, es preciso promover otra basada en el respeto y el mantenimiento de los equilibrios. De no proceder así, esta pandemia no habrá sido más que un primer aviso, tras el cual vendrán otros, probablemente más graves.

Declaración de transparencia

A efectos de transparencia, le informamos de que GSK ha colaborado en la financiación de la presente publicación. Su contenido refleja las opiniones, criterios, conclusiones y/o hallazgos propios de los autores, los cuales pueden no coincidir necesariamente con los de GSK. GSK recomienda siempre la utilización de sus productos de acuerdo con la ficha técnica aprobada por las autoridades sanitarias.

REFERENCIAS

1. Pope CA, 3rd, Ezzati M, Dockery DW. Fine particulate air pollution and life expectancies in the United States: the role of influential observations. *J Air Waste Manag Assoc.* 2013;63(2):129-32. DOI: 10.1080/10962247.2013.760353.
2. Pope CA, 3rd. Air pollution and health - good news and bad. *N Engl J Med.* 2004;351(11):1132-4. DOI: 10.1056/NEJMe048182.

3. Liu C, Chen R, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Tong S, et al. Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities. *N Engl J Med*. 2019;381(8):705-15. DOI: 10.1056/NEJMoa1817364.
4. European Environment Agency. Air quality in Europe- 2020 report. . Disponible en <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report> (último acceso 20 de Abril de 2021). 2020.
5. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, Andersen ZJ, Weinmayr G, Hoffmann B, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet*. 2014;383(9919):785-95. DOI: 10.1016/s0140-6736(13)62158-3
6. Zhang Z, Zeng Y, Zheng N, Luo L, Xiao H, Xiao H. Fossil fuel-related emissions were the major source of NH₃ pollution in urban cities of northern China in the autumn of 2017. *Environ Pollut*. 2020;256:113428. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113428
7. European Environment Agency. Air quality in Europe — 2020. Report 09/2020. 164 pp. Descargable de : <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>. 2020.
8. Querol X. Alcance y propuestas de actuación de los planes de mejora de la calidad del aire. . In: X. Q, editor. *La calidad del aire en las ciudades Un reto mundial* Madrid: Fundación Naturgy, 147-166. <https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/libro-la-calidad-del-aire-las-ciudades-reto-mundial/>; 2018.
9. AIRUSE. Medidas para la mejora de la calidad del aire urbano. . AIRUSE-LIFE+, AXA-Foundation <http://www.cleanaircitiesnet/es/>. 2018.
10. Monks PS, Archibald AT, Colette A, Cooper O, Coyle M, Derwent R, et al. Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. . *Atmospheric Chemistry and Physics*,. 2015; 15:8889–973.
11. Millán MM, Sanz MJ, Salvador R, Mantilla E. Atmospheric dynamics and ozone cycles related to nitrogen deposition in the western Mediterranean. *Environ Pollut*. 2002;118(2):167-86. DOI: 10.1016/s0269-7491(01)00311-6.
12. World Health Organization. 9 out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action. . Descargable en <https://www.who.int/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>. 2018.
13. Straif K, Cohen A, Samet J. IARC Scientific Publication 161. . <http://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Scientific-Publications/Air-Pollution-And-Cancer-2013>. 2013.
14. Schmidt CW. Air Pollution and Breast Cancer in Postmenopausal Women: Evidence across Cohorts. *Environ Health Perspect*. 2018;126(3):034001. DOI: 10.1289/ehp3200.
15. Wong CM, Tsang H, Lai HK, Thomas GN, Lam KB, Chan KP, et al. Cancer Mortality Risks from Long-term Exposure to Ambient Fine Particle. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2016;25(5):839-45. DOI: 10.1158/1055-9965.Epi-15-0626.

