

La contaminación ambiental y nuestra salud

Ruth de Celis, Alejandro Bravo Cuellar, Verónica Preciado Martínez y Ariana Díaz Guerrero

La contaminación ambiental puede producir alteraciones serias en el organismo humano. Afortunadamente, estos efectos son relativamente fáciles de reconocer y evaluar. De las acciones que tomemos hoy para prevenirlos dependerá la salud de las futuras generaciones.

Los efectos de la contaminación ambiental sobre nuestra salud

La contaminación ambiental es un fenómeno que afecta directa e indirectamente la salud de las poblaciones, no sólo de seres humanos, pues también altera el equilibrio de los ecosistemas. En general, las personas y los animales de vida silvestre están expuestos a mezclas de más de dos sustancias tóxicas. Este contacto con contaminantes tóxicos puede darse durante procesos de producción, distribución o utilización de productos como medicamentos, alimentos, productos de limpieza, insecticidas, pesticidas, formulaciones industriales y artículos para el hogar, o bien cuando éstos son desechados al ambiente. Los casos de exposición a un solo producto tóxico son raros, y pueden presentarse debido a la actividad laboral o descubrirse en estudios con animales de laboratorio, aunque prácticamente no se observan en animales de vida silvestre.

Actualmente se sabe que la mayoría de los seres vivos residen en áreas donde la contaminación ambiental es superior a los límites establecidos como saludables. Diferentes organizaciones dedicadas a la protección e investigación en materia de salud y del ambiente, como la Organización Mundial de la Salud, la Agencia Estadounidense de Protección del Ambiente y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer han estimado que millones de personas y animales están expuestos a niveles elevados de compuestos tóxicos y que éstos pueden estar



presentes en el ambiente de cielo abierto, en el agua, en el suelo, en el interior de las casas o en el lugar de trabajo de muchas personas. Como es de suponer, el tipo de compuestos tóxicos presentes y su concentración en el ambiente dependerá estrechamente del nivel de desarrollo industrial de cada país, de la actividad industrial predominante y de las medidas de protección al ambiente que tenga.

Las alteraciones que producen algunas sustancias sobre la salud son relativamente fáciles de reconocer y evaluar, sobre todo cuando estos efectos son inmediatos, como en los envenenamientos o las intoxicaciones agudas, los problemas respiratorios o en la piel. Es mucho más difícil establecer una asociación causa-efecto cuando el agente tóxico produce daños a la salud después de un tiempo largo o cuando las manifestaciones metabólicas, fisiológicas o patológicas aparecen mucho tiempo después de la exposición. Es el caso de algunas sustancias tóxicas que inducen afecciones cardiovasculares o cáncer.

Las alteraciones que se presentan en los organismos por contacto con un ambiente contaminado dependen del tipo de compuestos que se encuentren en las mezclas, de la vía

de contacto, de la concentración, de la duración de la exposición a estos compuestos y del tipo de metabolismo del organismo expuesto. El contacto con estos compuestos tóxicos puede ocurrir por inhalación o por vía oral, ya sea en el agua o por el consumo de alimentos contaminados.

Actualmente se conocen numerosos estudios que están relacionados con los efectos que producen algunos compuestos tóxicos en humanos y en otros organismos. Esta recolección de datos comenzó en diferentes partes del mundo aproximadamente en 1950, y los estudios que han demostrado que la exposición a niveles elevados de hidrocarburos aromáticos, dióxido de carbono, de nitrógeno o de azufre, metales pesados y ambientes con una densidad muy alta de partículas suspendidas de diversa naturaleza, pueden alterar funciones metabólicas y causar enfermedades o incluso la muerte en humanos, animales de experimentación e incluso en animales de vida silvestre.

Al cabo de tantos años de investigación se ha estimado que tan sólo la actividad humana involucra el uso frecuente de más de 80 mil sustancias diferentes y que anualmente se introducen o se modifican en su formulación aproximadamente 2 mil compuestos, que en su mayoría son tóxicos. Debido a esto se han dado a conocer los listados de sustancias peligrosas y los límites que no deben rebasarse para no poner en riesgo la salud. Esta lista de sustancias tóxicas liberadas al ambiente parece casi infinita, y las repercusiones que se han originado en el medio ambiente y la salud muestran gran variación día tras día.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Los hidrocarburos (compuestos formados por cadenas de carbono e hidrógeno, como los que se encuentran en el petróleo y sus derivados) son contaminantes frecuentes en el ambiente, debido a que se liberan durante procesos naturales como la actividad volcánica y porque se emplean en la fabricación de un sinnúmero de productos. Esto causa que estén presentes con regularidad en el agua, suelo, vegetales y hasta en tejidos animales y humanos.

