

# Confusión por el cadmio

## ¿Los consumidores necesitan protección?\*



\* Publicado originalmente en *Environmental Health Perspectives*, volumen 118, número 12, diciembre 2010, páginas A528-A534.

foto: ©AP Photo/Adam Lau



**E**n el último año el cadmio ha surgido como un tema importante en los medios debido a una oleada de retiros de la circulación de productos de gran popularidad suscitados por la presencia de cadmio en bisutería, juguetes, pinturas y otros artículos comunes. En la primavera de 2010 varias compañías dirigidas al mercado de las preadolescentes, entre ellas las tiendas Claire's, Wal-Mart y Dress Barn (dueña de las tiendas de ropa para niñas Justice and Limited Too), retiraron del mercado collares, aretes y pulseras tras descubrirse que los productos contenían niveles sustanciales de cadmio. Después, en junio, McDonald's retiró del mercado 12 millones de vasos de "Shrek".

Para el final del verano, la Agencia de Protección del Ambiente de EU (EPA) había recibido una petición de acuerdo con la sección 21 de la Ley para el Control de las Sustancias Tóxicas respecto al cadmio en los productos de consumo, en especial en la bisutería infantil.<sup>1</sup> Los peticionarios argumentaban que los niños están particularmente en riesgo de expo-

**La retirada del mercado de 12 millones de vasos por la empresa McDonald's en 2010 llamó la atención del público hacia el cadmio. Se utilizan pigmentos a base de cadmio para crear rojos, amarillos, naranjas y marrones; así, las porciones amarillas y naranjas de los diseños de los vasos fueron las que presentaron mayores concentraciones de cadmio, según un defensor de los consumidores que analizó los vasos valiéndose de un escáner XRF.<sup>45</sup>**

sición oral al cadmio y solicitaron a la EPA que exigiera datos de salud y seguridad sobre los compuestos de cadmio en los productos de consumo y regulara su uso en la bisutería de juguete metálica. A principios de año, varios grupos de consumidores habían pedido a la EPA y a la Comisión para la Seguridad de los Productos de Consumo de EU (CPSC) que prohibieran el cadmio en los productos para niños, utilizando las mismas reglas que se aplican para el plomo, a menos que se pudiera establecer un nivel seguro de este metal.

Sin embargo, en octubre la CPSC anunció que no impondría entonces límites obligatorios a la cantidad de cadmio que puede utilizarse en los productos para niños, pero hacía recomendaciones sobre los niveles de "ingesta diaria aceptable" del metal pesado.<sup>2</sup> Un público perplejo leyó en los periódicos que "los vasos de Shrek estaban bien".<sup>3</sup>

En medio del estira y afloja legislativo, los consumidores se preguntan: "Pero ¿y qué es el cadmio? ¿Por qué está surgiendo en tantos productos? Y ¿es peligroso, o no?" La evidencia científica sugiere enfáticamente que el cadmio es una sustancia considerablemente tóxica para el ser humano. Y si bien artículos como los que fueron retirados del mercado en 2010 no representan las peores fuentes de exposición para la mayoría de la gente, habría que evitar cualquier exposición al cadmio.

### Fuentes y exposición

El cadmio suave y de color blanco plateado es relativamente barato porque es un subproducto del procesamiento de metales más valiosos, tales como el zinc y el cobre. El cadmio se utiliza en las aleaciones de metales para incrementar la fuerza, la resistencia al uso, la maleabilidad o estas tres cualidades, o bien para bajar el punto de fusión. Se utilizan pigmentos a base

de cadmio para crear tintes, pinturas, plásticos y cerámica de color amarillo brillante, naranja, rojo y marrón. El metal se utiliza para producir baterías de níquel y cadmio y para galvanizar y electroplatear. Puede encontrarse en los conductores eléctricos, productos de cloruro de polivinilo (PVC), fotoceldas, llantas, radiadores para automóviles, componentes electrónicos y elementos calefactores. Está naturalmente presente en diversas concentraciones en la roca de fosfato extraída para ser utilizada como fertilizante.<sup>4</sup>

Además de la fusión de los minerales de zinc, plomo y cobre, el cadmio es liberado por las emisiones volcánicas y por la quema de combustibles fósiles y de biomasa.<sup>4</sup> El cadmio transportado por el aire se deposita en la tierra cultivable, de la que es absorbida por los cultivos de tabaco y alimentos.<sup>4</sup> Si bien los avances en las tecnologías para la producción, uso y desecho del cadmio han reducido las emisiones atmosféricas desde los años 1960, el cadmio no se degrada

en el medio ambiente, de modo que las concentraciones en éste continúan incrementándose como resultado de las actividades humanas.<sup>5</sup> La Ley de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Ambiental asigna al cadmio el séptimo lugar (de 275) en su lista prioritaria de materiales peligrosos.<sup>6</sup>

Los trabajadores de la industria de los metales no ferrosos pueden verse sumamente expuestos al polvo y a vapores de cadmio, pero en la mayoría de los casos la exposición se da a través de la ingestión de alimentos contaminados y de la inhalación activa o pasiva del humo de tabaco.<sup>7</sup> Se ha calculado que más del 80% de la ingesta de cadmio proviene de cereales (especialmente arroz y trigo), verduras (en especial las verduras de hoja) y raíces (especialmente papas y zanahorias); los moluscos y crustáceos también pueden acumular altas concentraciones de cadmio.<sup>8</sup> En las plantas contaminadas, las hojas son las que suelen presentar las concentraciones más altas de cadmio; les siguen las raíces/tubérculos, las

semillas/granos y, por último, las frutas carnosas.<sup>9</sup>

Las personas que tienen bajas reservas de hierro son especialmente vulnerables a los efectos adversos del cadmio: la deficiencia crónica de nutrientes puede dar como resultado la regulación a la alta de los sistemas para optimizar la captación de los nutrientes faltantes, y ello puede ocasionar la captación de cadmio a través de algunos de estos sistemas.<sup>7,10</sup> Las personas que padecen hipertensión también pueden estar en mayor riesgo.<sup>11</sup>

Lars Järup, profesor adjunto emérito de medicina ambiental y salud pública del Colegio Imperial de Londres, señala que los niños que usan bisutería que contiene cadmio o que beben de vasos contaminados con cadmio no necesariamente se ven expuestos a menos que haya una vía de exposición, por ejemplo, si el niño o niña muerde un dije de metal. Por otra parte, este comportamiento es bastante común en los niños, de ahí la preocupación.



foto: © AP Photo/U.S. Consumer Product Safety Commission

## Efectos sobre la salud humana

El cadmio tiene efectos bien establecidos sobre los riñones, los huesos y los pulmones; se tiene menos evidencia de sus efectos neurotóxicos, teratogénicos o alteradores del sistema endocrino.<sup>12</sup> Incluso una exposición crónica relativamente baja puede causar daños irreversibles a los túbulos renales, que pueden dar lugar al daño glomerular y a la insuficiencia renal; con frecuencia se observa pérdida de hueso junto con estos efectos.<sup>8</sup> Con mucha frecuencia se observan efectos pulmonares, en particular el cáncer de pulmón, en las poblaciones ocupacionalmente expuestas.<sup>7</sup> En un amplio estudio epidemiológico, la exposición al cadmio se asoció significativamente con niveles elevados de proteína C reactiva y fibrinógeno, lo que sugiere que el cadmio podría contribuir a la diabetes, a la enfermedad cardiovascular y a otros problemas de salud relacionados con inflamación.<sup>13</sup>

