

Capítulo 1

Reciclaje electrónico en México. Percepción de estudiantes universitarios

Aníbal Zaldívar Colado¹

Lorena Nava Pérez¹

Omar Vicente García Sánchez¹

Ileana Clotilde Osuna Bejarano¹

<https://doi.org/10.61728/AE24050012>

¹ Facultad de Informática Mazatlán de la Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

Resumen

Este artículo tiene por objetivo realizar un análisis comparativo de la percepción que tienen los estudiantes de educación superior acerca del reciclaje electrónico en México, bajo el supuesto de que los discentes de las áreas de ingeniería y tecnología son más conscientes de los beneficios al medioambiente del adecuado manejo de los desechos electrónicos. En el estudio se utilizó un enfoque cuantitativo a nivel explicativo y un diseño de campo; se aplicó una encuesta a 386 alumnos de diferentes licenciaturas de tres instituciones educativas del estado de Sinaloa, en el noroeste de México. Entre los resultados se tiene que 78 % de los encuestados creen que los principales productores de basura electrónica en México son las grandes empresas, 77 % señala a la sociedad en general, un 63 % apunta a las universidades del país, mientras que solo el 58 % coloca al gobierno como principal involucrado. El 66 % de alumnos manifestó que antes de ingresar a la universidad no eran conscientes de la importancia del reciclaje electrónico; 71 % de los encuestados declaró que desde su ingreso a la universidad eran más conscientes de la importancia del medioambiente. El 91 % de los discentes destaca que la basura electrónica afecta el medioambiente. Se concluye que la mayoría de los sujetos de estudio tienen clara la ventaja e inconvenientes del reciclaje de residuos electrónicos, pero consideran que no existe cultura al respecto.

Introducción

El mundo produce hasta 50 millones de toneladas de desechos electrónicos y eléctricos (e-waste) al año, que pesan más que todos los aviones comerciales fabricados, solo el 20 % se recicla formalmente. Los desechos electrónicos producidos anualmente tienen un valor de más de 62 500 millones de dólares, más que el PIB de la mayoría de los países. Hay cien veces más oro en una tonelada de desechos electrónicos que en una tonelada de mineral de oro (Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas [UNEP], 2019).

A medida que la producción y consumo de artículos eléctricos y electrónicos se incrementa en todo el mundo, los desechos de baterías,

computadoras, cámaras, televisores, radios, teléfonos, refrigeradores, acondicionadores de aire, entre otros, crecen a nivel global. Los residuos de estos aparatos son productos que ya no se desean, no funcionan o son obsoletos. La tecnología tiende a avanzar con bastante rapidez y muchos artefactos alcanzan el final de su vida útil después de unos pocos años de uso. Desafortunadamente, gran cantidad de consumidores no eliminan adecuadamente los aparatos en desuso y, por lo tanto, una gran parte de estos terminan en los vertederos comunes.

Los avances tecnológicos y la creciente demanda de los consumidores han definido una era donde la electrónica se ha convertido en parte importante del flujo de residuos. La cantidad global de desechos electrónicos en 2014 estuvo compuesta principalmente por 12.8 millones de toneladas métricas de equipos pequeños, 11.8 millones de toneladas métricas de equipos grandes y 7 millones de toneladas métricas de equipos de aire acondicionado —incluidos los equipos de refrigeración y congelación— (Statista, 2021a).

Desde 2010, el volumen de desechos electrónicos generados a nivel mundial ha ido en constante aumento. Para 2019, se produjeron aproximadamente 53.6 millones de toneladas métricas. Este fue un aumento de 44.4 millones de toneladas métricas en solo cinco años. Se documentó que únicamente el 17.4 % se recolectó y recicló adecuadamente (Statista, 2021a).

De acuerdo con un informe de la Plataforma para Acelerar la Economía Circular (PACE) y la E-Waste Coalition de la ONU, presentado en 2019, la producción global de desechos electrónicos alcanzará los 120 millones de toneladas al año para el 2050, si continúan las tendencias actuales (UNEP, 2019).

Debido a que los productos electrónicos a menudo contienen componentes dañinos para la salud, su eliminación adecuada es imperativa, sin embargo, frecuentemente no se recolectan para su reciclaje o no se documenta. Los países desarrollados tienden a generar una mayor proporción de desechos electrónicos: China, como uno de los mayores productores, generó más de 10 millones de toneladas métricas en 2019; le siguió Estados Unidos, donde se produjeron aproximadamente siete millones de toneladas métricas (Statista, 2021b). Estos países exportan

desechos electrónicos a regiones en desarrollo donde las regulaciones son menos estrictas y no siempre se les da el manejo adecuado, lo que causa daños ambientales.

Los motivos ambientales no son la única razón para una eliminación adecuada. Los desechos electrónicos contienen recursos valiosos como oro, plata, platino, hierro y acero, que se pueden reciclar, cada año se pierden miles de millones de dólares en estos valiosos metales. Sin embargo, una gran parte de estos elementos pueden ser tóxicos (por ejemplo, el mercurio, el arsénico y el cromo). En lugares con poca o ninguna reglamentación, el procesamiento de desechos electrónicos puede ser extremadamente nocivo para la salud humana debido al contacto con materiales potencialmente dañinos, como el cadmio y el plomo, o la exposición a humos tóxicos. La liberación de materiales peligrosos para la salud, como químicos orgánicos volátiles y metales pesados también son perjudiciales para el medioambiente.

El manejo adecuado del flujo de desechos electrónicos es necesario en todo el mundo y puede incluir un protocolo internacional, financiamiento para la transferencia de tecnología, legislaciones nacionales de importación y exportación más estrictas y una mayor conciencia del consumidor. Las iniciativas deben esforzarse por cubrir todo el ciclo de vida de los dispositivos electrónicos, desde la producción hasta la remanufactura. Aunque el reciclaje de estos productos puede ser un buen comienzo para el problema de los desechos electrónicos, la reutilización o la minimización del consumo es, en última instancia, el más beneficioso en términos de la huella material. Una mayor conciencia también ha llevado a países como China y Tailandia a prohibir las importaciones ilegales de productos electrónicos desechados.

