launion.com.mx @uniondemorelos

CIENCIA

launion.com.mx

@uniondemorelos

La basura electrónica, un tesoro escondido

MARIANA BARUCH SOTO, LORENA MAGALLÓN CACHO, EDGAR JESÚS BORJA ARCO, P. J. SEBASTIAN, JEANNETE RAMÍREZ APARICIO



FIGURA 1. REPRESENTACIÓN de las principales categorías de residuos electrónicos [1]. Imagen elaborada por los autores con asistencia de ChatGPT (OpenAI).

La Q. Baruch Soto es egresada de la Facultad de Química de la UNAM, realizó su tesis de licenciatura sobre la síntesis de nanopartículas metálicas obtenidas a partir del reciclaje de basura electrónica.

La Dra. Magallón Cacho es Doctora en Electroquímica (CIDETEQ, S.C) y *Docteur de l'École Centrale de Lyon* Discipline: *Génie des Matériaux*. Es Investigadora por México SECIHTI-CIICAp-Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) y SNII 1. Sus líneas de investigación son bioenergía y síntesis de materiales.

El Dr. Borja Arco es Doctor en Ciencias, con especialidad en Materiales (CIVESTAV-Querétaro). Es Profesor Titular "A" de Tiempo Completo de la Facultad de Química-UNAM y SNII 2. Sus líneas de investigación son síntesis y caracterización de materiales, celdas de combustible y reciclaje de basura electrónica.

El Dr. Joseph Sebastian Pathiyamattom es Investigador Titular C del Instituto de Energías Renovables-UNAM y SNII 3. Sus líneas de investigación son: hidrógeno, celdas de combustibles, biocombustibles y nanomateriales. Actualmente desarrolla proyectos relacionados a fotoreducción de CO_2, producción de hidrógeno verde, producción de diésel verde, producción de bioetanol, biodiésel y biogás, cultivo de microalgas y desarrollo de nanomateriales a partir de biomasa.

La Dra. Ramírez Aparicio es doctora en Ciencias con Especialidad en Materiales e Investigadora por México de la SECIHTI, adscrita al CIICAp de la UAEM y SNII 1. Trabaja en materiales para la remoción de contaminantes en agua.

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

¿Recuerdas aquellos viejos dispositivos electrónicos olvidados en un cajón? Seguro que debes de tener más de uno y lo más probable, es que no sean la basura que tú piensas. Piensa en cuántos teléfonos celulares has tenido a lo largo de tu vida, en esa computadora vieja con la que hiciste muchos proyectos o en el televisor con el que compartiste momentos en familia. ¿Dónde están ahora? Con el tiempo, muchos de estos dispositivos terminan en basureros o arrumbados en nuestros hogares sin ningún tipo de uso. Pero lo que pocos saben, es que dentro de ellos se alberga un tesoro que puede ser recuperado.

¿Qué es la basura electrónica y por qué deberíamos preocuparnos?

Según el *Monitoreo Regional de Residuos Electrónicos para América Latina* (2022), la basura electrónica (*e-waste*, en inglés) es todo aquel desecho proveniente de dispositivos electrónicos en desuso (Figura 1). Cada vez que desechamos un celular viejo, una computadora rota o un electrodoméstico obsoleto, estamos contribuyendo al crecimiento de un problema ambiental de gran impacto [1].

El problema es más grande de lo que puedes imaginar. Según el cuarto *Monitor Mundial de Residuos Electrónicos* (GEM) de las Naciones Unidas, publicado en 2024, en 2022 se produjo un récord de 62 millones de toneladas (Mt) de desechos electrónicos, un 82 % más que en 2010 [2]. Para visualizar esta cantidad, pongamos un ejemplo. La torre Eiffel pesa 10,100 t, esto significa que 62 Mt de basura electrónica equivalen a 6,139 torres, es decir, más de 6,000 veces el peso total de este magnífico monumento (Figura 2). De mantenerse esta tendencia, para el año 2030 se estima que esta cifra alcanzará los 82 Mt, un aumento del 33 % respecto a 2022. Lo más alarmante es que, sólo el 22.3 % de los desechos electrónicos generados mundialmente fueron recuperados y reciclados oficialmente y de forma ambientalmente aceptable. Esto quiere decir que el 77.7 % restante quedó fuera de la formalidad [2].

