

El impacto al medio ambiente de los aparatos electrónicos: La advertencia de los científicos sobre los residuos electrónicos

Scientists' warning on the environmental impact of electronic gadgets: e-waste

Carolina A. Vaccaro

Universidad Isthmus, Licenciatura en Diseño y Arquitectura,, Panamá

carolinavaccaro2702@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-7505-9168>

Karen Courville

Instituto de Ciencias Médicas, Las Tablas, Panamá

kavac7@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-4182-6736>

Recibido: 28/03/2025

Aprobado: 02/05/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/rea.v4n1.7301>

Resumen

La telefonía celular ha revolucionado la comunicación, pero también ha generado importantes desafíos ambientales. El rápido crecimiento en la propiedad de teléfonos celulares ha impulsado la demanda, exacerbando el impacto ambiental de su producción, uso y eliminación. Su producción implica la extracción de minerales valiosos, pero a menudo ambientalmente dañinos. Además, el proceso de fabricación consume mucha energía, lo que contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero. Al final de su vida útil, los teléfonos celulares se convierten en parte de la creciente montaña de desechos electrónicos (e-waste). Este artículo de reflexión examina críticamente el ciclo de vida de los teléfonos celulares, desde la extracción de recursos hasta la eliminación, destacando las consecuencias ambientales y proponiendo soluciones desde la perspectiva del autor.

Palabras claves: Celular, teléfonos, contaminación, desechos electrónicos, economía circular.

Abstract

Cell phones have revolutionized communication, but they have also created significant environmental challenges. The rapid growth in cell phone ownership has driven demand, exacerbating the environmental impact of their production, use, and disposal. Their production involves the extraction of valuable, but often environmentally harmful, minerals. Furthermore, the manufacturing process is energy-intensive, contributing to greenhouse gas emissions. At the end of their useful life, cell phones become part of the growing mountain of electronic waste (e-waste). This reflection critically examines the life cycle of cell phones, from resource extraction to disposal, highlighting the environmental consequences and proposing solutions from the author's perspective.

Keywords: Cell phone, telephones, pollution, electronic waste, circular economy

Introducción

La naturaleza ubicua de los teléfonos celulares ha revolucionado la comunicación en el siglo XXI. En un período relativamente corto, los teléfonos fijos se han vuelto obsoletos en gran medida, reemplazados por la comodidad y la portabilidad de los dispositivos móviles. Sin embargo, nos preocupa profundamente que esta transformación haya eclipsado una verdad incómoda: la creciente montaña de desechos electrónicos que generamos. Si bien celebramos los avances tecnológicos, no podemos ignorar el impacto ambiental de nuestra dependencia de estos dispositivos.

El rápido aumento en la propiedad de teléfonos celulares, impulsado por los avances tecnológicos y la creciente asequibilidad, ha llevado a un aumento en la demanda. La propiedad mundial de teléfonos celulares se disparó del 50% de la población mundial en 2010 a un estimado del 80% en 2020 (Laricchia, 2024). Este crecimiento exponencial, aunque indicativo del progreso tecnológico, también ha exacerbado los desafíos ambientales asociados con la producción, el uso y la eliminación de estos dispositivos.

Si bien los teléfonos celulares sin duda han mejorado nuestras vidas, su uso generalizado no está exento de inconvenientes. Las preocupaciones con respecto al uso excesivo de teléfonos celulares incluyen los posibles impactos negativos en la salud mental, como ansiedad, depresión y trastornos del sueño (Lamberg, 2022). Además, el compromiso constante con los dispositivos móviles puede conducir al aislamiento social, trastornos visuales y musculares, y un mayor riesgo de accidentes (Mustafaoglu, 2021).

Los desechos electrónicos, el término utilizado para describir los dispositivos electrónicos desechados, se han convertido en un desafío ambiental crítico. En 2019, se generaron aproximadamente 53,6 millones de toneladas de desechos electrónicos a nivel mundial, y solo una fracción (17,4%) se recolectó y recicló formalmente (OMS, 2023). Esta estadística alarmante subraya la urgente necesidad de soluciones sostenibles para la gestión de desechos electrónicos. Este artículo de reflexión busca profundizar en el impacto ambiental de los teléfonos celulares, examinando su ciclo de vida y proponiendo soluciones que van más allá del reciclaje superficial. Es hora de un cambio fundamental en nuestra forma de pensar sobre estos dispositivos, desde la concepción hasta el final de su vida útil.