Chancerel y Rotter (2009) afirman que en la Unión Europea, en 2008, se generó diecisiete kilogramos de desechos electrónicos por habitante al año, mientras que en los mercados en desarrollo como China e India originaron un kilogramo por habitante al año. Por su parte, el portal alemán especializado en estadísticas, Statista (2021c), asegura que entre 2019 y 2020, a nivel mundial, la generación de desechos electrónicos per cápita ya ascendía a un promedio, aproximadamente, de siete kilogramos al año. Sin embargo, esto difiere dependiendo de la re-

gión, aunque Asia produce la mayor cantidad de desechos electrónicos en todo el mundo, las personas de los países más ricos suelen producir más residuos per cápita que las de países en desarrollo. Por ejemplo, la generación de e-waste por persona en Europa fue de más de dieciséis kilogramos al año, mientras que en Asia, de cinco kilogramos; en África es aún más bajo, con solo 2.5 kg por persona al año.

Actualmente, la proporción global de desechos electrónicos documentados, recolectados y reciclados es solo del 20 % (Statista, 2021c). En cambio, grandes volúmenes de esta basura terminan en vertederos. Debido a los materiales peligrosos que se utilizan en la electrónica, sus desechos son una preocupación ambiental cada vez mayor en todo el mundo.

Como ya se dijo, los remanentes electrónicos contienen muchos materiales reciclables, como metales ferrosos y aluminio, cobre y metales preciosos, así como diferentes plásticos; estos están fuertemente integrados el uno al otro, por lo que el reciclaje de productos electrónicos es tecnológicamente más complicado que, por ejemplo, el reciclado de vidrio o papel. Lo que es más importante, la eliminación de desechos electrónicos provoca la pérdida de estos recursos valiosos y no renovables, debido a que los productos electrónicos contienen una amplia gama de materiales valiosos, muchos de los cuales escasean en la naturaleza. El agotamiento de las fuentes de materias primas, la creciente necesidad de insumos en la fabricación de nuevos productos, en conjunto significa que la recolección y el reciclaje de productos obsoletos se vuelve cada vez más importante.

Los procesos de reciclaje de residuos electrónicos también suponen un riesgo para el medioambiente si no se tratan de forma adecuada. Algunas sustancias pueden filtrarse al medioambiente o causar riesgos de salud y seguridad en la fase de tratamiento. Cuando los envases vacíos o los aparatos electrodomésticos que contienen sustancias peligrosas son descartados de manera inadecuada, estos se liberan a la atmósfera y pueden afectar la capa de ozono (UNEP, 2012). Los ejemplos del tratamiento incorrecto de los desechos electrónicos se presentan ampliamente en la literatura (Gutierrez et al., 2021; Martínez et al., 2019; Tharshith et al., 2021). La tendencia en la industria de la electrónica ha

sido eliminar los materiales potencialmente peligrosos de los productos, de modo que exista un menor riesgo de contaminación, incluso si se llevan a cabo prácticas de reciclaje incorrectas.

En palabras de Maguey y Paz (2019), en México, el gran problema, además de la poca conciencia entre los usuarios, es que no hay regulación suficiente. La iniciativa Step, que es un esfuerzo internacional, hizo un censo de las leyes que regulaban el reciclaje y desecho de la basura electrónica, y encontró que, en diferentes países sudamericanos, por ejemplo, Argentina, hay hasta veinte o treinta leyes que regulan el *e-waste*, y en México solo hay una NOM y ya está desfasada.

Por todo lo anterior, el objetivo principal de esta investigación es conocer la percepción que del reciclaje electrónico realizado en México tienen los estudiantes de educación superior, tomando como muestra 386 alumnos de diferentes licenciaturas de tres instituciones del estado de Sinaloa; se analizan las diferencias por edad, género, grado cursado y carrera, bajo el supuesto de que los discentes de las áreas de ingeniería y tecnología son más conscientes de los beneficios al medioambiente del adecuado manejo de los desechos electrónicos.

El documento se estructura en cinco partes; la segunda sección contiene una descripción del reciclaje electrónico en México en la actualidad; el tercer apartado analiza la literatura publicada en los últimos cuatro años sobre este tema de estudio; la cuarta, detalla la metodología seguida durante la realización de la investigación, mencionándose enfoque, nivel y diseño, además del instrumento de recolección de datos elaborado para el estudio; en la sección cinco se presentan y analizan los resultados; y en la seis, se describen las conclusiones.

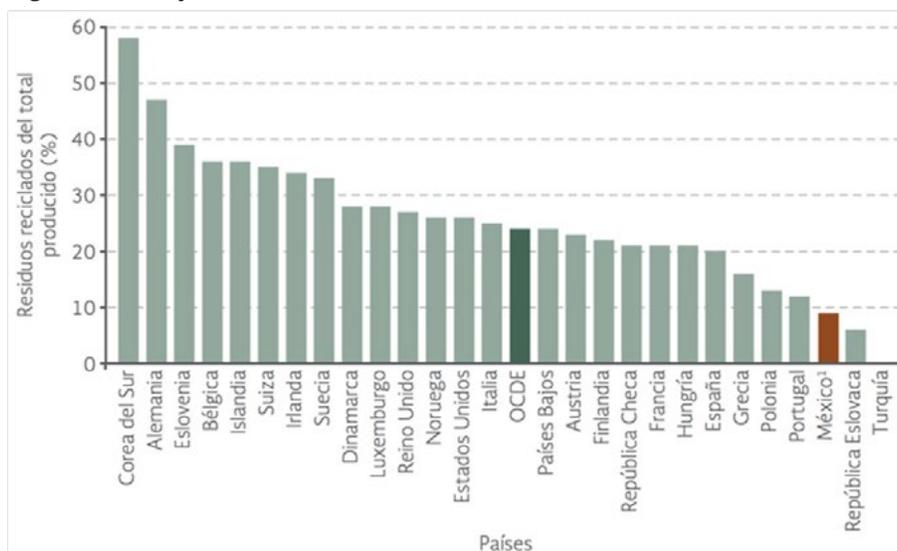
Reciclaje electrónico en México

La legislación ambiental de México tiene como eje rector la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), promulgada el 28 de enero 1988, cuya inspección y fiscalización recae en la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, excepto lo relativo al recurso agua (SEMARNAT, 2018). Cuenta con leyes reglamentarias en Materia de Impacto Ambiental, de Residuos Peligrosos, de Conta-

