

Engelbert Jesid Diaz-Bastos; Cecilia Adriana Gomez-Bolaño; Siria Isabel Mendoza-Granados

<https://doi.org/10.35381/a.g.v7i13.4568>

Impacto de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en el desarrollo sostenible

Impact of waste electrical and electronic equipment on sustainable development

Engelbert Jesid Diaz-Bastos

engelbertdiaz@gmail.com

Institución Educativa Colegio Luis Carlos Galán Sarmiento, Granada, Meta
Colombia

<https://orcid.org/0009-0006-0355-5484>

Cecilia Adriana Gomez-Bolaño

ceciliagomez0727@gmail.com

Institución Educativa Aguas Blancas, Valledupar, Cesar
Colombia

<https://orcid.org/0009-0001-4475-9081>

Siria Isabel Mendoza-Granados

siriamendoza27@gmail.com

Institución Educativa Joaquín Ochoa Maestre, Valledupar, Cesar
Colombia

<https://orcid.org/0009-0008-4208-8641>

Recibido: 13 de marzo 2025

Revisado: 8 de abril 2025

Aprobado: 9 de junio 2025

Publicado: 01 de julio 2025

RESUMEN

El creciente uso de dispositivos eléctricos y electrónicos ha generado un alarmante incremento de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) que contienen sustancias tóxicas, afectan al medio ambiente y la salud humana. El objetivo es analizar el impacto ambiental, social y educativo de los RAEE en el marco del desarrollo sostenible. En la investigación se examinan las prácticas empresariales como la obsolescencia programada, el bajo nivel de reciclaje y el incumplimiento de normativas en Colombia a pesar del marco legal existente. Se destaca el potencial de los RAEE como oportunidad para generación de emprendimientos como parte de la economía circular. Se plantea que a educación ambiental y estrategias como las buenas prácticas de manejo de RAEE contribuyen al fomento de una cultura de sostenibilidad y responsabilidad social. Se concluye la necesidad de una acción colectiva y educativa para el enfrentamiento de esta problemática en Colombia.

Descriptores: Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos; aparatos eléctricos y electrónicos; educación ambiental; desarrollo sostenible (Tesauro AGROVOC).

ABSTRACT

The growing use of electrical and electronic devices has led to an alarming increase in waste electrical and electronic equipment (WEEE) containing toxic substances that affect the environment and human health. The aim is to analyze the environmental, social, and educational impact of WEEE in the context of sustainable development. The research examines business practices such as planned obsolescence, low recycling rates, and non-compliance with regulations in Colombia despite the existing legal framework. It highlights the potential of WEEE as an opportunity for entrepreneurship as part of the circular economy. It suggests that environmental education and strategies such as good WEEE management practices contribute to the promotion of a culture of sustainability and social responsibility. It concludes that collective and educational action is needed to address this issue in Colombia.

Descriptors: Waste electrical and electronic equipment; electrical and electronic equipment; environmental education; sustainable development (AGROVOC Thesaurus).

INTRODUCCIÓN

La automatización, entendida como el reemplazo de los procesos manuales por métodos computarizados, ha hecho que en la actualidad existan dispositivos eléctricos y electrónicos para realizar actividades cotidianas y sencillas (Islam et al., 2025). Las compañías de producción han aumentado rápidamente la producción de dispositivos eléctricos y electrónicos (AEE) para satisfacer la creciente demanda en todo el mundo. Lo anterior, aunado con el fin de aumentar las ventas y generar mayores ingresos para las fábricas, conlleva a que exista una cantidad inmensurable de AEE que están siendo utilizados actualmente en el mundo (Siderska, 2021).

De acuerdo con lo anterior, la cantidad de AEE que se desechan a diario se cuenta en cientos de toneladas, pero, contrario a lo que se pueda pensar, este no es el único problema causado por los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), existe otro problema que conlleva el desecho de estos dispositivos, que de acuerdo con Serpe et al. (2025) y Ferreira Filipe et al. (2025). Los elementos que los componen, que en gran parte son materiales altamente tóxicos que hacen daño al organismo humano como lo son el cadmio, mercurio, níquel, litio y berilio entre otros, los cuales una vez tirados los AEE se extienden tanto en el aire como en el suelo y llegan a las fuentes de agua que suministramos (Islam et al., 2024).

Paralelamente, otro aspecto a tener en cuenta que aumenta la gravedad del problema de los desechos de los RAEE son las políticas adoptadas por las empresas fabricantes quienes, motivados por obtener mayor lucro, limitan su vida útil haciéndola en algunos casos muy corta, bien sea por que dejan de funcionar o por que se vuelven obsoletos, de tal manera que para los usuarios sea necesario volver a comprar los dispositivos bien sea por que se vuelven obsoletos o porque ya no funcionan, elevando de esta manera sus ventas y por ende sus ingresos (Delva Benavides, 2022).

De acuerdo con Shivanna (2022) el planeta ha sufrido una serie de cambios los cuales ha generado una crisis ambiental de gran magnitud, de tal manera que el calentamiento global ha sido consecuencia de la intervención del hombre sobre los ecosistemas hasta

el punto que, en el presente no es sustentable, es por esto que se hace imperante un cambio de actitud frente al uso irracional de los recursos naturales que han llevado al detrimento del medio ambiente y que pone en jaque a la supervivencia de generaciones futuras. Por otro lado, existe la necesidad de progresar haciendo uso de nuevos recursos tecnológicos lo que hace necesario utilizar forma responsable los recursos en vez de destruirlos ya que a mayor progreso de las naciones gracias a la tecnificación menor es calidad la calidad del medio ambiente pero no solo de su entorno ya que el impacto ambiental debido a su detrimento es un asunto universal por lo que no respecta límites fronterizos.

