

Desencuentros entre los conocimientos y las políticas públicas para afrontar la contaminación atmosférica

Estudios epidemiológicos realizados en cinco continentes del orbe han demostrado asociación entre PM_{10} (material particulado $\leq 10 \mu m$ de diámetro aerodinámico) y mortalidad prematura¹. En 1997, la Agencia de Protección del Ambiente de EE.UU. (U.S. EPA) promulgó los estándares de calidad del aire para $PM_{2,5}$ y actualmente está considerando revisar estos estándares^{1,2}, para determinar si es necesario bajarlos a niveles aún más exigentes. En los países desarrollados se está investigando intensamente sobre los efectos deletéreos del material particulado ultrafino ($PM_{0,1}$), que puede pasar rápidamente desde los espacios aéreos a la circulación general. Por su parte en la Unión Europea, las normas de los diversos contaminantes también están siendo analizadas para hacerlas más exigentes a fin de proteger la salud de la población expuesta³.

La norma nacional para PM_{10} establece que podemos tener como promedio diario un valor máximo de $150 \mu g/m^3$. Si cumpliéramos con la legislación vigente, los resultados desde el punto de vista biomédico continuarían siendo adversos. En base a datos obtenidos en 1994 se ha estimado que aunque el PM_{10} se ajustara a la norma, en la población de Santiago de Chile habría anualmente más de siete millones y medio de días-persona con síntomas de dificultad respiratoria y 847 mil días-persona de trabajo perdido. Además, cada año se producirían alrededor de 930 muertes atribuibles a los contaminantes que contiene esta fracción del material particulado del aire ciudadano⁴.

Si bien es inaceptable, que haya muertes "prematargas" debido a la contaminación del aire, más grave aún es que incluso cumpliendo con la norma ya estemos viviendo una situación crítica. Como habitualmente Santiago excede esta norma, la estimación del número de personas fallecidas anticipadamente se eleva aún más, por ejemplo 1999 se estimó en 1.400 las muertes atribuibles a la contaminación⁴.

Se ha comprobado que los contaminantes atmosféricos son responsables de incrementar la mortalidad general, la mortalidad infantil y la de los mayores de 65 años, del aumento de hospitalizaciones por enfermedades respiratorias y cardíacas, disminución de la función pulmonar, aumento de la reactividad bronquial, baja tolerancia al ejercicio, bronquitis obstructiva crónica, enfisema, asma y cáncer pulmonar, entre otros efectos^{3,5}.

Si bien es un imperativo que el país siga creciendo y desarrollándose, no puede hacerlo con un tan alto costo para la salud de la población, ya que se está hipotecando su futuro. Los economistas lo consideran un daño colateral del desarrollo, quienes trabajamos en el área de la salud no podemos comprender que no se pueda lograr un razonable desarrollo respetando la vida. En 1996, la Región Metropolitana fue declarada zona saturada para ozono, partículas totales en suspensión, PM_{10} y monóxido de carbono, lo cual según la Ley 19.300: "Bases del Medio Ambiente", significa que las normas ambientales para estos contaminantes han sido sobrepasadas y se deben aplicar medidas para proteger a la población. También se le declaró zona latente para dióxido de nitrógeno, es decir, sus niveles están entre el 80 y 100% de la norma de calidad ambiental.

Las medidas instauradas para descontaminar Santiago⁶, si bien aliviaron la situación, se han visto dificultadas por sus costos crecientes, no obteniéndose el rendimiento esperado. Aunque es justo reconocer que algunas de ellas tuvieron un impacto muy positivo, como ocurrió con la eliminación del plomo de las gasolinias, que produjo una rápida disminución de la plumbemia en lactantes del área sur-oriente de Santiago⁷.

Nos podríamos preguntar por qué Inglaterra pudo superar la situación crítica de su capital hace ya más de 50 años y nosotros aún estamos estancados en esta condición que pone en riesgo permanente la salud de nuestra población. Las evidentes diferencias geográficas y climáticas entre Londres en 1952 y Santiago en 2006 son obvias. Sin embargo, no explican totalmente nuestra incapacidad para resolver el problema de fondo.