Muchos estudios realizados al correr de los años han mostrado evidencias de que el cadmio puede contribuir a la aparición de cánceres de riñón y de próstata en seres humanos.<sup>14</sup> Un número limitado de estudios epidemiológicos han examinado las asociaciones entre el cadmio y el desarrollo de otros cánceres dependientes de hormonas como los de mama y endometrio. En uno de estos estudios se descubrió que las mujeres que se encuentran en el cuartil más alto de exposición al cadmio tenían el doble de probabilidades de tener un diagnóstico de cáncer de mama comparadas con las que se ubican en el cuartil más bajo.<sup>15</sup> Otros estudios epidemiológicos han observado asociaciones con cánceres de vejiga y de páncreas.<sup>16</sup>

Curiosamente, se ha demostrado que el cadmio activa los receptores de andrógeno así como los de estrógeno, lo que hace de él un metal-hormona sumamente versátil. Mary Beth Martin, profesora investigadora del Centro Oncológico Lombardi de la

Universidad de Georgetown, explica esto en términos de las semejanzas entre los dominios de unión al ligando del receptor de andrógeno y del receptor alfa de estrógeno. Algunos estudios sugieren que el cadmio puede tener efectos específicos para cada sexo. Un análisis de los datos de la Tercera Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de EU sugirió un incremento del 28% en la mortalidad por todas las causas para los hombres del tercio con mayor exposición al cadmio (según reflejan los niveles urinarios de cadmio) en comparación con los hombres menos expuestos.<sup>17</sup> Sin embargo, no se asoció el cadmio con un incremento de la mortalidad entre las mujeres en general, aun cuando las mujeres como grupo presentaran niveles urinarios más altos de cadmio que los hombres.

Debido a que la comprensión que se tiene actualmente de los efectos biológicos del cadmio y de las enfermedades que provoca se basa principalmente en los resultados obtenidos por la exposición a dosis

foto: © AP Photo/U.S. Consumer Product Safety Commission



Por lo que respecta a la contaminación de la bisutería infantil con cadmio, el principal motivo de preocupación no es la toxicidad aguda sino los efectos potenciales a largo plazo de la introducción de una sustancia tóxica que puede permanecer en el cuerpo de los niños hasta que alcanzan la edad adulta. Los niños tienden más que los adultos a morder o chupar los adornos de metal, y pueden transferirse cantidades microscópicas de cadmio en la superficie de un artículo a los dedos de los niños y después a su boca. “El problema con los niños es que captan el cadmio con mayor facilidad que los adultos, y sus órganos son más pequeños”, dice el biólogo investigador emérito George Kruzynski. “No necesitan una ‘ventaja’ de acumulación.”

altas, estos datos podrían representar tan sólo la punta del iceberg de la toxicidad del cadmio, dice Jean-Marc Moulis, científico investigador de la División de Ciencias de la Vida de la Comisión Francesa de Energía Atómica y Energías Alternativas y redactor invitado de una serie de reseñas sobre la toxicidad del cadmio recientemente publicadas en *BioMetals*.<sup>5</sup> Es más, dice Soisungwan Satarug, asesor de investigación del Centro de Investigación de Enfermedades Renales Crónicas de Brisbane, Australia, “Esos datos señalan a una gran carga de enfermedad asociada con la exposición al cadmio en niveles experimentados por muchas poblaciones en todo el mundo.”

La determinación de los riesgos potenciales de cáncer por exposición a una dosis baja, ¿se puede extrapolar de las exposiciones ocupacionales a dosis altas? Michael Walkes, toxicólogo investigador del Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental, señala que los cambios de adaptación que pueden ocurrir con el cadmio significan que la reacción de las células objetivo al cadmio puede ser totalmente diferente dependiendo de la cantidad de metal a la que se vean expuestas. “Es probable que los cambios adaptativos al cadmio que ocurren en la mayoría de las células les permitan manejar niveles bajos de exposición”, dice. “Sin embargo, es posible que no todas las células se adapten al cadmio, o que no todas lo hagan en la misma medida.”

### Acción de la CPSC

A muchos consumidores les desconcertó que no había reportes de niños que hubieran enfermado de hecho debido al cadmio presente en la bisutería retirada del mercado,<sup>2</sup> pero esto no es de extrañar, dada la toxicología del metal. George Kruzynski, biólogo investigador emérito del Ministerio de Pesca de Canadá explica: “Tenemos en mente que es la ingestión

crónica y por ende la retención con el correr del tiempo lo que ocasiona problemas. En aquellas situaciones en las que no hay una exposición ocupacional, el marco temporal se mide en décadas. El problema con los niños pequeños es que captan el cadmio con mayor facilidad que los adultos, y sus órganos son más pequeños. No necesitan una ‘ventaja’ de acumulación.”

El 19 de octubre de 2010 la CPSC anunció que, en lugar de imponer límites obligatorios a la exposición al cadmio, se adheriría a las recomendaciones del grupo normativo del sector privado ASTM Internacional, que durante varios meses ha estado designando límites voluntarios. Scott Wolfson, vocero de la dependencia, explica que, según la Ley de Seguridad de los Productos de Consumo,<sup>18</sup> se exige a la CPSC que dé a las organizaciones normativas voluntarias como la ASTM Internacional una oportunidad de presentar una “norma consensual” nueva o revisada cuando se identifica un tema de preocupación emergente.

“Si esa organización se niega a retomar el asunto, o no responde oportunamente, o bien, presenta una norma inaceptable para la CPSC o una que no proteja la seguridad de los niños, entonces estaríamos autorizados a establecer una reglamentación obligatoria”, señala Wolfson. Es más, dice, la Ley para el Mejoramiento de la Seguridad de los Productos de Consumo de 2008<sup>19</sup> añadió una estipulación de que la CPSC debe volver obligatorias todas las normas voluntarias de los juguetes si el personal de la dependencia considera que el cambio es en beneficio de la seguridad de los niños; esta conversión puede hacerse en cuestión de semanas.

El mismo día en que anunció esto, la CPSC publicó un informe del personal en el que se recomendaban nuevos lineamientos sobre el cadmio y se calculaba que un nivel de ingesta diaria aceptable, para la exposición

crónica, es de 0.1 µg por kg de peso corporal por día.<sup>20</sup> Esta cantidad es la misma que en 2008 la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) estableció como el nivel de riesgo mínimo para la exposición oral crónica,<sup>21</sup> y la recomendación se centra principalmente en las exposiciones potenciales en caso de que un objeto de cadmio fuera tragado y sometido a la acción del ácido gástrico.<sup>22</sup> La agencia envió su informe del personal y sus recomendaciones a los representantes de la Asociación de la Industria de los Juguetes<sup>23</sup> y de la Asociación de Comercio de Bisutería y Accesorios<sup>22</sup> que participan en los paneles de la ASTM Internacional que establecen las normas de seguridad. Se espera que las normas voluntarias queden establecidas en el año 2011.

