



Contaminación del aire por humo y aumento de la morbimortalidad respiratoria y cardiovascular.

Ampliación y justificación de lo expuesto en la reunión virtual celebrada el día 28.07.2020, organizada por María Laura Martínez, Fiscal de la Fiscalía del Ministerio Extrapenal, en ocasión de la convocatoria dimanada de la preocupación de la Fiscalía ante los sucesos públicos y notorios que afectan a las islas del delta superior del río Paraná, para la presentación como Amicus Curiae ante la Corte Suprema de Justicia.

Autores:

Prof. Dr. Jorge Luis Molinas

Decano de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Rosario. Médico. Doctorado en Ciencias Médicas. Especialista en Alergia e Inmunología. Profesor Universitario en Fisiología Humana y Alergia en Atención Primaria e Investigador Categorizado.

Prof. Dr. Pablo Arias

Director de la Escuela de Graduados de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Rosario. Médico. Doctorado en Ciencias Médicas. Especialista en Endocrinología. Profesor Titular de Fisiología Humana e Investigador Categorizado.

Si tenemos en cuenta los registros de mortalidad de la Dirección de Estadística e Información de Salud (DEIS) del Ministerio de Salud y Desarrollo Social para el año 2019, las enfermedades cardiovasculares, los tumores y las enfermedades respiratorias representan casi las dos terceras partes de las causas de muerte de nuestro país. Todas estas enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) reconocen factores de riesgo, definidos como características propias de un individuo, o elementos a los que el mismo está expuesto que aumentan su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión. Por ejemplo, en el caso



de las enfermedades cardiovasculares, los principales factores de riesgo relacionados con su desarrollo son el tabaquismo, la diabetes mellitus, la hipertensión arterial y la dislipidemia. Es bien conocido que la confluencia de varios de estos factores multiplica el riesgo de sufrir estas enfermedades cardiovasculares.

El impacto de la contaminación atmosférica como factor de riesgo para la aparición de diversas enfermedades, sobre todo respiratorias ha merecido atención desde mediados del siglo XX. Un interés renovado por este tema queda reflejado por los numerosos trabajos, tanto epidemiológicos como experimentales, que desde el año 1990 hasta la actualidad constatan que niveles de contaminación que pueden considerarse habituales en países desarrollados representan un riesgo para la salud, afectando no solo el aparato respiratorio, sino también el corazón y los vasos sanguíneos, y contribuyendo a la generación de trastornos sistémicos como la diabetes mellitus y distintos tipos de cáncer. Según comunicado de prensa de La Organización Mundial de la Salud, publicada en marzo de 2014, en el año 2012 unos 7 millones de personas murieron (una de cada ocho del total de muertes en el mundo) como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica; de estas muertes el 40% fueron debido a cardiopatía isquémica, otro 40% a enfermedad cerebrovascular, 11% a neumopatía obstructiva crónica, y el resto a cáncer de pulmón e infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños. (<https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>)

El estudio Global Burden of Disease (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5439030/pdf/main.pdf>) estimó en alrededor de 4.2 millones las muertes directamente atribuibles a la contaminación del aire ambiental, que afecta principalmente y en forma desproporcionada a los países de bajos y medianos ingresos. Casi el 92% de las muertes relacionadas con la contaminación ocurren en ellos, y, en los países desarrollados, son los individuos más vulnerables los más afectados. Los trastornos asociados a la contaminación del aire ambiental son responsables del 1 al 7% del gasto anual en salud en países de altos ingresos y de hasta el 7% del gasto en salud en países de ingresos medios que presentan altos niveles de contaminación y rápido desarrollo industrial.

