



Las Particularidades de la Calidad del Aire

Esa mañana de viernes, la niebla se veía más espesa que nunca. A lo largo del día continuó haciéndose más y más espesa y la gente comenzaba a sentirse incómoda y a notar el olor repugnante del aire... El (sábado y el) domingo continuó la niebla, y también las muertes. Los servicios de emergencia ya no podían responder con efectividad. No muchos pudieron darse cuenta de la naturaleza de la calamidad que caía sobre ellos

PETER BRIMBLECOMBE, *El gran humo*

Medio siglo después de que la “Gran niebla” de 1952, producida por la quema de carbón quitara la vida a aproximadamente 12.000 habitantes de Londres, el humo, el hollín y el polvo siguen siendo letales para humanos de toda edad, pero con una diferencia clave: en aquella época, la contaminación contenía partículas lo suficientemente grandes u oscuras como para que se vieran como hollín o humo. Hoy se han eliminado en gran parte las partículas de mayor tamaño, de manera que el remanente puede verse sólo de modo acumulativo como una neblina que, sobre todo en verano en el este de Norteamérica, puede parecer natural y hasta benigna. Sin embargo, esta neblina no es ni natural ni benigna. Consiste mayormente de partículas muy pequeñas producidas por la combustión de carbón, petróleo y gas, y da cuenta de decenas de miles de muertes por año en los Estados Unidos.

Tan pequeñas como para que entre 40 y 1.000 de ellas quepan en lo ancho de un cabello humano, estas partículas causan muerte y enfermedad tanto a corto como a largo plazo. Diariamente, cuando suben sus niveles, también aumentan concomitantemente las muertes y enfermedades que incluyen desde congestión nasal hasta enfisema. A largo plazo, estas partículas también han sido asociadas con enfermedades y graves daños a la salud. Recientemente, investigadores en Norteamérica concluyeron que el riesgo de morir por cáncer pulmonar asociado a la inhalación de estas partículas es equivalente al de vivir o trabajar con un fumador.

Cada año, se liberan millones de toneladas de partículas finas como resultado de la combustión de motores de gasolina, diesel y jets, del funcionamiento de plantas generadoras de electricidad a carbón, acerías y cientos de otros tipos de chimeneas y tubos de escapes. Todo esto nubla, literalmente, el continente entero. Las mediciones de visibilidad en aeropuertos y en otros emplazamientos reflejan las concentraciones de partículas finas. En mapas que ilustran esta densa niebla en tonalidades cada vez más oscuras de naranja, este color se ha extendido, desde una pequeña área relativamente circular que cubría el norte de Ohio y algunas zonas de

Pennsylvania y Michigan en 1960, a una sábana que en 1990 cubría prácticamente toda el área al este del Río Mississippi. Sin embargo, los niveles de partículas finas han bajado en algunos lugares. El más destacado es el sur de California. Recientemente, también ha mejorado algo la visibilidad en algunas áreas del este de Estados Unidos, principalmente debido a los controles de la lluvia ácida, pero aún así sigue siendo mucho peor que en los años sesenta.

Estas partículas finas se abren camino hacia dentro de los pulmones, incluso los más jóvenes. Por ejemplo en Leicester, Inglaterra, los médicos han analizado macrófagos (células sanguíneas especializadas que se encuentran en los pulmones) de niños que se sometían a cirugía electiva. En los macrófagos de todos estos niños, incluyendo un bebé de tres meses, se encontraron partículas ultra finas de carbono, características de las emisiones de escape de motores de combustión. Los niveles encontrados en niños que vivían cerca de calles transitadas eran aproximadamente tres veces mayores que los de niños que vivían en calles con menor tráfico. Similarmente, en los macrófagos de 14 trabajadores canadienses no fumadores (11 empleados de servicios públicos y 3 empleados (no de mantenimiento) de una universidad), se encontraron partículas

ultra finas. “La existencia de partículas ultra finas en las 14 personas, independientemente de su tipo de trabajo, sugiere que existe una exposición ambiental a este tipo de partículas”, comentaron los investigadores.

Inicialmente, los programas de control de contaminación se centraban en las partículas totales en suspensión (Total Suspended Particles, TSP en inglés), que se miden en base a su peso. Después, los reglamentos se enfocaron en partículas más pequeñas, pero, aún así, relativamente grandes y pesadas. Los esfuerzos realizados han permitido reducir la masa total de estas partículas, pero no necesariamente su número. Las pequeñas partículas que quedan en el ambiente traspasan fácilmente al interior de los edificios, y a través de los filtros convencionales de calefacción y aire acondicionado. Al ser inhaladas, pueden llegar a los resquicios más profundos del pulmón humano. Y allí, por mecanismos, que aún están siendo estudiados, causan daño que puede llevar en algunos casos incluso hasta a la muerte.

