

DESECHOS TECNOLÓGICOS PRODUCIDOS EN EL SUR DE MANABÍ: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SALUD HUMANA

TECHNOLOGICAL WASTE PRODUCED IN SOUTHERN MANABÍ: ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT AND HUMAN HEALTH

Karina Virginia Mero Suárez^{1*}

¹ Ingeniera en Sistemas, Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa, Magister en Informática Empresarial, Doctora en Tecnologías de la Información, Docente de la Carrera de Tecnologías de Información, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa – Manabí – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7943-4981>. Correo: karina.mero@unesum.edu.ec

Carlos Renán Mero Suárez²

² Ingeniero en Computación y Redes, Magister en Informática Empresarial, Docente de la Carrera de Administración de Empresas, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa – Manabí – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9154-1245>. Correo: carlos.mero@unesum.edu.ec

Edwin Joao Merchán Carreño³

³ Ingeniero en Sistemas, Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa Magister en Informática Empresarial, Doctor en Tecnologías de la Información, Docente de la Carrera de Tecnologías de Información, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa – Manabí – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8128-2764>. Correo: joao.merchan@unesum.edu.ec

* Autor para correspondencia: karina.mero@unesum.edu.ec

Resumen

Los desechos electrónicos (e-waste) son uno de los problemas de contaminación de más rápido crecimiento en el mundo, debido a la presencia de una variedad de sustancias tóxicas que pueden contaminar el medio ambiente y poner en peligro la salud humana si no se siguen los protocolos de eliminación adecuados. Esta indagación tuvo como objetivo evaluar el impacto ambiental de los desechos tecnológicos y el efecto negativo que ocasiona en la salud de los ciudadanos del Sur de Manabí. La metodología empleada fue descriptiva-correlativa, con ramificaciones deductivas-inductivas, y se apoyó en fuentes primarias, artículos e informes de investigación. Su desarrollo permitió identificar las estrategias y características distintivas de cada herramienta para la gestión de los residuos electrónicos en la provincia de Manabí. Se elaboró una encuesta

direccionada a los habitantes del cantón Jipijapa, Paján y Puerto López, para evaluar el manejo y producción de estos desechos. Como resultado, se determinó que los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) que se vuelven obsoletos con más frecuencia en el hogar, son los electrodomésticos y los aparatos electrónicos como laptops y celulares. En otras palabras, los peligros que ocasionan los desechos electrónicos no deben pasar desapercibidos, por ende, se propone el desarrollo de un plan de intervención que contribuya a la preservación del medio ambiente y su entorno. El presente estudio se deriva del proyecto de investigación de la Carrera de Tecnologías de la Información titulado: Incidencia Ambiental de los desechos tecnológicos y su repercusión en la salud de los habitantes de la Zona Sur de Manabí.

Palabras clave: contaminación ambiental; e-waste; exposición humana; residuos electrónicos.

Abstract

Electronic waste (e-waste) is one of the fastest growing pollution problems in the world, due to the presence of a variety of toxic substances that can contaminate the environment and endanger human health if proper disposal protocols are not followed. The objective of this research was to evaluate the environmental impact of technological waste and the negative effect it has on the health of the citizens of southern Manabí. The methodology used was descriptive-correlative, with deductive-inductive ramifications, and was based on primary sources, articles and research reports. Its development allowed the identification of the strategies and distinctive characteristics of each tool for the management of electronic waste in the province of Manabí. A survey was conducted among the inhabitants of the Jipijapa, Paján and Puerto López cantons to evaluate the management and production of this waste. As a result, it was determined that the Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) that most frequently become obsolete in the home are household appliances and electronic devices such as laptops and cell phones. In other words, the dangers caused by electronic waste should not go unnoticed; therefore, the development of an intervention plan that contributes to the preservation of the environment and its surroundings is proposed. This study stems from Information Technology Career research project entitled: Environmental Incidence of technological waste and its impact on the health of the inhabitants of the South Zone of Manabí.

Keywords: human exposure; e-waste; electronic waste; environmental contamination.