minación por Ruido, de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, de Prevención y Control de la Contaminación Generada por los Vehículos Automotores que Circulan en el DF (hoy CDMX) y su Zona Conurbada.

Una publicación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) de 2016, asegura que, al año, cada mexicano produce entre siete y nueve kilogramos de basura electrónica. Si la cifra se multiplica por los 120 millones de habitantes (de 840 a 1080 toneladas), se convierte en un problema. De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recurso Naturales (SEMARNAT, 2012), el volumen de materiales reciclados en México es reducido: en 2012 alcanzó alrededor del 9.6 % del volumen de los residuos generados. Esta cifra resulta baja cuando se compara con lo reportado para los países que forman parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), que en promedio reciclaron en ese mismo año alrededor del 24 % de sus residuos, con algunos países con porcentajes cercanos o mayores al 50 %, como en el caso de Corea del Sur y Alemania, 58 % y 47 %, respectivamente (Figura 1).

Figura 1 Reciclaje de residuos sólidos urbanos

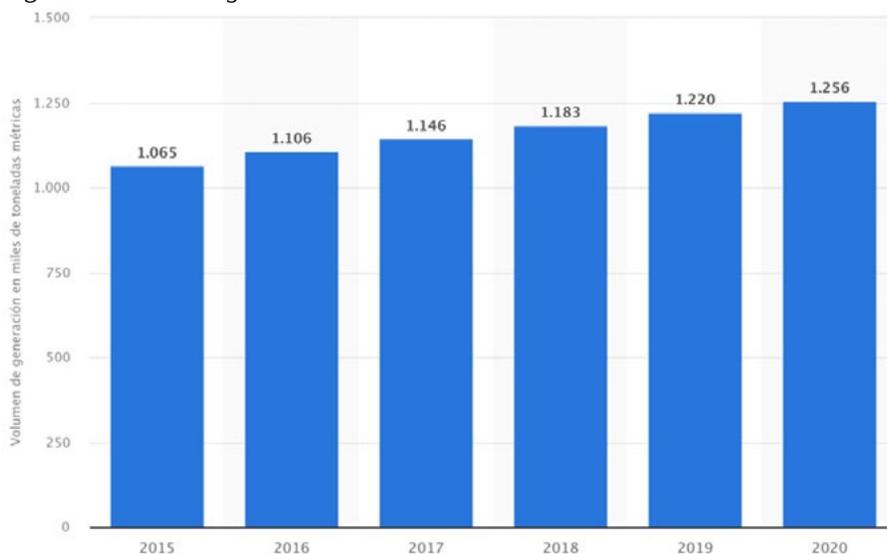


Fuente: Semarnat (2012).

En México, del volumen total reciclado en 2012, el mayor porcentaje correspondió a papel, cartón y productos de papel, 32 %; seguido por el PET, 15.8 %; vidrio, 13.8 %; plásticos, 9.2 %; metales, 7.6 %; y los electrónicos y electrodomésticos, 5.1 %; (INEGI, 2021).

Comparando con datos recientes, el portal Statista (2021d), publicó que la generación de basura tecnológica en México superó los 1.2 millones de toneladas métricas en 2020, lo que representó un incremento de alrededor del 17.9 % en contraste con lo generado en 2015. En 2019, México se posicionó como el segundo mayor generador de residuos electrónicos en América Latina y el Caribe (ver Figura 2).

Figura 2 *Volumen de generación de residuos electrónicos en México de 2015 a 2020*



Fuente: Statista (2021d).

En los últimos años se han visto avances en México en lo concerniente a la legislación para el mantenimiento y mejora del medioambiente. En 2019, el Senado de la República, en un punto de acuerdo, exhortaron a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos para que diseñe una estrategia integral para el correcto manejo y reciclaje de los residuos eléctricos y electrónicos, así como una campaña de concientización a la población, con el fin de minimizar los impactos a la salud y al medioambiente. Considerando, entre otros (Senado México, 2019):

- El creciento [sic] exponencial de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Los principales residuos electrónicos que se generan son los teléfonos móviles y las computadoras [...] desde 2007, se han producido en todo el mundo más de 7.1 billones de smartphones.
- Dentro de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que más se generan se encuentran electrodomésticos, aparatos de alumbrado, herramientas eléctricas o electrónicas, aparatos médicos, instrumentos de vigilancia y control y aparatos electrónicos de bajo consumo.
- La mayor parte de estos [residuos electrónicos] no se están reciclando a través de métodos eficaces y seguros, puesto que se estima que aproximadamente el 80 % de los residuos electrónicos acaban en un incinerador o en un vertedero.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), en México cada mes se generan 29 000 toneladas de basura electrónica, o *e-waste*, y tan solo se recicla el 14 % (Valle Vargas, 2019). Por su parte, Riquelme (2021), en un artículo publicado en la versión digital de *El Economista*, afirma que cada mexicano produjo 9.23 kilogramos de residuos electrónicos entre el año 2015 y el 2021. En total, los mexicanos desecharon en promedio 1 103 570 toneladas de residuos electrónicos cada año en este periodo y para el final del 2021 se espera que esta cifra crezca hasta alcanzar 1 211 580 toneladas, de las cuales un cuarto (23 %) es generado por la Ciudad de México, Jalisco y Nuevo León.