Materiales y métodos

Este estudio se basa en una revisión exhaustiva de la literatura existente, incluyendo artículos científicos, informes de la industria y datos de organizaciones internacionales. Se utilizaron bases de datos como PubMed, Google Scholar y ResearchGate para recopilar información relevante sobre el impacto ambiental de los teléfonos celulares y las estrategias de gestión de desechos electrónicos. El análisis se centra en la síntesis de la información y la reflexión crítica sobre las implicaciones de los hallazgos.

Tecno historia

La historia de los teléfonos celulares es un testimonio del ingenio humano, desde los primeros equipos de telefonía inalámbrica hasta los elegantes teléfonos inteligentes que llevamos hoy. La empresa alemana Zugtelephonie AG desarrolló equipos de telefonía inalámbrica para operadores de trenes en la década de 1920, sentando las bases para la comunicación móvil. Durante la Segunda Guerra Mundial, las potencias aliadas utilizaron el SCR-536 Handie-Talkie, un transceptor de radio bidireccional de mano, mostrando el potencial de los dispositivos de comunicación portátiles, aunque con limitaciones en la duración de la batería y el alcance (Thompson, 2022).

Después de la guerra, en 1946, Bell Labs fue pionera en un sistema de teléfono móvil para automóviles, inicialmente disponible solo en carreteras selectas en las principales ciudades de EE. UU. Esto marcó un paso significativo hacia la comunicación móvil generalizada. Sin embargo, no fue hasta 1973 que se produjo un gran avance. Martin Cooper, un ingeniero de Motorola, realizó la primera llamada utilizando un prototipo de teléfono celular, el Motorola DynaTAC 8000X. A pesar de su gran tamaño y su precio exorbitante, este logro histórico allanó el camino para el futuro de la telefonía móvil (Wankhede, 2024).

La década de 1980 fue testigo de una rápida evolución de los teléfonos móviles, desde artículos de lujo hasta productos básicos de consumo. La entrada de competidores como Nokia impulsó la innovación, con empresas que introdujeron características como mensajes de texto y capacidades de juego. Al mismo tiempo, los avances en la tecnología llevaron a dispositivos más pequeños, ligeros y fáciles de usar, haciéndolos cada vez más deseables para el público en general (Comunale, 2023).

Sin embargo, esta evolución tecnológica ha estado marcada por una creciente preocupación por su huella ambiental. En nuestra opinión, la industria no anticipó completamente las consecuencias a largo plazo de la rápida proliferación de estos dispositivos.

El precio del progreso

El "precio del progreso" en la era de los teléfonos inteligentes es una deuda ambiental que estamos acumulando a un ritmo alarmante. Desde la extracción de materias primas hasta su eventual eliminación, la industria de los teléfonos inteligentes tiene una huella ecológica significativa.

La producción de teléfonos inteligentes implica la extracción de minerales valiosos, pero a menudo ambientalmente dañinos. El cobalto, el litio y el tantalio (tántalo), cruciales para las baterías y otros componentes, se extraen con frecuencia en condiciones de explotación. Estas operaciones mineras a menudo implican deforestación, contaminación del agua y abusos contra los derechos humanos, particularmente en regiones como la República Democrática del Congo. Además, el proceso de fabricación en sí mismo consume mucha energía, lo que contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero y exacerba el cambio climático (Tier1, 2024).

Cuando los teléfonos inteligentes llegan al final de su vida útil, se convierten en parte de la creciente montaña de desechos electrónicos (e-waste). Desechados incorrectamente, estos dispositivos pueden filtrar sustancias tóxicas como plomo, mercurio, cadmio y retardantes de llama bromados al medio ambiente, contaminando las fuentes de suelo y agua (Goyal *et al.*, 2024). Esta contaminación plantea serios riesgos para la salud humana, incluido un mayor riesgo de cáncer, enfermedades respiratorias y problemas reproductivos. Además, la contaminación de los suelos y las masas de agua puede tener consecuencias devastadoras para los ecosistemas y la vida silvestre (Parvez *et al.*, 2021).

