

Investigación en didáctica de la Química

OBSOLESCENCIA TECNOLÓGICA Y SOCIEDAD: QUÍMICA, MATEMÁTICA Y CONSUMO EN DIÁLOGO

Fiorella Dómina^{1,3}, Sandra A. Hernández^{1,2}, Beatriz S. Marrón^{3,4}

1- Universidad Nacional del Sur (UNS), Departamento de Química, Gabinete de Didáctica de la Química, Bahía Blanca, Argentina.

2- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)-UNS, Instituto de Química del Sur (INQUISUR), Bahía Blanca, Argentina.

3- UNS, Departamento de Matemática, Bahía Blanca, Argentina.

4- CONICET-UNS, Instituto de Matemática de Bahía Blanca (INMABB), Bahía Blanca, Argentina.

E-mail: fiored08@hotmail.com, sandra.hernandez@uns.edu.ar,
beatriz.marron@uns.edu.ar

Recibido: 12/05/2026. Aceptado: 29/06/2026.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/16mn99vcb>

Resumen. La investigación presentada se enmarca en el plan de trabajo de una docente en formación, beneficiaria de una beca de estímulo a las vocaciones científicas. El estudio aborda la obsolescencia programada desde una perspectiva interdisciplinar STEAM, integrando dimensiones químicas, tecnológicas, ambientales y matemáticas, con un análisis estadístico orientado a la Educación para el Desarrollo Sostenible. Se exponen los resultados de una encuesta de opinión sobre la obsolescencia programada en teléfonos inteligentes, la cual permitió evidenciar el desconocimiento generalizado acerca de los posibles efectos negativos de este fenómeno en el equilibrio ambiental, con consecuencias directas sobre la salud humana y los ecosistemas. La investigación subraya la necesidad de promover espacios de reflexión, alfabetización y concientización sobre el impacto del consumo tecnológico.

Palabras clave: obsolescencia programada, teléfono inteligente, STEAM, educación para el desarrollo sostenible

Technological obsolescence and society: chemistry, mathematics and consumption in dialogue

Abstract. The research presented here is part of the work plan of a teacher in training, a recipient of a grant to encourage scientific vocations. The study addresses planned obsolescence from an interdisciplinary STEAM perspective, integrating chemical, technological, environmental, and mathematical dimensions, with a statistical analysis geared towards Education for Sustainable Development. The results of an opinion survey on planned obsolescence in smartphones are presented, revealing a widespread lack of awareness about the potential negative effects of this phenomenon on the environmental balance, with direct consequences for human health and ecosystems. The research underscores the need to promote spaces for reflection, literacy, and awareness regarding the impact of technological consumption.

Keywords: planned obsolescence, smartphone, STEAM, education for sustainable development



Obsolescência tecnológica e sociedade: Química, Matemática e consumo em diálogo

Resumo. A pesquisa apresentada insere-se no plano de trabalho de uma professora em formação, beneficiária de uma bolsa de estímulo às vocações científicas. O estudo aborda a obsolescência programada a partir de uma perspectiva interdisciplinar STEAM, integrando dimensões químicas, tecnológicas, ambientais e matemáticas, com uma análise estatística orientada à Educação para o Desenvolvimento Sustentável. São apresentados os resultados de uma pesquisa de opinião sobre a obsolescência programada em smartphones, que permitiu evidenciar o desconhecimento generalizado acerca dos possíveis efeitos negativos desse fenômeno sobre o equilíbrio ambiental, com consequências diretas para a saúde humana e os ecossistemas. A pesquisa ressalta a necessidade de promover espaços de reflexão, alfabetização e conscientização sobre o impacto do consumo tecnológico.

Palavras-chave: obsolescência programada, smartphone, STEAM, educação para o desenvolvimento sustentável

INTRODUCCIÓN

Aunque la expresión *obsolescencia programada* pueda percibirse como novedosa, la práctica de reducir deliberadamente la vida útil de los productos para forzar su reemplazo, incluso impidiendo su reparación, se remonta a más de un siglo atrás. Un ejemplo emblemático ocurrió en 1924, cuando se cuestionaba que las bombillas creadas por Thomas Edison alcanzaban hasta 2.500 horas de uso. Esta situación llevó a los fabricantes a conformar el *cártel de Phoebus*, con el propósito de limitar de manera intencional la duración de las lámparas a unas 1.000 horas, asegurando así una reposición más frecuente (Vázquez-Rodríguez, 2015).