Los emisores clave de dióxido de carbono, como las plantas generadoras de electricidad y los vehículos impulsados por derivados del petróleo son fuentes importantes de contaminación del aire. Pero la quema de biomasa en estufas ineficientes, fuegos abiertos,



quemadas agrícolas y de bosques, y hornos de ladrillos obsoletos representan en países de bajos ingresos el 85% de la contaminación por partículas en el aire y casi toda la contaminación por óxidos de azufre y nitrógeno. Estos procesos de combustión dan como resultado partículas de distinto tamaño representadas por la concentración de masa de partículas menores de 2.5 μm (PM 2.5) y 10 μm (PM 10). Las partículas finas (PM 2.5, por el término inglés *particulate matter* y el diámetro de las mismas, inferior a 2,5 micrómetros o μm) compuestas por carbono elemental, metales de transición, moléculas orgánicas complejas, compuestos orgánicos volátiles (hidrocarburos policíclicos aromáticos o PAH, dioxinas y furanos, todos compuestos con reconocida capacidad cancerígena), sulfatos y nitratos. Las PM2.5 pueden viajar grandes distancias (> 100 km) dando como resultado la posibilidad de altas concentraciones en amplias áreas alrededor de donde se producen por la combustión de la biomasa (incendios forestales, quema de pastizales, etc), alcanzando así zonas urbanas vecinas.

El material particulado PM 2.5 es el contaminante del aire que ha sido estudiado más a fondo, fundamentalmente por la relativa facilidad con que se mide y porque las concentraciones de las sustancias químicas presentes en el aire contaminado son muy cambiantes en relación a las fuentes de contaminación, factores climáticos, etcétera. En consecuencia, este parámetro se usa muy frecuentemente como indicador de exposición a la contaminación del aire en general. Si bien un número creciente de estudios respalda la toxicidad de las partículas ultrafinas PM 0.1, así como del PM 10, una abrumadora carga de evidencia implica a las PM 2.5 como el principal contaminante del aire que representa la mayor amenaza para la salud pública mundial.

El rango de los efectos adversos a la salud es amplio, afectando tanto al sistema respiratorio como cardiovascular, siendo los niños pequeños y los adultos mayores los más susceptibles dentro de la población general (World Health Organization, 2000). El riesgo aumenta con la intensidad de la exposición. La existencia de un umbral para dichos efectos tiene escasa sustentación. De hecho, se han descrito efectos a niveles bajos, no mucho mayor que las concentraciones basales estimadas en 3 a 5 pg/m^3 en EE.UU. La evidencia epidemiológica muestra efectos adversos de las partículas en exposiciones de corto y largo plazo (World Health Organization, 2005).



Uno de los problemas respiratorios más importantes promovidas por la exposición a material particulado respirable tiene que ver con aumento de la inflamación en enfermedades preexistentes o latentes como la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, el Asma Bronquial, la Rinoconjuntivitis Alérgica, entre otras (Villeneuve J; 2007: 6:40-55).

En el mundo se estima que la prevalencia en población general de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica se encuentra alrededor del 1% en todas las edades y aumenta a 10% en sujetos mayores de 40 años y las patologías alérgicas se observan en el 25% de la población de todas las edades, y pueden empeorar sintomáticamente con la exposición sobre su estado de base o mostrar síntomas en individuos que anteriormente no los presentaban por estar en fases iniciales o latentes de la enfermedad (G. D'Amato, S.T. 2015; 8:25).

Estas enfermedades inflamatorias de la vía aérea pueden mostrar desde síntomas leves como goteo o congestión nasal, estornudos, picazón de nariz y ojos, tos, hasta síntomas más graves como la disnea (sensación de falta de aire) llegando a la disminución en la oxigenación que puede requerir internación con posibles desenlaces fatales, sobre todo en individuos con patología preexistente severa. Aún los individuos no alérgicos pueden mostrar síntomas de inflamación por irritación, tales como tos, ardor o picazón en ojos, goteo nasal.

Los niños son un grupo particularmente vulnerable a los problemas respiratorios debido a que el pulmón no ha alcanzado su completo desarrollo, tienen mayor resistencia de la vía aérea pequeña, la más afectada por partículas y menor desarrollo de defensas para la limpieza de la misma. Además los niños respiran con mayor frecuencia y pueden hacer más ejercicio físico que los adultos al aire libre, aumentando la dosis efectiva de contaminantes aéreos que capta el pulmón. Es muy amplia la cantidad de estudios internacionales que muestran un mayor número de hospitalizaciones por enfermedad respiratoria ante mayor nivel de material particulado ambiental en niños. Algo similar ocurre en adultos mayores donde el reflejo de la tos, como mecanismo expulsivo de contaminantes, está disminuido y hay respuestas disminuidas a la falta de oxígeno sanguíneo (U. Gehring, O 2013; 121; 11–12).