16. Alderete TL, Chen Z, Toledo-Corral CM, Contreras ZA, Kim JS, Habre R, et al. Ambient and Traffic-Related Air Pollution Exposures as Novel Risk Factors for Metabolic Dysfunction and Type 2 Diabetes. *Curr Epidemiol Rep.* 2018;5(2):79-91. DOI: 10.1007/s40471-018-0140-5.
17. Vert C, Sánchez-Benavides G, Martínez D, Gotsens X, Gramunt N, Cirach M, et al. Effect of long-term exposure to air pollution on anxiety and depression in adults: A cross-sectional study. *Int J Hyg Environ Health.* 2017;220(6):1074-80. DOI: 10.1016/j.ijheh.2017.06.009.
18. Hu CY, Fang Y, Li FL, Dong B, Hua XG, Jiang W, et al. Association between ambient air pollution and Parkinson's disease: Systematic review and meta-analysis. *Environ Res.* 2019;168:448-59. DOI: 10.1016/j.envres.2018.10.008.
19. Culqui DR, Linares C, Ortiz C, Carmona R, Díaz J. Association between environmental factors and emergency hospital admissions due to Alzheimer's disease in Madrid. *Sci Total Environ.* 2017;592:451-7. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.089.
20. Weiss B, Landrigan PJ. The developing brain and the environment: an introduction. *Environ Health Perspect.* 2000;108 Suppl 3(Suppl 3):373-4. DOI: 10.1289/ehp.00108s3373.
21. Bruckner JV. Differences in sensitivity of children and adults to chemical toxicity: the NAS panel report. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2000;31(3):280-5. DOI: 10.1006/rtph.2000.1393.
22. Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, Aguilera I, Andersen AM, Ballester F, et al. Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir Med.* 2013;1(9):695-704. DOI: 10.1016/s2213-2600(13)70192-9.
23. Arroyo V, Díaz J, Ortiz C, Carmona R, Sáez M, Linares C. Short term effect of air pollution, noise and heat waves on preterm births in Madrid (Spain). *Environ Res.* 2016;145:162-8. DOI: 10.1016/j.envres.2015.11.034.
24. Acción. Ee. [Informe] Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España 10/12/2020 | Informes. Descargable en: <https://www.ecologistasenaccion.org/140177/informe-efectos-de-la-crisis-de-la-covid-19-en-la-calidad-del-aire-urbano-en-espana/>. 2020.
25. American Chemical Society (ACS). Air pollutants could boost potency of common airborne allergens. Descargable en: <https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/newsreleases/2015/march/air-pollutants-could-boost-potency-of-common-airborne-allergens.html>. 2015.
26. Setti L, Passarini F, De Gennaro G, Barbieri P, Licen S, Perrone MG, et al. Potential role of particulate matter in the spreading of COVID-19 in Northern Italy: first observational study based on initial epidemic diffusion. *BMJ Open.* 2020;10(9):e039338. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-039338.
27. Setti L, Passarini F, De Gennaro G, Barbieri P, Pallavicini A, Ruscio M, et al. Searching for SARS-COV-2 on Particulate Matter: A Possible Early Indicator of COVID-19 Epidemic Recurrence. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(9). DOI: 10.3390/ijerph17092986.

28. Setti L, Passarini F, De Gennaro G, Barbieri P, Perrone MG, Borelli M, et al. SARS-Cov-2RNA found on particulate matter of Bergamo in Northern Italy: First evidence. *Environ Res.* 2020;188:109754. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109754.
29. World Health Organization. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Descargable en: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf> 2020.
30. Linares C, Sánchez-Martínez G, J. D. ¿Influyen el clima y la contaminación atmosférica en la transmisión e incidencia de la nueva enfermedad COVID19?. . *Revista DIECISIETE.* 2020; Nº 3. Madrid. ISSN 2695-4427 DOI: 10.36852/2695-4427_2020_03.03.
31. Demográfico. SnGdALySidMplTnEgyeR. Informe de vigilancia de la contaminación de fondo 2019. Descargable de : https://www.mitecogob.es/images/es/vigilanciacontaminacionfondo2019-emep_tcm30-510613.pdf. . 2019.
32. Querol X. La calidad del aire en las ciudades. Un reto mundial. . *Fundación gas natural fenosa* 2018; Descargable en: (2) <http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>.
33. Aragón Gd. Calidad del aire en Aragón. Zonificación de la calidad del aire en la Comunidad de Aragón. Descargable en: <https://aragonairearagones/zonificacion> -. 2020.:
34. Demográfico. Índice de la calidad del aire en España. Descargable en: <http://www.icamiteco.es/>. 2021. DOI:
35. Ambiental SdEdMADnGdByC. I Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica . Descargable en: https://e.europa.eu/environment/air/pdf/reduction_napcp/ES%20final%20NAPCP%203Oct2019.pdf . 2019.
36. Dominici F, Peng RD, Barr CD, Bell ML. Protecting human health from air pollution: shifting from a single-pollutant to a multipollutant approach. *Epidemiology.* 2010;21(2):187-94. DOI: 10.1097/EDE.0b013e3181cc86e8.
37. Bouza E, Alvar A, Almagro P, Alonso T, Ancochea J, Barbé F, et al. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in Spain and the different aspects of its social impact: a multidisciplinary opinion document. *Rev Esp Quimioter.* 2020;33(1):49-67. DOI: 10.37201/req/2064.2019.
38. Miravittles M, Soler-Cataluña JJ, Calle M, Molina J, Almagro P, Quintano JA, et al. Spanish Guidelines for Management of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (GesEPOC) 2017. Pharmacological Treatment of Stable Phase. *Arch Bronconeumol.* 2017;53(6):324-35. DOI: 10.1016/j.arbres.2017.03.018.
39. Pleguezuelos E, Gimeno-Santos E, Hernández C, Mata MDC, Palacios L, Piñera P, et al. Recommendations on non-Pharmacological Treatment in Chronic Obstructive Pulmonary Disease From the Spanish COPD Guidelines (GesEPOC 2017). *Arch Bronconeumol (Engl Ed).* 2018;54(11):568-75. DOI: 10.1016/j.arbres.2018.06.001.