A lo largo de por lo menos medio siglo, el número de partículas ha ido aumentando, y no parece haber un final a la vista. Hay que tener en cuenta, por ejemplo, que en 1950 no se vendía combustible para motores de reacción porque no había jets comerciales. Hoy en día, la Administración de Energía de EE.UU. estima que en Estados Unidos se venden 1,7 millones de barriles de combustible para motores de reacción y que, al ser consumida, cada libra de combustible genera 100.000.000.000.000 partículas. De modo similar, los vehículos motorizados, especialmente diesel, emiten enormes cantidades de hollín, que ha sido clasificado como un contaminante tóxico por el Air Resources Board (Consejo de Recursos Atmosféricos) de California. A partir de 1960, las millas recorridas (nacionalmente) por camiones de carga han crecido en un 459%.

Las partículas son producto de la combustión no controlada, y los esfuerzos para eliminar o reducir este tipo de contaminación datan por lo menos a 1306, año en que el humo se hizo tan intolerable en Londres que el Rey prohibió la quema de carbón. Y no se trataba de una prohibición absurda, ya que la pena por su violación era la muerte. Hoy, casi siete siglos después, los gobiernos alrededor del mundo están comenzando a dirigir sus esfuerzos específicamente hacia este mortal componente del humo. En esta edición del Newsletter se exploran las fuentes del material particulado, su contribución a las enfermedades y muertes humanas y las políticas y medidas disponibles para minimizar esta amenaza.

¿Qué es una Partícula?

La palabra “partícula” es bastante inespecífica. Definirla es como intentar describir el contenido de la bolsa de un niño después de haber colectado dulces la noche de Halloween. El término abarca una amplia variedad de componentes sólidos y líquidos, incluyendo hollín diesel, ceniza volátil, brisa marina, polvo y tierra, docenas de metales que van del arsénico al zinc, gasolina parcial y totalmente quemada, pequeños pedazos de neumáticos y de pastillas de freno, y un sinnúmero de productos químicos (alcanos, alquenos, aromáticos, olefinas cíclicas, terpenos, por nombrar algunos de los más comunes), así como también numerosos elementos biológicos como hongos y esporas que pueden causar enfermedades.

El intento de definir las partículas se complica aún más por el hecho de que muchas de ellas no son emitidas directamente por un tubo de escape o chimenea, sino que son creadas por reacciones fotoquímicas en la atmósfera. Por ejemplo, al quemarse carbón, gasolina o combustibles diesel que contienen azufre, se forma un gas incoloro, el dióxido de



El boletín informativo *Aire Limpio y Salud* es una publicación conjunta de Curtis Moore y David Bates, M.D. Entre los revisores se incluye a los Drs. John Balmes, Bart Croes, Shankar Prasad y George Thurston. Envíe su correspondencia a HCAN, 1100 Eleventh Street, Suite 311, Sacramento, California 95814. Ejemplares, resúmenes y citas pueden encontrarse en www.healthandcleanair.org.

Servicios de traducción al español provistos por el Dr. Luis Cifuentes de la P. Universidad Católica de Chile, y Andrea Maturana.

azufre. Con el tiempo, éste se transforma en partículas líquidas muy finas que son pequeñas gotas de ácido sulfúrico (uno de los elementos que constituyen la lluvia ácida), que a su vez forma partículas sólidas de sulfato extremadamente finas. Algo similar pasa con los óxidos de nitrógeno. Todos estos, a su vez, reaccionan con miles de elementos químicos orgánicos resultando en una sopa atmosférica que simplemente no puede ser descrita completamente. En un documento preliminar emitido en el año 2001, la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (US EPA) afirmaba “ninguna técnica analítica disponible actualmente permite analizar la totalidad de los compuestos orgánicos presentes en la atmósfera como material particulado.”