Sedeño López (2021) distingue dos categorías de obsolescencia: objetiva y subjetiva. La obsolescencia objetiva se manifiesta en la reducción deliberada de la vida útil de los productos, en la imposibilidad de repararlos o en su incompatibilidad con nuevos sistemas y tecnologías. Este tipo de obsolescencia suele estar vinculado a decisiones técnicas y empresariales que buscan asegurar la reposición constante de bienes de consumo. Por otro lado, la obsolescencia subjetiva aparece cuando, aun siendo plenamente funcional, el consumidor percibe el producto como desactualizado y decide reemplazarlo. En este caso, el desgaste no es material sino simbólico: el objeto pierde valor por influencia de tendencias culturales, estéticas o sociales. Esta percepción está estrechamente relacionada con estrategias de marketing que apelan a la moda, la innovación y el deseo de pertenencia, manipulando psicológicamente al consumidor para que considere obsoleto lo que todavía es útil. De este modo, la obsolescencia subjetiva se convierte en una herramienta poderosa para dinamizar el mercado y sostener el ciclo de consumo, mientras que la objetiva opera desde la materialidad del producto.

Lo cierto es que, la obsolescencia programada provoca un ciclo continuo de compra y descarte de productos, lo que conlleva un uso acelerado e insostenible de recursos no renovables, afectando negativamente al equilibrio ambiental (González Lankenau & Ortega Rubí, 2024). Esta, forma parte de los principios que sustentan la economía lineal, y por ello, se contrapone directamente a los fundamentos de la economía circular. (López, 2021).

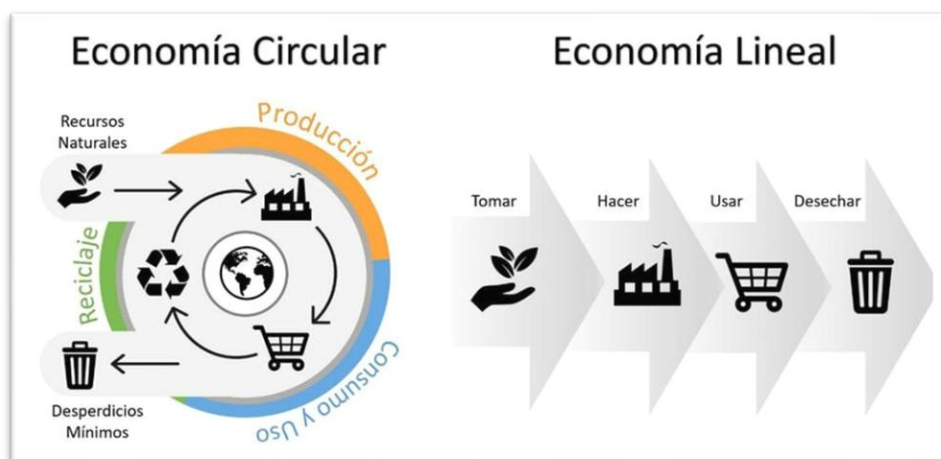


Figura 1. Diferencia entre el modelo de economía circular y economía lineal.
Fuente: Rodríguez Alfaro et al. (2023, p. 178)

La Economía Circular se plantea como un modelo de acción que surge de la evolución del concepto de sostenibilidad, integrando su aplicación en los ámbitos económico, social y ambiental. Este enfoque propone una transformación profunda en la manera de producir y utilizar bienes y servicios, orientándose hacia un desarrollo sostenible. (Prieto-Sandoval et al., 2017).

Respecto a la sustentabilidad como proyecto social, la Ley para la Implementación de la Educación Ambiental Integral en la República Argentina, Ley 27621/2021, en el Capítulo II - Artículo 2º, define la Educación Ambiental Integral (EAI) como:

un proceso educativo permanente con contenidos temáticos específicos y transversales, que tiene como propósito general la formación de una conciencia ambiental, a la que articulan e impulsan procesos educativos integrales orientados a la construcción de una racionalidad, en la cual distintos conocimientos, saberes, valores y prácticas confluyan y aporten a la formación ciudadana y al ejercicio del derecho a un ambiente sano, digno y diverso.