40. Vogelmeier CF, Criner GJ, Martinez FJ, Anzueto A, Barnes PJ, Bourbeau J, et al. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease 2017 Report. GOLD Executive Summary. Am J Respir Crit Care Med. 2017;195(5):557-82. DOI: 10.1164/rccm.201701-0218PP.
41. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ruiz Ruiz L, Peñahora García Sanz M. Calidad del aire. Definiciones de las fracciones de los tamaños de partículas para el muestreo asociado a problemas de salud. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. . Disponible en: <https://wwaenorcom/normas-y-libros/buscador-de-normas/une/?c=N0007129>. 2021.
42. Waron and Willeke. Aerosol. Bioaerosol In: Interscience W, editor. Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications. New York. 2001. p. 1065.
43. Morawska L, Milton DK. It Is Time to Address Airborne Transmission of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Clin Infect Dis. 2020;71(9):2311-3. DOI: 10.1093/cid/ciaa939.
44. Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. Jama. 2020;323(18):1837-8. DOI: 10.1001/jama.2020.4756.
45. Morawska L, Tang JW, Bahnfleth W, Bluyssen PM, Boerstra A, Buonanno G, et al. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? Environ Int. 2020;142:105832. DOI: 10.1016/j.envint.2020.105832.
46. Fears AC, Klimstra WB, Duprex P, Hartman A, Weaver SC, Plante KC, et al. Comparative dynamic aerosol efficiencies of three emergent coronaviruses and the unusual persistence of SARS-CoV-2 in aerosol suspensions. medRxiv. 2020. DOI: 10.1101/2020.04.13.20063784.
47. Vargas Marcos F, Ruiz de Adana M, Marín Rodríguez I, S. MG. Transmisión del SARS-CoV-2 por gotas respiratorias, objetos contaminados y aerosoles (vía aérea).Revisión de evidencias Disponible en: <https://wwwsanidadambientalcom/wp-content/uploads/2020/09/Transmisi%C3%B3n-del-SARS-CoV-2-por-gotas-respiratorias-objetos-contaminados-y-aerosolespdf>. 2020.
48. Ministerio de Sanidad. Recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación de edificios y locales para la prevención de la propagación de SARS-CoV-2. Disponible en : <https://wwwmscbsgobes/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/Recomendaciones de operacion y mantenimientopdf>. 2020.
49. Control. ECfDPa. Heating, ventilation and air conditioning systems in the context of COVID-19: . November 2020 Disponible en: <https://wwwecdceuropa.eu/en/publications-data/heating-ventilation-air-conditioning-systems-covid-19> . 2020.
50. Organization). WWH. Transmission of SARSCoV-2: implications for infection prevention precautions Scientific Brief 9 July 2020. COVID-19: Infection prevention and control / WASH[10 de junio 2020]. Disponible en: <https://wwwwho.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-viruscausing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>. 2020.

51. CDC. Scientific Brief: SARS-CoV-2 and Potential Airborne Transmission. Disponible en : https://wwwmscbsgobes/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Aerosolespdf. 2020.
52. Sanidad. Md. Documento técnico. Evaluación del riesgo de la transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles. Medias de prevención y recomendaciones. . Disponible en : https://wwwmscbsgobes/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Aerosolespdf. . 2020.
53. (OMS). Contaminación del aire de interiores y salud. Disponible en: <https://wwwwho.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>. 2018.
54. Trabajo INdSeHee, Ruiz L, Peñahora M. CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR. Disponible en: <https://wwwinsstes/documents/94886/509319/CalidadambinteriorDTECAIpdf/6f7cfa1c-215d-4f56-9e39-2869a23d8892>. Accedido en 2021:1-22.
55. Trabajo INdSeHee, Berernguer MJ, Bernal F. NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior. Disponible en: https://wwwinsstes/documents/94886/327064/ntp_549pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074. 2000:1-6.
56. (INSHT) INdSeHeeT, Álvarez T, Peñahora M, Martín I. CALIDAD DE AMBIENTE INTERIOR EN OFICINAS Identificación, análisis y priorización de actuación frente al riesgo. Disponible en: <https://wwwinsstes/documents/94886/96076/CAI+en+oficinaspdf/cf678a1a-ac21-40a7-9c31-a22efe5428d3?t=1526555136853>. 2015:1-80.
57. INSST. La ventilación como medida preventiva frente al Coronavirus SARS-CoV-2. Disponible en: <https://wwwinsstes/documents/94886/712877/La+ventilaci%C3%B3n+como+medida+preventiva+frente+al+coronavirus+SARS-CoV-2pdf/7d80e9f3-2b44-7e37-8af2-7ab105621070?t=1613134710733>. 2021:1-17.
58. MInisterio de Sanidad. Nuevo coronavirus 2019-nCoV. Informe Técnico. Disponible en: https://wwwmscbsgobes/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/20200210_ITCoronaviruspdf. 2020:1-20.
59. (INSST) INdSeHeeT, Marqués F. La pandemia de la COVID-19: lecciones aprendidas para la seguridad y salud del futuro. Disponible en: <https://wwwinsstes/documents/94886/712877/La+pandemia+de+la+COVID19+lecciones+aprendidas+para+la+seguridad+y+salud+del+futuro+SST+103+2020/88af9d05-95fc-4ee5-bba2-c7719d245f2a>. 2020;103:6-19.
60. Sanidad Md. Evaluación del riesgo de la transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles. Medias de prevención y recomendaciones. Documento técnico. Disponible en : https://wwwmscbsgobes/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Aerosolespdf. 2020:1-43.