Debido en parte a la dificultad de definir las de acuerdo a otras características, como su identidad química, las partículas han sido entonces clasificadas por tamaño. Esto se fundamenta en parte en que, independientemente de que la partícula sea un ácido o un metal, granito o gasolina, su tamaño determina cómo se comportará en la atmósfera y qué tan profundamente penetrará en el pulmón. Las partículas de mayor tamaño (el polvo que se levanta del suelo o es erosionado de las rocas, por ejemplo) viajan distancias menores y generalmente son capturados en las vías respiratorias superiores. Las partículas extremadamente pequeñas, emitidas en cantidades de trillones de trillones por vehículos diesel, aviones, plantas generadoras y otras fuentes, pueden viajar miles de kilómetros y permanecer en suspensión por semanas o meses. Al ser inhaladas, pueden penetrar hasta las áreas más profundas del pulmón.

En términos generales (y como toda generalización, esta también tiene excepciones), las partículas se describen como gruesas, finas y ultrafinas. Las partículas gruesas son aquellas mayores que 2,5 micrones, o dos y media millonésimas de

metro. La mayor parte de esta fracción está formada por tierra, polvo de calle, polen y hongos, aunque puede incluir metales tóxicos y sustancias biológicamente nocivas. Las partículas finas son aquellas de 2,5 micrones de diámetro o menos, e incluyen una amplia variedad de productos químicos orgánicos, compuestos de plomo, cadmio, vanadio y otros metales, como también carbono puro proveniente de los motores diesel y plantas generadoras de energía. A menudo estas partículas están cubiertas por productos químicos que pueden causar cáncer y otras enfermedades graves. Las partículas ultrafinas, de un décimo de micrón o menos, también incluyen metales, compuestos orgánicos y esferas de carbono. Para tener un parámetro de comparación, un cabello humano tiene un diámetro de alrededor de 100 micrones, de modo que en su ancho cabrían aproximadamente 40 partículas finas o más de 1.000 partículas ultrafinas. Para referirse de manera simple al material particulado (particulate matter, PM, en inglés) por su tamaño se usa, por ejemplo, PM_{2,5} o PM₁₀.

Los ataques terroristas con ántrax realizados en EE.UU. en el año 2001 ilustran cómo el minúsculo tamaño de las partículas puede facilitar su toxicidad. Las esporas de ántrax miden entre 2 y 6 micrones de diámetro, sólo un poco más que muchas de las partículas finas presentes en la contaminación ambiental. Por su tamaño extremadamente pequeño, estas esporas logran traspasar sobres sellados y, habiendo pasado al aire, se dispersan rápidamente por edificios enteros, adhiriéndose a los muros, pisos, maquinaria, muebles y otras superficies. Las esporas son demasiado pequeñas para ser capturadas en las vías respiratorias superiores, de modo que llegan a alojarse en los lugares más recónditos de los pulmones, donde son envueltas por macrófagos y luego transportadas a centros linfáticos para su

destrucción. Sin embargo, las esporas sobreviven este proceso, como también lo hacen los contaminantes del aire. De hecho, las esporas de ántrax germinan en los nódulos linfáticos formando bacterias productoras de toxinas, que matan aproximadamente a la mitad de las víctimas en ausencia de intervención médica y antibióticos. Las partículas finas también sobreviven el procedimiento de remoción, aunque no se sabe exactamente cómo. Pero no existe ninguna duda al respecto, ya que estas partículas han sido contadas, usando microscopios electrónicos, en el tejido pulmonar de cadáveres. En habitantes de la Ciudad de México, investigadores han encontrado aproximadamente dos mil millones de partículas en cada gramo de tejido pulmonar. Los niveles encontrados en los pulmones de habitantes de Vancouver (en la Columbia Británica, Canadá), una ciudad mucho menos contaminada, fueron más bajos pero aún así notables: Alrededor de 280 millones por cada gramo de tejido pulmonar seco.

Si bien algunas de las partículas contaminantes permanecen en el pulmón, otras se quedan en los nódulos linfáticos, mientras otras entran al torrente sanguíneo. Lo que sucede a continuación es un misterio que los científicos añoran ansiosamente develar.

Una posibilidad es que las partículas cambien, de alguna manera, los niveles de ciertos componentes en la sangre, lo cual se evidenció en un estudio hecho en 112 personas de más de 60 años en Edimburgo y Belfast. En un estudio de 47 pacientes finlandeses con enfermedades cardíacas estables, la exposición a partículas finas y ultrafinas se pudo asociar consistentemente con anomalías en los electrocardiogramas que suelen observarse en pacientes con daños cardíacos. Y en Chapel Hill, Carolina del Norte, la exposición de voluntarios ancianos a partículas locales concentradas por un lapso de dos horas, resultó en