El costo económico de esta negligencia ambiental es sustancial. Según McCarthy de Global Citizen, (2018) el mundo pierde un estimado de \$ 55 mil millones anuales debido al despilfarro de recursos valiosos como el oro que terminan en los vertederos en lugar de ser reciclados.

La demanda mundial de teléfonos inteligentes continúa creciendo rápidamente. Se proyecta que el gasto mundial en tecnología de la información (TI) alcanzará aproximadamente cinco billones de dólares estadounidenses en 2024, un aumento del 6,8% con respecto a 2023. Una parte significativa de este gasto, alrededor de 732 mil millones de dólares estadounidenses, se destinará a la compra de dispositivos (Bauer, 2024).

En nuestra perspectiva, el modelo económico actual, que prioriza el crecimiento y el consumo sin tener en cuenta los costos ambientales, es fundamentalmente insostenible. Necesitamos un cambio

de paradigma que valore la sostenibilidad y la responsabilidad a largo plazo por encima de las ganancias a corto plazo.

Los residuos de los desechos electrónicos

Los desechos electrónicos (e-waste) contienen un cóctel de sustancias peligrosas que representan importantes riesgos ambientales y para la salud humana. Los dispositivos electrónicos a menudo contienen productos químicos tóxicos como el mercurio y el plomo. Cuando se eliminan incorrectamente en los vertederos, estos productos químicos pueden filtrarse al medio ambiente circundante. Esta contaminación representa una grave amenaza para la salud humana, especialmente para los niños y las mujeres embarazadas, que son más vulnerables a los efectos de estas toxinas (Hossain, 2015). Estas toxinas también pueden ingresar a la cadena alimentaria a través de la bioacumulación, impactando aún más los ecosistemas y la salud humana.

Hay algunos materiales de alto impacto, como el litio, el cobalto y los elementos de tierras raras (REE). El litio es un componente crítico de las baterías recargables, pero la extracción de litio consume mucha agua y puede agotar los recursos de agua subterránea. Los procesos de extracción a menudo involucran productos químicos agresivos, que contaminan el medio ambiente (WRI, 2024). El cobalto, que proviene principalmente de la minería de la República Democrática del Congo, a menudo implica trabajo infantil, abusos contra los derechos humanos y daños ambientales como la deforestación y la contaminación del agua (IEA, 2024). Los elementos de tierras raras, como el neodimio y el disprosio, se utilizan en los imanes, y el lantano y el cerio, en las pantallas. La minería de REE genera importantes cantidades de residuos tóxicos y contaminación ambiental (Ives, 2013).

Otros materiales peligrosos presentes en los teléfonos celulares son el plomo (que se encuentra en los antiguos tubos de rayos catódicos CRT, la soldadura y algunas baterías), el mercurio (presente en las lámparas fluorescentes, los interruptores y algunas baterías), el cadmio (utilizado en las baterías recargables y los semiconductores), el arsénico (que se puede encontrar en el vidrio de los CRT más antiguos) y los metales pesados (incluidos el cobre, el níquel y el manganeso, que pueden contaminar el suelo y las aguas subterráneas) (Moeini, 2024).

Algunas otras partes, como las placas de circuito impreso (PCB), contienen productos químicos peligrosos como el berilio, y oro y plata, que se utilizan en conectores y circuitos. La extracción de oro a menudo implica cianuro, mientras que la plata puede filtrarse al medio ambiente (APT,

2024). El cobre es un metal que se encuentra de forma natural en el medio ambiente y se utiliza en el cableado y los circuitos, pero requiere mucha energía para la extracción (NHM, 2020). También hay algunos residuos plásticos, que liberan humos tóxicos cuando se queman, y riesgos de baterías en las baterías de iones de litio, que representan peligros de incendio y explosión si se dañan o se manipulan incorrectamente.

En nuestra opinión, la falta de transparencia en la cadena de suministro y la externalización de los costos ambientales a los países en desarrollo son problemas éticos que deben abordarse con urgencia.