Revisión de la literatura

A medida que los países en desarrollo adoptan las tecnologías digitales para facilitar y mejorar la vida de su población, el insuficiente manejo de *e-waste* aunado a la pobre legislación en la materia, hace que represente una amenaza para la salud humana y el medioambiente. En países donde no existen leyes, son insuficientes u obsoletas, que rijan la gestión y la eliminación de los desechos electrónicos, estos residuos frecuentemente se tratan como cualquier otra basura, se depositan en

vertederos o se incineran, lo que provoca degradación ambiental y peligros para la salud.

Se han encontrado investigaciones que analizan temas referentes a los desechos eléctricos y electrónicos desde diferentes perspectivas, en esta sección se hace mención de algunas de ellas relacionadas directamente con este tema de estudio.

En el trabajo de Kahhat et al. (2022), el objetivo principal es proponer un nuevo sistema de reciclaje de residuos electrónicos a implementar por fases, donde sugieren la necesidad de integrar adecuadamente tanto el sector formal como el informal para lograr el sistema óptimo que mitigue los impactos ambientales mientras preserva los rasgos sociales y económicos positivos del sistema actual. Un sistema híbrido, basado en una instalación centralizada que maneja principalmente aquellas partes o materiales que crean impactos ambientales y riesgos para la salud si se manejan de manera incorrecta.

Saldaña-Durán y Messina-Fernández (2021), presentan la evaluación del programa de recolección selectiva de desechos electrónicos denominado *Recyclatron*, implementado en la Universidad Autónoma de Nayarit, en México. Esta investigación tiene por objetivo promover una cultura hacia la sustentabilidad en el manejo de e-waste en los campus universitarios, así como ser un referente de responsabilidad social y ambiental de la comunidad.

Por su parte, Abalansa et al. (2021), identificaron resultados *buenos, malos y feos* de su estudio: el bueno es la creación de puestos de trabajo y el uso de desechos electrónicos como fuente de materias primas; el malo es la exacerbación de las ya malas condiciones ambientales en los países en desarrollo; el feo es el impacto negativo en la salud de los trabajadores que procesan desechos electrónicos debido a una amplia gama de componentes tóxicos en estos desechos. Y hacen una petición a los países desarrollados para que ayuden a países en desarrollo en la lucha contra los desechos electrónicos, en lugar de exportar sus problemas ambientales a estas regiones más pobres.

Un análisis exploratorio sobre la gestión de residuos electrónicos a diferentes escalas (bloques económicos y niveles de países) en el continente americano, es presentado por Xavier et al. (2021), enfatizando los

patrones de generación, los flujos de residuos electrónicos y los marcos regulatorios en Brasil y Canadá para identificar cómo las opciones de gestión de residuos están impulsadas por criterios legales, económicos y ambientales específicos. Los hallazgos sugieren que, aunque Brasil y Canadá tienen alcances de regulación diferenciados, ambos ratificaron el Convenio de Basilea, tienen una agenda de acción que busca priorizar la gestión de sustancias peligrosas, así como falta de regulación armonizada y poco control de los desechos electrónicos ilegales.

En el artículo *“Acceptance of E-waste Recycling Among Young Adults: An Empirical Study”*, Aboelmaged (2020) integra los hábitos en la Teoría del Comportamiento Planificado y el Modelo de Aceptación de Tecnología para predecir los desechos de equipos eléctricos y electrónicos o la intención de reciclar desechos electrónicos entre los adultos jóvenes, se encontró que el modelo que proponen tiene un buen poder explicativo y confirma su robustez para predecir la intención de reciclaje de desechos electrónicos entre los adultos jóvenes. El papel de los hábitos y la utilidad percibida se demuestran como fuertes predictores de la intención de reciclaje de desechos electrónicos de los adultos jóvenes, así como de sus actitudes. El documento concluye con varias implicaciones sociales y prácticas que pueden fomentar iniciativas de reciclaje de desechos electrónicos en los Emiratos Árabe Unidos.

Saldaña-Durán et al. (2020), afirman que los campus universitarios son otro lugar para nuevas iniciativas, como la recolección de desechos electrónicos de salas de computación y laboratorios. Una serie de asociaciones de profesores, empleados, estudiantes y otros actores han surgido durante la última década, consolidando programas de recolección de residuos electrónicos y llevándolos a un tratamiento y una disposición adecuados. Tal es el caso de la Universidad Autónoma Metropolitana en la Ciudad de México, la Universidad Autónoma de Nayarit en Tepic, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, y algunas más.

En una investigación que tiene por objetivo conocer cómo se realiza el manejo de los residuos de computadoras y sus partes por las unidades académicas de nivel superior, en el Campus Mazatlán de la Universidad Autónoma de Sinaloa [en México], Martínez et al. (2019) diseñaron

una encuesta para administradores de laboratorios de cómputo de nueve escuelas y facultades, para analizar la gestión de los desechos electrónicos producidos en sus áreas de trabajo. De acuerdo con los resultados obtenidos, estas unidades académicas generan una gran cantidad de residuos electrónicos en un periodo de tiempo corto y ninguna de ellas cuenta con un método adecuado para deshacerse de esta basura. Pero la mayoría de los encuestados afirman que están dispuestos a mejorar estos procedimientos siempre y cuando obtengan el apoyo de sus superiores para así poder darle un mejor trato a estos desechos.

Como se observa, hay literatura sobre el tema de reciclaje de desechos electrónicos, pero es mínima la que involucra a los jóvenes o a las universidades. Se aprecia una brecha que debe atenderse, sobre la percepción de los estudiantes de nivel superior, debido a que serán ellos los profesionistas que dentro de poco deberán atender el problema del reciclaje de estos artefactos que no funcionan o finalizó su vida útil.