Asimismo, el Capítulo IV- Artículo 5º aborda los objetivos de la implementación de la Estrategia Nacional de Educación Ambiental Integral (ENEAI), el cual, en sus incisos h) e i) puntualiza:

- h) Crear un repositorio de experiencias de educación ambiental integral accesible por procedimientos informáticos vía internet.
- i) Generar y gestionar los mecanismos que faciliten el cumplimiento sistemático de la Agenda 2030 con sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y/o aquellos que en el futuro se acuerden.

Hacer frente a los grandes cambios tecnológicos, ambientales y sociales requiere de docentes que se sientan capacitados ante el reto de contribuir con el desarrollo de capacidades cognitivas y socioemocionales de las nuevas generaciones que están inmersas en la cultura digital.

Resolver estas cuestiones está íntimamente relacionado con los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por Naciones Unidas en la Agenda 2030 (AGNU, 2015). En particular, a los efectos de este estudio, consideramos importante hacer énfasis en el ODS 4 (educación de calidad), ODS 12 (producción y consumo responsable) y ODS 13 (acción por el clima).

El estudio de esta realidad requiere de un abordaje interdisciplinar donde confluyen aspectos químicos, tecnológicos, ambientales y matemáticos, por lo que se trabaja desde el enfoque STEAM (acrónimo en castellano CTIAM: Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemática), poniendo en consideración los puntos en común de cada una de las áreas del conocimiento requeridas en la investigación (Domènech Casal, 2019; Lam-Byrne, 2023; López Simó et al., 2020).

Química de materiales y economía circular: Proyecto medalla Tokio 2020

Desde el punto de vista químico se rescata, como ejemplo, la fabricación de las medallas olímpicas de Tokio 2020 a partir de oro, plata y bronce de dispositivos electrónicos en desuso, principalmente celulares (Olympics, s.f.). Obtener los metales en estado puro implicó la extracción y refinado de metales presentes en componentes electrónicos. El oro fue recuperado de contactos eléctricos, la plata de soldaduras y el cobre de circuitos, mediante técnicas de separación y purificación (lixiviación, electrólisis y fundición). La iniciativa no solo puso en valor la química de materiales aplicada al reciclaje electrónico, sino que también promovió la sostenibilidad y economía circular, transformando residuos tecnológicos en símbolos de excelencia deportiva.

De acuerdo con los datos estadísticos oficiales del proyecto, para fabricar las medallas de los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 (más de 5.000 preseas), se reciclaron aproximadamente 80 toneladas de dispositivos electrónicos en desuso, principalmente celulares, laptops y cámaras, lo que permitió obtener 32 kg de oro, 3.492 kg de plata y 2.200 kg de bronce.

En la Tabla 1 se muestra un estimativo del aporte promedio por celular, del metal recuperado, que fue utilizado para fabricar las medallas de cada podio.

Tabla 1. Estimación del aporte promedio de cada celular en relación con el total de cada metal recuperado

Metal	Total recuperado	Aporte promedio por celular
Oro (Au)	32 kg	≈ 5 mg por celular
Plata (Ag)	3.492 kg	≈ 0,56 g por celular
Bronce (Cu + Sn)	2.200 kg	≈ 0,35 g por celular

Como se muestra en la Tabla 1, cada celular aporta unos pocos miligramos o gramos, pero lo que parece insignificante en un solo aparato, se convierte en un recurso valioso a gran escala. Esto evidencia la importancia del reciclaje electrónico y constituye un ejemplo claro de cómo la química de materiales y la economía circular se aplican en proyectos reales.

La fabricación de las medallas de Tokio 2020 se convirtió en un ejemplo emblemático de sostenibilidad, ya que se evitó la extracción minera adicional y con ello se redujo el impacto ambiental. El proyecto promovió la economía circular y la participación ciudadana. La campaña, desarrollada entre 2017 y 2019, involucró activamente a la sociedad japonesa, quien ayudó a recolectar 6,2 millones de teléfonos móviles.

MARCO DEL TRABAJO Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

El trabajo presentado forma parte de la investigación realizada sobre este tema en el marco de una beca de estímulo a las vocaciones científicas EVC-CIN 2024.

Entre los objetivos del proyecto en el que se inscribe el plan de trabajo, se impulsa la investigación en estudiantes de formación docente sobre temáticas de relevancia social, fomentando su desarrollo crítico e integral y contribuyendo tanto a su crecimiento personal como a su preparación para los desafíos de su futuro profesional.