Fecha de recibido: 28/06/2022

Fecha de aceptado: 16/09/2022

Fecha de publicado: 17/09/2022

Introducción

Con el rápido desarrollo de la economía y la tecnología, el ciclo de reemplazo de los productos electrónicos es cada vez más corto, lo que ha dado como resultado que los desechos eléctricos y electrónicos (e-waste) crezcan a un ritmo alarmante, amenazando el medio ambiente y la salud humana. Las nuevas tecnologías

están reemplazando rápidamente a millones de electrodomésticos analógicos, lo que conduce a su eliminación en vertederos prescritos a pesar de sus impactos potencialmente adversos en el medio ambiente. El advenimiento constante de nuevos diseños, funciones y tecnología "inteligentes" durante los últimos 20 años está provocando la rápida obsolescencia de muchos artículos electrónicos. La vida útil de muchos productos electrónicos se ha acortado considerablemente debido a los avances en la electrónica, los diseños atractivos para el consumidor y los problemas de marketing y compatibilidad. Por ejemplo, la vida útil promedio de una computadora nueva ha disminuido de 4,5 años a un estimado de 2 años y está disminuyendo aún más, lo que significa que conforme pase el tiempo mayor será el volumen de computadoras para desechar o exportar.

Los residuos electrónicos son un grave problema tanto a escala local como global. Se componen de muchos materiales diferentes, algunos de los cuales contienen una variedad de sustancias tóxicas que pueden contaminar el medio ambiente y amenazar la salud humana, no se gestiona meticulosamente. Muchos estudios de casos de plantas de reciclaje de residuos electrónicos confirmaron que las sustancias químicas tóxicas como los metales pesados y los contaminantes orgánicos persistentes han contaminado y siguen contaminando el medio ambiente circundante. Esto da lugar a una considerable acumulación de sustancias peligrosas en el ecosistema y que pueden afectar negativamente a la salud humana. Tanto los estudios de simulación en laboratorio como los lixiviados de los vertederos demuestran la liberación de sustancias tóxicas de los desechos electrónicos con la concentración varía significativamente entre los estudios de campo y los de laboratorio.

Aunque la recuperación de recursos de los residuos electrónicos puede ser una fuente de medios de vida y oportunidades de negocio, su gestión puede adolecer de una falta de infraestructura y de metodologías científicas eficaces. Los métodos informales de reciclaje de residuos electrónicos (por ejemplo, la quema a cielo abierto, la incineración, el decapado de metales con ácido y los baños baños) generan subproductos como metales pesados, dioxinas y furanos (Dai et al., 2020). Con el fin de mitigar los problemas de los residuos electrónicos, se investigó el volumen, la naturaleza y el impacto potencial de los residuos electrónicos sobre el medio ambiente y la salud humana. Varias herramientas, como el ACV, el AMF, el ACM y el enfoque EPR para la gestión de los residuos electrónicos, podrían mejorar en última instancia la mayoría de los problemas de los residuos electrónicos. Por ejemplo, la EPR es una buena herramienta política para resolver el creciente problema de los residuos electrónicos.

En contexto con lo anterior, la interacción de cuatro herramientas puede conducir al éxito de la gestión de los residuos electrónicos, es decir, el desarrollo de dispositivos de diseño ecológico, la recogida adecuada de los desechos tecnológicos, la recuperación y el reciclaje del material con métodos seguros, la eliminación de los aparatos eléctricos con técnicas adecuadas, la prohibición de transferir dispositivos electrónicos usados en países en desarrollo y la concienciación sobre el impacto de la contaminación de los residuos electrónicos tanto de los usuarios como de los fabricantes (Cornelio et al., 2017; Cornelio & Marzo, 2021). Por encima de todo esto, independientemente de lo bien que se introduzcan y apliquen las políticas, sólo se obtendrán beneficios si los usuarios finales están dispuestos a aceptar las políticas introducidas y a adherirse a ellas.