Metodología

Para este trabajo y en coherencia con el objetivo principal y la hipótesis planteada, se utilizó un enfoque cuantitativo a nivel descriptivo-correlacional. La investigación tiene un diseño de campo, para lo que se construyó un instrumento de recopilación de datos con dos categorías, información personal (sexo, edad, grado, carrera y lugar de residencia); opinión sobre el manejo de desechos tecnológicos, 17 ítems en escala tipo Likert con cuatro opciones (1 Completamente de acuerdo, 2 De acuerdo, 3 En desacuerdo y 4 Completamente en desacuerdo), dividida en dos categorías. Después de aplicar el estadístico Alfa de Cronbach, se evaluó este instrumento y se obtuvo una puntuación de 0.805. Valores de alfa de Cronbach entre 0.70 y 0.90 indican una buena consistencia interna (Oviedo y Campo-Arias, 2005).

El instrumento se utilizó para conocer datos demográficos de los participantes y medir el nivel de percepción que tienen en relación con el reciclaje de residuos electrónicos. La población la constituye la totalidad de los alumnos universitarios de México, tomando una muestra no probabilística de 386 sujetos de estudio procedentes de ocho licencia-

turas, de tres instituciones públicas del estado de Sinaloa (Universidad Autónoma de Sinaloa, Universidad Politécnica de Sinaloa, Tec Milenio), en el noroeste del país, debido a que son los únicos que respondieron completamente el instrumento. La unidad primaria fue el aula de clases; para la obtención de datos, como se dijo, se diseñó una encuesta estructurada, precodificada, auto cumplimentada por el estudiante, garantizando el anonimato. El instrumento se distribuyó en horas de clase en coordinación con profesores, procurando en todo momento evitar sesgos en las respuestas. Previamente a su aplicación se realizó una presentación del encuestador y del tema.

Las acciones destinadas a la obtención de datos de los sujetos de estudio se realizaron en un periodo de tres meses entre enero y abril de 2023. Durante este tiempo se aplicaron las encuestas a estudiantes universitarios de tres instituciones sinaloenses. Para mantener el anonimato se realizó el compromiso de no divulgar las respuestas sin procesar los datos.

Resultados

Después de haber aplicado el instrumento a una muestra de 386 estudiantes de educación superior del sur del estado de Sinaloa, se presentan los resultados. El cuestionario consta de dos secciones, la primera sección muestra datos etnográficos (sexo, edad, grado, carrera y lugar de residencia) de los encuestados, buscando establecer algún factor que incida en la percepción del reciclaje electrónico. Un resumen de lo datos sexo, edad, grado se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: *Datos etnográficos*

Atributo	Variabes	f	Porcentaje (%)
Sexo	Mujer	260	67
	Hombre	126	33
Edad	17-18	132	34
	19-20	192	49
	21+	62	17

Atributo	Variables	f	Porcentaje (%)
Grado	Primero	164	42
	Segundo	112	29
	Tercero	76	20
	Cuarto	34	9
	Quinto	0	0

Fuente: Elaboración propia.

La Universidad Autónoma de Sinaloa, la institución educativa más grande del estado, aportó 256 sujetos de estudio; la Universidad Politécnica de Sinaloa, 68 estudiantes; finalmente, el Tec Milenio, 62 alumnos.

A la pregunta cuatro acerca de a qué carrera pertenece, se muestran las respuestas en orden decreciente, que colocan en primer lugar a Sistemas con 118 (31 %), después a Ciencias de la comunicación con 78 (20 %), siguiendo con 70 a Informática y Mecatrónica con 68, ambas con el mismo porcentaje (18 %), en el siguiente puesto se ubica Recursos Humanos con 34 (9 %), posteriormente se encuentran Contabilidad y Administración ambas con 8 (2 %), y finalmente Licenciatura en Inglés con 2 (1 %). El último cuestionamiento de este apartado acerca del lugar de residencia del alumno, se encontró que la gran mayoría de los encuestados pertenecen a la ciudad de Mazatlán, siendo estos 352 (91 %) de los participantes, mientras que el resto de la muestra, conformada por 34 personas (9 %) pertenecen a municipios o comunidades aledañas a Mazatlán (Concordia, El Rosario, Escuinapa, El Roble, Villa Unión, Cofradía y San Ignacio).

Una vez recopilados y examinados los datos etnográficos de los encuestados, se analizó el siguiente bloque del cuestionario que arrojó datos importantes. En esta segunda sección se valoró la percepción de los estudiantes universitarios del estado de Sinaloa hacia el reciclaje de dispositivos electrónicos, en una serie de afirmaciones abordando su conocimiento personal en el tema de la basura electrónica, su entorno, entre otras cosas. Para ello se utilizó una escala de Likert de cuatro niveles quedando definidos como: completamente de acuerdo, de acuerdo, en desacuerdo y completamente en desacuerdo. Todas las afirmaciones y resultados se muestran a detalle en Tabla 2.

Tabla 2: Percepción de los estudiantes universitarios acerca de los desechos electrónicos.