No obstante, con el fin de contrarrestar la problemática causada por el los RAEE, diferentes gobiernos han diseñado estrategias y liderado políticas con el fin de mitigar el impacto debido a su mala disposición (Grandhi et al., 2024; Quinto et al., 2025). A nivel macro, Devia (2010) plantea que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a través de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) han analizado los marcos tanto políticos como legislativos en diferentes naciones, sobre todo de A Latina y el Caribe en donde se tiene en cuenta el ciclo de vida de los AEE con el fin de diseñar y adoptar un sistema para el manejo integral y sustentable con base en la legislación nacional. A nivel meso, se formuló la Política Nacional Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Colombia a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017) la cual cuenta con cuatro estrategias con el fin de desarrollar sus objetivos a lo largo de un periodo de tiempo de quince años.

En consecuencia, Duda (2022), y Routray & Mohanty (2024) indican que se debe explorar una política de principios éticos de sostenibilidad desde la escuela integrando valores éticos, creencias, emociones y conocimiento para crear una mejor relación entre la cultura y la naturaleza en las cuales la tecnología es un elemento activo. De igual manera el desarrollo sostenible debe darse con un enfoque colaborativo a través de proyectos pedagógicos enfocados a los problemas del entorno de las instituciones educativas. Con

lo anterior se busca fomentar el uso adecuado de los dispositivos tecnológicos en sus actividades académicas y a la vez, cuando ya no sirvan o se hagan obsoletos, disponer de ellos de la mejor manera logrando articulación con el desarrollo sostenible (Copsey et al., 2024; Fuertes Camacho et al., 2024).

Por esta razón, la sostenibilidad debe considerarse como el uso de recursos para satisfacer las necesidades actuales sin desarrollar nuevas generaciones. De tal forma que si queremos ofrecer oportunidades sostenibles para el futuro de nuestros niños y jóvenes es necesario actuar de manera inmediata cambiando la concepción del consumismo y de la conservación del medio ambiente haciendo uso responsable de los recursos naturales y disminuyendo la generación de los residuos y desechos.

A partir del análisis desarrollado, se propone analizar el impacto ambiental, social y educativo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en el contexto del desarrollo sostenible.

DESARROLLO

Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

Actualmente según un informe de varias agencias de la ONU (2019) manifiesta que se producen alrededor de 50 millones de toneladas de desechos electrónicos cada año, pero solo el 20% de ellos se reciclan adecuadamente. Se espera que esta cantidad sea duplicada para el 2050 de manera de alcanzar los 120 millones de toneladas por año si no se toman medidas apremiantes.

Cabe señalar que dispositivos electrónicos como paneles solares y teléfonos inteligente, ofrecen grandes beneficios a la humanidad dando un nuevo giro de oportunidades de desarrollo y ayuda a enfrentar desafíos como el cambio climático, mejora la educación, proporciona tratamiento y comercio conveniente. Sin embargo, para la ONU (2019) el sistema actual de producción y consumo de estos productos también plantea una amenaza asociada con la pérdida de recursos en todas las etapas de extracción en bruto

hasta la prevención de desechos electrónicos que afecta negativamente el medio ambiente y la salud.

También en todo el mundo los efectos negativos de los RAEE en el medio ambiente y nuestra salud es de gran importancia a partir de materias primas para la prevención electrónica, grandes cantidades de desechos y recursos se desperdician. Estos productos necesitan usar materiales como minerales raros y peligrosos como coltan y mercurio de los cuales se considera una forma inutilizable que causa daños a los ecosistemas y comunidades. El proceso de producción y transporte electrónico emite una gran cantidad de gases de efecto invernadero que contribuyen a los cambios climáticos (Fraccascia et al., 2021; Singh & Ogunseitan, 2022).

Por esta razón se hace inminente resaltar que la extracción de materias primas para la producción de productos electrónicos es una de las fases más impactantes debido a la destrucción de esta gran expansión del suelo, los ríos y el suelo con productos químicos tóxicos están contaminados, lo que provoca la pérdida de biodiversidad y afecta directamente a las comunidades locales que dependen de estos recursos naturales. Además, la explotación laboral y las condiciones de trabajo poco claras en las minas en estos materiales que violan los derechos humanos y promueve la injusticia social, por lo que, ante esta situación, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha instado a una acción urgente para una mejor gestión de estos desechos, transformándolos en una fuente de trabajo decente y creando un futuro más sostenible para todos (Quiñones, 2019).

Así mismo enfocados en el documento de la UNESCO (2010), en que se menciona que la gestión de los residuos eléctricos en América Latina y el Caribe está lejos de alcanzar niveles óptimos, según un nuevo análisis elaborado en el marco de un proyecto de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

Como consecuencia aumentó en la actualidad la cantidad de desechos electrónicos en un 49% durante los últimos diez años en 13 países de América Latina y el Caribe, lo cual está en línea con la tendencia mundial, teniendo en cuenta que la tasa de recolección en

algunas regiones apenas alcanzando un dos por ciento, la cual es menor que el promedio global del diecisiete por ciento. Por consiguiente, las observaciones estadísticas de la ONU (2024) arrojaron que la mayor cantidad de desechos electrónicos por habitante se encontró en Costa Rica, mientras que Nicaragua registró la menor cantidad.

Se puede señalar según la ONU (2024) que la gestión de los residuos eléctricos en América Latina y el Caribe está muy por debajo de los niveles óptimos, según un estudio respaldado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Solo el 3% de los desechos electrónicos en la región se recogen de manera formal y se tratan de manera ambientalmente responsable, mientras que el destino del 97% restante es desconocido, lo que representa una pérdida potencial de alrededor de 1700 millones de dólares al año.