A pesar de los numerosos esfuerzos realizados para gestionar los residuos electrónicos, todavía no se han establecido las hojas de ruta ideales para los métodos de recogida, separación, almacenamiento, transporte y tratamiento sostenibles, ni las normas y legislaciones que los apoyan. Esta revisión proporciona una visión metódica de la generación de residuos electrónicos y de los retos y oportunidades asociados a sus métodos de reciclaje. Se espera que este artículo ayude a trazar un nuevo camino hacia la gestión sostenible de los residuos electrónicos. A continuación, se describen los elementos teóricos que justifican las características y necesidades de la investigación.

Materiales y métodos

Métodos de tratamiento de los desechos tecnológicos

Reciclaje formal: Los principales pasos involucrados en la gestión formal de desechos electrónicos son la recolección, el preprocesamiento, el posprocesamiento y la eliminación. Se pueden recolectar a través de programas de conducción y esquemas de recuperación y se pueden comprar a traperos.

El Preprocesamiento hace que los desechos electrónicos sean más homogéneos al agrupar materiales de similar seguido del fraccionamiento de metales refinados. Después del preprocesamiento, elementos valiosos (p. ej., metales preciosos) de grupos homogéneos se extraen por métodos térmicos, químicos y metalúrgicos (por ejemplo, hidrometalurgia, pirometalurgia, electrometalurgia y biometalurgia), o una combinación de dos o más procesos. Entre los métodos de postratamiento metalúrgico, los procesos hidrometalúrgicos lixivian los metales de los residuos electrónicos utilizando soluciones ácidas (por ejemplo, ácido nítrico, ácido clorhídrico, ácidos sulfúricos fuertes y agua regia). El proceso consiste principalmente en la lixiviación (solubilización de los metales de los residuos electrónicos en los lixiviados utilizando productos químicos acuosos) y la recuperación (recuperación selectiva de los metales de los residuos electrónicos).

Reciclaje informal: Los métodos poco científicos y rudimentarios adoptados para la recuperación de recursos de los residuos electrónicos se denominan reciclaje informal o reciclaje de traspatio. En este caso, las actividades de gestión de los residuos electrónicos (por ejemplo, el transporte, el procesamiento, la segregación, la reparación, el reacondicionamiento y el desmantelamiento) son llevadas a cabo por personas no calificadas de forma inadecuada. Aproximadamente el 82,6% de los residuos electrónicos generados en el mundo se reciclan de manera informal en países como India, Ghana y China (Forti et al., 2020). Los traperos del sector del reciclaje informal desempeñan un papel importante en la reducción de la carga medioambiental de los residuos electrónicos. Las principales categorías de residuos electrónicos que manejan los sectores informales son los equipos de intercambio de temperatura, los equipos grandes, las pantallas y los equipos de tecnología de la información.

Impactos ambientales de los desechos electrónicos durante el tratamiento

La presencia de sustancias tóxicas en los residuos electrónicos no se ha reconocido hasta los últimos 20 años. En todo el mundo existe una legislación inadecuada para la gestión eficaz de estos residuos. El rápido crecimiento de los residuos electrónicos y la ineficacia de la legislación han dado lugar a estrategias de gestión

inadecuadas tanto en los países desarrollados como en los que están en vías de desarrollo, lo que ha provocado un profundo impacto en el medio ambiente. Se ha demostrado que la gestión de los residuos electrónicos mediante el reciclaje y la eliminación en vertederos plantea riesgos importantes para el medio ambiente. A continuación, se resume el impacto de los residuos electrónicos en los procesos de reciclaje y eliminación.

Reciclaje: Actualmente se trasladan grandes cantidades de residuos electrónicos por todo el mundo para su reciclaje en los países en vías de desarrollo mediante procesos manuales en los patios de las viviendas, lo que provoca una importante contaminación del suelo, el agua y el aire en estos países. Estas prácticas también han provocado el envenenamiento de muchas personas locales que participan en el proceso de reciclaje. Por ejemplo, Guiyu y Taizhou en China, Gauteng en Sudáfrica, Nueva Delhi en la India, Accra en Ghana y Karachi en Pakistán son los grandes centros de reciclaje de residuos electrónicos y es aquí donde se emite una gran contaminación por los procesos de reciclaje de residuos electrónicos.