Afirmación	Completamente de acuerdo		De acuerdo		En desacuerdo		Completamente en desacuerdo	
	f	%	f	%	f	%	f	%
1. Conozco los beneficios del reciclaje de productos electrónicos	86	22.28	202	52.33	66	17.10	32	8.29
2. Conozco las consecuencias de no reciclar productos electrónicos obsoletos	116	30.05	184	47.67	60	15.54	26	6.74
3. En México se proporciona suficiente información sobre el reciclaje electrónico	18	4.66	72	18.65	224	58.03	72	18.65
4. Sé lo que es el reciclaje de productos electrónicos	68	17.62	178	46.11	106	27.46	34	8.81
5. Sé cuáles son los derivados del manejo de desechos tecnológicos	26	6.74	124	32.12	192	49.74	44	11.40
6. La población mundial hace una adecuada separación de los desechos electrónicos para su reciclaje	16	4.15	90	23.32	196	50.78	84	21.76
7. La población mexicana hace una adecuada separación de los desechos electrónicos para su reciclaje	14	3.63	64	16.58	180	46.63	128	33.16
8. La población sinaloense hace una adecuada separación de los desechos electrónicos para su reciclaje	10	2.59	60	15.54	178	46.11	138	35.75
9. Los habitantes de mi ciudad separan adecuadamente los desechos electrónicos para su reciclaje	10	2.59	60	15.54	188	48.70	128	33.16
10. La sociedad en general produce la mayor parte de la basura electrónica en México	78	20.21	220	56.99	66	17.10	22	5.70
11. Las grandes empresas producen la mayor parte de la basura electrónica en México	92	23.83	210	54.40	72	18.65	12	3.11
12. El gobierno produce la mayor parte de la basura electrónica en México	44	11.40	178	46.11	136	35.23	28	7.25
13. Las universidades producen un gran porcentaje de la basura electrónica en México	6	1.55	138	35.75	214	55.44	28	7.25
14. En mi universidad se proporciona bastante información sobre el reciclaje electrónico	30	7.77	102	26.42	166	43.01	88	22.80
15. Antes de ingresar a la universidad no era consciente de la importancia del reciclaje electrónico	58	15.03	136	35.23	128	33.16	64	16.58
16. Desde que inicié la licenciatura soy más consciente de la importancia del medio ambiente	58	15.03	216	55.96	82	21.24	30	7.77
17. La basura electrónica afecta el medioambiente	252	65.28	100	25.91	24	6.22	10	2.59

Fuente: Elaboración propia.

En la primera pregunta de esta sección acerca del conocimiento de los beneficios del reciclaje electrónico, se encontró que el 75 % de los estudiantes están completamente de acuerdo o de acuerdo. Al cuestionar acerca de las consecuencias de no reciclar productos electrónicos obsoletos, el 78 % de los participantes señalaron estar completamente de acuerdo o de acuerdo. Estas respuestas muestran que los alumnos tienen antecedentes en estos temas. La siguiente pregunta de la sección aborda si en México se proporciona suficiente información sobre el reciclaje electrónico, mostrando que el 77 % de los participantes está en desacuerdo o completamente en desacuerdo. En la cuarta pregunta se encontró que el 64 % de los alumnos revelaron estar completamente de acuerdo o de acuerdo en conocer lo que es el reciclaje electrónico, pero al indagar si tenían conocimientos acerca de los derivados del manejo de desechos tecnológicos el 61 % de los estudiantes manifestaron estar en desacuerdo o completamente en desacuerdo.

Un 73 % de los estudiantes señalaron estar en desacuerdo o completamente en desacuerdo a la afirmación de que la población mundial hace una adecuada separación de los desechos electrónicos para su reciclaje; incluso, un 80 % de los alumnos manifestaron esta misma postura al señalamiento de que la población mexicana hace una adecuada separación de los desechos electrónicos para su reciclaje, este porcentaje aumenta a un 82 % cuando se asevera lo mismo, pero respecto a la población del estado de Sinaloa, esta proporción del 82 % se mantiene respecto de la población de su localidad.

Al preguntar a los estudiantes acerca de los principales productores de basura electrónica en México, el 78 % manifestó estar completamente de acuerdo o de acuerdo en señalar a las grandes empresas, el 77 % aseveró lo mismo, señalando a la sociedad en general, un 63 % de los alumnos indicó estar completamente de acuerdo o de acuerdo, apuntando a las universidades del país, mientras que solo el 58 % declaró lo mismo colocando al gobierno como principal involucrado.

Se les preguntó a los alumnos si consideraban que las universidades brindan bastante información sobre el reciclaje electrónico, un 66 % manifestó estar completamente de acuerdo o de acuerdo, mientras que su opinión se mostró dividida, al señalar si antes de ingresar a la univer-

sidad no eran conscientes de la importancia del reciclaje electrónico, la mitad, exactamente (50 %), se mostró en desacuerdo o completamente en desacuerdo. No obstante, el 71 % de los encuestados se declaró completamente de acuerdo o de acuerdo en que, desde su ingreso a la universidad, eran más conscientes de la importancia del medioambiente. Relacionado a lo anterior el 91 % de los discentes determinaron estar completamente de acuerdo o de acuerdo con el destacar que la basura electrónica afecta el medioambiente.

Para conocer la distribución de la variable aleatoria, conformada por la sumatoria de los datos de la segunda categoría (tipo Likert), se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección de significación de Lilliefors (Tabla 3), porque la muestra excede de 50 sujetos de estudio.

Tabla 3: Prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección de Lilliefors para la variable aleatoria

		Sumatoria
N		386
Parámetros normales	Media	42.37
	Desviación	6.636
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.077
	Positivo	.077
	Negativo	-.068
Estadístico de prueba		.077
p-valor		0.000010

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3 muestra que el p-valor es casi cero (0.000010), por lo que la distribución no es normal o no sigue una forma normal; por lo que se utilizaron pruebas no paramétricas para analizarlos. En este caso, se aplicó la ANOVA H de Kruskal-Wallis para comprobar si existen diferencias significativas entre la percepción de los estudiantes de las ocho carreras utilizadas en la investigación y así validar la hipótesis. Las diferencias en la variabilidad de los datos, se evidencian mediante el cálculo de la varianza H de Kruskal-Wallis, lo cual se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Prueba H de Kruskal-Wallis para la variable aleatoria

Rangos			
	Carrera	N	Rango promedio
Variable aleatoria	Mecatrónica	68	216.97
	Ciencias de la Comunicación	78	229.65
	Recursos Humanos	34	191.68
	Contabilidad	8	217.00
	Licenciatura en Inglés	2	194.50
	Licenciatura en Administración de Empresas	8	283.50
	Licenciatura en Informática	70	169.07
	Lic. en Ingeniería en Sistemas de Información	118	163.38
	Total	386	

Fuente: Elaboración propia.