En el mismo orden de ideas, se destaca un aumento del 49% en el volumen de basura electrónica en América Latina entre 2010 y 2019, con solo el 3% de estos desechos siendo gestionados adecuadamente. Aunque los recicladores informales pueden recuperar algunos materiales valiosos, se manejan de manera inadecuada, la mayoría de los residuos electrónicos planteando riesgos para la salud y el medio ambiente. Por consiguiente, la mayor cantidad de residuos electrónicos por habitante se registra en Costa Rica, con 13.2 kilogramos por persona, mientras que en Nicaragua es de solo 2.5 kilogramos. Estos desechos contienen sustancias peligrosas como mercurio, cadmio y plomo, que representan riesgos considerables si no se manejan adecuadamente.

También la UNESCO (2010) destaca la importancia de un mejor dominio de los residuos electrónicos en la región, con una mayor aplicación de marcos legales y sistemas de Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP). La actualización de la legislación y el fortalecimiento de los sistemas existentes son fundamentales para abordar este desafío y aprovechar al máximo el alto potencial económico de los desechos electrónicos.

Además, Venegas Marcel et al. (2023) en su investigación sobre la gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en Chile revela una evaluación detallada de la situación actual y las perspectivas futuras, destacando la falta de una

normativa específica para los RAEE en el país, lo que resulta en un tratamiento inadecuado de estos residuos y su disposición final en vertederos o sitios ilegales. Este descubrimiento enfatiza la necesidad de una reforma legislativa, que elimina las deficiencias en el marco legal de la gestión de residuos en Chile, e identifica las restricciones en la regulación de los desechos fijos y peligrosos en el país, lo que fortalece un enfoque coordinado y general más urgente para el procesamiento de residuos a nivel nacional. Sin embargo, el análisis también indica una falta de recomendaciones específicas para abordar los problemas identificados.

Por ende, es imprescindible hacer uso de políticas que permita el reciclaje de los desechos de los dispositivos electrónicos lo cual es considerado como un desafío dada la complejidad los elementos que componen dichos productos, que pueden contener hasta 1000 sustancias diferentes. Sin embargo, muchos de los metales presentes en estos dispositivos, como el oro, el cobre y el níquel, pueden ser recuperados y reutilizados como materias primas secundarias. A pesar de ello, hasta el 70% de los residuos electrónicos terminan en vertederos, representando una grave amenaza para el medio ambiente (Quiñones, 2019).

En la actualidad Colombia ocupa el cuarto país de América Latina en producción de residuos de los dispositivos y aparatos electrónicos por lo cual se ha convertido en un desafío crecientes ambiental y social, por la gran magnitud del problema por las sustancias tóxicas que contienen plomo, mercurio y cadmio, los cuales pueden filtrarse a la tierra y al agua contaminando el ambiente y creando un riesgo en la salud, daños ambientales y humana (Aristizábal Alzate, et. al., 2021).

A pesar de existir un marco normativo legal instruccional son pocos quienes lo cumplen. En algunas ciudades existen espacios llamados centros de reciclaje especializado, otros utilizan la compra y venta de aparatos tecnológicos de segunda lo que permite que sean aprovechados y lleguen al final de su vida útil como los RAEE, también son usados los contenedores especiales situados en comercios específicos y algunas empresas reciclan a domicilio. A este respecto, el reciclaje crea beneficios ambientales y económicos,

reduce la adquisición de materias primas, se encarga del medio ambiente para crear empleo, reducir significativamente la contaminación y promover el desarrollo sostenible de la generación de insumos y las materias primas para nuevas líneas productivas.

RAEE, ¿Qué son?

De acuerdo con de Freitas Juchneski & de Souza Antunes (2022) los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) son todos los dispositivos que utilizan corriente eléctrica o de campos electromagnéticos para poder funcionar. Los AEE son elementos que están presente a cada momento de la vida de las personas, y son utilizados en cualquier tipo de actividades como lo son sus estudios, actividades laborales, descanso, distracción y entretenimiento, aseo personal, etc. De acuerdo con lo anterior, en la medida que la población humana aumenta, la necesidad de satisfacer sus necesidades, y la fabricación de los AEE ha venido aumentando de manera exponencial en todo el mundo.

Por esta razón, para Camacho y Escobar (2020) es imperante realizar una clasificación efectiva de los RAEE para lograr su óptimo manejo, pero sobre todo para poder legislar sobre ellos y de esta manera que los actores puedan dar cumplimiento a las responsabilidades que cada uno tienen en la gestión de los RAEE, aunque la gran diversidad y complejidad de los mismos conlleva a que esto sea una tarea muy desafiante para ello la categorización de los RAEE debe cumplir con algunos criterios de suma importancia como lo es poder actualizarse fácilmente, poder clasificar cualquier dispositivo sin que exista lugar a duda, implementar una reglamentación y operatividad desde su producción hasta su desecho, que exista trazabilidad de los RAEE en todo su ciclo de vida y por último, que permita agregar productos similares.

En concordancia, se toma como modelo la clasificación de los RAEE realizada por la Unión Europea (2012) en su Directiva 2012/19/UE en la que establece 6 grandes categorías de los AEE. La clasificación detallada de los AEE según estas directivas se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.
 Categorización de los AEE.