Estos resultados confirman que se están acumulando en el medio ambiente niveles significativos de sustancias potencialmente tóxicas liberadas durante los procesos de reciclaje. Se espera que los peligros potenciales de los contaminantes inorgánicos y orgánicos persistentes (como los PCB tóxicos, los PBDE y los metales) para el ecosistema y la salud humana persistan durante muchos años. Además, es probable que la meteorización de los contaminantes orgánicos dé lugar a la formación de metabolitos que podrían ser más tóxicos que los compuestos originales. Un ejemplo de ello es la desbromación de los DecaBDEs por reacciones de degradación fotolítica y anaeróbica que da lugar a congéneres altamente tóxicos. De los estudios publicados se desprende que durante la última década se han realizado muchos esfuerzos para determinar la naturaleza de las sustancias tóxicas asociadas a los residuos electrónicos y su presencia en el medio ambiente, con un número limitado de estudios centrados en la salud humana. Sin embargo, hay poca información sobre el impacto de los desechos electrónicos en la salud ambiental, especialmente su impacto en el ecosistema terrestre y acuático.

Eliminación en vertederos: Independientemente de la actual tendencia mundial hacia los residuos cero, el número de vertederos ha aumentado tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Aunque los propietarios de los vertederos modernos argumentan que los vertederos de reciente construcción son capaces de aislar de forma segura del medio ambiente los contaminantes que se encuentran en los aparatos electrónicos, la presencia de miles de vertederos antiguos sin barrera y que contienen una mezcla de putrescibles y residuos electrónicos es muy preocupante. En la actualidad existen suficientes pruebas para demostrar que los vertederos que aceptan dispositivos electrónicos o los antiguos vertederos que contienen residuos electrónicos provocan la contaminación de las aguas subterráneas. Los contaminantes tienen el potencial de migrar a través de los suelos y las aguas subterráneas dentro y alrededor de los vertederos. El material orgánico y putrescible de los vertederos se descompone y se filtra a través del suelo en forma de lixiviados. Los lixiviados pueden contener altas concentraciones de sustancias orgánicas disueltas y suspendidas, compuestos inorgánicos y metales pesados. Sin embargo, las concentraciones de sustancias tóxicas de los lixiviados dependen de las características de los residuos y de las fases de descomposición de los mismos en un vertedero concreto (Qasim & Chiang, 2017).

Consecuencia de los desechos electrónicos en la salud humana

Los materiales peligrosos como el plomo, el mercurio y el cromo de los desechos electrónicos provocan muchas enfermedades humanas, en particular el óxido nítrico, que provoca daños en la piel y asma, y el antimonio, que provoca irritación de la piel, caída del cabello, daños pulmonares y cardiovasculares y problemas de fertilidad. De igual forma, la obesidad provoca debilidad muscular, cambios en el ritmo cardíaco, parálisis y afecta el sistema cardiovascular. La exposición a los componentes peligrosos de los desechos electrónicos puede ocurrir a través de tres canales: inhalación, dieta, ingesta de polvo y contacto con la piel. Para determinar la cantidad de metales pesados que ingresan al cuerpo humano, es necesario evaluar las fuentes de exposición, así como las dosis diarias de metales pesados derivados de los desechos electrónicos (Hui et al., 2020).

En este sentido, se demuestra que los jóvenes son más resistentes a las sustancias de riesgo y tienen tasas metabólicas basales más altas que los adultos. Los tipos y cantidades de introducción de metales pesados pueden tener diferentes efectos en la salud humana, particularmente en los niños pequeños. Por ejemplo, el plomo puede provocar el desarrollo de autoanticuerpos contra proteínas neuronales, como la proteína esencial para mielina y la glial fibrilar corrosiva, lo que podría empeorar los trastornos neurológicos al aumentar la inmunogenicidad de las proteínas derivadas del sistema sensorial. Debido a la exposición a Cd, se desarrollan lesiones renales, que típicamente involucran un rotor cilíndrico que progresa para causar daño renal severo, así como una disminución en la tasa de filtración glomerular (GFR). Uno se da cuenta de lo hostil que es el mercurio para el cerebro creador (Xiang et al., 2018).