Se ha demostrado que casi todos los hidrocarburos son cancerígenos y que son capaces de inducir alteraciones genéticas que tienen repercusiones graves en los organismos. La toxicidad causada por hidrocarburos ha sido estudiada ampliamente en animales para la experimentación, con motivo del incremento de enfermedades en vías respiratorias de tipo alérgicas, en piel y algunos tipos de cáncer que han sido observados en



personas que trabajan o residen en zonas muy contaminadas por hidrocarburos.

Las personas que se encuentran en ambientes contaminados con bajas concentraciones de hidrocarburos pueden desarrollar irritación de ojos, mucosa nasal, vías respiratorias altas, garganta y piel. Los pacientes asmáticos agravan su condición al tener contacto con este tipo de compuestos. En personas que no tienen asma, puede observarse dificultad para respirar (disnea), tos, espasmo en el pecho o respiraciones entrecortadas. Los síntomas que se presentan por exposición a hidrocarburos en altas concentraciones pueden ser vértigo, náuseas, vómito, irritación estomacal, somnolencia, taquicardia, cefalea, angustia, confusión, depresión y en algunos casos hasta la pérdida del conocimiento, convulsiones o muerte. Algunos estudios recientes han postulado que la exposición a concentraciones altas de hidrocarburos puede incluso propiciar el impulso suicida en algunas personas. De hecho, los estados de México que tienen índices elevados de suicidios son los que tienen más problemas de contaminación ambiental.

A finales de la década de los noventa se realizó un estudio comparativo en diferentes regiones de Italia; en esta investigación se evaluó la respuesta inmunitaria en dos pobla-

ciones. Una era una región no contaminada, y su población no tenía exposición laboral a compuestos tóxicos. La otra región era un área muy contaminada con hidrocarburos y partículas suspendidas, producto del tráfico vehicular y la actividad industrial de la zona. Al comparar ambas poblaciones se encontró que las células mononucleares de la sangre periférica de las personas expuestas a compuestos tóxicos ambientales producían espontánea y significativamente tanto interferón gamma como interleucina 4. El interferón gamma es una citocina, molécula mensajera del sistema inmunitario que está relacionada con la actividad de los macrófagos en las respuestas inmunitarias tanto innatas como adaptativas; la interleucina 4 es otra citocina, relacionada con la estimulación de la producción de anticuerpos y la inhibición de algunos macrófagos. Estos hallazgos sugieren que los ambientes contaminados pueden provocar alteraciones en la respuesta inmunitaria.



Hemos comenzado a ver a la contaminación ambiental como un proceso transicional normal del desarrollo, y poco se ha reflexionado en relación con medidas de prevención fundamentadas en la investigación de la preservación del medio ambiente.

En la actualidad se emplean con mucha frecuencia algunas mezclas de hidrocarburos que tienen la capacidad de alterar la salud de poblaciones grandes debido a que pueden dispersarse en el ambiente. Tal es el caso de cierto combustible para aeronaves conocido como JP-8, cuya fórmula exacta se desconoce, pero

El humo de tabaco no sólo es una mezcla de más de 20 tipos de hidrocarburos aromáticos con los que son tratadas las hojas del tabaco; también contiene una gran cantidad de partículas que son producto de la combustión de la materia orgánica que está mezclada con las hojas del tabaco

cuyos efectos en humanos y animales experimentales se han estudiado por años. Cuando los trabajadores de aeropuertos se exponen al JP-8, después de algunos minutos de inhalación presentan bronco-espasmo, náuseas, cefalea, fatiga muscular e irritación de los ojos que puede convertirse en conjuntivitis. Cuando la vía de exposición es a través de la piel, el JP-8 se absorbe rápidamente y puede provocar una reacción inflamatoria casi inmediata, y también disminuir la respuesta inmunitaria.

