

# Una segunda oportunidad para el aceite usado en tu cocina

Miriam Rangel Ayala y Vivechana Agarwal

La Dra. Miriam Rangel Ayala realizó el Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (2016-2020). Actualmente se encuentra desarrollando una estancia posdoctoral en colaboración con la Unidad Académica de Ciencia y Tecnología de la Luz y la Materia de la Universidad Autónoma del Estado de Zacatecas y el Centro de investigaciones en Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos UAEMor, en donde desarrolla los temas de investigación de puntos de carbono, materiales compuestos y estructuras fotónicas para su empleo en la detección y/o remoción de contaminantes de agua.

La Dra. Vivechana Agarwal realizó su doctorado en la Universidad de Delhi. Actualmente es investigadora de tiempo completo en el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos en el área de Materiales. Cuenta con más de 130 publicaciones internacionales en revistas indexadas y más de 2600 citas. Las áreas de investigación de su interés son la síntesis, caracterización y aplicación de nanomateriales (carbón, nanopartículas metálicas y silicio poroso).

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

## ¿A dónde va el aceite?

El aceite residual de cocina constituye una problemática ambiental relevante: cuando es desechado en las tuberías de agua se pueden dañar miles de litros de agua y si se derrama en la tierra, se puede afectar la fertilidad del suelo. Algunas ideas propuestas para reutilizar el aceite de cocina consisten en la elaboración de jabones, biocombustibles, ceras, barnices e incluso fertilizantes. Aquí presentamos una nueva alternativa para aprovechar este residuo, la fabricación de "puntos de carbono" usados en la detección óptica de algunos contaminantes. El proceso para obtenerlos es sencillo y económicamente viable, además de ser noble con el medio ambiente.

## El serio problema ambiental de los residuos de aceite de cocina

El aceite comestible es un producto altamente empleado en la cocina mexicana. De acuerdo con la Procuraduría Federal del Consumidor, en México el consumo per cápita de aceite es de diez litros por año [1]. Si el aceite se sobrecalienta, se degrada y genera compuestos tóxicos que pueden causar graves problemas de salud cuando es ingerido, por lo tanto, no es recomendable usarlo más de una vez para la cocción de alimentos, lo que contribuye a un aumento en el volumen de desechos de aceite convirtiéndose en serio problema de residuos. La mayoría de la población desconoce qué hacer con el aceite usado en la cocina. Cuando este desecho doméstico es arrojado en las tuberías de agua se ocasiona un serio impacto negativo de contaminación; para darnos una idea, según algunos estudios, un solo litro de aceite podría contaminar miles de litros de agua y, además generar bolas de grasa o taponamientos en las tuberías que propician la propagación de fauna nociva. Su impacto

es aún más grave si llega a ríos, lagos y lagunas, ya que terminaría impregnándose en los cuerpos de la fauna acuática causando incluso su muerte. También obstaculiza el proceso de fotosíntesis en algunas especies de plantas acuáticas debido a que las películas de aceite en la superficie del agua absorben la radiación solar [2]. Por otra parte, si el aceite se desecha en la tierra, impide la oxigenación y la correcta circulación de agua, con lo que se puede afectar la fertilidad del suelo. En algunos casos puede permear hacia los mantos acuíferos y deteriorar las propiedades físicoquímicas del agua. Una inadecuada disposición del aceite residual genera un grave impacto ambiental con efectos nocivos en la salud humana.

## Las estrategias de los gobiernos

En México existe una normativa para regular las descargas de grasas y aceites sobre cuerpos de agua. La norma Oficial Mexicana NOM-068-ECOL-1994 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de aceites y grasas comestibles de origen animal y vegetal, indicando que el límite máximo permitido de aceite y grasa es de 50 mg/L (promedio diario) [3]. El aceite vegetal es aproximadamente 10 % menos denso que el agua por lo que si un kg de agua ocupa un volumen de un L, ese mismo volumen de aceite pesaría aproximadamente 900 g. Es decir, 50 mg de aceite en un litro de agua es equivalente a ¡1 gota de aceite en 1 litro de agua!

En la búsqueda de minimizar este impacto negativo en el medio ambiente y reducir la disposición inadecuada del aceite vegetal de uso doméstico, los gobiernos han emitido algunas leyes y reglamentos para propiciar el manejo integral y valorización del aceite usado en los hogares. Por ejemplo, en la Ciudad de México en el año 2018, se publicó en la gaceta oficial de la Ciudad, la norma ambiental NADF012-AMBT-2015, que establece las condiciones y especificaciones técnicas para el manejo integral de grasas y aceites de origen animal y/o vegetal residuales en el territorio de la ciudad, indicando que el generador de los desechos de aceite de cocina debe encargarse de su separación, almacenamiento y entrega a un recolector autorizado para una gestión integral de los residuos [4]. En 2022, la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México inició la promoción de la campaña "Mi cocina no contamina" con el objetivo de establecer centros de acopio accesibles a la población, como mercados públicos e incluso algunas unidades habitacionales para posteriormente trasladar el aceite usado a una planta generadora de un bio-aditivo que se mezcla con diésel para obtener un combustible que produce menos emisiones y tiene un menor costo, actualmente, éste ya se emplea en algunas unidades de transporte público de la ciudad [5].