¿Cómo afectan los residuos electrónicos a nuestra salud y al medio ambiente?

La basura electrónica no desaparece cuando la desechamos, la realidad es que todos estos aparatos como computadoras, celulares, electrodomésticos entre muchos otros son simplemente abandonados o son procesados inadecuadamente. Esto genera graves consecuencias ambientales y sanitarias, ya que los metales pesados presentes en los desechos electrónicos, como el plomo, el mercurio y el cadmio, pueden liberarse y contaminar el aire, suelo y agua afectando los ecosistemas. Las personas se ven expuestas a estos contaminantes mediante el polvo, los alimentos o por agua contaminada, siendo las niñas, niños y mujeres embarazadas la población más vulnerable [3].

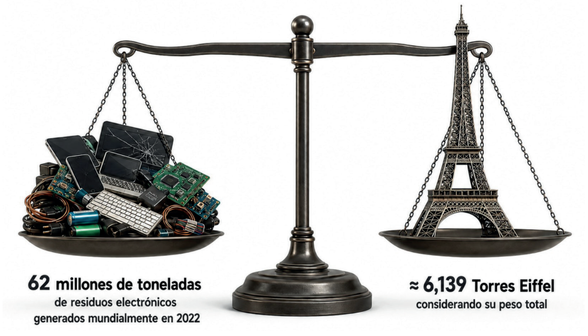


FIGURA 2. MAGNITUD de los desechos electrónicos generados en 2022. Imagen elaborada por los autores con asistencia de ChatGPT (OpenAI).

El reciclaje informal representa un riesgo para las personas que participan directamente en dicha actividad, sus familias y todas aquellas comunidades aledañas. Se estima que hasta el 2020 había 16.5 millones de infancias trabajando informalmente en el sector industrial, donde la recuperación de basura electrónica estaba considerada como un subsector [3]. En este tipo de práctica la recuperación de los materiales valiosos emplea procesos de desmantelamiento manual, trituración y calentamiento, usando además productos químicos peligrosos [3]. Para la recuperación de metales preciosos, suelen emplearse ácidos fuertes como el agua regia, una mezcla de ácido clorhídrico (HCl) y ácido nítrico (HNO_3) [3,5]. Todo esto es realizado sin capacitación adecuada, sin los equipos de seguridad necesarios, ni los controles ambientales que son requeridos en las prácticas formales. La exposición constante y prolongada a todos los contaminantes asociados a estas prácticas afectan la salud de las personas trabajadoras, provocando problemas neurológicos, enfermedades respiratorias, daños en órganos como los riñones y el hígado y la infertilidad [3,6]. Mientras que la quema clandestina de estos desechos libera partículas finas, metales y compuestos tóxicos como dioxinas y furanos que contribuyen al cambio climático y afectan la calidad del aire [2].

El tesoro escondido en tus dispositivos

Sin duda alguna, la gestión de la basura electrónica representa un reto mundial, pero también es un área de oportunidad. En sus circuitos y componentes se encuentran metales preciosos como el oro, la plata, el cobre y el paladio, además de elementos esenciales como tierras raras (Figura 3). Estos elementos pueden recuperarse y reutilizarse, reduciendo así la dependencia de la minería y disminuyendo la contaminación derivada de la extracción de recursos naturales [7,8].

En nuestro grupo de trabajo hemos demostrado que este "tesoro" puede tener una segunda vida. Por ejemplo, una de nuestras líneas de investigación se enfoca en recuperar el oro presente en algunos componentes de los dispositivos electrónicos que han llegado al final de su vida útil, como procesadores y memorias RAM. Lo más interesante del oro recuperado a partir del reciclaje de basura electrónica, es que es utilizado para obtener nuevos materiales de gran valor, como por ejemplo partículas de tamaño diminuto (nanómetros) con propiedades muy interesantes y que pueden emplearse en diferentes investigaciones. Es decir, nuestro trabajo es darle una nueva aplicación, para favorecer reacciones químicas y producir energía de una manera más limpia [9-12].