Pueden verse las frecuencias por carrera, junto con el rango promedio, en la Tabla 4. El rango promedio es calculado como la media de los rangos de todas las observaciones en cada muestra. Resumiendo, el cálculo del estadístico de la prueba H de Kruskal-Wallis para la variable aleatoria, donde la licenciatura actúa como la variable de agrupación, puede observarse en la Tabla 5.

Tabla 5: Estadísticos de la prueba H de Kruskal-Wallis para la variable aleatoria

	Variable aleatoria
H de Kruskal-Wallis	28.821
gl	7
Significancia asintótica	0.000156

Fuente: Elaboración propia.

Se puede ver en la Tabla 5, que el valor de significancia asintótica (p-valor) es inferior al 5 %, lo que es un dato importante para llegar a una conclusión sobre la comprobación de la hipótesis, lo cual se explica en la sección de Conclusiones.

Discusión

Los resultados proporcionan datos importantes para la construcción de mecanismos que permitan informar a los estudiantes de educación superior acerca del reciclaje de basura electrónica. Mediante el estudio se puede concluir que la respuesta del individuo hacia el reciclaje está determinada en gran medida por su grado de conciencia hacia el medioambiente, así como por su conocimiento personal, lo cual concuerda con estudios anteriores (Ahmad et al., 2016; Ramayah et al., 2012). Entre los estudiantes se encontraron tenencias entre su nivel de conocimientos al ingresar a la educación superior, así como su conciencia con respecto a los beneficios que produce el reciclaje de este tipo de desechos en el medioambiente, en consecuencia, estos dos aspectos (conocimiento y conciencia relacionados al medioambiente) pueden incidir de manera favorable en el comportamiento de reutilizamiento.

Los resultados encontrados pueden ser útiles para las organizaciones gubernamentales y las propias instituciones de educación superior, ya que estas podrían educar a los alumnos desde su época universitaria o incluso antes, para que adopten hábitos de reciclaje, esto podría producir un cambio cultural, mediante campañas de sensibilización más decididas y una canalización adecuada de recursos por parte del gobierno para establecer mecanismos que coadyuven al reciclaje de basura electrónica. La persuasión y la creación de conciencia a través de la educación son elementos primordiales que determinan el enfoque de los alumnos de educación superior hacia el reutilizamiento de este tipo de desechos.

En esta investigación se tomó como muestra a estudiantes universitarios de un estado mexicano, lo cual acota uno de los propósitos del estudio, que es conocer la percepción de los encuestados sobre el reciclaje electrónico. Al no considerar otros sujetos de estudio como docentes, empleados y sociedad en general que laboran o tienen contacto con dispositivos electrónicos, se limita la investigación.

A nivel mundial, es diferente la forma en que las poblaciones de los países perciben la basura y su nivel de preocupación sobre su impacto en el medioambiente. Los consumidores también están generalmente

divididos en la opinión de quién debería ser el máximo responsable de reducir los desechos en todo el mundo, ya sean las empresas que producen o venden productos envasados, el gobierno, los consumidores o alguna combinación de todas las entidades. Los desechos prevalecen en todas las economías globales y el daño que provocan en el medioambiente y la salud humana, si no se eliminan adecuadamente, debe considerarse en las futuras regulaciones y políticas para permitir una gestión sostenible de los desechos.

Conclusiones

El objetivo del estudio es conocer la percepción que del reciclaje electrónico realizado en México tienen los estudiantes de educación superior. Este propósito se cumplió al demostrar que los universitarios encuestados se muestran bastante conscientes de los beneficios y consecuencias del reciclaje de productos electrónicos, pero señalan en su mayoría que no existe una cultura e información suficiente sobre la administración de esta basura electrónica, para la sociedad en general, generando desconocimiento acerca de los derivados del manejo de desechos tecnológicos. Dada esta desinformación, los participantes señalan como mayores productores de basura electrónica en México a la misma sociedad y después a las entidades de gobierno.

De acuerdo con los resultados, los alumnos de las áreas de ingeniería y tecnología fueron los que indicaron mayor conocimiento sobre el reciclaje electrónico; y su ingreso a la universidad les permitió estar más informados al respecto, derivado de su mayor cercanía con estos aparatos.

Dado que la significancia asintótica o p-valor de la prueba de hipótesis realizada mediante el análisis de varianza H de Kruskal-Wallis dio como resultado 0.000156, lo cual es inferior al 5 %, se acepta la hipótesis planteada: la percepción de los alumnos de nivel superior acerca del reciclaje electrónico en México es diferente según la carrera cursada. Esta conclusión puede ser interpretada como: *con un margen de error del 0.0156 %, se puede afirmar que la percepción de los alumnos de nivel superior sobre del reciclaje electrónico en México es di-*

ferente según la carrera cursada, independientemente de la institución donde estudien. Lo anterior confirma la hipótesis que se planteó para este estudio.

Futuras líneas de investigación

Como perspectivas futuras de este trabajo, se plantea ampliar el número de la muestra y de las características de los sujetos de estudio, por lo que se considerarían no solo estudiantes, sino docentes y otros miembros de la sociedad que conozcan o estén en contacto con aparatos eléctricos y electrónicos, lo cual pudiera ofrecer un punto de vista significativo hacia el uso y desecho de estas herramientas. Adicionalmente, podrían realizarse análisis que empleen herramientas estadísticas más complejas que una descripción univariada, permitiendo observar correlaciones entre las variables que se desean estudiar.