Categoría	AEE
Aparatos de intercambio de temperatura	frigoríficos, congeladores, aire acondicionado, radiadores de aceite, equipos de des humidificación, bombas de calor, aparatos que suministran productos fríos, y otros equipos de intercambio de temperatura que utilicen líquidos diferentes al agua
Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm ²	pantallas, monitores, marcos digitales para fotos con tecnología LCD, televisores y computadores portátiles
Lámparas	lámparas fluorescentes rectas, fluorescentes compactas, fluorescentes de descarga de alta intensidad, las LED, las de haluros metálicos, las de sodio de presión y de baja presión
Grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50 cm), incluidos, entre otros	cocinas, hornos, lavavajillas, lavadoras, secadoras, máquinas de hacer punto y tejer, grandes computadores, copiadoras, grandes impresoras, placas de calor eléctricas, grandes instrumentos de vigilancia y control, luminarias, productos sanitarios de grandes dimensiones, tragamonedas, aparatos de reproducción de sonido o imagen, equipos de música (excepto los órganos de tubo instalados en iglesias), dispensadores automáticos (de productos y de dinero), paneles fotovoltaicos
Pequeños aparatos (sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm), incluidos, entre otros	máquinas de coser, aspiradoras, limpia moquetas, aparatos para el cuidado del pelo y el cuerpo, afeitadoras eléctricas, luminarias, reproductores de sonido o imagen, instrumentos musicales, videocámaras, aparatos de radio, hornos microondas, aparatos de ventilación, detectores de humo, reguladores de calefacción, termostatos, planchas, tostadoras, cuchillos eléctricos, hervidores eléctricos, relojes, básculas, calculadoras, juguetes eléctricos y electrónicos, artículos deportivos, pequeñas herramientas eléctricas y electrónicas, pequeños productos sanitarios, pequeños instrumentos de vigilancia y control, pequeñas máquinas expendedoras, pequeños aparatos con paneles fotovoltaicos integrados
Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm)	teléfonos móviles, GPS, calculadoras de bolsillo, encaminadores, computadores personales, impresoras, teléfonos

Fuente: Unión Europea (2012).

Elementos contaminantes de los RAEE

Paralelamente al problema de la cantidad de desechos debido a los RAEE se suma el hecho de que muchos de estos AEE cuentan con materiales contaminantes los que pueden ser nocivos para el hombre, para la tierra y para todo ser viviente, de ahí la necesidad de no desecharlos como cualquier basura, sino por el contrario hacer una correcta disposición de ellos. Según Kumar et al (2024) los AEE utilizan metales pesados como los son el mercurio, cadmio y plomo; al igual que químicos peligrosos y PVC que resulta ser bastante tóxico. Como ejemplo cita que para fabricar un teléfono celular se hace necesario de entre quinientos y mil diferentes compuestos. El daño que producen los principales componentes tóxicos de los RAEE se muestra en la tabla 2.

Obsolescencia programada

La noción de la obsolescencia programada según Yang (2016) se remonta a la era de la revolución industrial y el advenimiento de la producción en serie. Durante este período, la industria comenzó a fabricar bienes y productos en grandes cantidades, lo cual permitió ofrecerlos a precios considerablemente asequibles para el consumidor medio. Sin embargo, un consorcio de empresarios en la década de 1920, introdujo la estrategia de diseñar productos con una vida útil deliberadamente limitada. Esta táctica tenía como objetivo incrementar sus ganancias al garantizar que los productos necesitarían ser reemplazados después de un período determinado de uso y así asegurar una demanda constante que podían satisfacer mediante su capacidad de producción masiva.

Así mismo la obsolescencia programada es una práctica que ha suscitado debate y preocupación en los últimos años. Consiste en la estrategia de diseño y fabricación de productos con una vida útil limitada, con el propósito de incentivar la compra de nuevos productos y generar ganancias para las empresas. Este fenómeno afecta tanto al consumidor como al medio ambiente, y es importante entender su impacto para tomar decisiones más conscientes como usuarios.

Engelbert Jesid Diaz-Bastos; Cecilia Adriana Gomez-Bolaño; Siria Isabel Mendoza-Granados

Tabla 2.
 Elementos tóxicos de los RAEE.

Componente tóxico	Uso	Toxicidad
Retardantes de fuego bromados (RFB)	Teléfonos celulares y computadores.	Provoca problemas de aprendizaje y memoria. Interfiere con la tiroides y el sistema hormonal del estrógeno.
Cadmio	Baterías recargables de computadoras, contactos eléctricos y switches, tubo de rayo catódico	Afecta riñones y huesos
Mercurio	Pantallas planas y pilas no recargables	Afecta el sistema nervioso central, sistema cardiovascular y sistema pulmonar, riñones y vista. Es muy tóxico hasta en bajas dosis
Compuestos de cromo hexavalente	Para producir cubiertas de metal	Altamente tóxicos y cancerígenos
Policloruro de vinilo PVC	Aislante en cables, alambres, circuitos, conectores y carcasas de plástico	Al incinerarlo produce químicos tóxicos como dioxinas y furanos que perduran en el aire
Níquel	Baterías	Afecta el sistema pulmonar y respiratorio, produce alergias, irritación en los ojos y en la piel. Cancerígeno y teratogénico
Lítio	Baterías	Afecta el sistema nervioso, produce fallas respiratorias y náuseas. Fluye fácilmente en los mantos acuíferos
Berilio	Interruptores, transmisores y conectores	Se adhiere en el aire y persiste en los suelos ya que no se disuelve. Es cancerígeno, causa enfermedades pulmonares
Plomo	Tubo de rayos catódicos TRC	Produce daños cognitivos en los niños. Afecta los sistemas nervioso, reproductivo y circulatorio de los adultos
Zinc		Aunque no es tóxico la ingesta de altas dosis puede provocar irritaciones cutáneas, anemia y daño en el páncreas

Fuente: Kumar et al (2024).