una baja en la variabilidad de su frecuencia cardiaca, lo cual a menudo es un indicador de dolencias cardíacas y muerte. Otro estudio de sujetos expuestos a los incendios forestales ocurridos en Asia en 1998, sugirió que de algún modo las partículas gatillan una reacción inflamatoria que, a su vez, lleva asociada una cadena de eventos adversos. Uno de los estudios más provocadores y útiles encontró que la exposición a PM_{10} resultaba en un aumento de la proteína C-reactiva, que es un índice de inflamación asociado al aumento de la tasa de enfermedades en arterias coronarias. Minuciosamente, estudio tras estudio, se ha ido revelando el mecanismo mediante el cual las partículas causan enfermedad y muerte. A pesar de la falta de completa certeza, está claro que las partículas pequeñas — especialmente las que resultan de la quema de carbón, petróleo y otros combustibles, pero también algunas de las partículas presentes en la fracción gruesa — precipitan enfermedades y muerte.

Efectos de las Partículas Finas

Mortalidad. La evidencia de que las partículas matan es convincente. Las investigaciones han mostrado que los aumentos diarios en los niveles de partículas resultan en un aumento en las cantidades diarias de muertes en Ámsterdam, Atenas, Barcelona, Basilea, Berlín, Birmingham, Boston, Chicago, Cincinnati, Detroit, Dublín, Erfurt, Tennessee del Este, Londres, Los Angeles, Lyon, Madison, Milán, Minneapolis, Ciudad de México, Nueva York, Filadelfia, Provo, Rotterdam, Santiago, Santa Clara, Steubenville, St. Louis, San Pablo, Topeka, Valencia y Zurich.

En el más completo de estos estudios, se siguieron las historias médicas de 552.138 adultos en 151 áreas metropolitanas entre los años 1982 y 1989. Se dio cuenta de factores como consumo de

tabaco, obesidad, edad, uso de alcohol y otros factores que potencialmente podrían llevar a confusión. En ciertas investigaciones, el escape de vehículos a motor parece cumplir un papel crítico, pero también se han observado efectos adversos a la salud asociados a acererías, centrales eléctricas alimentadas con turba y una amplia variedad de fuentes emisoras de partículas. Según las palabras del Dr. Douglas Dockery de la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Harvard, la relación entre mortalidad y material particulado fino es “consistente (y) robusta.”

Los efectos están relacionados tanto con la exposición crónica como con la exposición aguda. Por ejemplo, en una investigación realizada en Boston en torno a 772 pacientes que habían sufrido ataques al corazón, los investigadores encontraron que a medida que aumentaba la concentración de partículas (tanto de PM_{10} como de $PM_{2,5}$), aumentaba también la frecuencia de ataques cardíacos, en un lapso de entre unas pocas horas y un día más tarde. Las exposiciones de más largo plazo (años o décadas) son igualmente peligrosas. Al analizar los datos de más de 500.000 personas en un promedio de 151 distritos metropolitanos de una investigación realizada desde 1982 a 1998, los investigadores encontraron que cuando las concentraciones de PM_{10} aumentaban en 10 microgramos por metro cúbico, las muertes por todas las causas aumentaban un 4%; por enfermedades cardiopulmonares un 6%; y por cáncer al pulmón un 8%.

Un breve resumen de algunos de estos estudios permite hacerse una idea de la amplitud y la profundidad de las investigaciones realizadas al respecto. Su análisis probablemente llevará a los observadores más conservadores y sobrios a aceptar la proposición, aparentemente contra-intuitiva, de que algo que apenas puede verse, y cuando se ve no es sino

niebla, puede estar matando más gente que los accidentes de automóviles.

- Los investigadores de las universidades Johns Hopkins, Harvard y otras examinaron datos obtenidos en 90 ciudades de distintas regiones de Estados Unidos que cubrían todas las áreas geográficas. Se comparó los niveles diarios de contaminación del aire entre 1987 y 1994 con los registros de muertes y de los hospitales. Los investigadores no sólo encontraron una relación entre la exposición a partículas y la mortalidad, sino también “fuerte evidencia de una asociación entre los niveles de PM_{10} y la exacerbación de enfermedades cardíacas y pulmonares crónicas lo suficientemente graves como para justificar una hospitalización.”
- En respuesta a la creciente cantidad de evidencia proveniente de Estados Unidos que asocia la contaminación del aire con la mortalidad, la Unión Europea financió el estudio “Air Pollution and Health — A European Approach” o APHEA (“Contaminación del aire y salud: Un enfoque europeo”). Once grupos de investigadores de 10 naciones diferentes estudiaron ciudades europeas con una población total de 25 millones. Al igual que en Estados Unidos, al aumentar el nivel de partículas, aumentaba también la mortalidad y la admisión en los hospitales. Cuando el “Humo Inglés” (British Smoke, BS), una medida de concentración de partículas, aumentaba en 50 microgramos por metro cúbico, la mortalidad aumentaba en un 2,2%.
- Además de comparar los niveles de contaminación del aire con la mortalidad, los investigadores recolectaron muestras de partículas de las ciudades canadienses Montreal, Ottawa-Hull, Toronto, Windsor, Winnipeg, Edmonton, Calgary, y Vancouver para su análisis químico. El componente dom-