En el estado de Morelos, en 2022 la Secretaría de Desarrollo Sustentable se sumó al plan "Kilómetro de Aceite" que tiene como meta recolectar cinco mil litros de aceite quemado para proporcionarlo a una industria veracruzana que le dará un segundo uso [6]. En Cuernavaca existen cinco centros de acopio, uno en Ayala y otro más en Tetela del Vol-

cán [7]. Algunas sugerencias para captar el aceite de cocina consisten en dejarlo enfriar y posteriormente depositarlo en una botella de PET debidamente etiquetada, la cual debe llenarse hasta tres cuartos de su capacidad y posteriormente entregarse en alguno de los centros de recolección.

## Una novedosa forma de aprovechar el aceite residual de cocina

Algunas ideas propuestas para reutilizar el aceite de cocina y convertirlo en productos de valor agregado consisten en la elaboración de jabones, ceras, barnices, biocombustibles e incluso fertilizantes. Esta estrategia de darle un segundo uso al aceite residual es una de las vías más efectivas para evitar el daño ambiental que podrían causar estos desechos. Hoy te hablaremos de una nueva alternativa para aprovechar este residuo que causa tantos efectos negativos en el medio ambiente, la fabricación de "puntos de carbono". El proceso para obtenerlos es sencillo y económicamente viable, además de ser noble con el medio ambiente ya que sigue los principios de la química verde que se resumen en la reducción del uso y formación de sustancias nocivas. Los puntos de carbono pueden obtenerse de moléculas sintéticas o de precursores orgánicos de desecho tales como cáscara de frutas, hojas de plantas, semillas, raíces, desechos orgánicos agrícolas, y un sin número de fuentes de carbono (Figura 1a) [8]. Esta disponibilidad de la materia prima y la simplicidad de sus procesos de síntesis favorecen la escalabilidad en la producción de puntos de carbono.

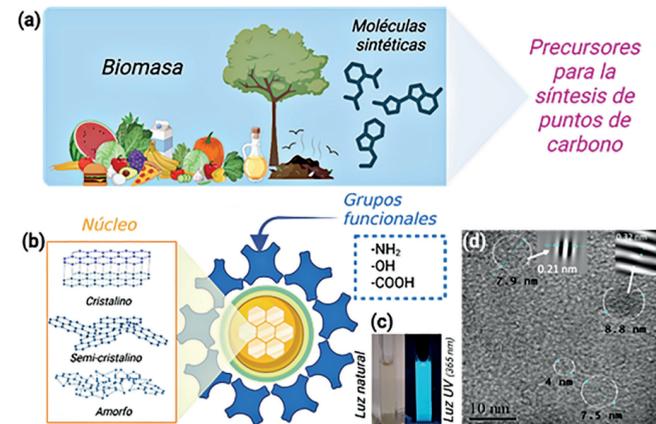


FIGURA 1. (A) Materias primas para la síntesis de puntos de carbono, (b) Representación gráfica de la estructura de los puntos de carbono y (c) Imagen de los puntos de carbono dopados con azufre obtenidos a partir de aceite reciclado visto a través de microscopía electrónica de transmisión, (d) imagen real de TEM de puntos de carbono obtenida en el laboratorio de la Dra. Agarwal.

## ¿Qué son los puntos de carbono?

Los puntos de carbono son materiales que generalmente miden menos de 10 nanómetros (un nanómetro es la millonésima parte de un metro). Su estructura consiste en un núcleo, que puede ser cristalino (como el grafito de las puntas de los lápices), semi-cristalino o amorfo, y una superficie rodeada de grupos funcionales (átomos distintos al carbono que pueden reaccionar con otras sustancias), ver Figura 1b. Son tan pequeños que un microscopio óptico común no alcanza a distin-

guirlos ya que la máxima resolución que alcanza es para objetos 20 veces más grandes, es decir, que miden al menos 200 nm. Para observarlos es necesario usar otras técnicas especializadas de microscopía como la microscopía electrónica de transmisión (TEM), en la Figura 1d puedes ver una imagen real de TEM de puntos de carbono, estos tienen forma casi esférica y son capaces de emitir luz cuando reciben un estímulo de energía Ultravioleta (UV) (Figura 1c). Fueron descubiertos accidentalmente en 2004 por Xiaoyou Xu y colaboradores cuando sintetizaron nanotubos de carbono de una sola capa por el método conocido como descarga por arco, posteriormente emplearon una técnica llamada electroforesis para purificarlos y se sorprendieron al observar que habían obtenido material carbonáceo que podía fraccionarse en una serie de componentes con propiedades luminiscentes dependientes del tamaño de partícula, lo que dio inicio a una serie de investigaciones para conocer más sobre este prominente nuevo material llamado punto de carbono [9].