Estrategias para gestionar los desechos electrónicos

La perspectiva de estas intervenciones estratégicas debe estar asociada a la disponibilidad tecnológica periférica, a la asequibilidad económica y social, al entorno sostenible y resiliente y a la concienciación de los consumidores. Sobre la base de las prácticas de gestión actuales, una hoja de ruta sostenible junto con la intervención estratégica (por ejemplo, (i) el enfoque del principio de precaución, (ii) la evaluación integral de la operación de los residuos, (iii) la colaboración estratégica y la creación de equipos, (iv) la aplicación y las modificaciones de las normas y la legislación, y (v) el seguimiento y la presentación de informes son cruciales para un plan eficaz de gestión de los residuos electrónicos. La disponibilidad de tecnologías periféricas asociadas a la gestión de los residuos electrónicos (como la hidrometalurgia, la pirometalurgia y las prácticas informales) debe ser intervenida con enfoques sostenibles y rentables. La biohidrometalurgia es una de las mejores alternativas de estos métodos que pueden considerarse para restringir el flujo de metales pesados al medio ambiente. Las otras tecnologías asociadas implican los enfoques del principio de precaución, es decir, la fabricación de diseños de productos de AEE respetuosos con el medio ambiente, la conversión del valor de los residuos (Arya & Kumar, 2020).

Reglas y regulaciones de los desechos electrónicos

En todo el mundo se han promulgado normativas sobre residuos electrónicos. Según el Global E-waste Monitor 2020, aproximadamente el 71% de la población mundial vive en jurisdicciones con legislación y políticas de gestión de residuos electrónicos. Sobre la base de una revisión crítica, se supone que se tienen en cuenta las siguientes cuestiones a la hora de promulgar y aplicar las normativas: 1) un conocimiento

considerable de los materiales reciclables; 2) la supervisión de las sustancias peligrosas que se generan potencialmente durante la fabricación de nuevos productos electrónicos y el tratamiento de los residuos electrónicos; 3) la experiencia técnica con metodologías de tratamiento avanzadas; 4) la participación activa de la comunidad; 5) el cumplimiento de normativas estrictas y obligatorias; 5) la aplicación efectiva de los planes y las políticas (Zeng et al., 2017).

Las características distintivas de cada herramienta para la gestión de residuos electrónicos

La clave del éxito en materia de gestión de residuos electrónicos es desarrollar dispositivos de diseño ecológico, recoger adecuadamente los residuos electrónicos, recuperar y reciclar el material con métodos seguros, eliminar los residuos electrónicos con técnicas adecuadas, prohibir el traslado de dispositivos electrónicos usados a los países en desarrollo y concienciar a los usuarios y a los fabricantes del impacto de la contaminación por residuos electrónicos. Este enfoque se utiliza actualmente de forma rutinaria en la mayoría de los países desarrollados, aunque los países en desarrollo y en transición todavía tienen que convencer a la comunidad local para que aplique estas estrategias de gestión. En estos países, la educación de las generaciones jóvenes puede ser una forma de avanzar en la gestión de los residuos electrónicos. Aunque hay muchas herramientas disponibles para la gestión de los problemas de los residuos electrónicos, nos hemos centrado en el ACV, el AMF, el ACM y el EPR, dada su popularidad en algunos países.

Cada herramienta de gestión medioambiental tiene una categoría de información específica cuando se aplica a la gestión de los residuos electrónicos, algunas de las cuales se solapan. Los resultados indicaron que el ACV, el AMF y el ACM se solapan en lo que respecta a la toma de decisiones medioambientales, mientras que cada herramienta tiene una característica distintiva que las separa de la RPE, que se está utilizando a escala nacional, especialmente en lo que respecta a la política nacional sobre el principio de "quien contamina paga". Por lo tanto, una combinación de ACV, AMF o ACM con la RPE puede ser el modelo óptimo para promover la gestión de los residuos electrónicos, independientemente de la naturaleza del problema de los residuos electrónicos. De hecho, la RPE puede ser la más adecuada para todos los países con el fin de minimizar la generación de residuos electrónicos, dado que la responsabilidad de los residuos electrónicos generados después del Convenio de Basilea se devuelve a los productores.