A falta de reglas nacionales formales, algunos estados han procedido a imponer sus propios límites a la cantidad de cadmio en la bisutería infantil. El 27 de septiembre de 2010 el gobernador de California, Arnold Schwarzenegger, firmó una ley que prohibirá la fabricación, envío o venta de bisutería para niños menores de siete años si cualquiera de los componentes de la misma contiene más del 0.03% de cadmio por peso.<sup>24</sup> También se han aprobado leyes que limitan el cadmio en la bisutería en Connecticut, Illinois y Minnesota,<sup>2</sup> y Canadá está solicitando la prohibición voluntaria del cadmio en la bisutería infantil.<sup>25</sup>

La agencia china de seguridad para el consumidor ha informado que también planea hacer más estrictas sus regulaciones sobre el cadmio. “Los fabricantes chinos serán considerados responsables de la seguridad de sus productos”, dijo a *The Wall Street Journal* Zhi Shuping, director de la Administración General de Supervisión de Calidad, Inspección y Cuarentena de China.<sup>26</sup> En un análisis químico de juguetes realizado en el otoño de 2010 por el Centro de Salud, Medio

Ambiente y Justicia y por la Oficina de Asuntos del Consumidor del Sindicato de Transportistas, 98% de los juguetes sometidos a pruebas estaban hechos en China.<sup>27</sup> La encuesta reveló que 1.4% de los artículos sometidos a prueba contenían cadmio, 5.8% contenían plomo, y 20.3% contenían evidencias de organotinas (otro estabilizador potencialmente preocupante).<sup>27</sup>

Los grupos de investigación y dependencias reguladoras están ahora lidiando con la pregunta de qué nivel de exposición es realmente seguro para los consumidores. En 2009, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria estableció una ingesta semanal tolerable en los alimentos de 2.5  $\mu\text{g}$  por kg de peso corporal.<sup>28</sup> Al año siguiente, el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) estableció un insumo mensual tolerable provisional en los alimentos de 25  $\mu\text{g}$  por kg de peso corporal.<sup>29</sup> Ambas dependencias planean publicar recomendaciones actualizadas sobre el cadmio en los próximos meses.

### Implicaciones para la industria alimentaria

Como contaminante común de los alimentos, el cadmio plantea a las agencias reguladoras riesgos particulares para equilibrar la salud pública con el bienestar económico. La industria de la acuicultura de mariscos de Columbia Británica es un ejemplo clásico de este dilema. Algunos moluscos que se alimentan por filtración tienden a acumular grandes cantidades de cadmio, y la geología y oceanografía naturales de esta parte de la costa canadiense hacen a los ostiones y vieiras que se cultivan en ciertas localidades de esa zona especialmente susceptibles a la contaminación con cadmio.<sup>30</sup>

El gobierno provincial ha alentado a las comunidades de las Primeras Naciones Indígenas de esa región a cultivar ostiones como una fuente de obtención de ingresos y de alimentación.<sup>30</sup> Sin embargo, los científicos preocupados por la exposición han instado a los consejos administrativos

a que recomienden reducir el consumo de ostiones en las comunidades costeras, particularmente por aquellas personas que forman parte de los grupos en riesgo.<sup>31</sup> Kruzynski dice que esto incluye a las comunidades indígenas, entre las que la prevalencia del hábito de fumar, la diabetes, el sobrepeso y la deficiencia de hierro—todos ellos factores que pueden incrementar la susceptibilidad a los efectos sobre la salud relacionados con el cadmio—tiende a exceder la de la población canadiense general.<sup>32,33</sup>

En un taller sobre el tema realizado en mayo de 2010, Kruzynski calculó que los individuos pueden ponerse en riesgo si comen más de un ostión por semana en comparación con el lineamiento de tres ostiones por semana establecido por el Ministerio de Salud de Canadá.<sup>31</sup> La industria de acuicultura de mariscos podría desarrollarse para convertirse en una fuerza impulsora de la economía para algunas comunidades costeras, dice Leah Bendell, profesora de ecotoxicología de la Universidad Simon Fraser;



foto: © Phil Deggenger/Alamy

pero es importante tener conciencia de la posibilidad de que los mariscos contengan altas concentraciones de cadmio y de los riesgos para la salud asociados con ellas. “El consumidor tiene derecho a esta información”, escribió en una reseña en 2010.<sup>34</sup> “Tanto los gobiernos provincial y federal como la industria tienen la responsabilidad de proporcionársela.”

Por fortuna, señala Kruzynski, los ostiones todavía no son un alimento básico para muchas comunidades de las Primeras Naciones Indígenas, pero las vieiras sí pueden serlo.<sup>35</sup> Añade: “El cultivo de los mariscos debe hacerse sólo en aquellos lugares donde se han tomado en cuenta los factores oceanográficos y geológicos y donde las pruebas preliminares sugieran que probablemente no exista el problema de que las especies que se cultiven allí contengan un elevado nivel de acumulación de cadmio.”

En Australia, los esfuerzos relacionados con el manejo del cadmio se han centrado en factores tales como los fertilizantes a base de fosfatos, considerados la principal fuente de cadmio en las tierras de cultivo.<sup>36</sup>

En 2002 se estableció un Comité Nacional de Minimización del Cadmio, formado por investigadores y representantes del gobierno y de la industria de los fertilizantes, con el fin de deliberar sobre el manejo del cadmio en el suelo a nivel nacional.

Entre otros logros derivados de este esfuerzo, actualmente la industria australiana de los fertilizantes elabora su producto utilizando fosfato de roca con menores concentraciones de cadmio. Esto minimiza la transferencia a través de la cadena alimenticia, así como la exposición a través de los alimentos. Mike McLaughlin, director de investigación científica de la Organización Científica, Industrial y de Investigación de la Mancomunidad de Australia señala que también se ha enfocado en los fertilizantes importados a base de fosfatos y de oligominerales bajos en cadmio. El proyecto dio como resultado asimismo el etiquetado uniforme de contenido de cadmio en los fertilizantes y mejores prácticas de manejo de éstos para minimizar la captación de cadmio por los cultivos.<sup>37</sup>

De lo que se trata a fin de cuentas, para Australia, es de contar con alimentos más seguros en casa y con una ventaja respecto a la competencia en el extranjero. En un folleto del gobierno se lee: “El cadmio tiende a convertirse en un factor cada vez más importante en las negociaciones comerciales internacionales a medida que los países establecen normas para controlar los residuos de cadmio en los alimentos.”<sup>38</sup>

Incluso en el rango de los suelos considerados como no contaminados (es decir, con niveles de cadmio por debajo de 1 mg/kg), la transferencia de cadmio del suelo a las plantas está estrechamente relacionada con el pH del suelo. A fin de disminuir la transferencia de cadmio a los cultivos para el consumo humano, Tim Nawrot, profesor de epidemiología ambiental de la Universidad Hasselt de Bélgica señala que los cultivadores deben mantener el pH de los suelos de cultivo y de los jardines lo más neutro posible. McLaughlin añade, “La salinidad del suelo también incrementa la captación de cadmio por los cultivos, de modo que centrarse en el



El contenido de cadmio de los alimentos terrestres varía mucho, dependiendo del suelo y de las condiciones de cultivo, los métodos agrícolas y la variedad de la planta cultivada. Asimismo, no todos los mariscos acumulan cadmio en la misma proporción ni en las mismas partes de su cuerpo. Una dieta variada y nutricionalmente balanceada puede contribuir a reducir la cantidad de cadmio que las personas absorben de los alimentos que consumen. “También será necesario hacer respetar de manera estricta los límites a la cantidad de cadmio en los alimentos, en particular en aquellos que mayor exposición representan para los consumidores, a fin de lograr una reducción total de la exposición”, dice Angelika Tritscher, de la Organización Mundial de la Salud.