Según Guerra Herrera & Niño Beltrán (2023) algunas empresas limitan la duración de sus productos a través de componentes electrónicos programados para fallar después de cierto tiempo, mientras que otros materiales utilizan de baja calidad que se desgastan fácilmente. Un ejemplo común es el de los teléfonos móviles, que a menudo se vuelven obsoletos en un corto período de tiempo debido a la falta de actualizaciones de software o la incapacidad de reemplazar la batería; por lo que esta práctica genera un ciclo de consumo constante, donde los consumidores se ven obligados a reemplazar sus productos con frecuencia, lo que lleva a un aumento en la generación de residuos electrónicos.

Sin embargo, es importante destacar que no todas las empresas practican la obsolescencia programada y existen alternativas como la fabricación de productos duraderos, reparables y actualizables. Algunas iniciativas y movimientos, como el movimiento "Right to Repair", buscan promover la transparencia y el acceso a la información técnica necesaria para reparar los productos.

Tal es el caso de que la durabilidad artificial ocurre cuando se aplica una estrategia para reducir la vida útil de un producto antes de su lanzamiento al mercado, a menudo debido a la selección intencionada de materiales y métodos de producción por parte del fabricante. Por otro lado, la obsolescencia programada se refiere a una estrategia que acorta la vida útil del producto después de que este ya se encuentra en el mercado. De acuerdo con esta táctica el fabricante intenta convencer al consumidor de que sustituya su producto antiguo por uno más nuevo, asegurando que el tiempo de uso del producto anterior sea menor que su vida útil real, para lograr una comprensión más profunda de la obsolescencia programada, es crucial diferenciar entre bienes duraderos y perecederos (Fukasawa, 2025). La diferencia básica entre estos dos tipos de bienes se encuentra en el horizonte temporal, cada uno cubriendo. En el caso de tratar bienes, los consumidores tienen la oportunidad de decidir si solo pagarán el consumo inmediato o preferirán las inversiones en el consumo futuro. Esta decisión generalmente depende de su intención de reducir los costos de transacción que se acumulan con compras repetidas, así como

de evitar los riesgos asociados a posibles aumentos de precios y la escasez de productos en el futuro.

Por tal motivo teniendo como precepto todo lo anterior es importante resaltar que no existe una cantidad exacta de clasificaciones para la obsolescencia programada, pero se pueden identificar varias categorías principales como: la obsolescencia estética que es el deterioro físico del producto, y moda, que se refiere a los cambios en las tendencias y estilos. La obsolescencia social cuando la sociedad deja de utilizar un producto o servicio, y cuando un producto o práctica se vuelve obsoleto debido a cambios en la legislación. Se puede inferir que la obsolescencia programada es una práctica que afecta tanto al consumidor como al medio ambiente. Genera un ciclo de consumo constante y aumenta la generación de residuos electrónicos, además de tener impactos económicos y sociales negativos (Gould et al., 2024).

Disposición actual de los RAEE

Cuando se trata de adquirir bienes duraderos, los consumidores no tienen la misma libertad de elección. Al comprar un bien duradero, el gasto incluye tanto el consumo presente como el futuro, ya que estos bienes están diseñados para tener una vida útil prolongada. Sin embargo, estos bienes suelen representar una inversión significativa y no siempre son económicamente accesibles. Los ingresos de los consumidores suelen acumularse gradualmente a lo largo del tiempo, y al tener que desembolsar una cantidad considerable en el presente, pueden encontrarse en una situación en la que el costo del consumo futuro sobrepasa sus capacidades financieras.

Dentro del marco legal colombiano, se encuentran regulaciones que asignan un papel crucial a los consumidores en la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Normas como el Estatuto del Consumidor y la Ley 1672 de 2013 establecen deberes específicos para los consumidores. Estas regulaciones, en particular la Ley 1672 de 2013, destacan la responsabilidad de los consumidores en el manejo adecuado de los

RAEE, promoviendo prácticas que contribuyan a una gestión eficiente y sostenible de estos residuos (Congreso de la República, 2013).

Se puede señalar que la Ley 1672 de 2013 estableció, de manera específica y detallada en su artículo 6, una serie de obligaciones dirigidas a los consumidores con respecto a la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Esta disposición busca garantizar un manejo adecuado de los RAEE, evitando su disposición inadecuada y promoviendo su correcto reciclaje y tratamiento. Además, la ley enfatiza la importancia de que los consumidores asuman una corresponsabilidad social en la gestión integral de los RAEE. Esta acción no solo contribuye al cuidado del medio ambiente, sino que también promueve una cultura de responsabilidad y conciencia ambiental entre los ciudadanos. Por último, la ley subraya la necesidad de que los consumidores reconozcan y respeten el derecho de todos los ciudadanos a vivir en un ambiente saludable y sostenible (Congreso de la República, 2013).

Como resultado resulta evidente que, en el contexto jurídico colombiano, la responsabilidad asociada al manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) no se limita exclusivamente al Estado ni a los productores. Esta legislación no solo impone obligaciones a las entidades estatales, sino que también establece ciertas responsabilidades para los consumidores, quienes, como agentes finales, tienen un papel crucial en la disposición de estos residuos.

RAEE, oportunidad de emprendimiento

La constante renovación de AEE en Colombia ha dejado una alarmante generación de RAEE, que crea un desafío ambiental para contrarrestar la contaminación a través de un manejo adecuado, es así, que se abren grandes oportunidades significativas de aprovechamiento surgiendo así nuevos emprendimientos innovadores desde el desarrollo sostenible y la construcción de una economía circular; debido a que los RAEE albergan valiosos materiales como oro, plata, cobre, aluminio y otros elementos importantes para diversas industrias.