En modelos experimentales se ha observado que este compuesto, administrado por vía oral, produce aumento en el tamaño del hígado y disminución en el peso del timo, así como



una disminución en la respuesta inmunitaria en ratones. Esto se pudo demostrar a través de experimentos realizados en roedores, a los cuales se les inocularon virus y bacterias y fueron tratados con diferentes dosis de JP-8. Después de varios días de tratamiento, la mayor parte de los animales presentaron infecciones severas; algunos de ellos murieron por esta causa, a diferencia del grupo de animales que sólo fueron inoculados con los agentes infecciosos y que nunca tuvieron contacto con el JP-8. Este grupo de roedores pudo resolver sus cuadros infecciosos al paso de algunos días sin tratamiento.

El humo de tabaco no sólo es una mezcla de más de 20 tipos de hidrocarburos aromáticos con los que son tratadas las hojas del tabaco; también

contiene una gran cantidad de partículas que son producto de la combustión de la materia orgánica que está mezclada con las hojas del tabaco. Este humo de cigarro, que contiene muchos compuestos cancerígenos afecta no sólo al fumador, sino también a las personas que se encuentran cerca de él, debido a que normalmente se libera en espacios cerrados. Esto hace más eficiente su ingreso al organismo, ya sea por inhalación o través de la piel. Incluso una gran cantidad de personas han muerto por cáncer de pulmón debido a la exposición a humo de cigarro en forma pasiva, es decir, por convivir con fumadores.

El vinil-benceno es un hidrocarburo que no se encuentra en ninguna fuente natural; es parte de la composición del humo del cigarro, del humo que producen los vehículos de combustión interna y en pequeñas cantidades se usa como saborizante de nieves, helados y algunos dulces. Los humanos nos exponemos a concentraciones bajas de vinil-benceno de muchas formas: al respirar aire ambiental, en la comida y en el agua para beber. También hay exposición laboral a este hidrocarburo, porque se usa con mucha frecuencia en la fabricación de polímeros y copolímeros (plásticos) como el poliestireno, latex, resinas, aislantes y caucho. Al vinil-benceno se le ha clasificado como un compuesto genotóxico y cancerígeno, debido a que induce un incremento en la frecuencia de aberraciones cromosómicas y múltiples alteraciones en el ácido desoxirribonucleico (ADN) que constituye los genes. Las personas expuestas a este compuesto pueden presentar pérdida de memoria, dificultad para concentrarse o para estudiar y daño en el sistema nervioso, médula ósea, hígado, riñón y en el sistema reproductor. También se ha observado una disminución importante en la

respuesta inmunitaria de las personas crónicamente expuestas a este hidrocarburo, que se manifiesta por infecciones recurrentes o la presencia de tumores malignos.

Dióxido de carbono (CO₂)

Este gas incoloro e inodoro se forma en todos los procesos de combustión de sustancias que contienen carbono. En ambientes interiores no industriales, sus principales fuentes son la respiración humana y el tabaquismo. Los niveles de dióxido de carbono también pueden incrementarse por la existencia de otras combustiones (preparación de alimentos y equipos de calefacción) o por la proximidad de vías de tráfico o zonas industriales.

Aunque el dióxido de carbono no está considerado como un agente potencialmente tóxico o cancerígeno, al desplazar al oxígeno y en concentraciones superiores a 30 mil partes por millón puede causar alguno o varios de los siguientes síntomas: vasodilatación cerebral, dolor de cabeza, náuseas, mareo, sudoración, temblor, somnolencia, confusión mental, aumento de la presión arterial e incluso narcosis, bronco-espasmo, asfixia y muerte, en función de la concentración y del tiempo de exposición.

En el aire de cielo abierto, la concentración de dióxido de carbono es de entre 300 y 400 partes por millón, y en zonas urbanas puede alcanzar concentraciones de hasta 550 partes por millón. La concentración límite de exposición profesional para periodos diarios de 8 horas es de 5 mil partes por millón; la concentración límite para exposiciones cortas (15 minutos) es de 15 mil partes por millón. Estos niveles de dióxido de carbono son difíciles de encontrar en ambientes interiores no industriales como oficinas, escuelas y servicios en general. En la práctica, en estas áreas se encuentran valores de 2 mil y hasta 3 mil partes por millón. Si se superan estos niveles puede deberse a una combustión incontrolada, en cuyo caso el riesgo para la salud puede no ser debido al dióxido de carbono sino a la presencia de otros subproductos de la combustión, principalmente el monóxido de carbono, cuyo límite de exposición es muy inferior (25 partes por millón).