foto: © John White Photos/Alamy

uso de suelos y aguas de riego de baja salinidad también es una importante estrategia de manejo del cadmio.” Una investigación realizada en la Universidad de Atenas encontró que las muestras de alimentos cultivados orgánicamente tenían valores de cadmio significativamente más bajos que las de los productos cultivados de manera convencional.<sup>39</sup> Sin embargo, debido a que muchos agricultores orgánicos a gran escala en Estados Unidos utilizan fertilizantes a base de fosfato de roca es posible que se requiera reexaminar las normas de la agricultura orgánica y realizar estudios para determinar si se puede confiar en que los productos orgánicos realmente contienen menos cadmio.<sup>40</sup> Es más, los sedimentos de las aguas residuales que se utilizan con frecuencia como una manera orgánica de mejorar los suelos para el cultivo de alimentos también pueden contener cadmio, pero de otra fuente: los desechos sólidos de consumidores que ingirieron alimentos contaminados.<sup>41</sup>

### Cómo reducir la exposición

El cadmio es una sustancia tóxica que permanece durante mucho tiempo en el cuerpo humano, por lo que la comunidad de investigadores coincide en que es necesario limitar las exposiciones al cadmio del mayor número posible de fuentes. “Debido a que el cadmio es un elemento que existe naturalmente, es imposible eliminar este metal del ambiente por completo”, dice Bruce Fowler, director científico adjunto de la División de Toxicología y Medicina Ambiental de la ATSDR, “pero hay muchas fuentes opcionales de cadmio que podrían eliminarse.”

“También será necesario hacer respetar de manera estricta los límites a la cantidad de cadmio en los alimentos, en particular en aquellos que mayor exposición representan para los consumidores, a fin de lograr

una reducción total de la exposición”, dice Angelika Tritscher, secretaria por la OMS del JECFA y de la Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas (JMPR). La Comisión del Codex Alimentarius ha recomendado límites internacionales para el contenido de cadmio en los alimentos para muchas verduras, granos, agua mineral, sal de grado alimentario y algunos moluscos.<sup>42</sup>

“La implementación de esas normas a nivel nacional, así como del monitoreo y el control, contribuirá a reducir la exposición de los consumidores y, junto con medidas dirigidas a las fuentes del cadmio para reducir la liberación de éste en el medio ambiente, redundará a largo plazo en una menor exposición y por ende en un menor riesgo para la salud”, dice Tritscher. La OMS también señala la necesidad de reciclar más el cadmio, controlar mejor las actividades de explotación de minas y manejo de desperdicios y promover condiciones de trabajo seguras para las personas que trabajan con productos que contienen cadmio.<sup>43</sup>

En ausencia de límites obligatorios, ¿cómo pueden protegerse los consumidores? Evitar o minimizar la ingesta de alimentos con un contenido típicamente elevado de cadmio es un paso que pueden dar los consumidores; sin embargo, muchos alimentos que acumulan cadmio son ricos en nutrientes importantes. Por fortuna, la ingesta adecuada de varios minerales esenciales, que incluyen hierro, calcio y zinc, pueden reducir la absorción del cadmio ingerido.<sup>7</sup>

“Las interacciones entre el cadmio y otros minerales pueden influir de maneras significativas sobre la toxicidad del cadmio”, dice Fowler. “Tales interacciones incluyen la inducción de metalotioneínas por zinc, que reduce la biodisponibilidad del cadmio, y la capacidad del zinc y del selenio de atenuar la formación de especies reactivas de oxígeno inducidas por el cadmio.” La mejor manera de

lograr reducir la absorción intestinal del cadmio, añade, es por medio de un nivel de hierro balanceado.

El dejar de fumar ciertamente reduce la ingesta de cadmio, pero incluso aquellos fumadores sumamente adictos al tabaco que no logran dejarlo pueden beneficiarse si reducen su ingesta en los alimentos.<sup>44</sup>

Para combatir la entrada de tierra con cadmio a los interiores, Nawrot recomienda reemplazar los tapetes con protectores de pisos que puedan limpiarse con agua o utilizando una aspiradora ciclónica con filtro HEPA a fin de evitar que las partículas pequeñas cargadas de cadmio sean emitidas de nuevo al aire. Sin embargo, advierte que no existe ninguna evidencia científica sólida del impacto de este tipo de intervenciones.

Las estrategias a gran escala, como dejar de utilizar fertilizantes a base de fosfatos, requerirán sustituciones innovadoras, así como esfuerzos para reorientar el sistema agrícola, como ha comenzado a hacer Australia. Es probable que las medidas industriales voluntarias sean de utilidad. La toma de conciencia por parte de los consumidores, conforme la gente aprende más acerca de las fuentes alimentarias del cadmio y de las estrategias para minimizar su ingesta total de cadmio, será aun más útil. No obstante, en última instancia la educación del público servirá sólo si se la combina con opciones para adquirir artículos y alimentos libres de cadmio.

**M. Nathaniel Mead,**

escritor científico radicado en Durham, NC,  
ha escrito para *EHP* desde 2002.

### Referencias y notas

1. Judy Braiman, Ed Hopkins, Caroline Cox, and Audrey Newcomb to Lisa Jackson and Inez Tenenbaum, 28 May 2010. Re: Citizen Petition to CPSC and EPA Regarding Cadmium in Consumer Products, Especially Toy Metal Jewelry. Disponible