No obstante, en nuestro país la dificultad con el manejo de los RAEE genera intranquilidad debido al avance tecnológico y a la deficiencia en las normativas; por tanto, encontramos regulación para estos residuos sólidos, pero no esas normas específicas. A fin de que se solución a este problema es imperante una reglamentación más específica que disponga compromisos claros para su acumulación, tratamiento y distribución final de los residuos. Es primordial que los generadores de RAEE, se comprometan con seriedad y formalidad en el tema de intervenir en proyectos o programas de concienciar en la educación ambiental. Aumentar difusión y humanizar para fomentar el uso encargado de aparatos electrónicos y la precisa administración de RAEE, entre las comunidades es apoyar conocimientos innovadores a las diferentes entidades, organizaciones, en los hogares como punto de acumulaciones móviles. En las que se ejecutan proyectos educativos en instituciones educativas y universidades para estimular el reciclaje y la evaluación de residuos.

En este sentido el sector de los RAEE en Colombia ha desarrollado negocios rentables que iniciaron con una idea innovadora las cuales con el tiempo se fortalecieron y hoy contribuyen a mejorar las condiciones ambientales, disminuyendo la contaminación y ganando rentabilidad, mediante el transporte, extracción, procesamiento y valoración de materiales para su posterior comercialización. La recolección además ofrece diferentes servicios en distintos tipos de RAEE, como electrodomésticos, equipo de telecomunicaciones y residuos médicos entre otros, se une con empresas de transporte para asegurar una recolección efectiva de los RAEE.

Inclusive la participación entre los diferentes sectores llámese público o privado la comunidad es muy importante porque ayuda a encontrar positivamente la dificultad o el problema de los RAEE en Colombia. Si el crecimiento de tecnología y procedimientos reformador para el tratamiento y utilización de los RAEE, es decir que puede descubrir o crear nuevas oportunidades en la administración de residuos electrónicos. Dispone unión con diferentes entidades para incrementar nuevos artículos a partir de elementos reciclados de RAEE.

A escala nacional existen empresas debidamente reconocidas por la ley encargadas de recolección y acopio, de acuerdo con Calpa Oliva (2020) estas empresas son: “Gaia Vitare, Lasea soluciones, Belmont trading y Computadores para Educar, ubicadas en la ciudad de Bogotá. Además; está C.I. Recycables en Cartagena, y ASEI Ltda, eCyclig S.A.S y Codesarrollo, en Medellín”. (p.58). Estas empresas juegan un papel importante en la gestión responsable de los residuos electrónicos contribuyendo al cuidado ambiental. Según Gutiérrez Gallego (2015) en su trabajo estructuración de un modelo de negocio basado en el aprovechamiento de residuos eléctricos y electrónicos, mostró ideas de negocio con RAEE tales como: jardines temáticos, museo tecnológico, comercialización de accesorios femeninos y masculinos basados en RAEE y una planta para manejo total de RAEE.

Posteriormente fueron puesto en marcha otros emprendimientos, dentro de los más destacados en la ciudad de Bogotá esta: la empresa RAEE Colombia SAS constituida desde el 2017, la cual adapto el modelo de Economía Circular para la sostenibilidad y mitigación al cambio climático, este emprendimiento desde sus inicios se dedicó a la recolección, clasificación y procesa los componentes y subproductos de los RAEE posibilitando la mitigación de impactos negativo al medio ambiente.

Seguidamente nace la empresa Rebobina la cual no solo se dedica al aprovechamiento y manejo de residuos de equipos electrónicos, sino que también capacita y brinda oportunidades de empleo a través de diferentes áreas del sistema de gestión de residuos electrónicos además aplica estándares internacionales.

Ya que es importante tener en cuenta que, para manejar estos emprendimientos de manera exitosa, es necesario ejecutar o realizar con las normativas vigente y asegurar una utilización adecuada y razonable de los RAEE, que no es solo conocer las reglas sino aplicarlas de manera responsable y adecuada, dependiendo donde se efectúe el emprendimiento hay normas que se deben tener en cuenta. Las normas del sector salud deben tener en cuenta la directriz del Ministerio de salud y las entidades financieras deben tener presente las normas de la Superintendencia Financiera de Colombia.

Aportaciones pedagógicas

Nuestro planeta se está desarrollando constantemente, lo que cambia todos los aspectos de la vida humana y la necesidad de satisfacer sus necesidades que no usan recursos naturales. Es imperante para las universidades formar a los profesionales que nuestra sociedad necesita, para ello a través de su responsabilidad social deben realizar investigaciones sobre el desarrollo sostenible que conlleven al mejoramiento y a la protección del medio ambiente teniendo en cuenta el deterioro que ha sufrido nuestro planeta especialmente en los últimos años. En ese sentido si las acciones humanas han ocasionado el deterioro progresivo del medio ambiente, también debes ser nuestras acciones las que puedan hacer que esta situación se reverse.

De la misma manera se resalta la importancia de que las universidades asuman su verdadero rol, no solo en la acumulación de conocimientos en los futuros profesionales de todas las ramas del saber, sino que también tengan una fundamentación ética que les permita desarrollar su profesión desde una perspectiva ecológica que permita la conservación del medio ambiente y el aseguramiento de la sostenibilidad para que nuestro mundo pueda sobrevivir por mucho más tiempo en el cuál tengan los actuales niños y jóvenes tengan mejores oportunidades vida así como su futura descendencia.