Los contaminantes del aire pueden alterar los mecanismos de defensa propios del sistema respiratorio. La capa de mucus y células ciliadas son una importante primera línea de defensa contra los contaminantes que llegan a la vía aérea, sin embargo, éstos pueden afectar la composición o la producción de mucus y alterar la función del epitelio ciliar. Este parece ser el principal factor por el cual se han encontrado gran cantidad de estudios que muestran un



aumento de las infecciones respiratorias en individuos expuestos a material particulado ambiental (E.A. MacIntyre, U 2014; 122; 1).

Aunque es intuitivo que la contaminación del aire es un estímulo importante para el desarrollo y la exacerbación de enfermedades respiratorias, como el asma, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y el cáncer de pulmón, generalmente hay menos conciencia pública de su impacto sustancial en la enfermedad cardiovascular. La evidencia científica ha demostrado que las partículas finas y ultrafinas alcanzan los alvéolos pulmonares, penetran en la circulación sanguínea y se depositan en el corazón, lo que refuerza la posibilidad de efectos extrapulmonares, por ejemplo cardiovasculares (por la proximidad del corazón al lecho capilar pulmonar), y también a distancia: se ha asociado la exposición a niveles elevados de PM_{2.5} a un aumento del riesgo de desarrollar diabetes mellitus y distintos tipos de cáncer, probablemente por el aumento de la concentración de sustancias orgánicas como los hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs), las dioxinas y los furanos.

Como dijimos, la quema de biomasa, como ocurre con el incendio de pastizales o residuos de la actividad agropecuaria (hojas de la caña de azúcar, cáscara del grano de arroz) es una fuente muy importante de contaminación del aire, con impactos locales, regionales y globales sobre la calidad del aire, la salud pública, el clima y el desarrollo económico.

La exposición de la población al humo de incendios de pastizales o bosques produce aumento de las PM_{2.5} y un incremento agudo (ya a la hora de comenzar la exposición) de las consultas médicas de emergencia, tanto por motivos respiratorios como por síntomas relacionados con el aparato circulatorio (p.ej. síndrome coronario agudo, insuficiencia cardíaca). Tanto la American Heart Association como la European Society of Cardiology han reconocido formalmente la PM 2.5 ambiental como el factor de riesgo ambiental más importante que contribuye a la mortalidad y discapacidad cardiovascular global.

Existe una plétora de estudios que relacionan la contaminación del aire por PM con la morbimortalidad cardiovascular. De ellos, quizás el más importante es el realizado por Pope y colaboradores en cerca de 500.000 adultos seguidos por 16 años, que demostró que la concentración promedio por año de MP_{2,5} se asociaba a la mortalidad cardiovascular de tal forma que por cada 10 µg/m³ de incremento se elevaba el riesgo relativo de muerte por enfermedad coronaria en 18%. También aumentaba el riesgo relativo de arritmias, paro



cardiaco e insuficiencia cardiaca, en porcentajes ligeramente inferiores (Pope III CA et al. *Circulation* 2004; 109: 71-7).

Con respecto a los mecanismos involucrados en los efectos cardiovasculares de la contaminación del aire generada por la quema de biomasa, los más relevantes son la inducción de estrés oxidativo, la inflamación sistémica, disfunción endotelial, aterotrombosis, arritmogénesis y disminución de la contractibilidad del miocardio. Pueden además afectar la sensibilidad a la insulina, facilitar la aparición de hipertensión y de diabetes mellitus a través de las respuestas inflamatorias sistémicas.

Finalizando esta breve relación, reiteramos que la contaminación del aire por el humo asociado a la quema de biomasa tiene efectos deletéreos y de gran magnitud que ponen en peligro la salud de miles de millones de individuos y que, además, degrada los ecosistemas de la Tierra, socava la seguridad económica de las naciones y es reconocida como una de las causas principales de enfermedad, discapacidad y muerte prematura en el mundo. Los efectos sobre la salud se asocian fundamentalmente (pero no únicamente) al aumento del número de materias particuladas pequeñas (PM2.5), y se traducen en un incremento reiteradamente demostrado de padecimientos respiratorios y cardiovasculares, existiendo además claras señales de su vinculación con enfermedades metabólicas (diabetes mellitus) y proliferativas (distintos tipos de cáncer).