Referencias

- Abalansa, S., El Mahrad, B., Icely, J. y Newton, A. (2021). Electronic waste, an environmental problem exported to developing countries: the GOOD, the BAD and the UGLY. *Sustainability*, 13(9), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su11051361>
- Aboelmaged, M. G. (2020). *Acceptance of e-waste recycling among young adults: an empirical study* [Ponencia]. 2020 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech). Santa Ana, California, EEUU. <https://doi.org/10.1109/SusTech47890.2020.9150485>
- Ahmad, M. S., Bazmi, A. A., Bhutto, A. W., Shahzadi, K. y Bukhari, N. (2016). Students' responses to improve environmental sustainability through recycling: quantitatively improving qualitative model. *Applied Research in Quality of Life*, 11(1), 253-270. <https://doi.org/10.1007/s11482-014-9366-7>
- Chancerel, P. y Rotter, S. (2009). Recycling oriented characterization of small waste electrical and electronic equipment. *Waste Management*, 29(8), 2336-2352. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.04.003>
- Gutierrez Vera, D., González García, T., Llosa Santana, M., Hernández Chisholm, D. y Bustamante López, T. (2021). Desechos tecnológicos, un enemigo del medio ambiente en el siglo XXI. *Revista Cubana de Tecnología de la Salud*, 12(3), 9-16. <http://www.revtecnologia.sld.cu/index.php/tec/article/view/2444>
- Hassan A., Noordin T. A. y Sulaiman, S. (2010). The status on the level of environmental awareness in the concept of sustainable development amongst secondary school students. *Procedia-Social and Behavioural Sciences*, 2(2) 1276-1280. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.187>
- INEGI. (2021). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017 (CNGMD), Módulo 6: Residuos Sólidos Urbanos*. INEGI. México. <https://inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/535>
- Kahhat, R., Miller, T. R., Ojeda-Benitez, S., Cruz-Sotelo, S. E., Jauregui-Sesma, J. y Gusukuma, M. (2022). Proposal for used electronic products management in Mexicali. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 13, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200065>

- Maguey, H. y Paz, R. (2019). México, tercer productor de basura electrónica en América. Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/mexico-tercer-productor-de-basura-electronica-en-america/>
- Martínez Gárate, Á., Cuevas León, D. y Osuna Carrillo, J. (2019). Gestión de desechos electrónicos en la Universidad Autónoma de Sinaloa, campus Mazatlán. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 7(13), 53-60. <https://www.riti.es/ojs2018/inicio/index.php/riti/article/view/150>
- Oviedo, H. C. y Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(4), 572-580. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcp/v34n4/v34n4a09.pdf>
- Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas [UNEP]. (2012). *Protecting our atmosphere for generations to come. 25 years of the Montreal Protocol*. <https://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/30462>
- Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas [UNEP]. (24 de enero de 2019). *UN report: Time to seize opportunity, tackle challenge of e-waste*. <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/un-report-time-seize-opportunity-tackle-challenge-e-waste>
- Ramayah, T., Lee, J. W. C. y Lim, S. (2012). Sustaining the environment through recycling: An empirical study. *Journal of environmental management*, 102(s/n), 141-147. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.02.025>
- Riquelme, R. (2021, julio). Cada mexicano generó 9.23 kilogramos de residuos electrónicos entre 2015 y 2021. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/tecnologia/Cada-mexicano-genero-9.23-kg-de-residuos-electronicos-entre-2015-y-2021-20210713-0057.html>
- Saldaña-Durán, C. E., Bernache-Pérez, G., Ojeda-Benitez, S. y Cruz-Sotelo, S. E. (2020). Environmental pollution of E-waste: generation, collection, legislation, and recycling practices in Mexico. En Prasad, M. N. V., Vithanage, M., y Borthakur, A. (Eds.), *Handbook of Electronic Waste Management* (pp. 421-442). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817030-4.00021-8>
- Saldaña-Durán, C. E. y Messina-Fernández, S. R. (2021). E-waste re-

- cycling assessment at university campus: a strategy toward sustainability. *Environment, Development and Sustainability*, 23(2), 2493-2502. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00683-4>
- SEMARNAT. (2012). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap7_Residuos.pdf
- SEMARNAT. (2018). *La LGEEPA, eje rector del sistema jurídico ambiental de México*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/la-lgeepa-eje-rector-del-sistema-juridico-ambiental-de-mexico?idiom=es>
- Senado México. (2019). *Gaceta de la Comisión Permanente*. GACETA: LXIV/1SPR-31/98295. https://www.senado.gob.mx/64/gaceta_comision_permanente/documento/98295
- Statista. (2021a). *Electronic waste generated worldwide from 2010 to 2019 (in million metric tons)*. <https://www.statista.com/statistics/499891/projection-ewaste-generation-worldwide/>
- Statista. (2021b). *Leading countries based on generation of electronic waste worldwide in 2019*. <https://www.statista.com/statistics/499952/ewaste-generation-worldwide-by-major-country/>
- Statista. (2021c). *Projected electronic waste generation worldwide from 2019 to 2030 (in million metric tons)*. <https://www.statista.com/statistics/1067081/generation-electronic-waste-globally-forecast/>
- Statista. (2021d). *Volumen de generación de residuos electrónicos en México de 2015 a 2020*. <https://es.statista.com/estadisticas/1215540/generacion-residuos-electronicos-mexico>
- Tharshith, K. S., Praveen, M., Harsha, S. S., Avila, J., Thenmozhi, K., Amirtharaja, R., y Praveenkumar, P. (2021). *Efficient collection, deposition of e-waste using IoT* [Ponencia]. 2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI). Coimbatore, India. <https://doi.org/10.1109/ICCCI50826.2021.9402350>
- UNAM. (2016). *México, El tercer país con más basura electrónica*. Boletín UNAM-DGCS-184. http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2016_184.html
- Valle Vargas, M. (2019, abril). Basura tecnológica en México: ¿Cuánta se produce? ¿Qué puedes hacer? *Expansión*. <https://expansion.mx/tecnologia/2019/04/05/basura-tecnologica-en-mexico-cuanta-se-produce-que-puedes-hacer>

Xavier, L. H., Ottoni, M. y Lepawsky, J. (2021). Circular economy and e-waste management in the Americas: Brazilian and Canadian frameworks. *Journal of Cleaner Production*, 297(s/n). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126570>