En este contexto, según Rodríguez Montes, y Villamil Garro (2023) la estrategia Buenas Prácticas del Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (BPM RAEE) se presenta como una iniciativa clave para promover prácticas de reciclaje y manejo adecuado de RAEE en la comunidad educativa. Esta estrategia se alinea con los principios establecidos en la ley 1672 del 2013 y la Política Nacional de Gestión Integral de RAEE; originando la necesidad de incrementar la concienciación y la formación en esta área, lo que conllevaría a las instituciones a la creación de planes de acción educativo. La adopción de buenas prácticas en la gestión de RAEE no solo promueve la sostenibilidad ambiental, sino que también prepara a los futuros profesionales para enfrentar problemas ambientales de manera efectiva y responsable.

La educación ambiental debe ser interconectada y abordado cuestiones relacionadas con los RAEE en todos los niveles de educación, desde la educación previa a la escuela hasta la educación superior. Por lo tanto, es importante que la educación ambiental no solo informe sino que también haya motivado la acción. Los estudiantes necesitan comprender la importancia de la economía circular y cómo promover la reducción de los RAEE a través de prácticas como el reciclaje y la reutilización. Además, proyectos prácticos como la propuesta RAEE Robot Prototype pueden ser excelentes herramientas para educar a los estudiantes sobre estas habilidades técnicas y gestión de residuos. En el orden nacional, según la ley 1672 del 19 de julio de 2013, donde se estableció y adoptó el manejo de residuos (RAEE) y se dictaron disposiciones, el Ministerio del Medio Ambiente juega un papel crucial en el proceso de implementación y evaluación, de igual manera este debe promocionar la educación y el fomento de la investigación (Congreso de la República, 2013).

CONCLUSIONES

Los RAEE son una amenaza para el medio ambiente, la salud humana y el desarrollo sostenible; la presencia de materiales tóxicos en los dispositivos, de conjunto con las prácticas como obsolescencia programada contribuyen a un volumen importante de desechos que en ocasiones no se gestionan adecuadamente.

En Colombia, existe el marco normativo que integra la política nacional de gestión integral de RAEE pero su cumplimiento es limitado. Es necesario el fortalecimiento de mecanismos de vigilancia y fomentar la participación de consumidores en el cumplimiento normativo que contribuya a una conciencia crítica, un consumo responsable y sostenible de AEE.

Es importante integrar la educación ambiental en todo el sistema educativo. La definición de estrategias adecuadas como las buenas prácticas de manejo de RAEE pueden contribuir a la transformación de una cultura con mayor responsabilidad hacia el medio

ambiente, promoviendo valores de sostenibilidad y empoderando a los estudiantes como futuros agentes de cambio.

Los RAEE no son solo un reto, es una oportunidad para el desarrollo de emprendimientos y la innovación. Iniciativas como la economía circular y el aprovechamiento de materiales reciclables contribuyen a reducir la presión sobre los recursos naturales, la generación de empleo y mitigación del impacto medioambiental. Para lograr estos resultados resulta necesario la articulación entre el Estado, empresa, academia y sociedad en busca de llegar a un modelo de desarrollo sostenible.

FINANCIAMIENTO

No monetario

AGRADECIMIENTO

A todos los actores sociales involucrados en el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Aristizábal Alzate, C. E., González Manosalva, J. L., & Vargas, A. F. (2021). Revalorización de residuos de equipos eléctricos y electrónicos en Colombia: una alternativa para la obtención de metales preciosos y metales para la industria. *TecnoLógicas*, 24(51), 186–205. <https://doi.org/10.22430/22565337.1740>
- Calpa Oliva, J. E. (2020). Validación de un modelo de logística inversa para la recuperación de los RAEE de la ciudad de Cali, basado en el Pensamiento Sistémico usando una simulación con Dinámica de Sistemas. *TecnoLógicas*, 23(48), 55-81. <https://doi.org/10.22430/22565337.1418>
- Camacho, A. y Escobar, D. (2020). Metodología para la identificación y clasificación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Colombia. *El arrendajo escarlata*, 9(8), 40-49. <https://n9.cl/fn92k>
- Congreso de la República (2013, 19 de julio). *Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones*. (Ley 1672, Art 4). <https://n9.cl/yqtux7>

- Copsey, O., Kubwimana, J. P., Kanyamibwa, S., Nshimiyimana, B., Maniraho, J. F., & Ishimwe, M. E. (2024). Climate action to enable quality education: exploring the potential of Eco-Schools to reverse the triple education crises in Rwanda. *Global Social Challenges Journal*, 3(1), 84-106. <https://doi.org/10.1332/27523349Y2024D000000016>
- Delva Benavides, J. E. (2022). El derecho a reparar: Obsolescencia, regulación y su impacto en los desechos tecnológicos. *Revista De Derecho Ambiental*, 2(18), 13-34. <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2022.66915>
- Devia, L. (2010). *El marco legal de la gestión de residuos electrónicos en LAC*. Cyranek, G. *Los residuos electrónicos: Un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe*. (pp. 43-46). UNESCO. <https://n9.cl/3r329>
- Duda, E. (2022). Building the Learning Environment for Sustainable Development: a Co-creation approach. *arXiv preprint arXiv:2208.14151*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.14151>
- Ferreira Filipe, D. A., Hursthouse, A., Duarte, A. C., Rocha Santos, T., & Patrício Silva, A. L. (2025). E-waste plastics in the environment: Assessment, characterisation, and bioprocessing. *Applied Sciences*, 15(4), 2122. <https://doi.org/10.3390/app15042122>
- Fraccascia, L., Sabato, A., & Yazan, D. M. (2021). An industrial symbiosis simulation game: Evidence from the circular sustainable business development class. *Journal of industrial ecology*, 25(6), 1688-1706. <https://doi.org/10.1111/jiec.13183>
- Freitas Juchneski, N. C., & de Souza Antunes, A. M. (2022). Do the Main Developers of Electrical and Electronic Equipment Comply with the Precepts of the Circular Economy Concepts? A Patent-Based Approach. *Sustainability*, 14(14), 8467. <https://doi.org/10.3390/su14148467>
- Fuertes Camacho, M. T., Graell Martín, M., Fuentes Loss, M., & Balaguer Fàbregas, M. C. (2019). Integrating Sustainability into Higher Education Curricula through the Project Method, a Global Learning Strategy. *Sustainability*, 11(3), 767. <https://doi.org/10.3390/su11030767>
- Fukasawa, T. (2025). *When do firms sell high durability products? The case of light bulb industry*. *arXiv preprint arXiv:2503.23792*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.23792>

