

CONTAMINACIÓN OCASIONADA POR MICROPLÁSTICOS Y METALES PESADOS PRESENTES EN LAS COLILLAS DE CIGARROS

Ugochukwu Patrick Okoye

El Dr. Ugochukwu Patrick Okoye es investigador del Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México. Sus líneas de investigación abarcan las áreas de bioenergía, síntesis de materiales porosos para almacenamiento de energía y catálisis heterogénea. Es miembro del consejo editorial del *Journal of Chemical Science and Chemical Engineering*. Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

Fumar o no fumar

El consumo de cigarrillos creció exponencialmente desde unos pocos miles de millones en el siglo XIX hasta casi 6 mil millones anuales en el siglo XX. Este aumento en el consumo se debe a factores complejos como son la adicción y la influencia de la presión de grupo que, por ejemplo, experimentan los adolescentes, los cuales eventualmente pueden convertirse en adictos y continuar fumando durante su edad adulta. Además, el aumento en el consumo se vio favorecido por la invención de máquinas que rellenan los cigarrillos (aumentando la eficiencia de la producción), la publicidad y la comercialización masivas, y el fracaso de los gobiernos para hacer cumplir las políticas antitabaco. Es cierto que algunos gobiernos han tratado de limitar o eliminar la comercialización de estos productos, asegurando que sus efectos adversos se ilustren como

imágenes sin censura en el material de embalaje, para desalentar a los consumidores. Sin embargo, evitar el consumo del cigarrillo va más allá de las imágenes realistas en papel; los consumidores requieren de ayuda psicológica y médica planificada para superar su adicción. Del mismo modo, los fabricantes utilizan a su favor las lagunas en las leyes gubernamentales, ejercen una fuerte presión sobre el poder judicial y se apoyan en todo tipo de propaganda para sostener el mercado, que vale miles de millones de dólares. Se estima que alrededor de 5 millones de personas mueren al año debido al tabaquismo, lo cual es un serio llamado a la acción.

Los cigarrillos convencionales están compuestos por tabaco y otros ingredientes, que se enrollan en papel y se ubican como se muestra en la Figura 1. Desde la ratificación del marco de la Organización Mundial de la Salud en 2004 por el gobierno mexicano y las extensas políticas de control del tabaco de 2008, más de 11 estados, incluido el estado de Morelos, han impuesto una prohibición completa de fumar en lugares públicos. A pesar de estos esfuerzos importantes por parte del gobierno mexicano, alrededor de 14.3 millones de adultos fuman tabaco actualmente. Además, alrededor de 3.9 millones están expuestos al humo de segunda mano (es decir, la exposición al humo del tabaco en su lugar de trabajo). La cantidad de fumadores pasivos en algunos estados que prohibieron completamente el tabaquismo en lugares públi-

cos se ha mantenido muy alta. En México, fumar mata entre 25,000 y 60,000 personas anualmente¹. Estos datos muestran que aún queda mucho por hacer.

Residuos nocivos

Entre todos los riesgos para la salud, relacionados con el acto de fumar, también podemos mencionar la emisión de residuos nocivos. Si se le pregunta a alguien, ¿cuál es la fuente más común de plásticos en el medio ambiente? Pensaría rápidamente en botellas o bolsas, así como en plásticos de embalaje. Si bien estas son suposiciones muy buenas, no son la respuesta correcta. Los datos disponibles muestran que las colillas de cigarrillos, también llamadas filtros, son el tipo más común de desechos plásticos, que provienen de 4.5 billones de colillas de cigarrillos en el medio ambiente. Mirando las colillas, uno podría pensar que están hechas de algodón o lana, pero esto no es correcto. Las colillas de cigarrillos son elaboradas completamente de plástico basado en acetato de celulosa, que actualmente se puede encontrar contaminando seriamente el medio ambiente.

Lo más preocupante de esta contaminación es que las colillas de cigarrillos no solo contienen acetato de celulosa, sino también nicotina y metales pesados como plomo, cadmio y arsénico. En general, los plásticos se pueden clasificar según su tamaño como macroplásticos (2.5 cm-1 m), mesoplásticos (5 mm -2.5 cm) y microplásticos (<5 mm). Ilustrativamente, los microplásti-