A través del enfoque STEAM, se procura llevar a la práctica la alfabetización científica, enfatizando la importancia de las relaciones entre conocimientos científicos y tecnológicos y la educación para la ciudadanía, como así también poner en valor la alfabetización estocástica como componente fundamental de la Educación para el Desarrollo Sostenible.

De entre los objetivos propuestos en el plan de trabajo, haremos hincapié en dos de ellos:

- Caracterizar las percepciones y conocimientos sobre la obsolescencia programada y sus implicancias ambientales.
- Proponer acciones para abordar la obsolescencia programada desde el ámbito educativo

El impacto ambiental de la obsolescencia programada requiere de un abordaje interdisciplinar donde confluyen aspectos químicos, tecnológicos, ambientales y matemáticos, y su estudio estadístico permite comprender que la alfabetización estocástica es un componente fundamental de la Educación para el Desarrollo Sostenible (Vásquez & García-Alonso, 2020).

METODOLOGÍA

Entre las decisiones metodológicas de este trabajo, se propuso realizar un estudio estadístico que permitiera establecer un diagnóstico acerca de cuánto se sabe sobre la composición química de los teléfonos inteligentes, la obsolescencia programada de estos dispositivos y la gestión de estos al dejar de utilizarlos.

La encuesta de opinión se gestó como cuestionario “*ad hoc*” con preguntas abiertas y cerradas, utilizando como instrumento de recolección de datos un formulario de Google Drive. Este se difundió online, desde distintas redes sociales, para facilitar su distribución y llenado y asegurar mayor alcance. La modalidad de difusión dio lugar a un muestreo no probabilístico, en que las personas participantes respondieron voluntariamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA ENCUESTA DE OPINIÓN

Del análisis de los resultados de esta encuesta inicial surge las siguientes apreciaciones:

El formulario fue respondido por un total de 84 personas, cuyas edades oscilan entre los 18 y los 65 años, según se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Cantidad de respuestas obtenidas de acuerdo con las franjas etarias consultadas

Franja etaria	18-25	25-35	35-45	45-60	+60
Cantidad de respuestas	30	18	17	14	5

La Tabla 3 muestra la edad a la que las personas encuestadas tuvieron su primer teléfono celular. Con fines analíticos, las respuestas fueron agrupadas en categorías que representan etapas educativas y laborales habitualmente asociadas a determinados rangos etarios: nivel primario, nivel secundario, estudios superiores e inserción laboral.

Tabla 3. Distribución de acceso al primer teléfono celular, teniendo en cuenta el nivel educativo y la edad de las personas consultadas

Etapas de la trayectoria educativa/laboral	Franja etaria	Porcentaje de respuestas
Nivel Primario	entre 8 y 11 años inclusive	26 %
Nivel Secundario	entre 12 y 17 años inclusive	37 %
Nivel Superior	entre 18 y 25 años inclusive	19 %
Inicio Actividad Laboral	entre 26 y 30 años inclusive	7 %
Actividad Laboral Plena	31 años o más	11 %

De la Tabla 3 se observa que el 63 % de los encuestados accedió a su primer teléfono móvil entre los 8 y los 17 años, lo que evidencia una incorporación temprana de la tecnología en la vida cotidiana. Este dato resulta relevante porque muestra cómo la telefonía móvil se ha convertido en un elemento central durante etapas formativas, como la infancia y la adolescencia. Además de influir en los hábitos de comunicación, la construcción de vínculos y el acceso a la información, la temprana adquisición de dispositivos plantea interrogantes sobre el impacto en el consumo tecnológico, la generación de residuos electrónicos y la necesidad de políticas educativas que promuevan un uso responsable desde edades tempranas.