- Gould, P., Song, G., & Zhu, T. (2024). Environmental and Economic Impact of I/O Device Obsolescence. *arXiv preprint arXiv:2412.20655*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.20655>
- Grandhi, S. P., Dagwar, P. P., & Dutta, D. (2024). Policy pathways to sustainable E-waste management: A global review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 16, 100473. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2024.100473>
- Guerra Herrera, N., & Niño Beltrán, L. C. (2023). Impacto de la obsolescencia tecnológica programada en la gestión financiera personal. *Desarrollo Gerencial*, 15(1), 1–24. <https://doi.org/10.17081/dege.15.1.5863>
- Gutiérrez Gallego, J. (2015). *Estructuración de un modelo de negocio basado en el aprovechamiento de residuos eléctricos y electrónicos*. [Trabajo de maestría, Universidad EAFIT] <https://n9.cl/br2qi>
- Islam, M. T., Sepanloo, K., Woo, S., Woo, S. H., & Son, Y.-J. (2025). A Review of the Industry 4.0 to 5.0 Transition: Exploring the Intersection, Challenges, and Opportunities of Technology and Human–Machine Collaboration. *Machines*, 13(4), 267. <https://doi.org/10.3390/machines13040267>
- Islam, K., Khatun, S., & Mourshed, M. (2024). An in-depth analysis and review of management strategies for E-waste in the south Asian region: A way forward towards waste to energy conversion and sustainability. *Heliyon*, 10(7), e28707. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28707>
- Kumar, P., Singh, S., Gacem, A., Yadav, K. K., Bhutto, J. K., Alreshidi, M. A., Kumar, M., Kumar, A., Yadav, V. K., Soni, S., Kumar, R., Qasim, M. T., Tariq, M., & Alam, M. W. (2024). A review on e-waste contamination, toxicity, and sustainable clean-up approaches for its management. *Toxicology*, 508, 153904. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2024.153904>
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). *Política Nacional Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://n9.cl/a526l>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU] (17 de abril de 2019). *Los desechos electrónicos, una oportunidad de oro para el trabajo decente*. Organización de las Naciones Unidas. <https://news.un.org/es/story/2019/04/1455621>

- Organización de las Naciones Unidas [ONU] (20 de marzo de 2024). *La humanidad generó 62 millones de toneladas de desechos electrónicos en 2022*. Organización de las Naciones Unidas. <https://news.un.org/es/story/2024/03/1528476>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] (2010). *Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe*. UNESCO Biblioteca Digital. <https://n9.cl/3r329>
- Quinto, S., Law, N., Fletcher, C., Le, J., Antony Jose, S., & Menezes, P. L. (2025). Exploring the E-Waste Crisis: Strategies for Sustainable Recycling and Circular Economy Integration. *Recycling*, 10(2), 72. <https://doi.org/10.3390/recycling10020072>
- Quiñones, L. (2019, 17 de abril). *Los desechos electrónicos, una oportunidad de oro para el trabajo decente*. Noticias ONU. <https://n9.cl/o8b8>
- Rodríguez Montes, J. C., & Villamil Garro, J. A. (2023). *Contaminación ambiental de los RAEE: Estrategia de difusión de buenas prácticas para la adopción de métodos de reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en comunidades educativas* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <https://n9.cl/eot6er>
- Routray, S. K., & Mohanty, S. (2024). Integrating sustainability into STEM curricula. *IEEE Potentials*, 43(5), 14-19. <https://doi.org/10.1109/MPOT.2024.3461233>
- Serpe, A., Purchase, D., Bisschop, L., Chatterjee, D., De Gioannis, G., Garelick, H., Kumar, A., Peijnenburg, W. J. G. M., Piro, V. M. I., Cera, M., Shevah, Y., & Verbeek, S. (2025). 2002–2022: 20 years of e-waste regulation in the European Union and the worldwide trends in legislation and innovation technologies for a circular economy. *RSC Sustainability*, 3, 1039–1083. <https://doi.org/10.1039/D4SU00548A>
- Shivanna, K. R. (2022) Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. *Proc.Indian Natl. Sci. Acad.*, 88, 160–171. <https://doi.org/10.1007/s43538-022-00073-6>
- Siderska, J. (2021). The Adoption of Robotic Process Automation Technology to Ensure Business Processes during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, 13(14), 8020. <https://doi.org/10.3390/su13148020>

- Singh, N., & Ogunseitan, O. A. (2022). Disentangling the worldwide web of e-waste and climate change co-benefits. *Circular Economy*, 1(2), 100011. <https://doi.org/10.1016/j.cec.2022.100011>
- Unión Europea (2012). Directiva 2012/19/UE Sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). *Diario oficial de la Unión Europea*. <https://n9.cl/zhx3u>
- Venegas Marcel, M., Martínez Torán, M., Jacob Dazarola, R., y Miranda Rojas, F. (2023). Caracterización y valoración de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, RAEE en Chile. Una propuesta hacia un diseño de producto más ecoeficiente. *Kepes*, 20(27), 75–104. <https://doi.org/10.17151/kepes.2023.20.27.4>