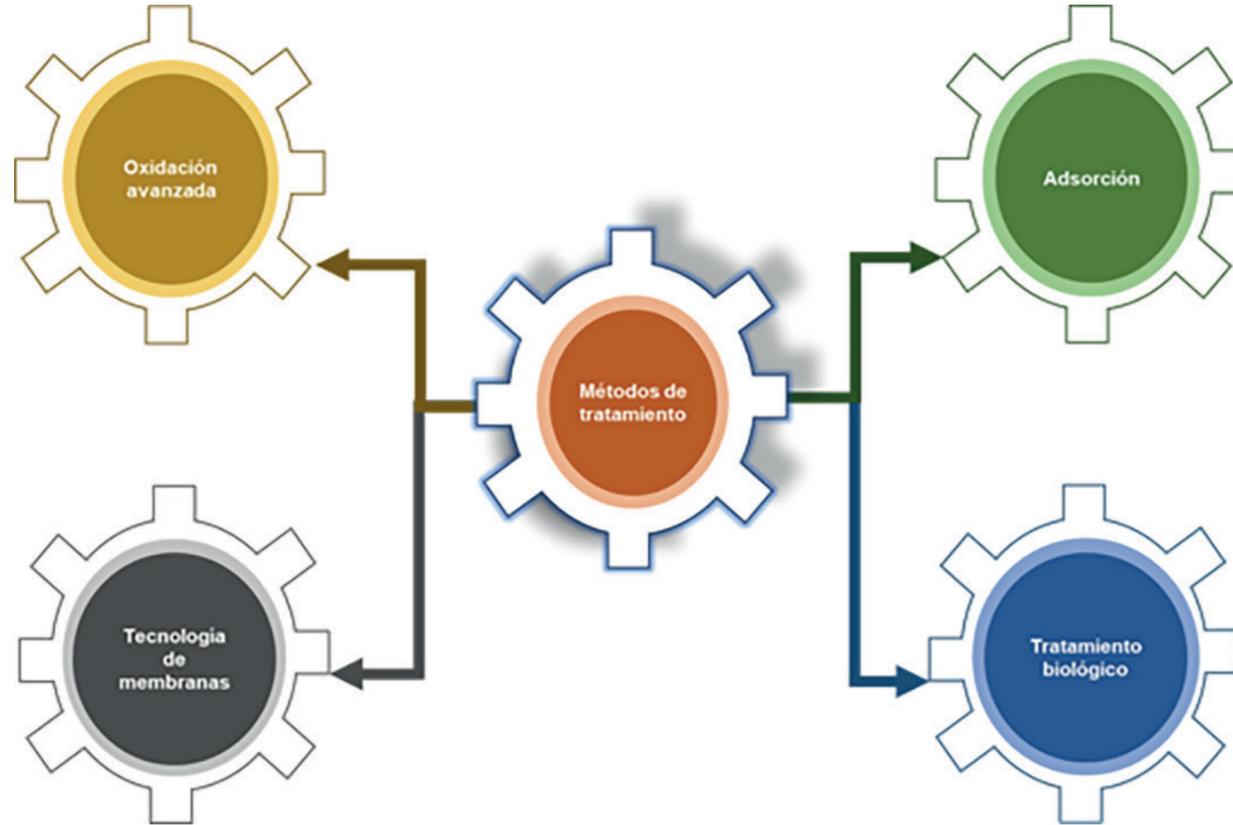


FIGURA 2. TECNOLOGÍAS de tratamiento para la eliminación de metales pesados.

cos son del tamaño de un ajonjolí. Algunos ejemplos de microplásticos que generalmente se encuentran en el medio ambiente son las micropelotas de resina epoxi, acrílico, poliésteres, acetato de celulosa, etc. Una vez que estas colillas son desechadas y llegan al suelo, comienzan a desintegrarse en microplásticos, que pueden tardar unos 10 años en degradarse. Los metales pesados contenidos en estas colillas generan efectos ambientales aún más dañinos. Por ejemplo, la exposición a una alta concentración de arsénico (As) contribuye ampliamente al cáncer de pulmón y piel e incluso podría dañar el hígado o el riñón. Mientras que la exposición al plomo (Pb) de las colillas de cigarrillos puede provocar problemas renales, cáncer y daño cerebral, especialmente en los niños. Por otro lado, la nicotina causa enfermedades pulmonares graves, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer. Aún más preocupante es que estos metales pesados pueden reaccionar con otros productos químicos presentes en el medio ambiente y transformarse en otras sustancias letales, lo que las hace difíciles de eliminar. La Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que alrededor de dos tercios de las colillas de cigarrillos son eliminadas de manera insegura por los fumadores, en las calles. Así, cuando las personas descartan las colillas de manera insegura, se filtran sus venenos gradualmente en el suelo o en las aguas de escorrentía. Además, cuando son desechados en inodoros, los

metales pesados llegan a las aguas residuales y terminan en plantas de tratamiento de residuos que a menudo carecen de tecnología sofisticada para eliminarlos por completo de los efluentes descargados. Por esta razón, eventualmente llegan a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, aumentando así los límites especificados de estos metales pesados. La forma en que estos productos químicos nocivos circulan en el medio ambiente (vías de contaminación) y afectan a los seres humanos, los animales y las plantas es como un ciclo cerrado. No es inusual que los investigadores encuentren estas colillas en peces muertos, aves e incluso animales terrestres porque las confunden con alimentos y los metales pesados lixiviados pueden acumularse en los animales acuáticos que consumimos. Estudios recientes han demostrado que las colillas arrojadas (cigarrillos quemados y no fumados) también pueden inhibir el crecimiento y la productividad de algunas plantas terrestres y pasto².