inante del material particulado total resultó ser el carbono, mientras que el azufre, que es producto de los combustibles diesel y el carbón, tuvo la más alta correlación con las partículas finas. Al igual que en otros estudios, los aumentos de la mortalidad se asociaron a un nivel más alto de partículas en general, pero la asociación fue mayor con PM_{2.5}.

[Algunas personas sostienen que las muertes causadas por partículas son simplemente “cosechamiento” (una aceleración de solo algunos días de muertes que habrían ocurrido de todos modos en ancianos o enfermos) pero muchas investigaciones expresamente han tratado y descartado estas afirmaciones.]

Dos de los estudios más completos y persuasivos que relacionan partículas finas con mortalidad, son el “Estudio de las Seis Ciudades” de la Universidad de Harvard y el estudio de la Sociedad Americana del Cáncer (ACS). Estos estudios fueron publicados a mediados de los años noventa, y fueron duramente criticados por la industria y por algunos científicos, que pusieron en duda la existencia de una conexión causal entre partículas finas y mortalidad. Estas críticas, a su vez, impulsaron otras dos investigaciones: a) un re-análisis de las “Seis Ciudades” y el trabajo de la ACS y b) el Estudio Nacional de Morbilidad, Mortalidad y Contaminación del aire (NMMAPS), que fue una investigación completamente nueva acerca de la hospitalización y muertes asociadas con la contaminación del aire en las mayores ciudades de Estados Unidos.

Los re-análisis hechos por investigadores independientes validaron los estudios originales, confirmando así que se trataba de ciencia con base sólida. Además, el NMMAPS encontró fuerte evidencia, en las veinte ciudades más grandes de Estados Unidos, que relaciona el aumento diario de partículas en el aire no sólo con un aumento en la mortalidad, sino también

con un aumento en la admisión de hospitalizaciones por enfermedades cardiovasculares, neumonía y enfermedades obstructivas pulmonares crónicas. Estos resultados no dejan duda de que los norteamericanos están corriendo un serio riesgo debido a las partículas. Y a pesar de que el grupo de mayor riesgo pareciera ser el de ancianos y enfermos, el segundo grupo de riesgo es el más desprotegido de la sociedad: los bebés y los niños.

Mortalidad infantil. La relación entre mortalidad infantil y la exposición a partículas ha sido mucho menos investigada que aquella en adultos, pero los resultados de los estudios son igualmente convincentes y han sido reforzados por otras investigaciones acerca de enfermedades; esto sugiere que existe una continuidad de efectos. Por ejemplo, en la República Checa, los investigadores examinaron todos los nacimientos entre 1989 y 1991. Por cada muerte infantil, escogieron al azar 20 niños del mismo sexo que hubieran nacido el mismo día que el niño fallecido y luego examinaron los niveles diarios de contaminación de los distritos en que cada uno de ellos vivía, para el período de tiempo entre el nacimiento y la muerte. En total estudiaron 2494 muertes infantiles y, de éstas, las 133 muertes por causas respiratorias aparecieron asociadas al aumento de los niveles no sólo de partículas, sino también de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. La conclusión de los investigadores fue que “los efectos de la contaminación ambiental sobre la mortalidad infantil [en el período entre un mes y un año de edad] son específicos para causas respiratorias, son independientes de factores socioeconómicos y no son mediados por el peso al nacer o la edad de gestación.”

De modo similar, en Sao Paulo, Brasil, cuando los científicos compararon la mortalidad respiratoria de niños de menos

de cinco años de edad con los niveles diarios de dióxido de azufre, monóxido de carbono, ozono y PM₁₀, cada uno de ellos estaba asociado con un mayor riesgo de muerte. A medida que aumentaban las concentraciones, también aumentaba la mortalidad y esto era “bastante evidente después de un corto período de exposición (2 días)”. Al ser consideradas individualmente, las proporciones estimadas de muertes respiratorias atribuidas al CO, SO₂ y PM₁₀, fueron alrededor de un 15%, 13% y 7% respectivamente.