61. (BOPV) BOdPV. DECRETO 38/2020, de 6 de noviembre, del Lehendakari, de modificación del Decreto 36/2020, de 26 de octubre, por el que se determinan medidas específicas de prevención, en el ámbito de la declaración del estado de alarma, como consecuencia de la evolución de la situación epidemiológica y para contener la propagación de infecciones causadas por el SARS-CoV-2. Disponible en: <https://www.lege.gune.euskadi.eus/eli/es-pv/d/2020/11/06/38/dof/spa/html/webleg00-contfich/es/>. 2020;Boletín 221:1-4.
62. Sehulster L, Chinn RY, Cdc, Hicpac. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). MMWR Recomm Rep. 2003;52(RR-10):1-42.
63. Sociedad Española de Medicina Preventiva SPeHS, INSALUD. Recomendaciones para la Verificación de la Bioseguridad Ambiental (BSA) respecto a Hongos Oportunistas. Disponible en: https://www.sempsp.com/images/stories/recursos/pdf/protocolos/2012/108_Bioseguridad_Ambiental_frente_a_Hongos.pdf. 2000:1-16.
64. Ezpeleta-Baquedano C, Barrios-Andrés JL, Delgado-Iribarren A. Control microbiológico ambiental. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 2013;31(6):396-401.
65. (ecdc) ECfDPaC. Legionnaires' disease. Annual Epidemiological Report for 2018. Surveillance report. Disponible en: https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/AER_for_2018_Legionnaires.pdf. 2020:1-8.
66. Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Informe semanal de vigilancia epidemiológica en España. Disponible en: https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/VigilanciaSaludPublicaRENAVE/EnfermedadesTransmisibles/Boletines/Documents/Boletin_Epidemiologico_en_red/boletines%20en%20red%202021/IS_N%C2%BA2-210112_WEB.pdf. 2021;2:1-12.
67. Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. Nature. 2020;582(7813):557-60. DOI: 10.1038/s41586-020-2271-3
68. Razzini K, Castrica M, Menchetti L, Maggi L, Negroni L, Orfeo NV, et al. SARS-CoV-2 RNA detection in the air and on surfaces in the COVID-19 ward of a hospital in Milan, Italy. Sci Total Environ. 2020;742:140540. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140540
69. Sanidad Md. Prevención y control de la infección en el manejo de pacientes con COVID-19. Documento Técnico. Versión 20 de mayo de 2020. Disponible en: https://medicostenerifees/wp-content/uploads/2020/05/Documento_Control_Infeccion.pdf. 2020:1-18.
70. (WHO) WHO. Infection prevention and control during health care when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/10665-331495>. 2020:1-5.
71. (ecdc) ECfDPaC. Infection prevention and control and preparedness for COVID-19 in healthcare settings. Fourth update. Technical Report. Disponible en:

https://www.ecd.europa.eu/sites/default/files/documents/Infection-prevention-and-control-in-healthcare-settings-COVID-19_4th_update.pdf. 2020:1-13.

72. UNE NE. Prevención y control de la proliferación y diseminación de Legionella en instalaciones. Norma Española. UNE 100030. Abril 2017. Versión corregida, Julio 2019. . Disponible en: <https://www.unep.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0058186>. 2017:1-6.

73. Group. WB. The cost of air pollution : strengthening the economic case for action. Disponible en: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/781521473177013155/the-cost-of-air-pollution-strengthening-the-economic-case-for-action>. 2016.

74. Europeo C. Reunión extraordinaria del Consejo Europeo (17 a 21 de julio de 2020). Conclusiones. . Disponible en: <https://www.consilium.europa.eu/media/45124/210720-euco-final-conclusions-esp.pdf>. 2020;EUCO 10/20 1-68.