En búsqueda de una solución

Entonces, ¿cuál puede ser la solución? ¿Reemplazar las colillas de cigarrillos con otros materiales o prohibirlas? No hay una respuesta decisiva a estas preguntas porque los fabricantes han argumentado que las colillas ayudan a restringir la emisión de humo a los estándares estipulados. Las colillas biodegradables, a menudo comercializadas como amigables con el medio ambiente, contienen cantidades de cadmio, plomo, manganeso, estroncio, hierro, cobre, entre otros contaminantes, inclusive mayor que las colillas no biodegradables³. Los metales en las colillas biodegradables pueden influir fuertemente en la población bacteriana del suelo en comparación con las no biodegradables. De hecho, tristemente a pesar de todos los indicios, no hay una solución previsible en cuanto a la eliminación de colillas de cigarrillos o cambio de material.

Entonces, ¿Qué hacemos con la contaminación actual, ya causada por la lixiviación de estos metales pesados y microplásticos que se incorporan en las cadenas tróficas? La solución inmediata al problema de los metales pesados serían las técnicas científicas ya utilizadas para la eliminación de este tipo de contaminantes. Estas técnicas consisten en procesos avanzados de oxidación, tecnologías de adsorción, tecnologías de membrana y tratamientos biológicos, como se muestra en la Figura 2. Cada una de estas tecnologías tiene sus ventajas y desventajas. Sin embargo, se pueden combinar para lograr una alta eficiencia para la eliminación de metales pesados. El tratamiento biológico es muy atractivo porque las bacterias u hongos terrestres podrían usarse para degradar metales pesados de manera similar a como se usa en el tratamiento de derrames de petróleo.

El acetato de celulosa, es decir, las colillas de cigarrillos de plástico, puede reciclarse o "revalorizarse" para producir materiales funcionales para su aplicación en procesos de remediación ambiental (remoción de contaminantes tales como metales pesados, colorantes, contaminantes farmacéuticos, desechos industriales y municipales en aguas

residuales) y almacenamiento de energía. A partir del acetato de celulosa es posible producir carbón activado, por medio de procesos termoquímicos. Los procesos termoquímicos podrían llevarse a cabo utilizando reactores con fuente de calefacción a partir de la electricidad de la red o del sol, siendo esta última opción más amigable con el medio ambiente. El carbón activado es un material de gran superficie, que debido a sus propiedades morfológicas y fisicoquímicas se utiliza cada vez más como relleno, en el proceso de adsorción, soporte de catalizadores y como materiales de almacenamiento de energía, que incluye almacenamiento de hidrógeno, baterías y supercapacitores. Aparte de estas soluciones, las colillas de cigarrillos podrían tratarse en un gasificador para obtener gas de síntesis. Además, la celulosa podría utilizarse como materia prima para la producción de ácido levulínico a través de síntesis hidrotermal. Del mismo modo, se podrían aplicar métodos biológicos para descomponer las colillas de cigarrillos. Por ejemplo, la cepa *Proteiniphilum*, de la familia *Dysgonomonadaceae*, del filo *Bacteroides* ha sido reportada como un microorganismo específico del sustrato que podría descomponer las colillas de cigarrillos en metano⁴. La Figura 3 muestra las posibles formas de revalorización de las colillas de cigarrillos. Otro enfoque es el reciclaje de filtros; sin embargo, todo esto requiere un cambio importante en la actitud de los fumadores y canales de recolección bien estructurados, unidos al reciclaje de otros materiales.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