- en: <http://tinyurl.com/2ecnvvs> [consultado noviembre 22, 2010].
2. Pritchard J. New Cadmium Guidelines Issued by U.S. Watchdog. *The Globe and Mail, Health & Fitness section* [edición en línea, 21 de octubre de 2010]. Disponible en: <http://tinyurl.com/33fxnbn> [consultado noviembre 22, 2010].
  3. Pritchard J. No Mandatory Cadmium Limits; Shrek Glasses Were OK. *Associated Press* (19 de octubre de 2010). Disponible en: <http://tinyurl.com/27ywhzc> [consultado noviembre 22, 2010].
  4. WHO. Environmental Health Criteria 134-Cadmium. *International Programme on Chemical Safety (IPCS), Monografía*. Ginebra, Suiza: World Health Organization, 1992. Disponible en: <http://tinyurl.com/29yactu> [consultado noviembre 22, 2010].
  5. Moulis JM, Thévenod F. *BioMetals* 23(5):763–768 (2010); doi:10.1007/s10534-010-9365-6.
  6. ATSDR. 2007 CERCLA Priority List of Hazardous Substances [página web]. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry [Actualizada el 1º de septiembre de 2009]. Disponible en: <http://tinyurl.com/5q8zv8> [consultado noviembre 22, 2010].
  7. Nawrot TS, et al. *BioMetals* 23(5):769–782 (2010); doi:10.1007/s10534-010-9343-z.
  8. Järup L, Åkesson A. *Toxicol Appl Pharmacol* 238(3):201–208 (2009); doi:10.1016/j.taap.2009.04.020.
  9. Horticulture Australia. *Vegenotes: Managing Cadmium in Vegetables*. Sidney, Nueva Gales del Sur: Horticulture Australia (2003). Disponible en: <http://tinyurl.com/2axnmem> [consultado noviembre 22, 2010].
  10. Satarug S, et al. *Environ Health Perspect* 118(2):182–190; doi:10.1289/ehp.0901234.
  11. Gallagher CM, Meliker JR. *Environ Health Perspect* 118(12):1676–1684 (2010); doi:10.1289/ehp.1002077.
  12. Nordberg GF, et al., eds. *Handbook on the Toxicology of Metals*. Tercera edición. Salt Lake City, UT: Academic Press (2007).
  13. Lin YS, et al. *Ann Epidemiol* 19(8):592–596 (2009); doi:10.1016/j.annepidem.2009.02.005.
  14. Waalkes MP. *Mutat Res* 533(1–2):107–120 (2003); doi:10.1016/j.mrfmmm.2003.07.011.
  15. McElroy JA, et al. *J Natl Cancer Inst* 98(12):869–873 (2006); doi:10.1093/jnci/djj233.
  16. Huff J, et al. *Int J Occup Environ Health* 13(2):202–212 (2007); PMID:17718178.
  17. Menke A, et al. *Environ Health Perspect* 117(2):190–196 (2009); doi:10.1289/ehp.11236.
  18. Public Law 92-573. *Consumer Product Safety Act*. 86 Stat 1207, 27 Oct 1972 (versión del 14 de octubre de 2008). Disponible en: <http://tinyurl.com/26x4av8> [consultado noviembre 22, 2010].
  19. Public Law 110-314. *Consumer Product Safety Improvement Act*. 122 Stat 3016 [14 de agosto de 2008]. Disponible en: <http://tinyurl.com/6y8zsq> [consultado noviembre 22, 2010].
  20. CPSC. *Staff Report: Cadmium in Children's Metal Jewelry*. Washington, DC: Consumer Product Safety Commission (2010). Disponible en: <http://tinyurl.com/2eop2fb> [consultado noviembre 22, 2010].
  21. ATSDR. *Minimal Risk Levels (MRLs) List* [página web]. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry [actualizada el 1º de marzo de 2010]. Disponible en: <http://tinyurl.com/253hg5d> [consultado noviembre 22, 2010].
  22. Letter from Colin Church to Brent Cleaveland, 19 Oct 2010. Disponible en: <http://tinyurl.com/2eop2fb> [consultado noviembre 22, 2010].
  23. Carta de Colin Church a Joan Lawrence, 19 de octubre de 2010. Disponible en: <http://tinyurl.com/26yktf98> [consultado noviembre 22, 2010].
  24. Pritchard J. *New Calif. Law Limits Toxic Cadmium in Jewelry*. *Associated Press* [28 de septiembre de 2010]. Disponible en: <http://tinyurl.com/28tz8sx> [consultado noviembre 22, 2010].
  25. Aglukkaq Calls for Voluntary Cadmium Ban. *CBC News/Radio-Canada, Health section* [edición en línea, 19 de octubre de 2010]. Disponible en: <http://tinyurl.com/264ywhv> [consultado noviembre 17, 2010].
  26. Burkitt L. *Beijing Plans to Boost Product-Safety Rules*. *Wall Street Journal, Asia Business section* [edición en línea, 27 de octubre de 2010]. Disponible en: <http://tinyurl.com/25o4spd> [consultado noviembre 17, 2010].
  27. CHEJ, IBT. *Toxic Toys "R" Us: PVC Toxic Chemicals in Toys and Packaging*. Falls Church, VA: Center for Health, Environment & Justice; Washington, DC: International Brotherhood of Teamsters (2010). Disponible en: <http://tinyurl.com/27xg39o> [consultado noviembre 22, 2010].
  28. Alexander J, et al. *EFSA J* 980:1–139 (2009). Disponible en: <http://tinyurl.com/2dvd8ag> [consultado noviembre 22, 2010].
  29. *FAO/WHO. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Seventy-Third Meeting*, Ginebra, 8-17 de junio de 2010. Resumen y conclusiones. *JECFA/73/SC*. Ginebra, Suiza: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Organización Mundial de la Salud (2010). Disponible en: <http://tinyurl.com/24zgwz3> [consultado noviembre 22, 2010].
  30. Kruzynski GM. *Toxicol Lett* 148(3):159–169 (2004); doi:10.1016/j.toxlet.2003.10.030.
  31. Bendell LI, et al. *Proceedings of the Workshop: Cadmium in Shellfish from the Pacific Northwest: Status and Health Concerns*. Burnaby, British Columbia: Simon Fraser University (2010). Disponible en: <http://tinyurl.com/2fdcw3g> [consultado noviembre 22, 2010].
  32. Garner R, et al. *The Health of First Nations Living Off-Reserve, Inuit, and Métis Adults in Canada: The Impact of Socio-economic Status on Inequalities in Health*. Ottawa, Ontario: Statistics Canada (2010). Disponible en: <http://tinyurl.com/284x3cx> [consultado noviembre 22, 2010].
  33. Jamieson JA, Kuhnlein HV. *Nutr Rev* 66(5):256–271 (2008); doi:10.1111/j.1753-4887.2008.00030.x.
  34. Bendell LI. *Toxicol Lett* 198(1):7–12 (2010); doi:10.1016/j.toxlet.2010.04.012.
  35. Kruzynski señala que las almejas forman una parte muy importante de la alimentación basada en los mariscos de ciertas comunidades de las Primeras Naciones Indígenas de Columbia Británica. Si bien las almejas acumulan poco cadmio, con frecuencia se niegan estos recursos tradicionales debido a cierres por contaminación por coliformes y, en determinadas temporadas, debido a los peligros relacionados con las algas tóxicas. Los mejillones y otros mariscos también son importantes, pero presentan una tendencia mucho menor a acumular cadmio. Los esfuerzos acuícolas se centran principalmente en torno a los ostiones, mejillones y las vieiras autóctonas (que con frecuencia se comen enteras; por el contrario, el músculo aductor —una parte del animal baja en cadmio— es típicamente la única parte que se come de la vieira japonesa cultivada).
  36. Alloway BJ, ed. *Heavy Metals in Soils*. 2nd ed. London, UK: Blackie Academic & Professional (1994).
  37. *Australian Cadmium Minimisation Strategy: Publications [website]*. Glen Osmond, South Australia: CSIRO Land and Water [actualizada el 7 de mayo de 2010]. Disponible en: <http://tinyurl.com/2axnmem> [consultado noviembre 22, 2010].
  38. *National Cadmium Strategy: Australian Agriculture Acts to Reduce Cadmium Levels [folleto]*. Glen Osmond, Australia del Sur: CSIRO Land and Water (2000). Disponible en: <http://tinyurl.com/2c8s9fj> [consultado noviembre 22, 2010].
  39. Karavoltos S, et al. *Food Addit Contam* 19(10):954–962 (2002); doi:10.1080/02652030210136973.
  40. Jorhem L, Slanina P. *J Sci Food Agric* 80(1):43–48 (2000).
  41. Thornton I. *IARC Sci Publ* 1992(118):149–162; PMID:1303937.
  42. *FAO/WHO. Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (Codex Stan 193-1995)*. Ginebra, Suiza: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Organización Mundial de la Salud (2009). Disponible en: <http://tinyurl.com/2agrhmV> [consultado noviembre 22, 2010].
  43. WHO. *Preventing Disease through Healthy Environments: Action Is Needed on Chemicals of Major Public Health Concern*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud (2010). Disponible en: <http://tinyurl.com/2av8ykl> [consultado noviembre 22, 2010].
  44. Alexandrov K, et al. *Toxicol Lett* 198(1):63–68 (2010); doi:10.1016/j.toxlet.2010.04.009.
  45. Taggart J. *Cadmium Prompts CPSC Recall of McDonald's Shrek Forever After Promotional Glasses [entrada de blog]*. *TheSmartMama.com* [3 Jun 2010]. Disponible en: <http://tinyurl.com/2fuw5x4> [consultado noviembre 22, 2010].