75. Coase RH. The Problem of Social Cost. The Journal of Law and Economics. 1960;3:1-44.

76. Olier E. Welfare Economics, Welfare State and the Real Economy. . AESTIMATIO, The IEB International Journal of Finance. 2014;8:160-83. DOI:

77. Nations U. A Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. . Disponibl en: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-a&chapter=27&clang=en. 1997:1-7.

78. intérieur Odlqdl. Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur. Rapport d'étude. Disponible en: <https://www.wogaifr.fr/media/rapports/6-etudes-rapport-cout-economique-pai-avril2014>. 2014:1-99.

79. Coase RH. The Firm, the Market, and the Law. University of Chicago Press. 1988:1-226.

80. Boulanger G, Bayeux T, Mandin C, Kirchner S, Vergriette B, Pernelet-Joly V, et al. Socio-economic costs of indoor air pollution: A tentative estimation for some pollutants of health interest in France. Environ Int. 2017;104:14-24. DOI: 10.1016/j.envint.2017.03.025.

81. Brunekreef B, al. e. Air pollution and COVID-19. . Disponible en: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/658216/IPOL_STU\(2021\)658216_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/658216/IPOL_STU(2021)658216_EN.pdf). 2021;PE 658.216:1-66. DOI: print 10.2861/77364; pdf 10.2861/46029.

82. Asikainen A, Carrer P, Kephelopoulos S, Fernandes Ede O, Wargocki P, Hanninen O. Reducing burden of disease from residential indoor air exposures in Europe (HEALTHVENT project). Environ Health. 2016;15 Suppl 1:35. DOI: 10.1186/s12940-016-0101-8.

83. Bond TC, Doherty SJ, Fahey DW, Forster PM, Berntsen T, DeAngelo BJ, et al. Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment. J Geophys Res Atmos. 2013;118(11):5380-552. DOI: 10.1002/jgrd.50171.

84. Myhre G, Shindell D, Bréon F-M, Collins W, Fuglestedt J, Huang J, et al. Anthropogenic and natural radiative forcing. Cambridge University Press. 2014:659-740. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.018>.
85. Shindell DT, Lamarque J-F, Schulz M, Flanner M, Jiao C, Chin M, et al. Radiative forcing in the ACCMIP historical and future climate simulations. *Atmos Chem Phys*. 2013;13(6):2939-74. DOI: <https://doi.org/10.5194/acp-13-2939-2013>.
86. Jacob DJ, Winner DA. Effect of climate change on air quality 2009;43(1):51-63. *Atmospheric Environment*. 2009;43(1):51-63.
87. Sillman S, P.J. S. Impact of temperature on oxidant photochemistry in urban, polluted rural and remote environments. 100(D6):11497-508. *J Geophys Res Atmos*. 1995;100(D6):11497-508. DOI: <https://doi.org/10.1029/94JD02146>.
88. Fiore AM, Naik V, Leibensperger EM. Air quality and climate connections. *J Air Waste Manag Assoc*. 2015;65(6):645-85. DOI: <https://doi.org/10.1080/10962247.2015.1040526>.
89. Fiore AM. Atmospheric chemistry: no equatorial divide for a cleansing radical.. 2014;513(7517):176-8. *Nature*. 2014;513(7517):176-8. DOI: 10.1038/513176a.
90. Carslaw KS, Boucher O, Spracklen DV, Mann GW, Rae JGL, Woodward S, et al. A review of natural aerosol interactions and feedbacks within the Earth system. *Atmos Chem Phys*. 2010;10(4):1701-37. DOI: doi.org/10.5194/acp-10-1701-2010.
91. Orru H, Ebi KL, Forsberg B. The Interplay of Climate Change and Air Pollution on Health. *Curr Environ Health Rep*. 2017;4(4):504-13. DOI: 10.1007/s40572-017-0168-6.
92. Olsson D, Mogren I, Forsberg B. Air pollution exposure in early pregnancy and adverse pregnancy outcomes: a register-based cohort study. *BMJ Open*. 2013;3(2). DOI: 10.1136/bmjopen-2012-001955.
93. Bunker A, Wildenhain J, Vandenberg A, Henschke N, Rocklov J, Hajat S, et al. Effects of Air Temperature on Climate-Sensitive Mortality and Morbidity Outcomes in the Elderly; a Systematic Review and Meta-analysis of Epidemiological Evidence. *EBioMedicine*. 2016;6:258-68. DOI: 10.1016/j.ebiom.2016.02.034.
94. Patz JA, Frumkin H, Holloway T, Vimont DJ, Haines A. Climate change: challenges and opportunities for global health. *JAMA*. 2014;312(15):1565-80. DOI: 10.1001/jama.2014.13186
95. McGrath JM, Betzelberger AM, Wang S, Shook E, Zhu XG, Long SP, et al. An analysis of ozone damage to historical maize and soybean yields in the United States. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015;112(46):14390-5. DOI: 10.1073/pnas.1509777112.
96. (HCWH) HCWH, ARUP. Disponible en: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/healthcares-climate-footprint>. 2019:1-48.
97. Pichler PP, Jaccard IS, Weisz U, Weisz H. International comparison of health care carbon footprints.14:064004. *Environ Res Lett*. 2019;14:1-8.
98. Saran S, Gurjar M, Baronia A, Sivapurapu V, Ghosh PS, Raju GM, et al. Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) in intensive care unit. *Crit Care*. 2020;24(1):194. DOI: 10.1186/s13054-020-02907-5.