Este estudio se realizó con un enfoque cuantitativo a nivel descriptivo, obtuvo un diseño de investigación de campo, lo que significa que no se manipularon los sujetos ni el entorno, se empleó la encuesta como técnica de investigación para la recolección de datos, dirigida a los ciudadanos del Sur de Manabí. En efecto, la población de estudio, constó de 97.594 habitantes del cantón Jipijapa, Paján y Puerto López, datos extraídos del último censo de población y de vivienda. Para contribuir aún más a la investigación, se realizó un estudio bibliográfico para obtener una visión general de las tendencias existentes del flujo comercial global de los desechos electrónicos en Google Scholar, Web of Science, SCOPUS y Pub Med.

Resultados y discusión

El efecto tóxico de los desechos electrónicos para la salud humana y el medio ambiente se estudió exhaustivamente. Según datos del (INEC, 2022), en el 2018, los GADM de la provincia de Manabí reportaron la recolección de 1.067,27 toneladas de residuos sólidos por día. En el Gráfico1, se observa que los electrodomésticos y los aparatos electrónicos como laptops y celulares son los RAEE que se vuelven obsoletos con más frecuencia en el hogar, es decir, llevar el control de una alta cantidad de desechos electrónicos producidos por los ciudadanos de la Zona Sur de Manabí, es todo un desafío debido al enorme número de e-waste, vertidos ilegales, legislación infecciosa, escasez de infraestructura, pero, sobre todo, por la falta de experiencia técnica. Muy a menudo, los desechos electrónicos generados en el hogar se excluyen en cubos de basura domésticos con otros tipos de residuos caseros que al mezclarse afectan indirectamente al medio ambiente y a la salud humana.

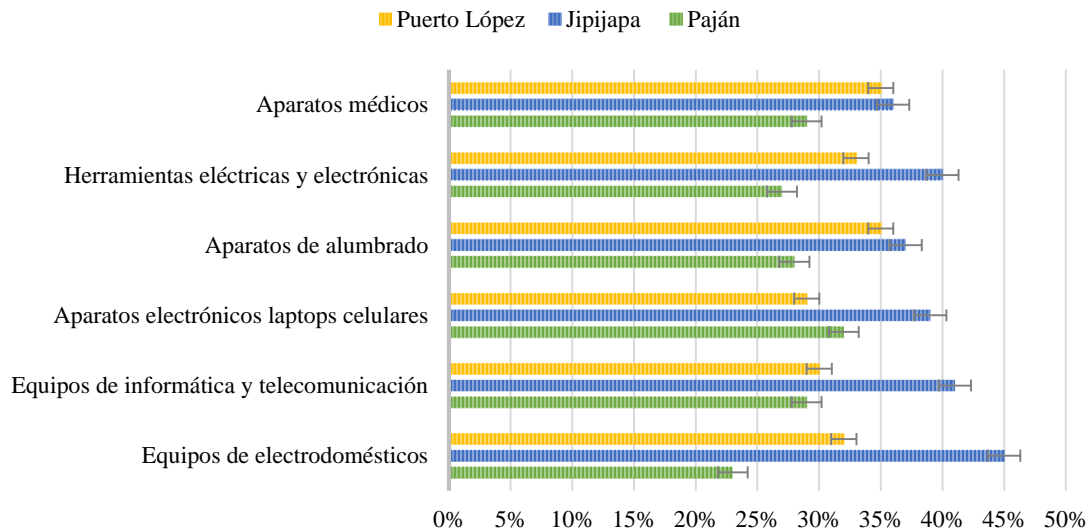


Figura 1: Aparatos electrónicos o electrónicos que se vuelven obsoletos con más frecuencia en el hogar.