Beneficios del reciclar de residuos electrónicos

Reducción de la contaminación: La recolección y reciclaje adecuados de los residuos electrónicos evitan que sustancias peligrosas, como plomo, mercurio y cadmio, entre otros productos químicos tóxicos, contaminen nuestros suelos, ríos y el aire que respiramos. Su manejo en instalaciones seguras y controladas disminuye los riesgos para la población y protege los ecosistemas [3,4].

Conservación de recursos naturales: La recuperación de materiales valiosos como el oro, plata y cobre, entre otros, pueden incluirse en nuevos procesos reciclar los materiales de los dispositivos electrónicos en desuso, reduciendo la necesidad de extraer recursos vírgenes de la naturaleza. Esto preserva los ecosistemas, disminuye el impacto ambiental asociado con la minería y la extracción de materias primas [2].

Innovación y economía circular: El reciclaje de componentes electrónicos debe de complementarse con el diseño de productos que sean más duraderos, que puedan ser reparados con mayor facilidad y, que sean reutilizables y reciclables. El uso de materiales recuperados para la reincorporación de estos en nuevos procesos fomenta la economía circular [13].

¿Qué puedes hacer?

Aunque los esfuerzos de reciclaje y gestión de desechos electrónicos actuales son insuficientes ante su rápido aumento a nivel global, el cambio puede empezar contigo. Aquí hay tres acciones clave que puedes tomar (Figura 4):

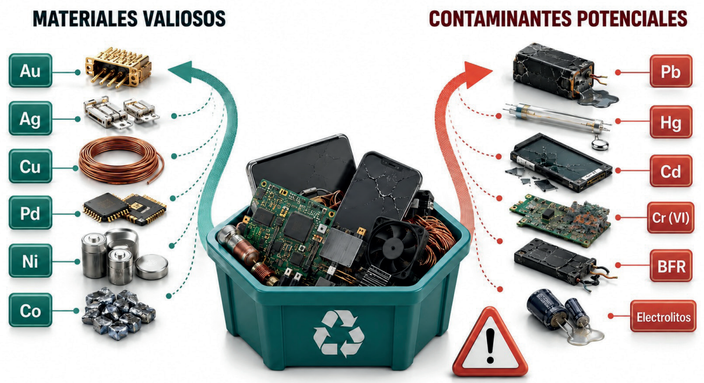


FIGURA 3. COMPONENTES de la basura electrónica: materiales valiosos y sustancias contaminantes. Imagen elaborada por los autores con asistencia de ChatGPT (OpenAI).

Reducir: Antes de comprar un nuevo dispositivo, pregúntate si realmente lo necesitas. Opta por productos duraderos y de calidad.

Reutilizar: Si un aparato aún funciona, dónalo, véndelo o repáralo en lugar de desecharlo.

Reciclar: Lleva tus dispositivos viejos a centros de reciclaje especializados en lugar de tirarlos a la basura.

¿A dónde puedo llevar la basura electrónica?

La Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos, realiza cada año el Reciclatrón con la finalidad de promover el manejo adecuado de residuos electrónicos y fortalecer la participación ciudadana en acciones ambientales. Por su parte la UNAM realiza también un reciclatrón anual en el campus de la Ciudad de México, de los eventos más importantes a nivel nacional, un ejemplo de ello es el acopio de 60 t de residuos electrónicos en el 2025. Consulta, en ambos casos, las páginas y redes sociales oficiales para mantenerte informado de las fechas e indicaciones sobre artículos que son aceptados.

¡Dales una segunda vida a tus computadoras!