Las Figuras 2 y 3 presentan las gráficas correspondientes a dos de las preguntas consideradas más relevantes, ya que ponen en evidencia la influencia de la obsolescencia programada en las percepciones y experiencias de las personas encuestadas. En la primera (Figura 2) se observa la cantidad de teléfonos celulares utilizados a lo largo de la vida por las personas encuestadas. Este resultado sugiere una tendencia hacia la renovación periódica de dispositivos, fenómeno frecuentemente asociado a procesos de obsolescencia tecnológica y al incremento de residuos electrónicos. La segunda gráfica (Figura 3), por su parte, complementa esta información al mostrar cómo dicha tendencia se vincula con la obsolescencia programada,

tanto en su dimensión objetiva (limitaciones técnicas o funcionales impuestas por los fabricantes) como en su dimensión subjetiva (percepción del usuario de que el dispositivo ha quedado desactualizado), tal como lo plantea Sedeño López (2021). En conjunto, ambos resultados permiten comprender cómo la obsolescencia programada incide en los hábitos de consumo tecnológico y en la generación de residuos electrónicos.

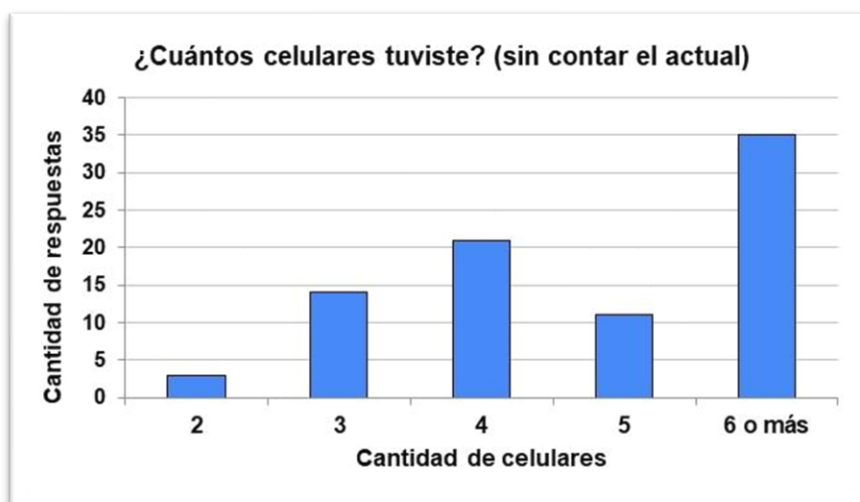


Figura 2. Cantidad de teléfonos celulares utilizados a lo largo de la vida

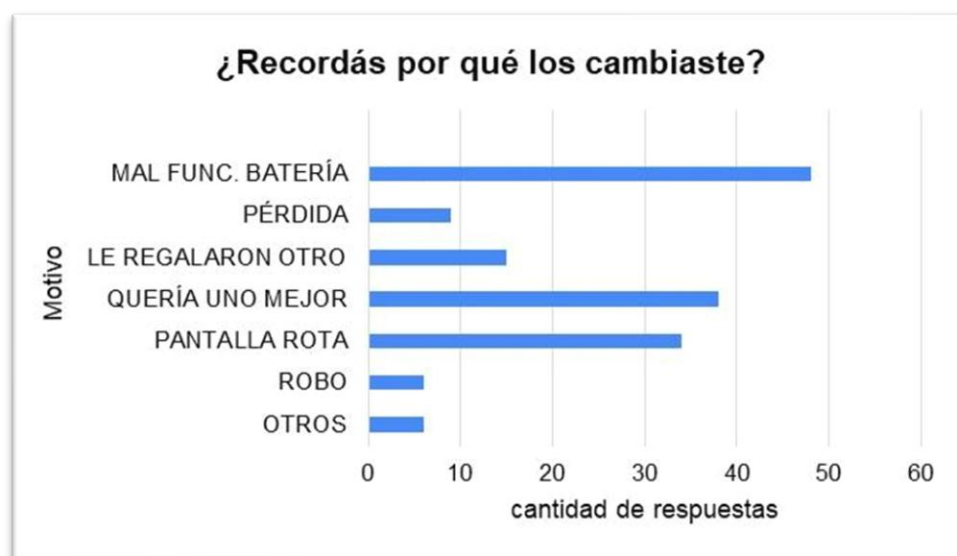


Figura 3. Motivos de reemplazo de los teléfonos móviles que evidencian la obsolescencia programada en sus dimensiones objetiva y subjetiva

Por su parte, los resultados de la Figura 4 muestran que la mayoría de los participantes utiliza su celular por un período relativamente corto (entre dos y cuatro años), lo que confirma la limitada vida útil de estos dispositivos en comparación con otros bienes tecnológicos.