99. Curtis LT. Prevention of hospital-acquired infections: review of non-pharmacological interventions. *J Hosp Infect.* 2008;69(3):204-19. DOI: 10.1016/j.jhin.2008.03.018.
100. Bartley JM, Olmsted RN, Haas J. Current views of health care design and construction: practical implications for safer, cleaner environments. *Am J Infect Control.* 2010;38(5 Suppl 1):S1-12. DOI: 10.1016/j.ajic.2010.04.195.
101. McDowall R. *Fundamentals of HVAC systems*, 1st edition. . 2006:223.
102. Luongo JC, Fennelly KP, Keen JA, Zhai ZJ, Jones BW, Miller SL. Role of mechanical ventilation in the airborne transmission of infectious agents in buildings. *Indoor Air.* 2016;26(5):666-78. DOI: 10.1111/ina.12267.
103. Eames I, Tang JW, Li Y, Wilson P. Airborne transmission of disease in hospitals. *J R Soc Interface.* 2009;6 Suppl 6:S697-702. DOI: 10.1098/rsif.2009.0407.focus.
104. UNE NE. UNE 100713. Instalaciones de Acondicionamiento de Aire en Hospitales. Disponible en: <https://www.unne.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0034264>. 2005.
105. UNE NE. UNE 171330-1:2008. Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior. Disponible en: <https://www.unne.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0041499>. 2008.
106. UNE NE. UNE 171330-2:2014. Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior. . Disponible en: <https://www.unne.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0054187>. 2014.
107. UNE NE. UNE 171340:2020. Validación y Cualificación de salas de ambiente controlado en hospitales. Disponible en: <https://www.unne.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0064465>. 2020.
108. UNE NE. UNE-EN ISO 14644-1:2016. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire mediante la concentración de partículas. (ISO 14644-1:2015). Disponible en: <https://www.unne.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0057435>. 2016.
109. UNE NE. UNE-EN ISO 16890-1:2017. Filtros de aire utilizados en ventilación general. Parte 1: Especificaciones técnicas, requisitos y clasificación según eficiencia basado en la materia particulada (PM). (ISO 16890-1:2016). Disponible en: <https://www.unne.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0058514>. 2017.
110. Lai CC, Yu WL. COVID-19 associated with pulmonary aspergillosis: A literature review. *J Microbiol Immunol Infect.* 2021;54(1):46-53. DOI: 10.1016/j.jmii.2020.09.004.
111. Koehler P, Bassetti M, Chakrabarti A, Chen SCA, Colombo AL, Hoenigl M, et al. Defining and managing COVID-19-associated pulmonary aspergillosis: the 2020 ECMM/ISHAM consensus criteria for research and clinical guidance. *Lancet Infect Dis.* 2020. DOI: 10.1016/s1473-3099(20)30847-1.