## Contaminación lumínica

# La luz nocturna y el cáncer de mama en el mundo\*

Varios estudios realizados en la última década han sugerido que la práctica moderna de mantener nuestros cuerpos expuestos a la luz artificial nocturna (LAN) incrementa el riesgo de cáncer, en especial de aquellos cánceres (como el de mama y de próstata) que requieren de hormonas para desarrollarse. Las mujeres que trabajan en el turno nocturno han presentado índices de cáncer de mama más elevados,<sup>1</sup> mientras que las mujeres invidentes, que no suelen estar expuestas a la LAN o no la perciben, han presentado menos riesgo.<sup>2</sup> En 2007, la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer declaró que la rotación por turnos en el trabajo era un probable cancerígeno humano.<sup>3</sup> Ahora un estudio más amplio en 164 países añade otra evidencia, que involucra a la contaminación lumínica general.

El estudio, realizado por Richard Stevens, epidemiólogo de la Universidad de Connecticut, y sus colegas de la Universidad de Haifa, demostró que los niveles de LAN más elevados, ponderados por población a nivel de país, estaban asociados con una mayor incidencia de cáncer de mama.<sup>4</sup> Una prueba de sensibilidad indicó un incremento de 30 a 50% en el riesgo de cáncer de mama en los países con niveles más altos de LAN, en comparación con aquellos que tienen los niveles más bajos. No se encontró ese tipo de asociación entre la LAN y la incidencia en mujeres de cánceres de pulmón, colorrectal o de laringe, que no dependen de las hormonas.

“Adoptamos la perspectiva amplia y dijimos: ‘Si realmente hay

una relación causal, los niveles de LAN en el mundo deberían mostrar una correlación con la incidencia de cáncer de mama’,” dice Stevens. “Esta es una condición necesaria pero no suficiente para un efecto potencialmente grande. Si no hubiéramos visto ninguna relación entre la LAN a nivel nacional y el riesgo de cáncer

de mama, eso habría sido una buena evidencia en contra de un efecto grande de la LAN sobre el riesgo de cáncer de mama.”

David Blask, biólogo de la Universidad Tulane, señala que las implicaciones van más allá de la rotación por turnos. “Este estudio sugiere que todos los que vivimos en la sociedad

Imagen: NASA

## Abraza la oscuridad... para una mejor salud

### Maneras de reducir los trastornos circadianos que resultan de la exposición a la LAN<sup>9-11</sup>

- Considera la posibilidad de extender el periodo nocturno de oscuridad a 9 ó 10 horas. Instala persianas para oscurecer las recámaras.
- Evita aun las exposiciones breves a la luz. Apaga las luces, la televisión y la computadora en la recámara cuando estés durmiendo. Evita ver la televisión o trabajar en la computadora justo antes de cerrar tus ojos.
- Si te levantas de noche, evita encender las luces del baño, remplazándolas con una luz nocturna roja de baja intensidad. La luz roja suprime menos la producción de la melatonina que otras longitudes de onda.
- No tomes tabletas de melatonina a menos que te las prescriba un médico. Un incremento rápido de melatonina en la circulación puede de hecho empeorar, en lugar de aliviar, el trastorno circadiano.

\*Publicado originalmente en *Environmental Health Perspectives*, volumen 118, número 12, diciembre de 2010, página A525.

industrializada tenemos el potencial de que nuestro sistema circadiano se vea trastornado por un exceso de luz nocturna, y potencialmente este riesgo no se limita al pequeño porcentaje de la población que se ve expuesto a la misma debido a su ocupación", dice Blask.

Eva Schernhammer, epidemióloga de Harvard, está de acuerdo en que el resultado positivo de este estudio añade más evidencia a la idea de que la exposición a la LAN contribuye al riesgo de cáncer de mama. Pero como estudio ecológico,<sup>5</sup> aun si el resultado hubiera sido negativo, no sería lo suficientemente fuerte para descartar la evidencia de los estudios anteriores de casos y controles, dice.

Los autores del estudio señalan que, debido a su naturaleza ecológica, el estudio no tomaba en cuenta el comportamiento que pudiera reducir la exposición de los individuos a la LAN, como el dormir. Si la gente está realmente dormida, poca luz o ninguna llegará a sus retinas, dice Stevens, y añade: "Tres o cuatro buenos estudios prospectivos han reportado un menor riesgo de cáncer de mama en mujeres que reportan que duermen muchas horas."<sup>6</sup> Stevens considera que la duración del sueño reportada equivale a tiempo pasado en la oscuridad. Pero la gente se despierta a mitad de la noche, señala, e incluso los periodos breves en los que se tienen los ojos abiertos durante la noche podrían exponer la retina a la LAN.

El nuevo estudio resalta la necesidad de comprender los mecanismos que están detrás de la asociación entre el cáncer y la LAN, puesto que no están claros, dice Stevens. Anteriormente, Blask y sus colegas hicieron la famosa demostración de que un factor clave en la conexión es la melatonina, una hormona que se produce en la oscuridad nocturna que propicia el sueño.<sup>7</sup> Demostraron que el crecimiento y el metabolismo

de los cánceres de mama humanos que se desarrollaban en ratas se hacían más lentos cuando los tumores eran impregnados con sangre humana rica en melatonina recolectada durante la noche. Por el contrario, el crecimiento y el metabolismo de los tumores no se modificaron cuando se los impregnaba con sangre en la que se habían suprimido niveles de melatonina debido a una exposición, por breve que fuese, a la LAN. Utilizando el mismo modelo, Blask y George Brainard, de la Universidad Thomas Jefferson, han comenzado a realizar estudios piloto sobre los efectos de la melatonina y la LAN sobre el cáncer de próstata humano.

Otros estudios implican la expresión excesiva o deficiente de genes que se sabe intervienen en el reloj circadiano del cuerpo. Por ejemplo, Stevens y sus colegas de Yale, incluyendo a Yong Zhu, encontraron que las mujeres saludables del grupo de control mostraban una menor expresión del gen *CLOCK* (por sus siglas en inglés: Circadian Locomotor Output Cycles Kaput) que aquellas que padecían cáncer de mama.<sup>8</sup> También descubrieron que posiblemente los cambios epigenéticos—el activarse o desactivarse de ciertos genes como resultado de factores ambientales— desempeñen un papel. Por ejemplo: un cambio epigenético llamado metilación del promotor, que desactiva la expresión del gen *CLOCK*, se vio asociado con un menor riesgo de cáncer de mama.<sup>8</sup> Actualmente Stevens y Zhu están estudiando si las mujeres que trabajan los turnos nocturnos muestran una menor metilación del promotor del *CLOCK*.