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas muy tóxico que se produce por la combustión de hidrocarburos como la gasolina. Es uno de los componentes de las mezclas de hidrocarburos que son producto de la combustión interna de los vehículos o



Las comunidades humanas actuales han nacido y crecido en un mundo contaminado. Otras generaciones del pasado, les quitaron el derecho de conocer a la naturaleza como antes era, sin basura, sin contaminantes tóxicos, con animales silvestres y vegetación. ¿Cómo será el mundo en el futuro, después de las acciones que nosotros ejercemos sobre la naturaleza?



de máquinas pequeñas que funcionan con gasolina o diesel. Este hidrocarburo tiene la facilidad de acumularse rápidamente en áreas que aparentemente tienen buena ventilación y es difícil percibir su presencia, ya que no es irritante y carece de color y olor, razón por la cual una persona expuesta puede caer inconsciente y quedar incapacitada para pedir ayuda.

El mecanismo de acción del monóxido de carbono se inicia cuando este compuesto se une a la hemoglobina de la sangre para formar carboxihemoglobina; reemplaza al oxígeno y disminuye la capacidad de la sangre para transportarlo dentro del organismo. Existen factores que pueden determinar la severidad de una intoxicación con monóxido de carbono, como su concentración en el ambiente, el tiempo de exposición y sobre todo la actividad que se esté realizando durante la exposición, la cual condiciona la frecuencia respiratoria, que es un factor importante en la captación de monóxido de carbono por el organismo.

En general los síntomas que se presentan inicialmente por intoxicación con monóxido de carbono, a una concentración de entre 80 a 100 partes por millón, son debilidad muscu-



¿Cuántas generaciones hacen falta para que nos demos cuenta que estamos extinguiendo a la especie humana?

lar, arritmias (latidos cardiacos irregulares) y, cuando la concentración alcanza entre 100 y 200 partes por millón, se presentan dolor de cabeza, mareos, confusión y náusea, que son intermitentes y pudieran pasar desapercibidos o ser confundidos con malestares asociados a otras enfermedades como gripe o problemas gastrointestinales. Estos síntomas pueden presentarse por varios días o hasta semanas después de la exposición al monóxido de carbono. Las personas que tienen enfermedades cardiovasculares o hipertensión tienen un riesgo mayor de morir por intoxicación con monóxido de carbono, así como los bebés de mujeres embarazadas que se exponen a monóxido de carbono por largos periodos de tiempo. La exposición a concentraciones superiores a 700 partes por millón por periodos de poco más de una hora provocan otros efectos mucho más graves en el sistema nervioso central, como estados comatosos y muerte.

Conclusiones

Los trabajadores pueden llevar sustancias peligrosas del trabajo a la casa en la ropa, el cuerpo, las herramientas y otros artículos. Sin darse cuenta, los trabajadores pueden exponer a sus familias a estas sustancias y afectar su salud. Eso también puede ocurrir cuando la casa y el lugar de trabajo no están separados, como ocurre en las granjas.

Muchas personas fabrican, procesan o desechan compuestos peligrosos al medio ambiente sin tener información, capacitación o responsabilidad para hacerlo, de manera que el ambiente se ha convertido en un reservorio de compuestos tóxicos que han alterado gravemente los ecosistemas y las comunidades humanas. Los alimentos producidos para el consumo humano y animal se producen y se consumen con sustancias que son adversas para la salud y potencialmente carcinogénicas, como los pesticidas, sin que se tenga una certidumbre del tipo y de la concentración que alcanzan estos compuestos en los alimentos o el agua.