Fuente: Elaborado por autores

En consecuencia, la mayor parte de las deposiciones se realiza por medio de celdas emergentes, que agrupa el 45,5% del total de sistemas implementados, solo 7 cantones Manabitas cuentan con un sistema de botaderos como disposición final; siendo considerada esta práctica, como la más rudimentaria y en el que no se ejerce un control adecuado, sin preparación previa y sin parámetros técnicos. Con respecto al tratamiento de desechos peligrosos, al menos 15 cantones de la provincia (68,2% del total) no cuentan con un sistema adecuado, mientras que, solo 7 cantones (31,8%), si lo posee, destacando Junín y Chone como los únicos que disponen un tratamiento por autoclave. Como se aprecia, el principal problema identificado, más allá de las limitaciones en cuanto a su cobertura y calidad, radica en el desconocimiento que tienen los mismos ciudadanos al deshacerse inadecuadamente de los residuos.

Frazzoli et al., (2017) destaca que: “Los problemas relacionados con la salud más evidente están relacionados con la exposición ocupacional y local directa; sin embargo, es posible que estos no sean los más relevantes para los impactos en la salud a largo plazo”. Mientras que, la Comisión Europea (Intelligence, 2022), manifiesta que aproximadamente el 15 % de los equipos eléctricos y electrónicos usados (UEEE) se exporta desde la UE, principalmente para su reutilización.

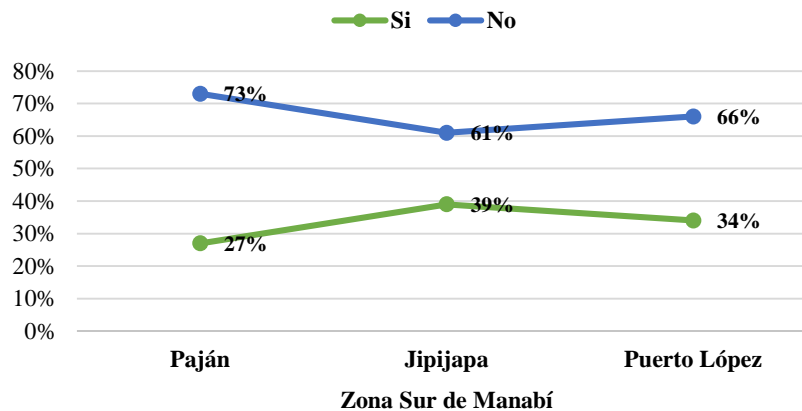


Figura 2: El manejo inadecuado de los RAEE repercute negativamente en el medio ambiente y en la salud.

Fuente: Elaborado por autores

El figura 2, determina que existe un alto número de habitantes de la Zona Sur de Manabí, que desconoce los riesgos y efectos negativos que provoca el manejo inadecuado de los residuos eléctricos y electrónicos en el medio ambiente y en la salud. En base a esta evaluación, es imprescindible implementar campañas para concientizar y motivar a las personas a reciclar sus dispositivos electrónicos y no deshacerse inoportunamente de ellos. También se determinó que el 92% de la ciudadanía, estaría de acuerdo en ser parte de un proceso que permita el reaprovechamiento de los residuos electrónicos para disminuir las altas concentraciones de contaminantes procedentes del reciclaje informal que existe en la provincia.

Como resultado, la mayoría de los desechos electrónicos no se reciclan, porque los artículos de desechos electrónicos tienden a salir con los desechos domésticos y no reciben un tratamiento especial. Es importante, relevar que actualmente los desechos electrónicos son omnipresentes y se caracterizan por su composición química inusual y las dificultades asociadas con la determinación de su masa y flujo tanto a escala local como global. La contaminación asociada con los desechos electrónicos ya ha causado una degradación ambiental considerable en Ecuador y ha afectado negativamente la salud de las personas. La limpieza de sitios contaminados tan grandes probablemente no sea factible, puesto que, han sido fuertemente corrompidos con numerosos contaminantes, muchos de los cuales están poco estudiados. Sin embargo, los efectos negativos de los contaminantes en estos sitios pueden reducirse utilizando tecnologías de remediación estándar.

Existe un conocimiento limitado sobre los efectos ecológicos, los riesgos para la salud humana y las opciones de remediación para algunos contaminantes de desechos electrónicos, como Li y Sb, dado que, normalmente no son contaminantes ambientales.