Los economistas de la Oficina Nacional de Investigación Económica (NBER) en Washington D.C., llevaron a cabo un estudio muy interesante, en que se examinaba la relación entre la tasa de mortalidad infantil y la baja en las emisiones de material particulado producidas por una recesión económica. Se encontró que en la medida en que bajaba el nivel de partículas, bajaba también la mortalidad neonatal (muerte antes de los 28 días de nacido). Concentrándose específicamente en Pennsylvania, encontraron que cuando los niveles de material particulado total bajaban aproximadamente en un 25%, las muertes infantiles en el primer año, atribuibles a causas internas (por ejemplo muertes respiratorias o cardiopulmonares), bajaban en un 14%.

Enfermedad. Además de su relación con la mortalidad, las partículas finas se asocian a una serie de males menores, que incluyen congestión nasal, sinusitis, irritación de la garganta, tos húmeda, resfriado, fiebre del heno, ojos irritados, respiración silbante, tos seca, flema, respiración corta y molestias o dolores de pecho, así como también admisiones hospitalarias por asma o bronquitis. Los aumentos en los niveles de partículas finas producen incrementos en las tasas de tos crónica, asma y enfisema, incluso entre Adventistas del Séptimo Día, personas rigurosamente no fumadores. Entre

los escolares se produce un aumento tanto de las bronquitis y de la tos crónica, como de las admisiones hospitalarias y en salas de emergencia. En Utah, al aumentar los niveles de partículas, se triplicaron las admisiones hospitalarias de niños por causas respiratorias.

Fuentes de Partículas Finas

Sea cual sea la característica que hace peligrosas a las partículas de hollín, es claro que el tamaño no es la única explicación. Al colocar partículas relacionadas con la combustión en los pulmones de conejillos de indias, comenzaron a observarse cambios patológicos en las 24 horas siguientes. Sin embargo, no se observó cambio alguno luego de colocar partículas provenientes de polvo "natural", obtenido de las erupciones volcánicas del Monte Santa. Helena.

Del mismo modo, en un estudio en Spokane, Washington, los investigadores encontraron que la mortalidad aumentaba concomitantemente con el aumento del PM_{10} emitido por vehículos, pero no cuando se trataba de partículas provenientes de tormentas de polvo. Además, al examinar los datos de mortalidad en seis ciudades del este de Estados Unidos, los investigadores encontraron que la mortalidad aumentaba en relación a los niveles de partículas finas provenientes de combustión, pero no de aquellas de origen natural.

Implicancias Para las Políticas Públicas

La información contenida en esta edición del Newsletter identifica y de alguna manera cuantifica una amenaza a la salud de grandes proporciones. Cualquiera sea el número exacto de muertes debidas a las partículas finas, compite abiertamente con el número de muertes ocurridas en EE.UU. en 1998 por accidentes de tránsito (43.501), suicidio (30.575), cáncer de seno (42.086) o leucemia (20.234).

Las partículas no pueden ser evitadas por el simple hecho de permanecer intramuros. Aún si las mascarar de protección eliminaran las partículas más pequeñas, o ultrafinas, la gente no las usaría, ni debería usarlas. El único modo de reducir la exposición a estas partículas y reducir así enfermedades y muertes evitables, es implementar una acción gubernamental eficiente. En Estados Unidos, hay dos niveles gubernamentales en los que se puede actuar: el Federal y el Estatal. La historia sugiere que cuando se trata de proteger la salud pública, los estados deben intervenir.

Nivel federal. La ley federal para proteger a la población de la contaminación atmosférica, el Acta del Aire Limpio (Clean Air Act), requiere que la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos establezca estándares ambientales que protejan la salud pública, y también estándares de emisión con bases tecnológicas para plantas generadoras de energía, refinerías, hornos y otras fuentes contaminantes mayores. Hoy en día existe, por decir lo menos, una gran confusión con respecto a ambos conjuntos de normas.

Los estándares ambientales para $PM_{2,5}$ y PM_{10} que fueron propuestos en 1997, han sido ya demorados por cinco años, por juicios presentados por dueños y conductores de camiones y por otras industrias contaminantes. A pesar de que prácticamente todas las demandas han sido rechazadas por la Corte Suprema de Estados Unidos, las regulaciones ahora deben ser revisadas por un gobierno que es visto por muchos como hostil respecto a la protección ambiental.