Analicemos lo que ha ocurrido en otras ciudades chilenas, en las cuales también se han detectado altos niveles de contaminación atmosférica. En Temuco, en 1996 se detectaron niveles de PM_{10} que sobrepasaban a los de Santiago⁸; sin embargo, solo el año 2004 Temuco fue declarada zona saturada para PM_{10} , lo cual revela nuestra escasa capacidad para aplicar medidas que permitan superar los problemas ambientales en un plazo razonable. En 1997, en la zona de influencia del complejo industrial Puchuncaví-Ventanas de la V Región, también se detectaron niveles inaceptablemente altos, no solo de PM_{10} sino también de SO_2 . Al conocido sinergismo entre estos dos contaminantes fue atribuida la gran mortalidad derivada del episodio de Londres en 1952. En el estudio realizado en esa zona de la V Región, esta contaminación se asoció con aumento de los síntomas respiratorios y disminución del PEF en los escolares de esa área⁹. Más aún, en una visita en terreno pudimos comprobar que estos alumnos tuvieron dificultades para observar el crecimiento de las plantas que cultivaban en su pequeño huerto, ubicado en el patio de su escuela, debido a la lluvia ácida que constantemente reciben desde la fuente emisora. ¿Cuánto tiempo más deberá transcurrir para que en esa zona se apliquen medidas eficientes para mejorar el ambiente?

La idiosincrasia nacional caracterizada por su bajo nivel de asertividad y previsión unido a su tendencia a actuar más reactiva que proactivamente, y al fatalismo derivado del periódico enfrentamiento de los desastres naturales, es algo que debemos tratar de modificar y al mismo tiempo despertar nuestras conciencias ante el daño evidente que produce la contaminación atmosférica en la salud de la población y especialmente en los más débiles o vulnerables: niños, ancianos, embarazadas y enfermos cardio-respiratorios.

Es necesario educar a la población para que se cumplan las regulaciones que van encaminadas a disminuir e idealmente a abatir la emisión de contaminantes a la atmósfera, ya que mejorar la ventilación de la cuenca de Santiago, requeriría manejar las condiciones climáticas de la ciudad, lo cual aun no es factible. A mediano plazo podríamos esperar que, considerando que Chile está firmando varios tratados internacionales, se tendrá que cumplir con normativas cada vez más exigentes que impondrán las regulaciones industriales y ambientales internacionales.

Si bien los planes de descontaminación en lo que se refiere a PM_{10} lograron bajar notoriamente su promedio anual entre los años 1997 y 2001, desde esa fecha hasta ahora se ha producido un estancamiento e, incluso, un leve aumento en los valores de invierno. Esto se debería, a que se aflojaron las medidas de regulación. Por eso es necesario que se aplique una mayor fiscalización por parte de las autoridades, se materialice el funcionamiento del plan Transantiago tal como se había previsto, haya políticas serias de desarrollo urbano en Santiago y se eduque de manera adecuada a la población, a fin que cada ciudadano cumpla responsablemente con las medidas que a su nivel le corresponda realizar.

La situación del PM_{10} en Santiago es preocupante, ya que durante todo el año estamos expuestos a niveles riesgosos de estas partículas para el sistema respiratorio y el resto de nuestros órganos. Efectivamente en primavera y verano, cuando la gran mayoría de los santiaguinos y los medios de comunicación social piensan que la contaminación por PM_{10} ya no los afecta, se detectan niveles por encima del valor límite para el promedio anual de PM_{10} que es $50 \mu g/m^3$. Hay que considerar que en este mismo período en que aumenta la radiación solar, el nivel de ozono troposférico habitualmente excede la norma. Recientemente se ha comunicado que la co-exposición a ozono y material particulado tiene un efecto sinérgico sobre el daño pulmonar experimental¹⁰, hecho que hace aún más apremiante disminuir los niveles de estos contaminantes en la atmósfera de Santiago.