112. Verweij PE, Gangneux JP, Bassetti M, Brüggemann RJM, Cornely OA, Koehler P, et al. Diagnosing COVID-19-associated pulmonary aspergillosis. *Lancet Microbe*. 2020;1(2):e53-e5. DOI: 10.1016/s2666-5247(20)30027-6.
113. Machado M, Valerio M, Álvarez-Uría A, Olmedo M, Veintimilla C, Padilla B, et al. Invasive pulmonary aspergillosis in the COVID-19 era: An expected new entity. *Mycoses*. 2021;64(2):132-43. DOI: 10.1111/myc.13213.
114. Cornely OA, Alastruey-Izquierdo A, Arenz D, Chen SCA, Dannaoui E, Hochhegger B, et al. Global guideline for the diagnosis and management of mucormycosis: an initiative of the European Confederation of Medical Mycology in cooperation with the Mycoses Study Group Education and Research Consortium. *Lancet Infect Dis*. 2019;19(12):e405-e21. DOI: 10.1016/s1473-3099(19)30312-3.
115. Cornely OA, Arian-Akdagli S, Dannaoui E, Groll AH, Lagrou K, Chakrabarti A, et al. ESCMID and ECMM joint clinical guidelines for the diagnosis and management of mucormycosis 2013. *Clin Microbiol Infect*. 2014;20 Suppl 3:5-26. DOI: 10.1111/1469-0691.12371.
116. Tortorano AM, Richardson M, Roilides E, van Diepeningen A, Caira M, Munoz P, et al. ESCMID and ECMM joint guidelines on diagnosis and management of hyalohyphomycosis: *Fusarium* spp., *Scedosporium* spp. and others. *Clin Microbiol Infect*. 2014;20 Suppl 3:27-46. DOI: 10.1111/1469-0691.12465.
117. Garcia-Vidal C, Alastruey-Izquierdo A, Aguilar-Guisado M, Carratalà J, Castro C, Fernández-Ruiz M, et al. Executive summary of clinical practice guideline for the management of invasive diseases caused by *Aspergillus*: 2018 Update by the GEMICOMED-SEIMC/REIPI. *Enferm Infecc Microbiol Clin (Engl Ed)*. 2019;37(8):535-41. DOI: 10.1016/j.eimc.2018.03.018.
118. Peláez T, Muñoz P, Guinea J, Valerio M, Giannella M, Klaassen CH, et al. Outbreak of invasive aspergillosis after major heart surgery caused by spores in the air of the intensive care unit. *Clin Infect Dis*. 2012;54(3):e24-31. DOI: 10.1093/cid/cir771.
119. Muñoz P, Guinea J, Peláez T, Durán C, Blanco JL, Bouza E. Nosocomial invasive aspergillosis in a heart transplant patient acquired during a break in the HEPA air filtration system. *Transpl Infect Dis*. 2004;6(1):50-4. DOI: 10.1111/j.1399-3062.2004.00047.
120. Vonberg RP, Gastmeier P. Nosocomial aspergillosis in outbreak settings. *J Hosp Infect*. 2006;63(3):246-54. DOI: 10.1016/j.jhin.2006.02.014.
121. Benet T, Nicolle MC, Thiebaut A, Piens MA, Nicolini FE, Thomas X, et al. Reduction of invasive aspergillosis incidence among immunocompromised patients after control of environmental exposure. *Clin Infect Dis*. 2007;45(6):682-6. DOI: 10.1086/521378.
122. Munoz P, Guinea J, Pelaez T, Duran C, Blanco JL, Bouza E. Nosocomial invasive aspergillosis in a heart transplant patient acquired during a break in the HEPA air filtration system. *Transpl Infect Dis*. 2004;6(1):50-4. DOI: 10.1111/j.1399-3062.2004.00047.
123. Guinea J, Garcia de Viedma D, Pelaez T, Escribano P, Munoz P, Meis JF, et al. Molecular epidemiology of *Aspergillus fumigatus*: an in-depth genotypic analysis of

isolates involved in an outbreak of invasive aspergillosis. *J Clin Microbiol*. 2011;49(10):3498-503. DOI: 10.1128/JCM.01159-11.

124. Ruiz-Camps I, Aguado JM, Almirante B, Bouza E, Ferrer-Barbera CF, Len O, et al. Guidelines for the prevention of invasive mould diseases caused by filamentous fungi by the Spanish Society of Infectious Diseases and Clinical Microbiology (SEIMC). *Clin Microbiol Infect*. 2011;17 Suppl 2:1-24. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2011.03477.

125. Javaid W, Ehni J, Gonzalez-Reiche AS, Carreno JM, Hirsch E, Tan J, et al. Real-Time Investigation of a Large Nosocomial Influenza A Outbreak Informed by Genomic Epidemiology. *Clin Infect Dis*. 2020. DOI: 10.1093/cid/ciaa1781.

126. Carter B, Collins JT, Barlow-Pay F, Rickard F, Bruce E, Verduri A, et al. Nosocomial COVID-19 infection: examining the risk of mortality. The COPE-Nosocomial Study (COVID in Older PEople). *J Hosp Infect*. 2020;106(2):376-84. DOI: 10.1016/j.jhin.2020.07.013.

127. Machado M, Valerio M, Alvarez-Uria A, Olmedo M, Veintimilla C, Padilla B, et al. Invasive pulmonary aspergillosis in the COVID-19 era: An expected new entity. *Mycoses*. 2021;64(2):132-43. DOI: 10.1111/myc.13213.

128. Jensen J, Guinea J, Torres-Narbona M, Munoz P, Pelaez T, Bouza E. Post-surgical invasive aspergillosis: an uncommon and under-appreciated entity. *J Infect*. 2010;60(2):162-7. DOI: 10.1016/j.jinf.2009.11.005.

129. Garnaud C, Brenier-Pinchart MP, Thiebaut-Bertrand A, Hamidfar R, Quesada JL, Bosserey A, et al. Seven-year surveillance of nosocomial invasive aspergillosis in a French University Hospital. *J Infect*. 2012;65(6):559-67. DOI: 10.1016/j.jinf.2012.08.006.