Aún cuando las regulaciones pudieran habilitarse de inmediato, lo más probable es que no pudieran acatar cabalmente el mandato del Acta del Aire Limpio, que especifica que los estándares ambientales deben proteger la salud de la población más susceptible (por ejemplo ancianos y

enfermos del corazón) con un margen de seguridad adecuado. Claramente, a los niveles de partículas finas autorizados por los estándares federales a corto plazo (65 microgramos en un periodo de 24 horas), los estudios han encontrado efectos adversos a la salud, incluyendo la muerte. De hecho, recientemente la Oficina de Evaluación de Peligros Ambientales a la Salud de California (California Office of Environmental Health Hazard Assessment) recomendó al Air Resources Board del Estado de California, definir un estándar de 24 horas para $PM_{2,5}$ de 25 microgramos por metro cúbico, mientras que el estándar federal establece un límite de 65. Una posible explicación de esta discrepancia es que el estándar norteamericano fue promulgado hace seis años, pero esto pasa por alto el mandato explícito del Acta del Aire Limpio de revisar y examinar los estándares, si fuera necesario, cada cinco años.

Para asegurar que se respeten los estándares ambientales y ofrecer algo de seguridad adicional, el Acta del Aire Limpio requiere también del desarrollo y aplicación de estándares con base tecnológica para automóviles, camiones, buses, plantas generadoras, acerías, refinerías y otras fuentes de contaminación. A pesar de que la evidencia del riesgo que las partículas finas constituyen para la salud de los norteamericanos comenzó a acumularse ya en los años setenta (cerca de tres décadas atrás), casi no existen estándares de emisión para partículas finas y ultrafinas provenientes de vehículos motorizados, plantas generadoras, acerías, refinerías y otras fuentes. De hecho, ni la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos ni los estados recolectan sistemáticamente datos sobre la emisión de partículas finas por fuentes masivas como aviones comerciales o motores no-diesel.

Aún así, puede que sea posible reducir los niveles de material particulado con-

¿Por qué son Peligrosas las Partículas Pequeñas?

Recientemente, los desafíos de la industria (llevados hasta la Corte Suprema en los Estados Unidos) han afirmado que no es posible hacer inferencias causales sin previa comprensión del mecanismo de acción de las partículas inhaladas. En las dos cortes que consideraron el asunto, los jueces negaron este precepto. Sin embargo, tanto el mecanismo involucrado como los componentes del PM_{2.5} que pueden dar cuenta de su toxicidad, son consideraciones importantes. La constante búsqueda del estudio de los mecanismos, se ha convertido en uno de los desafíos más interesantes en la investigación de la contaminación del aire y la salud. Han surgido dos ideas principales. La primera, es que tanto los cambios que se han registrado en la variabilidad del ritmo cardíaco como la taquicardia pueden ser indicadores de una causa eléctrica para un ataque cardíaco agudo y mortal. La segunda, es que los cambios observados en la sangre, particularmente aumentos en los fibrinógenos y en

el porcentaje de neutrófilos circulantes (formas bandeadas), pueden predisponer a infartos al miocardio. La primera teoría fue abordada extensamente en el borrador del Documento Criterio para Contaminación por Partículas de la EPA, en el cual se le asignó un anexo especial. La segunda ha sido recientemente reforzada por dos publicaciones:

- FUJI, T., HAYASHI, S., HOGG, J.C., VINCENT, R., & VAN EEDEN, S.F. Particulate matter induces cytokine expression in human bronchial epithelial cells. *Am J Respir Cell Mol. Biol* 25; 265-271, 2001., y
- VAN EEDEN, S.F., TAN, W.C., SUWA, T., MUKAE, H., TERASHIMA, T., FUJII, T., QUI, D., VINCENT, R., & HOGG, J.C. Cytokines involved in the systemic inflammatory response induced by exposure to particulate matter air pollutants (PM10), *Am J Respir Crit Care Med* 164; 826-830, 2001.

Un breve resumen de ambas publicaciones se encuentra disponible en el sitio web del Boletín.

trolando las grandes fuentes de contaminación. Esto fue precisamente lo que hicieron la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos y el Departamento de Justicia en noviembre de 1999, al lanzar una iniciativa nacional que tenía como objetivo las instalaciones eléctricas en el medio-oeste y sudeste de EE.UU., cuyas plantas generadoras a carbón presumiblemente violaban el Acta del Aire Limpio. Sin embargo, ese esfuerzo ha sido marginado por el gobierno de Bush, adoptándose una propuesta para reducir voluntariamente las emisiones y demorar las reducciones hasta el año 2018. Como parte de la iniciativa de Bush, serán también revocadas las “revisiones de nuevas fuentes” especificadas por el Acta del Aire Limpio, que la US EPA y el sistema judicial Norteamericano han intentado imponer.