Esta tarea no será fácil y tendrá que estar muy bien coordinada y armonizada con las necesarias modificaciones que se deberán introducir para diversificar la política de obtención de energía, que permita mantener el ritmo de desarrollo de nuestro país. En este sentido hemos presenciado desde 2005, como la restricción del flujo de gas natural trasandino ha frenado la disminución de la emisión de PM_{10} , en las industrias con conversión energética a gas natural. Lo cual ha puesto en evidencia la vulnerabilidad ambiental de nuestro país que aun no dispone de una matriz diversificada de energías limpias.

Los pulmones de los habitantes de una ciudad con altos niveles de contaminación atmosférica, como ocurre en Santiago o Temuco, tienen la ardua labor de filtrar y limpiar una enorme cantidad de partículas. En condiciones de reposo, el ser humano ventila aproximadamente $9 m^3$ de aire al día. Si hiperventila por cualquier causa sea esta fisiológica (ejercicio físico, embarazo, altura) o patológica (hipoxemia, aumento del metabolismo, ansiedad, estrés, anemia, enfermedades cardiopulmonares) deberá depurar una mayor cantidad de partículas, ya que se elevará la dosis

efectiva, que es función directa de la ventilación pulmonar y también de la concentración y del tiempo de exposición.

La cantidad de aire que debe filtrar el pulmón es enorme y el mecanismo de limpieza de las vías aéreas, una de las maravillas de la naturaleza, podría llegar a saturarse cuando las personas viven en ambientes tan contaminados como el nuestro. Esta situación no sólo puede ser nociva para el pulmón, sino que también aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y puede producir alteraciones y daños diversos en gran parte del organismo.

Recientemente se ha planteado¹¹ que la inflamación inducida en el pulmón por diversas noxas, entre las cuales están los contaminantes aéreos, genera mediadores que estimulan a la médula ósea para producir y liberar células troncales hematopoyéticas y mesenquimáticas. Estas células troncales derivadas de la médula ósea están involucradas en la regulación de la respuesta inflamatoria. Las células mesenquimatosas troncales expresan un conjunto único de receptores de quimioquinas que participarían en el anidamiento de estas células en los tejidos. A su vez, la producción local de factores de anidación en el pulmón promueve el reclutamiento de células troncales de la médula ósea en el tejido pulmonar dañado. Tradicionalmente, las células alveolares tipo II han sido consideradas las progenitoras de las células tipo I. Sin embargo, recientemente se ha demostrado que las células alveolares tipo I pueden derivar de células troncales circulantes. Por otra parte, se ha demostrado que células mesenquimáticas derivadas de la médula ósea de pacientes con fibrosis quística son capaces de diferenciarse en células epiteliales de la vía aérea. Por su parte, algunas células del epitelio de las vías aéreas tienen la capacidad de generar nuevas células y al igual que las células troncales tienden a residir en nichos. Aún se desconoce cuál es la contribución relativa de las células epiteliales progenitoras residentes versus las células troncales de la médula ósea, y si esta contribución varía según la naturaleza del daño o de la enfermedad pulmonar subyacente¹¹.

Las células troncales de la médula ósea constituyen un espada de doble filo, ya que potencialmente pueden promover la inflamación y el daño pulmonar liberando células pro-inflamatorias tales como los eosinófilos y neutrófilos, y por otra parte hay estudios promisorios que demuestran que estas células troncales pueden reparar miocitos dañados, revascularizar el miocardio isquémico, diferenciarse en micro y macroglía en el cerebro y reemplazar células hepáticas y pulmonares¹¹.

Este planteamiento ayuda a explicar no solo el proceso de inflamación y eventual reparación del tejido pulmonar por efecto de los contaminantes del aire, sino también ofrece una explicación a la generación de efectos multisistémicos de agentes deletéreos, que como los contaminantes atmosféricos tienen su puerta de entrada en el sistema respiratorio.