Algunas características de estos nanomateriales de carbono es que generalmente tienen nula o baja toxicidad, son altamente solubles, conductores y biocompatibles lo que los convierte en un prominente material para diversas aplicaciones en las áreas de bio-imagen, fototerapia, liberación de fármacos, detección óptica, catálisis, optoelectrónica, supercapacitores, tecnología de membranas en el tratamiento de agua residual, elementos de seguridad contra la falsificación, agentes antibacteriales, envasado de alimentos, protec-

ción de radiación ultravioleta, entre algunos otros. Una más de sus ventajas es que el color de su emisión se puede ajustar empleando diferentes estrategias como la adición de un elemento dopante o lo que se conoce como ingeniería de disolventes, en donde los puntos de carbono pueden ser sensibles a la polaridad del disolvente y así obtener materiales con emisión multicolor. Debido a su propiedad de luminiscencia (emisión de luz) y a las estructuras (conocidas como grupos funcionales) que se encuentran

sobre la superficie de las esferas, pueden ser empleados en la detección óptica de diferentes contaminantes o sustancias tóxicas. Por ejemplo, en el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la UAEMor, se sintetizaron puntos de carbono obtenidos a partir de aceite de canola reciclado y modificados con átomos de azufre. Estos se han usado para detectar la presencia de cromo (VI) (aun cuando esté presente en muy bajas concentraciones) en el agua. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) el nivel máximo de consumo permitido en el agua, para cromo total es de 0.1 mg/L [10]. Algunos estudios indican que cuando este metal se consume, aumenta los riesgos de cáncer de estómago y puede causar daños reproductivos, por lo que su detección en el agua es de suma importancia. Adicionalmente, con estos puntos de carbono derivados de aceite, se puede detectar el contenido de acetona presente en agua o en fluidos biológicos como la sangre o la orina, lo que resulta útil en el monitoreo de calidad de disolventes (mezclas acetona/agua) y en el control de nivel de cetonas en personas que padecen de diabetes.

El experimento para sintetizar puntos de carbono es simple. Se aplica un tratamiento térmico en un medio ácido al aceite reciclado, se neutraliza el pH, se centrifuga y se obtiene un líquido con puntos de carbono luminiscentes, posteriormente un volumen muy pequeño de esta disolución (5µL) se adiciona a varias disoluciones de cromo o acetona a diferentes concentraciones y se mide su luminiscencia en un equipo llamado fluorómetro o espectrómetro de luminiscencia (ver Figura 2). Otra ventaja de este sensor óptico es que, en la presencia de cromo, proporciona dos señales mientras que para la acetona se cuenta hasta con cuatro puntos de respuesta para calcular las concentraciones de estos analitos, lo que contribuye a una detección más precisa [11].



FIGURA 2. ESQUEMA del aprovechamiento del aceite de cocina usado en la síntesis de puntos de carbono para la detección de Cr(VI) y acetona.