Hace falta que se informe y se convenza a la comunidad de que la contaminación ambiental es un problema grave que nos afecta a todos, y que las consecuencias de las actividades de generaciones pasadas las estamos padeciendo actualmente, con el incremento de la frecuencia de enfermedades crónico-degenerativas, alergias, infecciones y cáncer. Hace falta que las poblaciones humanas recapaciten que si no hay un mejoramiento del ambiente, basado en cambios de actitud en los procesos de industrialización y hábitos de transporte, alimentación y de desecho y reciclaje de materiales, cada vez que respiramos,

comemos o tomamos agua estamos incrementado nuestro riesgo de enfermar y morir por causa de la contaminación del ambiente que hemos consolidado al paso de los años y que en lo futuro será mucho más grave.

Mucho se ha documentado acerca de las miles de especies de plantas y animales que debido a la actividad humana se han extinguido del planeta, y hasta se han desarrollado campañas exitosas para preservar algunas especies que están en riesgo. Los ambientalistas nos preguntamos con frecuencia cuántos niños malformados tienen que nacer, cuántos con enfermedades intratables que mueren en los primeros meses de vida, cuántos niños y personas tienen que morir por cáncer, cuántas personas tienen que vivir con una salud deteriorada, cuántas generaciones más habrá que esperar para que hagamos conciencia: ¿hasta cuándo el ser humano iniciará una campaña para la preservación de la especie humana?

Ruth de Celis Carrillo es investigadora y jefa del Laboratorio de Oncología Ambiental de la División de Inmunología en el Centro de Investigación Biomédica de Occidente, del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Obtuvo la maestría en biología de la reproducción por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el doctorado en ciencias biomédicas por la Universidad de Guadalajara. Su principal línea de investigación es la asociación de las condiciones de contaminación ambiental con la patología y factores de riesgo de presentación de tumores, principalmente malignos, en la población humana. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores.
ruthdecelis@hotmail.com

Alejandro Bravo Cuellar es investigador y jefe de la División de Inmunología del Centro de Investigación Biomédica de Occidente del IMSS. Obtuvo la maestría en ciencias médicas en la Universidad de Guadalajara, y el doctorado en ciencias en la Universidad de Lyon, Francia. Su principal línea de investigación es la inmunología del cáncer, particularmente de linfomas, y la interacción de algunos fármacos con la inhibición del desarrollo y crecimiento de tumores malignos en la población humana. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores.
abravoc@prodigy.net.mx

Verónica Preciado Martínez es estudiante de maestría en ciencias, adscrita para el desarrollo de su protocolo de investigación en el Laboratorio de Oncología Ambiental del Centro de Investigación Biomédica de Occidente del IMSS.
veronica_preciado2001@yahoo.com

Ariana Díaz Guerrero es estudiante de maestría en ciencias, adscrita para desarrollo de su protocolo de investigación en el Laboratorio de Oncología Ambiental del Centro de Investigación Biomédica de Occidente del IMSS.
ariana_diga@hotmail.com

Bibliografía

- Agency for toxic substances and disease registry (2002), "Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)", en *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)*, Atlanta, G. A.
- De Celis R. y A. Feria-Velasco (2004), "Efecto de la contaminación ambiental por hidrocarburos sobre la respuesta inmune", en Zaitseva G., A. Orozco y J. Peregrina (editores), *Inmunidad y ambiente*, Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, pág. 218.
- Environmental Protection Agency of the United States (1994), "American conference of governmental industrial hygienists", en *Threshold limit values and biological exposure indices for 1993-1994*, Cincinnati, Ohio.
- Gammon M. D., S. M. Eng y S. L. Teitelbaum (2004), "Environmental tobacco smoke and breast cancer incidence", *Environ. Res.*, 96(2): 176-185.
- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), (2005), *Evaluación de sustancias peligrosas para la salud*, Washington, D.C.
- McElroy, J. A. (2004), "Potential exposure to PCBs, DDT, and PBDEs from sport-caught fish consumption in relation to breast cancer risk in Wisconsin", *Environ. Health Perspect.*, 112(2): págs. 156-62.
- Office of Technology Assessment (1995), "Congress screening and testing chemical in commerce", en *OTA-BP-ENV-166*, Washington, D.C., pág. 385.
- Office of Technology Assessment (1998), *Health and environment. The health and environment handbook for health professionals*, Ontario, Canada, Minister of Health of Canada, pág. 322.
- Yu H. (2002), "Environmental carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons: photochemistry and phototoxicity", *J. Environ. Sci. Health Part C Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.*, 20(2): 149-183.