Difundir el estado actual del conocimiento sobre los contaminantes atmosféricos y sus efectos e impacto en la salud respiratoria, ha sido uno de los principales objetivos de las presentaciones realizadas durante las Jornadas de Invierno dedicadas a Contaminación, Tabaco y Salud, que la Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias realizó el 9 y 10 de junio de 2006 en Santiago, y también ha sido una de las metas que nos propuso a los co-autores el editor del texto "Contaminación atmosférica urbana, episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago"¹². Este texto presentado recientemente, compendia el conocimiento obtenido por un equipo multidisciplinario de investigadores y académicos de diversas universidades e instituciones nacionales. Esperamos que esta información que representa la experiencia adquirida en casi 20 años de estudios sobre la atmósfera de Santiago, contribuya a afrontar otras realidades del medio nacional e internacional, y que también sea un aporte para lograr mitigar la contaminación atmosférica urbana basal y sus episodios críticos, que hasta ahora se han repetido por más de 30 años en nuestra capital, y que le ha dado el penoso privilegio de ser considerada una de las ciudades más contaminadas del orbe, no solo por partículas, sino también por ozono.

Por lo anteriormente planteado, resulta urgente y necesario que el conocimiento multidisciplinario obtenido de los diversos estudios sobre contaminación atmosférica realizados en Santiago y otras ciudades de Chile y el resto del mundo, sirva de sólido sustrato para implementar políticas públicas más concordantes y consecuentes con lo que estas investigaciones han logrado demostrar.

Dr. Manuel Oyarzún G.

Director Centro de Investigaciones del Medio Ambiente y Biomedicina,
Facultad de Medicina, Universidad de Chile.
Coordinador, Comisión de Contaminación Ambiental,
Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias

Bibliografía

- 1.- US EPA 2004. Air quality criteria for particulate matter. EPA 600/P-99/002aF, Washington, DC. Environmental Protection Agency.
- 2.- OSTRO B, BROADWIN R, GREEN S, FENG W-Y, LÓPEZ M. Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties from CALFINE. *Environ Health Perspect* 2006; 114: 29-33.
- 3.- D'AMATO G, HOLGATE S T. The impact of air pollution on respiratory health. *Eur Respir Mon* 2002; 21: 1-282.
- 4.- OSTRO B, SÁNCHEZ J M, ULRIKSEN P, WEAVER C S. Air Pollution in Santiago. Chile Managing Environmental Problems: Economic Analysis of Selected Issues. Report N° 113061-CH. Environmental and Urban Development Division, World Bank. 19. 12. 1994.
- 5.- RENARD-MORAND C, ANNESIS-MAESANO J. Air pollution: from sources of emissions to health effects. *Breathe* 2004; 1: 109-19.
- 6.- Ministerio Secretaría General de la Presidencia DS N° 16 / Plan de Prevención y Descontaminación para la Región Metropolitana. Diario Oficial 6.06.1998.
- 7.- PINO P, WALTER T, OYARZÚN M J, BURDEN M J, LOZOFF B. Rapid drop in infant blood lead levels during the transition to unleaded gasoline use in Santiago, Chile. *Arch Environ Health* 2004; 50: 182-7.
- 8.- GIL L, CÁCERES D, QUIÑONES L, ADONIS M. Contaminación del aire en espacios exteriores e interiores en la ciudad de Temuco. *Ambiente y Desarrollo*, 1997; 13: 70-8.
- 9.- SÁNCHEZ J, ROMIEU I, RUIZ S, PINO P, GUTIÉRREZ M. Acute effects of breathable particulate matter and of sulfur dioxide on the respiratory health of children in the industrial area of Puchuncaví, Chile. *Rev Panam Salud Pública* 1999; 6: 384-91.
- 10.- VINCENT R, BARNASON S G, ADAMSON I Y, HEDGECOCK C, KUMARATHASAN P, HUENETTE J, et al. Acute pulmonary toxicity of urban particulate matter and ozone. *Am J Pathol* 1997; 151:1563-70.
- 11.- DENBURG J A, VAN EEDEN S F. Bone marrow progenitors in inflammation and repair: new vistas in respiratory biology and pathophysiology. *Eur Respir J* 2006; 27: 441-5.
- 12.- MORALES R G E. Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago. Editorial Universitaria, SA, Santiago de Chile. 2006.