130. Lee LD, Hachem RY, Berkheiser M, Hackett B, Jiang Y, Raad, II. Hospital environment and invasive aspergillosis in patients with hematologic malignancy. *Am J Infect Control*. 2012;40(3):247-9. DOI: 10.1016/j.ajic.2011.03.031.

131. Valerio M, Fernandez-Cruz A, Fernandez-Yanez J, Palomo J, Guinea J, Duran R, et al. Prostatic aspergillosis in a heart transplant recipient: case report and review. *J Heart Lung Transplant*. 2009;28(6):638-46. DOI: 10.1016/j.healun.2009.03.002.

132. Ullmann AJ, Aguado JM, Arikan-Akdagli S, Denning DW, Groll AH, Lagrou K, et al. Diagnosis and management of *Aspergillus* diseases: executive summary of the 2017 ESCMID-ECMM-ERS guideline. *Clin Microbiol Infect*. 2018;24 Suppl 1:e1-e38. DOI: 10.1016/j.cmi.2018.01.002.

133. Pelaez T, Munoz P, Guinea J, Valerio M, Giannella M, Klaassen CH, et al. Outbreak of invasive aspergillosis after major heart surgery caused by spores in the air of the intensive care unit. *Clin Infect Dis*. 2012;54(3):e24-31. DOI: 10.1093/cid/cir771.

134. Gonzales Zamora JA, Henry Z, Gultekin SH. Central Nervous System Aspergillosis: An Unexpected Complication following Neurosurgery. *Diseases*. 2018;6(2). DOI: 10.3390/diseases6020046.

135. Asare KA, Jahng M, Pincus JL, Massie L, Lee SA. Sternal osteomyelitis caused by *Aspergillus fumigatus* following cardiac surgery: Case and review. *Med Mycol Case Rep*. 2012;2:4-6. DOI: 10.1016/j.mmcr.2012.12.003.

136. Nicolle MC, Benet T, Vanhems P. Aspergillosis: nosocomial or community-acquired? *Med Mycol*. 2011;49 Suppl 1:S24-9. DOI: 10.3109/13693786.2010.509335.

137. Partridge-Hinckley K, Liddell GM, Almyroudis NG, Segal BH. Infection control measures to prevent invasive mould diseases in hematopoietic stem cell transplant recipients. *Mycopathologia*. 2009;168(6):329-37. DOI: 10.1007/s11046-009-9247-z.
138. Haiduven D. Nosocomial aspergillosis and building construction. *Med Mycol*. 2009;47 Suppl 1:S210-6. DOI: 10.1080/13693780802247694.
139. Kauffmann-Lacroix C, Bousseau A, Dalle F, Brenier-Pinchart MP, Delhaes L, Machouart M, et al. [Prevention of fungal infections related to the water supply in French hospitals: proposal for standardization of methods]. *Presse Med*. 2008;37(5 Pt 1):751-9. DOI: 10.1016/j.lpm.2007.09.015.
140. Munoz P, Burillo A, Bouza E. Environmental surveillance and other control measures in the prevention of nosocomial fungal infections. *Clin Microbiol Infect*. 2001;7 Suppl 2:38-45. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2001.tb00008.
141. Troiano G, Sacco C, Donato R, Pini G, Niccolini F, Nante N. Demolition activities in a healthcare facility: results from a fungal surveillance after extraordinary preventive measures. *Public Health*. 2019;175:145-7. DOI: 10.1016/j.puhe.2019.07.012.
142. Munoz P, Rodriguez C, Bouza E, Palomo J, Yanez JF, Dominguez MJ, et al. Risk factors of invasive aspergillosis after heart transplantation: protective role of oral itraconazole prophylaxis. *Am J Transplant*. 2004;4(4):636-43. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2004.00390.
143. Munoz P, Ceron I, Valerio M, Palomo J, Villa A, Eworo A, et al. Invasive aspergillosis among heart transplant recipients: a 24-year perspective. *J Heart Lung Transplant*. 2014;33(3):278-88. DOI: 10.1016/j.healun.2013.11.003.
144. Guinea J, Pelaez T, Alcalá L, Bouza E. Outdoor environmental levels of *Aspergillus* spp. conidia over a wide geographical area. *Med Mycol*. 2006;44(4):349-56. DOI: 10.1080/13693780500488939.
145. Demográfico MMplTEyeR. Evaluación de la calidad del aire en España. Disponible en: https://www.mitecogob.es/images/es/informeevaluacioncalidadaireespana2019_tcm30-510616pdf. 2019:1-246.
146. Ministerio de la Presidencia RclCyMD, Estado Jd. Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. **Boletín Oficial del Estado BOE**. 2007.
147. Organización Mundial de la Salud. Contaminación del aire. Disponible en: https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/air_pollution/es/.