Nuestro grupo de investigación también puede ayudarte a disponer responsablemente de las computadoras que ya no utilizas. Antes de desecharlas, contáctanos y contribuye con nuestros proyectos de investigación los cuales están orientados a recuperar metales preciosos a través de métodos de menor impacto ambiental. Estos materiales podemos transformarlos en productos de alto valor agregado, como nanopartículas de oro que tienen aplicaciones en energía y medicina, entre otras. Envíanos un correo a: lorena.magallon@uaem.mx; eborja@unam.mx.

En nuestras manos y con tu colaboración, la basura electrónica se convierte en materia prima para la ciencia y la innovación.

Referencias

[1] Wagner M, Baldé C.P., Luda V., et al. Monitoreo regional de los residuos electrónicos para América Latina: resultados de los trece países participantes en el proyecto UNIDO-GEF 5554. Bonn: 2022.
[2] Kuehr R, Yamamoto T, McDonald R, et al. Observatorio internacional sobre residuos electrónicos, 2024. Ginebra y Bonn: 2024.
[3] World Health Organization. Electronic waste: Digital dumpsites and children's health 2024. https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/children-and-digital-dumpsites-e-waste-and-health (accessed August 14, 2026)
[4] United Nations Environment Programme. Sustainable Future of E-waste 2023. https://www.unep.org/ietc/news/story/sustainable-future-e-waste (accessed August 14, 2026).
[5] Zhong Y, Li D, Mao Z, et al. Kinetics of tetrabromobisphenol A (TBBPA) reactions with H2SO4, HNO3 and HCl: Implication for hydrometallurgy of electronic wastes. *J Hazard Mater* 2014;270:196–201. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.01.032
[6] Eckhardt B, Kaifie A. Bridging the knowledge gap! Health outcomes in informal e-waste workers. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2024;19. https://doi.org/10.1186/s12995-024-00410-z.
[7] Cui J, Forssberg E. Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review. *J Hazard Mater* 2003;99:243–63. https://doi.org/10.1016/S0304-3894(03)00061-X.
[8] Sronsri C, Panitantum N, Sittipol W, et al. Optimization of selective gold recovery from electronic wastes through hydrometallurgy and adsorption. *Process Safety and Environmental Protection* 2022;163:659–68. https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.06.001.
[9] Su-Gallegos J, Magallón-Cacho L, Ramírez-Aparicio J, Borja-Arco E. Synthesis of Gold Nanoparticles from Gold Coatings Recovered from E-Waste Processors. *Materials* 2022;15:7307. https://doi.org/10.3390/ma15207307.
[10] Baruch-Soto M, Magallón-Cacho L, Ramírez-Aparicio J, et al. Methanol Oxidation Reaction in Alkaline Media Using Gold Nanoparticles Recovered from Electronic Waste. *Materials* 2024;17:1267. https://doi.org/10.3390/ma17061267.
[11] Su G. J, Maturano R. V, Zanella R, Borja A. EJ. Turning trash into treasure: Gold nanoparticles (from e-waste) supported on TiO2 as catalyst for the oxidation of CO. *Nano-Structures & Nano-Objects* 2024;39:101235. https://doi.org/10.1016/j.nanoso.2024.101235.
[12] Su Gallegos J, Maturano Rojas V, Zanella R, Borja Arco EJ. Valorization of Gold Recovered from Electronic Waste for the Synthesis of Au/TiO2 Photocatalysts for Hydrogen Generation in Methanol–Water Solution. *Waste Biomass Valorization* 2026. https://doi.org/10.1007/s12649-026-03643-7.
[13] United Nations Environment Programme. As electronic waste surges, countries look for answers 2025. https://www.unep.org/news-and-stories/story/electronic-waste-surges-countries-look-answers (accessed August 15, 2026).

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.



FIGURA 4. LAS tres "erres" (Reducir, Reutilizar y Reciclar) como estrategias clave para la gestión de residuos electrónicos. Fuente: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

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
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: coord.comite.editorial.acmor@gmail.com

@uniondemorelos launion.com.mx