Otra gran pregunta es en qué medida contribuye la LAN al riesgo de enfermar de cáncer. "La luz nocturna tiende a ser un factor entre varios que han contribuido al incremento del cáncer de mama en las últimas

décadas", dice Les Reinlib, director de programas que coordina los subsidios del NIEHS relacionados con los efectos de la LAN sobre la salud. "Parece ser significativo, y en ese caso es algo que podemos controlar."

#### Angela Spivey

escribe desde Carolina del Norte sobre ciencia, medicina y educación superior. Ha escrito para EHP desde el año 2001 y es miembro de la Asociación Nacional de Escritores Científicos.

## Referencias

- Schernhammer ES, et al. *J Natl Cancer Inst* 93(20):1563–1568 (2001); doi:10.1093/jnci/93.20.1563.
- Hahn RA. *Epidemiology* 2(3):208-210 (1991); PMID:2054403.
- IARC. *Painting, firefighting, and shiftwork. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*; v. 98. Lyon, Francia: International Agency for Research on Cancer Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2007).
- Kloog I, et al. *Cancer Causes Control*; doi: 10.1007/s10552-010-9624-4 [en línea desde el 3 de agosto de 2010].
- Los estudios ecológicos examinan las características de poblaciones enteras, no las de los individuos. Por el contrario, los estudios de cohorte y de casos y controles incluyen datos de salud y de exposición para cada uno de los individuos estudiados. Algunos hallazgos ecológicos interesantes pueden sugerir hipótesis que podrían probarse mediante estudios de cohorte o de casos y controles más costosos y que requieren más tiempo.
- Verkasalo PK, et al. [*Cancer Res* 65(20):9595–9600 (2005) doi:10.1158/0008-5472.CAN-05-2138] es uno de esos estudios.
- Blask DE, et al. *Cancer Res* 65(23):11174–11184 (2005) doi:10.1158/0008-5472.CAN-05-1945.
- Hoffman AE, et al. *Cancer Res* 70(4):1459–1468 (2010) doi:10.1158/0008-5472.CAN-09-379.
- Stevens RG. *Int J Epidemiol* 38(4): 963–970 (2009) doi:10.1093/ije/dyp178.
- Gronfier C, et al. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 287(1):E174 E181 (2004); doi:10.1152/ajpendo.00385.2003.
- Figueiro MG, Rea MS. *Int J Endocrinol* 2010:829351 doi:10.1155/2010/829351.

*La materia es la materia, ni noble ni vil, infinitamente transformable,  
y su origen aproximado no tiene importancia alguna.*

Primo Levy, químico italiano (1919-1987)

## Calidad del aire en interiores HSM más ozono: un problema particularmente fino\*

Tal vez los fumadores quieran pensar en crear una zona libre de ozono, en vista de que los investigadores reportan que este gas puede reaccionar con las sustancias químicas que se encuentran en el humo de segunda mano (HSM) produciendo partículas ultrafinas de menos de 100 nm de diámetro.<sup>1</sup> “Dado que estas partículas tienen una superficie muy grande y una fracción

alveolar de deposición muy elevada, no se puede ignorar su potencial de ocasionar daños a la salud”, señala el primer autor Mohamad Sleiman, químico de la división de tecnologías energéticas del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley (en inglés, LBNL).

El HSM contiene por lo menos 250 sustancias tóxicas conocidas,<sup>2</sup> pero hasta que se realizó este estudio

se sabía poco sobre lo que se forma cuando las moléculas de HSM reaccionan con el ozono. El ozono altamente reactivo es un contaminante de exteriores muy extendido. También lo producen *ex profeso* en interiores ciertos aparatos purificadores de aire, aparentemente para eliminar las sustancias tóxicas transportadas por el aire y olores como los del humo del cigarro (sin embargo, la eficacia real de estos aparatos es discutible<sup>3</sup>). “Descubrimos que cuando las moléculas del HSM reaccionan con el ozono pueden formar partículas ultrafinas que contienen especies nitrogenadas de peso molecular elevado”, explica Sleiman.

Los investigadores generaron HSM dejando que 10 cigarrillos se consumieran durante 15 minutos en una cámara ambiental de volumen aproximado al de una habitación de 2.5 x 3 metros. Después bombearon el aire contaminado a bolsas Tedlar® de 100 litros y añadieron aire que contenía ozono hasta alcanzar una concentración inicial de ozono de 110 ppb. Los autores señalaron que las concentraciones masivas tanto de HSM como de ozono utilizadas eran representativas de ambientes interiores donde se fumaba tabaco regularmente y se utilizaban purificadores de aire basados en ozono.<sup>1</sup> La materia particulada hallada en la mezcla resultante fue medida por medio de un escáner de movilidad de partículas, y se examinó su composición utilizando un espectrómetro de masas de tiempo de vuelo.

“Lo que encontramos resultó sorprendente: había grandes cantida-

Imagen: Joseph Tart/EHP



Los purificadores de aire basados en ozono para uso comercial y residencial se venden para mejorar la calidad del aire en interiores por medio de la eliminación de las sustancias tóxicas del humo del cigarro. Irónicamente, estas máquinas podrían estar teniendo justo el efecto contrario.

\*Publicado originalmente en *Environmental Health Perspectives*, volumen 118, número 11, noviembre de 2010, página A472.

des de partículas ultrafinas, aproximadamente ocho veces más que las que se hallan en el humo de tabaco recién emitido”, dice el coautor Hugo Destaillats, también del LBNL. “La espectrometría de masas demostró que éstas estaban compuestas al menos en parte por oligómeros nitrogenados de peso molecular elevado que no estaban presentes en el HSM original.” De hecho, añade, los compuestos iniciales del HSM con una razón masa/carga (una suerte de huella digital molecular) de menos de 370 se redujeron mucho en la muestra posreacción, mientras que se formaron muchos compuestos nuevos con razones masa/carga de entre 400 y 500.<sup>1</sup>

Experimentos similares realizados con nicotina pura también produjeron partículas ultrafinas que contenían algunos de los mismos compuestos nuevos, aunque no todos, lo cual demuestra que muchos de los oligómeros se formaron por medio de reacciones en las que intervinieron otros componentes del HSM. Sin embargo, entre los productos de la ozonólisis de la nicotina se incluían muchas moléculas con índices de riesgo de asma mucho más elevados que los de la nicotina en sí.<sup>1</sup> Una emisión constante de humo de cigarrillo que produzca de 4 a 9% de aerosol (la masa de aerosol absoluta) tan sólo como resultado de las reacciones entre el ozono y la nicotina, podría incrementar las concentraciones de partículas ultrafinas en el aire de los interiores.

