

*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-



\*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.