Cómo gestionar de forma segura los desechos electrónicos para un planeta más saludable

Los desechos electrónicos, o e-waste, son una preocupación creciente debido al rápido avance y la eliminación de dispositivos electrónicos. Estos dispositivos contienen una mezcla de materiales valiosos y sustancias tóxicas que representan importantes riesgos ambientales y para la salud si no se manejan adecuadamente. La buena noticia es que la gestión responsable de los desechos electrónicos puede reducir significativamente estos riesgos e incluso crear un impacto ambiental positivo, por lo que, a pesar de los desafíos, creemos que un futuro más sostenible es posible.

La importancia del reciclaje de desechos electrónicos

Estudios realizados por Widmer y Oswald-Krapf, (2005) muestran que más del 60% de los desechos electrónicos está compuesto por metales recuperables como el hierro, el cobre y el aluminio. Esto representa una importante reserva de recursos que se puede aprovechar a través de prácticas de reciclaje adecuadas. Evans *et al.*, (2023) destacan aún más la composición de los desechos electrónicos, que incluye no solo metales, sino también plásticos y óxidos refractarios.

En lugar de desechar teléfonos viejos o defectuosos, la gestión responsable de los desechos electrónicos implica recogerlos, empaquetarlos y enviarlos a recicladores certificados. Estas instalaciones desmontan los dispositivos, separando materiales valiosos como el oro, la plata, el cobre y los elementos de tierras raras. Estos materiales recuperados se pueden reutilizar en la producción de nuevos dispositivos, lo que reduce la necesidad de extracción de recursos vírgenes. Reciclar estos materiales no solo conserva los recursos, sino que también evita que terminen en los vertederos, donde pueden filtrar productos químicos nocivos al suelo y al agua (Jadoun, 2024).

Historias de éxito en la gestión de desechos electrónicos

Afortunadamente, hay ejemplos inspiradores de programas exitosos de gestión de desechos electrónicos en todo el mundo. El programa MobileMuster de Australia, establecido en 1998, se centra en la recolección y el reciclaje de teléfonos celulares, baterías y accesorios relacionados. A través de campañas activas de sensibilización pública, MobileMuster ha experimentado un aumento constante en el reciclaje de teléfonos, recuperando 96 toneladas de componentes solo en 2023 (Korycki, 2024). Esto se traduce en importantes beneficios ambientales, incluida la conservación de recursos minerales y el equivalente a plantar 5000 árboles.

Los principales fabricantes también están tomando medidas para reducir su huella ambiental mediante la incorporación de materiales reciclados en sus productos. Los modelos iPhone 15 Pro y Pro Max de Apple, lanzados en 2023, muestran este compromiso. Estos teléfonos cuentan con un 20% de contenido reciclado o renovable, libre de sustancias nocivas como el berilio y el arsénico. Los teléfonos también utilizan cobalto 100% reciclado en las baterías y un 99% de embalaje a base de fibra (Apple, 2023). Estos avances demuestran el potencial de una industria electrónica más sostenible.

A pesar de estos desarrollos positivos, sigue existiendo una brecha significativa entre la gestión responsable de los desechos electrónicos y las prácticas actuales. Estudios en Europa muestran que más del 50% de los usuarios de teléfonos celulares conservan sus teléfonos viejos en lugar de reciclarlos (Geyer, 2010). Fomentar la eliminación responsable a través de opciones de reciclaje convenientes y campañas de sensibilización pública es crucial para cerrar esta brecha.

Economía circular en los desechos electrónicos

La economía circular para la electrónica es un enfoque transformador que tiene como objetivo minimizar los residuos y maximizar la eficiencia de los recursos durante todo el ciclo de vida de los productos electrónicos. Se aleja del modelo lineal tradicional de "tomar-hacer-desechar" hacia un sistema de circuito cerrado donde los recursos se mantienen en uso durante el mayor tiempo posible (EMF, 2023).

Algunos principios clave de una economía circular para la electrónica son reducir, reutilizar, reciclar, re-manufacturar y diseñar para la circularidad. Minimizar la producción y el consumo de productos electrónicos a través de medidas como la longevidad del producto, las actualizaciones de software y los modelos de uso compartido ayuda a reducir los desechos electrónicos. Extender la vida útil de los productos electrónicos a través de la reparación, el reacondicionamiento y la

reventa es una metodología de reutilización para los consumidores, y algunas iniciativas incluyen mercados de segunda mano; programas de reacondicionamiento por los fabricantes, como Apple, Samsung y Google; y talleres comunitarios donde las personas pueden aprender a reparar sus propios productos electrónicos (Baker, 2024).