Las implicancias de esta medida son resaltadas en un estudio realizado en nueve plantas de energía en Illinois. En él se concluye que la reducción de emisiones salvaría 190 vidas al año, reduciría en 2.532 las visitas a las salas de emergencia, eliminaría 13.290 ataques de asma y evitaría 168.900 días de actividad restringida. Los autores destacan que “las plantas de energía a carbón que datan de años anteriores a 1980 contribuyen a generar cerca de la mitad de la electricidad en Estados Unidos y son responsables del 97% de las emisiones de SO₂ y del 85% de las emisiones de NO₂ provenientes de plantas de energía.”

Nivel Estatal. En ausencia de un plan de acción federal efectivo (y considerando la evidencia de cierta hostilidad respecto a

los controles de la contaminación del aire), la información que se entrega en esta Newsletter sugiere que, si se quiere disminuir las muertes y enfermedades de la población, los estados y los gobiernos locales deberían identificar las fuentes emisoras de partículas finas, y dirigir hacia ellas un control más agresivo. Además, aquellos estados que promulgan sus propios estándares ambientales tienen la oportunidad de reparar las limitaciones de los estándares federales actuales. El estado que tiene mayores posibilidades de actuar en estas áreas es California, que se encuentra actualmente revisando sus estándares ambientales y llevando a cabo un análisis de la calidad y efectividad del Plan de Implementación Estatal. ■

Importante Considerar

El Aire allá Afuera

En general, las evaluaciones de los factores de riesgo para la salud de quienes viven en países en desarrollo tienden a enfocarse en aquellos factores más visibles, como la desnutrición y las enfermedades contagiosas. De hecho, parecería lógico que más personas murieran por este tipo de riesgos que por la contaminación del aire, pero es posible que no sea necesariamente así, según dos estudios recientes.

Cuando los investigadores evaluaron causas de muerte y registraron los niveles de contaminación ambiental en espacios interiores (principalmente producto de la quema de leña, estiércol seco y otras formas de biomasa) en Papua Nueva Guinea, Kenia, India, Nepal, China y Gambia, concluyeron que anualmente había 4,1 millones de muertes causadas por enfermedades respiratorias agudas en niños menores de cinco años. En comparación con esto, hay 3,0 millones de muertes causadas por enfermedades intestinales y 0,68 millones causadas por malaria.

Otro estudio examinó el uso de biocombustibles para cocinar y la frecuencia

de tuberculosis en India, estudiando datos de 260.162 personas de más de 20 años acopiados en un Estudio de Salud Familiar llevado a cabo en los años 1992-3. Los científicos concluyeron que “los resultados sugieren convincentemente que el uso de biocombustibles para cocinar aumenta de forma sustancial el riesgo de tuberculosis en India.”

Ausentismo Escolar

Pareciera que los niños siempre atraen enfermedades, especialmente resfriados, gargantas irritadas, y cosas así. De modo que no es extraño que las enfermedades respiratorias sean citadas como la causa principal de ausentismo escolar. Sin embargo, parte de la explicación de todas estas enfermedades y ausentismo puede ser la contaminación del aire, y no sólo la juventud.

Al comparar el ausentismo escolar por enfermedades respiratorias con los niveles de contaminación ambiental, los investigadores de la Universidad de California del Sur encontraron una correspondencia perfecta: a medida que aumentaban los niveles de ozono, aumentaban

concomitantemente las ausencias escolares por gargantas irritadas, tos, ataques de asma y otras enfermedades respiratorias. Ante un aumento en la concentración de 20 partes por billón, que es una variación normal diaria en partes contaminadas de California del Sur, el ausentismo escolar por causas respiratorias aumentaba en un 83%.

El mismo aumento de 20 ppb se asoció a aumentos bruscos de dolencias específicas. Enfermedades de las vías respiratorias superiores aumentaron en un 45%, mientras las enfermedades de las vías respiratorias inferiores con tos húmeda aumentaron en un 174%.

UNA GUÍA CIUDADANA PARA LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Escrito y editado por el co-editor de esta Newsletter, el Dr. David Bates, y otras autoridades, este completo y detallado libro pronto estará disponible por un modesto precio en la Fundación David Suzuki, www.davidsuzuki.org



**1100 Eleventh Street, Suite 311
Sacramento, CA 95814**