Figura 4. Vida útil del último celular desechado

En relación con la disposición final de los dispositivos, la Figura 5 revela que más de la mitad prefiere conservarlos, mientras que un 30 % los reutiliza de alguna forma. La baja proporción de personas que lleva sus celulares a centros de reciclaje (6 %) evidencia una escasa práctica de gestión responsable de residuos electrónicos.



Figura 5. Disposición final de los celulares

Al consultarles si habían escuchado hablar de la obsolescencia programada, el hecho de que el 51 % de los participantes haya respondido afirmativamente indica que el concepto tiene cierta difusión en la sociedad, aunque todavía no alcanza a la totalidad de los consumidores. Asimismo, solo un 27 % lo consideró al momento de adquirir un nuevo dispositivo, lo que revela que la

mayoría de los usuarios prioriza otros factores tales como precio, marca, diseño y funcionalidades, por encima de la durabilidad o la sostenibilidad.

El gráfico de la Figura 6 evidencia el grado de conocimiento y las menciones realizadas sobre los materiales que componen los teléfonos móviles en la muestra encuestada. En los casos afirmativos, se solicitó que mencionaran los elementos que pudieran identificar.



Figura 6. Respuestas de los usuarios respecto a la composición material de sus dispositivos celulares

El hecho de que 50 personas no hayan podido responder a la pregunta sobre la composición de sus celulares revela un desconocimiento generalizado respecto de los materiales y minerales que forman parte de estos dispositivos. Entre quienes sí respondieron, el litio fue mencionado por el 26 %, lo que probablemente se deba a la amplia difusión mediática de las baterías de litio y su asociación directa con la telefonía móvil. Sin embargo, la ausencia de referencias a otros elementos clave (como cobre, oro, plata o tierras raras) muestra que el conocimiento es parcial y limitado.

Por último, para invitar a reflexionar sobre la posibilidad de reciclar y reutilizar partes de un celular, se preguntó si conocían que las medallas de los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 fueron fabricadas con metales extraídos de dispositivos móviles en desuso. Al respecto, solo 10 personas respondieron afirmativamente, lo que muestra que incluso iniciativas tan visibles y simbólicas de economía circular pasan desapercibidas para la mayoría.

IMPLICACIONES DEL DESCARTE INADECUADO DE CELULARES

La presencia de materiales altamente contaminantes en los celulares, tales como níquel, plomo, cadmio, retardantes de llama bromados, entre otros, genera una seria preocupación al momento de desecharlos. Estos componentes, al liberarse en vertederos o incinerarse, pueden filtrarse al suelo y al agua, afectando directamente la salud humana y los ecosistemas.

Tal y como remarcan Correa Córdoba et al. (2019), la problemática de los celulares no se limita únicamente a su uso cotidiano, sino que se extiende al impacto ambiental generado por los residuos electrónicos.

Según Singh et al. (2019), la fabricación y funcionamiento de los teléfonos móviles requiere necesariamente del empleo de sustancias nocivas. Estos metales pesados, retardantes de llama y compuestos halogenados, entre otros, varían en tipo y volumen, y aunque las cantidades presentes en cada dispositivo puedan parecer mínimas (microgramos), la producción masiva multiplica exponencialmente su efecto contaminante.

Para dimensionar este impacto, se ha desarrollado una escala específica de medición (PAF, Potentially Affected Fraction), que vincula directamente la presencia de estos agentes con el riesgo ambiental. El PAF permite evaluar cómo la acumulación de contaminantes afecta a la fracción de especies en un ecosistema, convirtiéndose en un indicador clave de la toxicidad ambiental.

Singh et al. (2019) expresan que el elemento con mayor índice de ecotoxicidad presente en los teléfonos celulares (sea o no inteligente) es el cobre, con índices PAF relacionados a un estado crítico (45.818–77.938 PAF m³/kg), lo que significa un riesgo para el medio ambiente.

En este sentido, la producción masiva de celulares implica una contaminación en masa agravada, ya que cada unidad contribuye, aunque sea mínimamente, a un efecto acumulativo de gran alcance.