Integrar los principios de la economía circular en el diseño y la fabricación de productos electrónicos minimiza los residuos, reduce el consumo de recursos y mitiga el impacto ambiental de la minería y la fabricación. Las iniciativas corporativas en electrónica sostenible incluyen el diseño modular (que facilita la reparación y actualización de los productos), el uso de materiales reciclados (que incorporan contenido reciclado en nuevos productos) y el diseño para el desmontaje (que facilita el desmontaje fácil y eficiente de los productos al final de su vida útil) (Bajpai, 2025).

Conclusión: Un Llamado a la Acción y la Reflexión

La gestión de los desechos electrónicos es un desafío complejo que requiere un enfoque multifacético. Los gobiernos, la industria, los consumidores y la sociedad civil deben trabajar juntos para implementar soluciones sostenibles.

Desde nuestro punto de vista, la clave está en la reflexión y la acción. Debemos cuestionar nuestros hábitos de consumo, exigir responsabilidad a los fabricantes y apoyar políticas que promuevan la sostenibilidad. La transición hacia una economía circular para la electrónica no será fácil, pero es esencial para proteger nuestro planeta y garantizar un futuro mejor para las generaciones venideras.

Referencias Bibliográficas

- APT, (2024). *What is the difference between gold vs silver plated connectors or con...*
<https://advancedplatingtech.com/silver-plating/what-is-the-difference-between-gold-vs-silver-plated-connectors-or-con...>
- Apple, (2023). *Product Environmental Reporti. Phone 15 Pro and iPhone 15 Pro Max.*
https://www.apple.com/environment/pdf/products/iphone/iPhone_15_Pro_and_iPhone_15_Pro_Max_Sept2023.pdf.
- Baker, N. (2024). *Should you buy a refurbished phone?* <https://www.uswitch.com/mobiles/guides/should-you-buy-refurbished-phone/#:~:text=Most%20refurbished%20phones%20come%20le...>
- Bajpai, R. (2024). *Sustainable electronics in reducing e-waste through circular design.*
<https://www.eletimes.com/sustainable-electronics-in-reducing-e-waste-through-circular-design#:~:text=Educating%20Cons...>

- Mustafaoglu, R., Yasaci, Z., Zirek, E., Griffiths, M.D. & Ozdinciler, A.R. (2021). The relationship between smartphone addiction and musculoskeletal pain prevalence among young population: a cross-sectional study. *The Korean journal of pain*, 34(1), 72-81. <https://doi.org/10.3344/kjp.2021.34.1.72>
- NHM, (2020). *Your mobile phone is powered by precious metals and minerals*. <https://www.nhm.ac.uk/discover/your-mobile-phone-is-powered-by-precious-metals-and-minerals.html>
- OMS, (2023). *Electronic waste (e-waste)*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-%28e-waste%29>
- Parvez, S.M., Jahan, F., Brune, M.N., Gorman, J.F., Rahman, M. J., Carpenter, D., ... & Sly, P. D. (2021). Health consequences of exposure to e-waste: an updated systematic review. *The Lancet Planetary Health*, 5(12), 905-920. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00263-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00263-1)
- Thompson, S. (2022). *Walkie talkies and Operation Gold Rush*. https://www.army.mil/article/255952/walkie_talkies_and_operation_gold_rush. (10/10/2024)
- Tier1, (2024). El impacto ambiental oculto de nuestros teléfonos inteligentes. <https://www.tier1.com/the-hidden-environmental-impact-of-our-smartphones/>.
- Wankhede, C. (2024). <https://www.androidauthority.com/history-of-cell-phones-timeline-3264425/>. (03/01/2025)
- Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M. & Böni, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environmental impact assessment review*, 25(5), 436-458. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.04.001>
- WRI, (2024). La extracción de más minerales críticos podría afectar el suministro de agua en regiones estresadas <https://www.wri.org/insights/critical-minerals-mining-water-impacts#:~:text=In%20Chile's%20Salar%20de%20Atacama,of%20...>