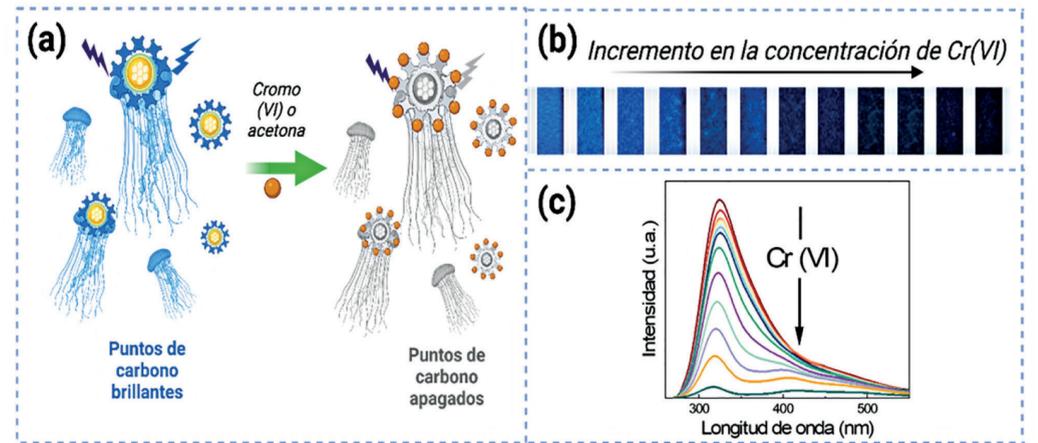


FIGURA 3. PROCESO de detección cromo (VI) y acetona con puntos de carbono (a) representación gráfica del apagado de luminiscencia, (b) efecto de la concentración de cromo en la emisión de los puntos de carbono y (c) resultados originales de la medición de la emisión obtenidos en un fluorómetro.

Entonces la pregunta es ¿Cómo ocurre el proceso de detección? Imaginemos a los puntos de carbono como unas medusas, estos emiten luz cuando reciben energía UV, pero en cuanto sus tentáculos (grupos funcionales en los puntos de carbono) interaccionan con el cromo (VI) o la acetona, dejan de brillar y de esta forma se puede estimar la concentración de estos últimos (ver Figura 3a). La imagen de la Figura 3b muestra el efecto de la concentración de cromo en la emisión de los puntos de carbono, cuando la concentración del metal pesado se incrementa, la emisión azul de los puntos de carbono disminuye (se apagan), esta luminiscencia se mide en un fluorómetro (Figura 3c) y se realizan unos cálculos para estimar la concentración de cromo según la intensidad de luminiscencia. La desactivación de la luminiscencia de los puntos de carbono en presencia de cromo se atribuye, entre otros posibles efectos, a que

se genera una reducción de Cr(VI) a Cr(III), este último de menor toxicidad y en el caso de la acetona, la desactivación puede atribuirse un proceso de transferencia de electrones.

## Conclusiones

Te sugerimos darles una segunda oportunidad a tus residuos de aceite de cocina, almacénalos en un recipiente plástico y no olvides consultar los puntos de acopio señalados por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos para entregar [7]. ¡Actúa de una manera responsable con tus residuos! Si te interesa conocer más acerca de los puntos de carbono de aceite de cocina usado, puedes consultar el siguiente link <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109438>.

## Referencias

- [1] Revista del consumidor: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119152/Estudio\\_Aceites\\_Vegetales\\_Comestibles\\_36-48\\_Octubre\\_2010.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119152/Estudio_Aceites_Vegetales_Comestibles_36-48_Octubre_2010.pdf).
- [2] M. C. C. Bernal, CONAHACYT, mayo 2021: <https://www.ciad.mx/que-hacer-con-el-aceite-vegetal-usado/>.
- [3] Diario Oficial de la Federación, 1995: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4865938&fecha=06/01/1995#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%20D068,de%20origen%20animal%20y%20vegetal.&gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4865938&fecha=06/01/1995#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%20D068,de%20origen%20animal%20y%20vegetal.&gsc.tab=0).
- [4] Gaceta Oficial de la Ciudad de México, Junio 2018: <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/NADF-012-AMBT-2015.pdf>.
- [5] Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México: <http://data.sedema.cdmx.gob.mx:8081/residuos/index.php/mi-cocina-no-contamina#:~:text=La%20Secretar%C3%A1Da%20del%20Medio%20Ambiente,usado%20y%20facilitar%20su%20aprovechamiento.>
- [6] Gobierno de Morelos, Enero 2022: <https://morelos.gob.mx/?q=prensa/nota/se-suma-sds-la-campana-kilometro-de-aceite-impulsada-por-el-club-rotarios-cuernavaca>.
- [7] Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos: <https://sustentable.morelos.gob.mx/comunicacion/acopio-aceite-2022?fbclid=IwAR32-JBq4LWAfoMH-27qyGqJpFQJth4D6U5G9NaL29vWbCXM-3qxTCK7L4VGg>.
- [8] S. T. Landa, N. R. Bogireddy, I. Kaur, V. Batra y V. Agarwal, «Heavy metal ion detection using green precursor derived carbon dots.» iScience, 25, 2, 103816, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.103816>
- [9] D. S. Baker y D. G. Baker, «Luminescent Carbon Nanodots: Emergent Nanolights.» Angewandte Chemie, 6727, 2010. <https://doi.org/10.1002/anie.200906623>.
- [10] Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/sdwa/chromium-drinking-water>.
- [11] M. Rangel, S. Saluja, V. Barba, J. Pérez-Huerta y V. Agarwal, «Dual-emissive waste oil based S-doped carbon dots for acetone detection and Cr(VI) detection/reduction/removal.» Journal of Environmental Chemical Engineering, 11, 109438, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109438>.