En los últimos años se ha escrito mucho en contra de las partículas ultrafinas. Puesto que son lo suficientemente pequeñas para ser inhaladas hasta lo más profundo de los pulmones, donde pueden penetrar en el torrente sanguíneo, se las ha asociado con una serie de problemas respiratorios y cardiovasculares debidos al estrés oxidativo.<sup>4</sup> De hecho, las partículas ultrafinas pueden penetrar en las células mismas e incluso en las mitocondrias, cuyas crestas pueden verse dañadas por el estrés oxidativo.<sup>5</sup>

“Los productos del humo ‘de tercera mano’ resultantes de estas reacciones entre los compuestos del HSM con el ozono no sólo son inhalados”, comenta Jonathan Winickoff, profesor adjunto de pediatría de la Escuela de Medicina de Harvard. “Tras depositarse en los objetos pueden ser absorbidos a través de la piel o incluso ingeridos. Los niños pequeños que exploran el mundo metiéndose cosas en la boca estarían en máximo riesgo de exposición oral por esta ruta. Cuando se las inhala, este tipo de partículas ultrafinas ponen a los niños en mayor riesgo de sufrir ataques de asma.” Aún no se ha comprendido del todo qué implicaciones tiene para la salud de los niños esta exposición oral.<sup>6</sup>

Otro problema sería el potencial que tienen estas partículas ultrafinas de persistir –quizá por semanas enteras– como residuos sobre las superficies, desde las cuales podrían regresar al aire con el tiempo, señala

Sleiman. “Los reactantes que se encuentran en el humo también podrían pegarse a las superficies y continuar generando partículas ultrafinas a medida que entran en contacto con el ozono”, añade Gary Cohen, científico investigador principal del Instituto Karolinska. “Por ende, los fumadores podrían seguir envenenando el ambiente de los interiores, en especial para los niños y bebés, mucho tiempo después de haber terminado de fumar su cigarrillo.”

#### Adrian Burton

es un biólogo que vive en España y que publica regularmente en las revistas *The Lancet Oncology*, *The Lancet Neurology* y *Frontiers in Ecology and the Environment*.

## Referencias

1. Sleiman M, et al. *Atmos Environ* 44(34):4191-4198 (2010); doi:10.1016/j.atmosenv.2010.07.023.
2. Secondhand smoke: Questions and answers [página web]. Actualización más reciente: 1° de agosto de 2007. Bethesda, MD: National Cancer Institute. Disponible en: <http://tinyurl.com/2v98y4> [Consultado octubre 11, 2010].
3. Ozone generators that are sold as air cleaners [página web]. Actualización más reciente, 30 de septiembre de 2010. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://tinyurl.com/2vu69t> [Consultado octubre 11, 2010].
4. Madl AK, Pinkerton KE. *Crit Rev Toxicol* 39(8):629-665 (2009); doi:10.1080/10408440903133788.
5. Li N, et al. *Environ Health Perspect* 111(4):455-460 (2003); doi:10.1289/ehp.6000.
6. Sleiman M, et al. *Proc Natl Acad Sci USA* 107(15):6576-6581 (2010); doi:10.1073/pnas.0912820107.

## El hábito de fumar y el humo de segunda mano\*

# Un estudio demuestra que ningún nivel de exposición al HSM está libre de efectos

¿En qué medida pueden exponerse los pulmones al humo de tabaco antes de que se presenten daños? La respuesta parece ser “en ninguna”, según las mediciones de la actividad genética realizadas por los investigadores de la Universidad de Cornell.<sup>1</sup> “Ningún nivel de inhalación de humo o de exposición al humo de segunda mano [HSM] es seguro. Incluso en los niveles de exposición más bajos es posible detectar cambios en la expresión de los genes dentro de las células que recubren las vías respiratorias”, señala el coautor Ronald Crystal, director médico de atención pulmonar y crítica del Centro Médico Presbiteriano Weill Cornell en Nueva York.

Crystal y sus colaboradores en Cornell analizaron la actividad genética en las células epiteliales de las vías respiratorias pequeñas de 121 voluntarios. El tipo de células sometidas a las pruebas son aquellas donde se presentan los primeros daños que llevan a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y al cáncer broncogénico, según Crystal.

Los voluntarios, todos los cuales presentaban un funcionamiento pulmonar normal, fueron divididos en categorías según su nivel de exposición al humo de tabaco, determinado de acuerdo con sus niveles urinarios de nicotina y cotinina. Los

no fumadores no presentaban niveles urinarios detectables de nicotina o cotinina; aquellos individuos que tenían una baja exposición presentaron niveles urinarios de nicotina, cotinina o ambos de hasta 1 000 ng/ml, y los fumadores activos presentaron niveles urinarios de nicotina, cotinina o ambos de más de 1 000 ng/ml. El grupo de baja exposición incluía a los fumadores ocasionales y a personas expuestas al HSM.

Los investigadores compararon primero a los fumadores con los no fumadores. Las microformaciones detectaron cambios significativos entre estos dos grupos en la actividad de 372 genes. Entre los integrantes del grupo de baja exposición, una tercera parte de estos 372 genes se regularon a la baja o a la alta en comparación con los no fumadores, y 11% de los genes difería de los de los fumadores activos.<sup>1</sup>

Incluso aquellos sujetos que tenían los niveles más bajos de nicotina y cotinina presentaron un incremento de la actividad de las vías biológicas que intervienen en el metabolismo de los xenobióticos por el citocromo P450 y el ácido araquidónico. Las mismas dos vías se vieron altamente activadas en los fumadores, lo que sugiere que la exposición a niveles bajos de HSM provocó en las vías respiratorias cambios similares a los

ocasionados por el hábito de fumar, los cuales representan las primeras anomalías biológicas que pueden conducir a la enfermedad.<sup>1</sup> Los autores consideran que este puede ser el primer estudio que documenta los cambios biológicos en las células pulmonares de las personas expuestas a niveles bajos de humo de tabaco.

Los resultados apoyan aquellos estudios epidemiológicos que vinculan el daño respiratorio temprano con los niveles bajos de exposición al HSM o con fumar ocasionalmente.<sup>2,3</sup> Sin embargo, los cambios genéticos inducidos por el humo de tabaco “no nos dicen cuáles [genes] son peligrosos y cuáles son protectores”, señala Crystal.

Es más, la naturaleza transversal del estudio impidió determinar si los cambios genéticos predecían o no enfermedades. Se requieren estudios de seguimiento de 20 o más años de duración para identificar los genes que desempeñan un papel en el desarrollo de las enfermedades pulmonares, y Crystal planea dar seguimiento a algunas de las personas que participaron en este estudio.

Con frecuencia la gente se pregunta qué nivel de exposición al HSM es dañino: por ejemplo, ¿es un problema estar una o dos veces por semana en compañía de amigos fumadores? El estudio de Crystal

\*Publicado originalmente en *Environmental Health Perspectives*, volumen 118, número 11, noviembre de 2010, página A474.

“emplea técnicas sofisticadas de genética molecular para abordar esta importantísima pregunta de salud pública, sobre si existe o no un umbral”, dice Norman Edelman, profesor de medicina preventiva del Centro Médico de la Universidad de Stony Brook y director médico de la Asociación Americana de Neumología. El hallazgo de que ningún nivel

de exposición al humo de tabaco resultó seguro “es importante para orientar tanto el comportamiento individual como las políticas de salud pública”, dice Edelman.

**Carol Potera**, radicada en Montana, ha escrito para *EHP* desde 1996. Escribe además para *Microbe*, *Genetic Engineering News* y *American Journal of Nursing*.

## Referencias

1. Strulovici-Barel Y, et al. *Am J Respir Crit Care Med*; doi:10.1164/rccm.201002-0294OC [en línea desde el 6 de agosto de 2010].
2. Chan-Yeung M, Dimich-Ward H. *Respirology* 8(2):131–139 (2003); doi: 10.1046/j.1440-1843.2003.00453.x.
3. Jaakkola MS, Jaakkola JJ. *Scand J Work Environ Health* 28(suppl 2):52–70 (2002); PMID: 12058803.