En cuanto a la cantidad de teléfonos desechados en nuestro país, no se dispone de una cifra exacta. Sin embargo, los datos históricos permiten dimensionar la magnitud del fenómeno. Según López Sardi (2008), en su artículo *E-scrap: El impacto de la tecnología sobre el medio ambiente*, el INDEC registraba 18 millones de líneas activas en agosto de 2005 y 37,5 millones en agosto de 2007, lo que evidencia un crecimiento acelerado en apenas dos años. Actualmente, el Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM) confirma la existencia de 64,5 millones de líneas activas, cifra que refleja la consolidación del mercado móvil y la penetración casi universal de la telefonía celular en Argentina.

Aun considerando que parte de estos dispositivos ya no requieren SIM física (por el avance de la tecnología eSIM), el recambio constante de equipos implica una generación masiva de residuos electrónicos. Cada reemplazo no solo supone la incorporación de un nuevo dispositivo al mercado, sino también la potencial disposición inadecuada del anterior, lo que incrementa la presión sobre los sistemas de gestión de residuos y sobre el ambiente.

Al ser desechados y quedar expuestos, los componentes de los teléfonos reaccionan con factores ambientales como el aire, la radiación solar y la lluvia, liberando sustancias químicas que contaminan la atmósfera, el agua y el suelo (Baque Chilán et al., 2022). Esta exposición incrementa la posibilidad de contacto o ingesta de metales pesados y compuestos tóxicos, generando problemas de salud graves e irreversibles, especialmente en comunidades cercanas a vertederos o zonas de disposición informal.

Además, la extracción de los recursos naturales necesarios para fabricar estos dispositivos implica procesos altamente contaminantes como deforestación,

alteración de ecosistemas acuáticos y emisión de gases de efecto invernadero durante el tratamiento de materiales como el silicio, utilizado en pantallas y placas de circuito (Vaccaro y Courville, 2025).

La falta de programas de reciclado y gestión adecuada hace que gran parte de estos residuos termine en rellenos sanitarios o sea incinerada, liberando sustancias tóxicas a la atmósfera y agravando la contaminación (Waste Magazine, s.f.).

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El impacto ambiental de la obsolescencia programada requiere de un abordaje conjunto y articulado de disciplinas STEAM.

La encuesta realizada permite visualizar la influencia de la obsolescencia programada de teléfonos inteligentes sobre aspectos económicos, ambientales y socioculturales.

Los datos recogidos en la investigación evidencian que el ciclo de vida del celular, desde la extracción de materias primas hasta su descarte, genera impactos ambientales y sanitarios acumulativos. Por ello, resulta fundamental promover espacios de difusión y reflexión sobre las consecuencias del *e-waste*, impulsando políticas de reciclaje, sustitución de materiales tóxicos y educación ambiental para reducir la contaminación y proteger la salud pública.

En tal sentido, existe un desafío cultural y educativo: transformar el conocimiento fragmentario (ej. litio en baterías) en una comprensión integral de la cadena de materiales y su potencial de reciclaje. Esto permitiría fortalecer la conciencia sobre la importancia de la recirculación de componentes electrónicos y la reducción de residuos tecnológicos.

El desconocimiento en tópicos que son de relevancia para el ambiente como la composición química de un celular motiva a generar propuestas de alfabetización científica en el tema objeto de investigación.

Dado que el estudio estadístico se considera un componente fundamental de la Educación para el Desarrollo Sostenible se ha comenzado a trabajar en intervenciones en el ámbito universitario con estudiantes de Ingeniería Electrónica y Electricista en la asignatura Probabilidad, Variable Aleatoria y Estadística a través de un trabajo integrador en el que se pone en consideración un abordaje interdisciplinar donde confluyen aspectos tecnológicos, químicos, ambientales y matemáticos (Dómina et al., 2025).

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen el financiamiento de la Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas (Beca EVC-CIN) 2024 y del PGI-UNS 24/Q148 en el marco del cual se realizó este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baque Chilán, D. J., Baque Sánchez, A. S., Borbor Jama, C. O., & Merchán Carreño, E. J. (2022). Impactos que generan los desechos tecnológicos