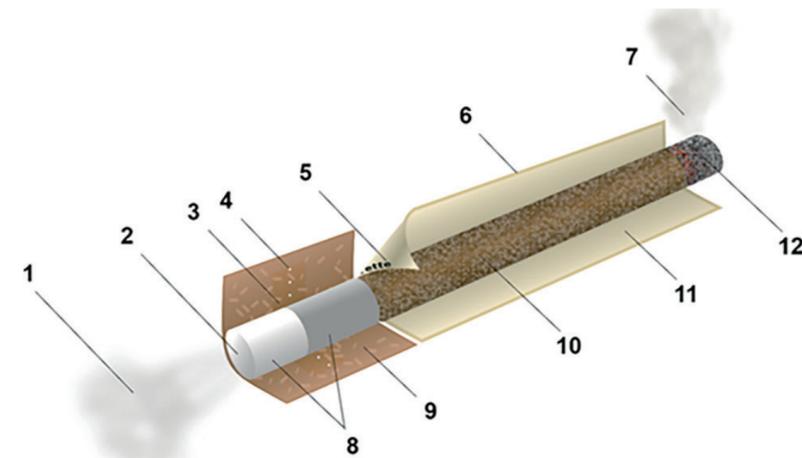


FIGURA 1. PARTES de un cigarrillo comercial. Imagen obtenida de (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cigarette-key.svg) con ligera modificación de color. 1. Es el humo de la corriente principal, 2. Material de filtración (carbón activado y otros materiales), 3. Adhesivos, 4. Orificios de ventilación, 5. Tinta, 6. Adhesivos, 7. Humo lateral, 8. Filtro, 9. Papel para envolver, 10. Tabaco e ingredientes, 11. Papel, 12. Punto de quema y cenizas.

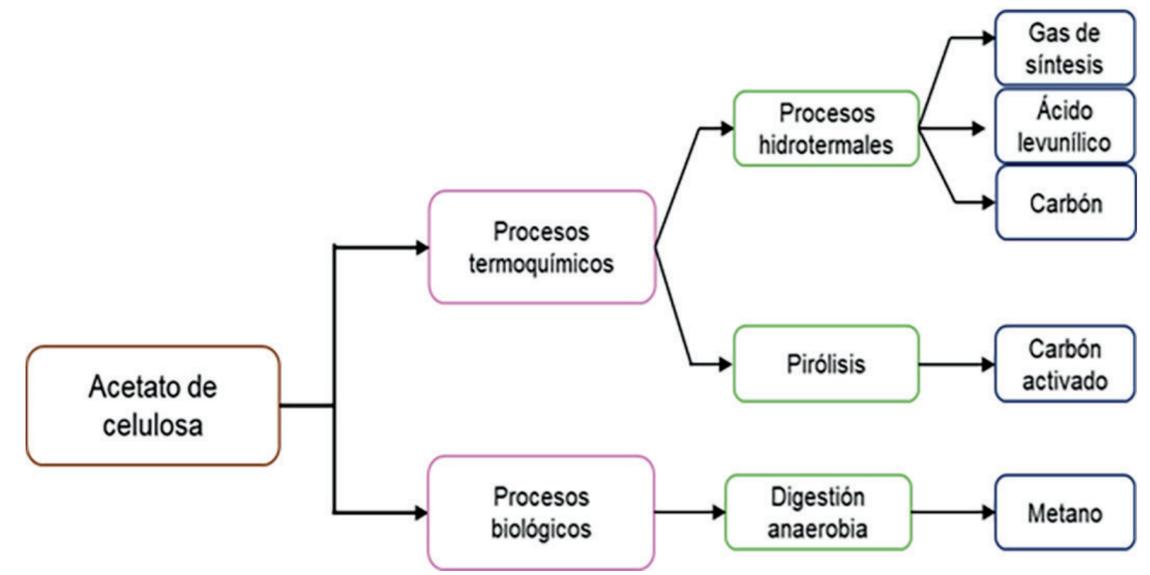


FIGURA 3. FORMAS de valorizar las colillas de cigarrillos.



ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial@acmor.org.mx

REFERENCIAS

1. Hugh Waters Hana Ross y Luz Myriam Reynales Shigematsu., B. S. de M. Impuestos al tabaco en México. La economía del tabaco y los impuestos al tabaco en México www.tobaccofreeunion.org/.../Tobacco_taxes_in_Mexico_es_F.pdf (2012).

2. Green, D. S., Boots, B., Da Silva Carvalho, J. & Starkey, T. Las colillas de cigarrillos tienen efectos adversos en el crecimiento inicial de ryegrass perenne (gramineae: Lolium perennial L.) y trébol blanco (leguminosae: Trifolium repens L.). *Ecotoxicol. Medio ambiente*. Saf. 182, 109418 (2019).
3. Koroleva, E. et al. Impacto de las colillas de cigarrillos en la estructura de la comunidad bacteriana en el suelo. *Medio ambiente. Contaminante científico*. Vaca. 28, 33030-33040 (2021).
4. Choi, O., Hwang, S. E., Park, H. & Sang, B. I. Digestión anaeróbica de colillas de cigarrillos: análisis de la comunidad microbiana y estimación de la producción de energía. *Energías* 14, 1-14 (2021).