Conclusiones

Una vez de la revisión del material bibliográfico y el análisis de los resultados, se concluye que las personas necesitan contar con un método que les sea viable para deshacerse de los desechos electrónicos, y las municipalidades deben crear leyes para administrar los RAEE, no solo en las grandes, pequeñas o medianas empresas, sino en la sociedad en general, de tal modo, que puedan responsabilizarse de sus productos y darles el debido tratamiento durante su vida útil. Además, se propone desarrollar campañas de concienciación eficaces para ofrecer una visión completa a los ciudadanos sobre las consecuencias de los e-waste en el hogar, porque si bien es cierto, el éxito de un sistema de gestión de residuos electrónicos puede adaptarse para crear entornos sostenibles y resistentes, que mejoren la salud y el entorno ambiental.

En síntesis, se necesita un enfoque sistemático guiado por la evaluación de la exposición y la investigación de los efectos sobre la salud, para prevenir la exposición a sustancias tóxicas en los desechos electrónicos. Ingenieros, científicos ambientales y otros profesionales pueden participar en la investigación para minimizar la exposición a estos tóxicos. Considerando que la restricción del uso de productos químicos tóxicos en la fabricación de dispositivos electrónicos será el paso previo a los esfuerzos de prevención, las tecnologías de reciclaje apropiadas deben ser el pilar de las prácticas de reciclaje de los e-waste, las prácticas de reciclaje informales y primitivas deben reducirse o eliminarse significativamente y la exposición de los niños a un exceso de sustancias tóxicas de residuos tecnológicos debe minimizarse tanto en el hogar como en la comunidad.

Referencias

- Arya, S., & Kumar, S. (2020). E-waste in India at a glance: Current trends, regulations, challenges and management strategies. *ScienceDirect*, 271, 122707. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122707>
- Cornelio, O. M., Díaz, P. M. P., & Fonseca, B. B. (2017). Estrategia metodológica para disminuir el impacto medioambiental de la tecnología obsoleta. *REFCalE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*. ISSN 1390-9010, 5(2), 99-118.
- Cornelio, O. M., & Marzo, F. R. (2021). METODOLOGÍA PARA LA REUTILIZACIÓN DE LA BASURA TECNOLÓGICA EN LA ASIGNATURA DE ARQUITECTURA DE COMPUTADORAS. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 5(2), 183-198.
- Dai, Q., Xijin, X., Brenda, E., Kwadwo, A., Aimin, C., & Julius, F. (2020). Severe dioxin-like compound (DLC) contamination in e-waste recycling areas: An under-recognized threat to local health. *ScienceDirect*, 139, 105731. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105731>

- Forti, V., Baldé, P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020*.
- Frazzoli, C., Orisakwe, O. E., Dragone, R., & Mantovani, A. (2017). Diagnostic health risk assessment of electronic waste on the general population in developing countries' scenarios. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(6), 388–399. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.12.004>
- Hui, Y., Xia, H., Taofeek, A., Qiu Jian, Z., Minghao, Z., & Xijin, X. (2020). Effects of lead and cadmium exposure from electronic waste on child physical growth. *Environmental Science and Pollution Research Volume*, 20, 4441–4447.
- INEC. (2022). *Programa Nacional de estadística*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Sitios/Programa_Nacional_de_Estadistica/Micrositio_PNE_2021_2025/index.html
- Intelligence, B. (2022). *Used electrical and electronic equipment*. BIO Intelligence Service. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data-providers-and-partners/bio-intelligence>
- Qasim, S., & Chiang, W. (2017). *Sanitary Landfill Leachate: Generation, Control and Treatment*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9780203740217>
- Xiang, Z., Xijin, X., Marike, B., & Xia, H. (2018). Children with health impairments by heavy metals in an e-waste recycling area. *ScienceDirect*, 148, 408–415.
- Zeng, X., Congren, Y., F. Chiang, J., & Jinhui, L. (2017). Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. *ScienceDirect*, 575, 1–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.078>