- en el medio ambiente. *Journal TechInnovation*, 1(2), 26–32. <https://doi.org/10.47230/Journal.TechInnovation.v1.n2.2022.26-32>
- Correa Córdoba, M. A., Cubillos Rodríguez, A. G., Correa Córdoba, M. A., Vidal Gualteros, D. S., & Diaz Marín, S. D. (2019). Celulares Contaminación, manejo de residuos y alternativas de cambio. *Revista Agunkuyâa*, 9(1), 21-34. <https://doi.org/10.33132/27114260.1781>
- Dirección General de Cultura y Educación, Subsecretaría de Educación & Dirección Provincial de Educación Secundaria. (2024, junio). *Principios de la Ley de Educación Ambiental Integral (EAI) en los espacios curriculares del nivel secundario: Documento de trabajo*. https://abc.gob.ar/secretarias/sites/default/files/2024-10/DPESec_Mes%20EAI_2024.pdf
- Domènech Casal, J. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *UTE. Teaching & Technology, Universitas Tarraconensis*, (2), 154-168. <https://raco.cat/index.php/UTE/article/view/369781>
- Dómina, F., Hernández, S. A. & Marrón, B. S. (2025) Pensamiento probabilístico en tiempos de obsolescencia: desafíos para la formación ciudadana. Ponencia XLVIII Reunión de Educadores en Matemática, Bariloche, Río Negro, 1 al 5 de diciembre del 2025 (Memorias en edición).
- González Lankenau, C. L., & Ortega Rubí, M. E. (2024). La Acumulación de Capital Impulsada desde el Consumo y la Obsolescencia Programada, Análisis desde la Perspectiva del Desarrollo Sustentable. *Sostenibilidad Económica, Social Y Ambiental*, (6), 47–60. <https://doi.org/10.14198/Sostenibilidad.24809>
- Lam-Byrne, A. G. (2023). El aprendizaje STEAM: una práctica inclusiva. *Revista Científica Episteme Y Tekne*, 2(1), e466. <https://doi.org/10.51252/rceyt.v2i1.466>
- López Sardi, M. (2008). *E-scrap: El impacto de la tecnología sobre el medio ambiente*. Universidad de Palermo. <http://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT04.pdf>
- López Simó, V., Couso Lagarón, D. & Simarro Rodríguez, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital. *Revista De Educación a Distancia (RED)*, 20(62). https://www.um.es/ead/red/58/lopez_et_al.pdf
- Naciones Unidas (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* [Resolución]. https://unctad.org/meetings/es/Sessional-Documents/ares70d1_es.pdf
- Olympics. (s.f.). Medallas olímpicas de Tokio 2020 - Diseño, historia y fotos. Olympics.com. <https://www.olympics.com/es/olympic-games/tokyo-2020/medal-design>
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones en ingeniería*, (15), 85-95. <https://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/308>
- Rodríguez Alfaro, L. F., Luévano Hipólito, E., & Torres Martínez, L. M. (2023). Geopolímeros: El ave fénix de los materiales de construcción emergentes

- y su aplicación en la remediación ambiental. En X. Somoza Medina (Org.), *Ciência e tecnologia para o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico II* (Cap. 15, pp. 178–190). Artemis. https://doi.org/10.37572/EdArt_270223767
- Sedeño López, J. F. (2021). Medidas tributarias contra la obsolescencia programada en el marco de la economía circular: perspectiva comparada y posibles líneas de actuación. *Crónica tributaria*, 1(178). <http://cronicatributaria.ief.es/ief/ct/index.php/cronica-tributaria/article/view/93>
- Singh, N., Duan, H., Ogunseitan, O. & Tang, Y. (2019). Toxicity trends in E-Waste: A comparative analysis of metals in discarded mobile phones. *Journal of Hazardous Materials*, (380), 120898. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120898>
- Vaccaro, C. A., & Courville, K. (2025). El impacto al medio ambiente de los aparatos electrónicos: La advertencia de los científicos sobre los residuos electrónicos. *REA: Revista Científica Especializada En Educación Y Ambiente*, 4(1), 136–146. <https://doi.org/10.48204/rea.v4n1.7301>
- Vásquez, C., & García-Alonso, I. (2020). La educación estadística para el desarrollo sostenible en la formación del profesorado. *Profesorado, Revista De Currículum Y Formación Del Profesorado*, 24(3), 125–147. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v24i3.15214>
- Vázquez-Rodríguez, Gabriela. (2015). Obsolescencia programada: historia de una mala idea *Herreriana* 11(2), 3-8. https://www.researchgate.net/publication/301553675_Obsolescencia_programada_historia_de_una_mala_idea_2015_Herreriana_Vol_11_Num_2_p_3-8