



## *Diferencias en los residuos electrónicos no recolectados per cápita según nivel de ingreso en américa latina y el caribe*

*Differences in uncollected electronic waste per capita by income level in latin america and the Caribbean*

*Diferenças nos resíduos eletrônicos não coletados per capita segundo o nível de renda na américa latina e no caribe*

**Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi**

fsernaque@unfv.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-1485-5854>

**Conservación Ecológica, Socioambiental y Divulgación Científica-CECOSAM-Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú**

**Brandon Watson Perez Flores**

bperez@unfv.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0008-8866-2899>

**Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú**

**Eberardo Antonio Osorio Rojas**

eosorio@unfv.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3451-0223>

**Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú**

**Marlitt Florinda Naupay Vega**

mnaupay@unfv.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-1234-5869>

**Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú**

**Juan Ademir Villantoy Peralta**

jvillantoy@unfv.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0009-2009-6584>

**Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú**

**Carlos Alberto Diaz Villalobos**

cdiazv@unfv.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-2143-0443>

**Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú**

<http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i14.316>

Artículo recibido 20 de febrero 2026 | Aceptado 24 de marzo 2026 | Publicado 3 de abril 2026

### RESUMEN

El estudio analizó las diferencias en los residuos electrónicos no recolectados per cápita (kg/habitante) entre países de América Latina y el Caribe según su nivel de ingreso. Se empleó un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y corte transversal, utilizando datos secundarios correspondientes al año 2022. La muestra estuvo conformada por 27 países. El análisis incluyó estadística descriptiva y pruebas no paramétricas, específicamente la prueba de Kruskal–Wallis y comparaciones post hoc de Dunn con corrección de Holm. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos ( $p < 0.001$ ), con un gradiente creciente en el que los países de mayor ingreso presentan valores más elevados del indicador. El tamaño de efecto ( $\eta^2[H] = 0.723$ ) indicó una magnitud grande, lo que sugiere que el nivel de ingreso se encuentra asociado a una proporción sustantiva de la variabilidad observada. Se concluye que existen diferencias estructurales en la distribución de los residuos electrónicos no recolectados en la región. Estos hallazgos evidencian la necesidad de estrategias diferenciadas de gestión del e-waste, considerando las condiciones económicas y capacidades institucionales de cada país.

**Palabras clave:** Residuos electrónicos; E-waste; Residuos no recolectados; Nivel de ingreso; América Latina y el Caribe

## ABSTRACT

The study analyzed differences in uncollected electronic waste per capita (kg/inhabitant) across countries in Latin America and the Caribbean according to their income level. A quantitative, non-experimental, cross-sectional design was employed using secondary data for the year 2022. The sample consisted of 27 countries. The analysis included descriptive statistics and nonparametric tests, specifically the Kruskal–Wallis test and Dunn’s post hoc comparisons with Holm correction. The results showed statistically significant differences between groups ( $p < 0.001$ ), with a clear upward gradient in which higher-income countries exhibit higher values of the indicator. The effect size ( $\eta^2[H] = 0.723$ ) indicated a large magnitude, suggesting that income level is associated with a substantial proportion of the observed variability. It is concluded that structural differences exist in the distribution of uncollected electronic waste in the region. These findings highlight the need for differentiated e-waste management strategies, taking into account the economic conditions and institutional capacities of each country.

**Keywords:** Electronic waste; E-waste, Uncollected waste; Income level; Latin America and the Caribbean

## RESUMO

O estudo analisou as diferenças nos resíduos eletrônicos não coletados per capita (kg/habitante) entre países da América Latina e do Caribe segundo o nível de renda. Foi adotado um enfoque quantitativo, com delineamento não experimental e de corte transversal, utilizando dados secundários referentes ao ano de 2022. A amostra foi composta por 27 países. A análise incluiu estatística descritiva e testes não paramétricos, especificamente o teste de Kruskal–Wallis e comparações post hoc de Dunn com correção de Holm. Os resultados evidenciaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ( $p < 0,001$ ), com um gradiente crescente no qual os países de maior renda apresentam valores mais elevados do indicador. O tamanho de efeito ( $\eta^2[H] = 0,723$ ) indicou uma magnitude elevada, sugerindo que o nível de renda está associado a uma proporção substancial da variabilidade observada. Conclui-se que existem diferenças estruturais na distribuição dos resíduos eletrônicos não coletados na região. Esses achados evidenciam a necessidade de estratégias diferenciadas de gestão de e-waste, considerando as condições econômicas e as capacidades institucionais de cada país.

**Palavras-chave:** Resíduos eletrônicos; E-waste; Resíduos não coletados; Nível de renda; América Latina e Caribe

## INTRODUCCIÓN

El aumento de los residuos electrónicos se ha consolidado como uno de los problemas ambientales con mayor crecimiento desde inicios del siglo XXI. La expansión del consumo de dispositivos y la rápida sustitución tecnológica han incrementado de forma sostenida la generación global de estos residuos. En 2019 se registraron cerca de 53,6 millones de toneladas y las proyecciones superan los 70 millones hacia 2030 (Ghimire y Ariya, 2020; Choudhary et al., 2025). Este crecimiento implica riesgos directos para el ambiente y la salud, ya que los residuos electrónicos contienen metales pesados y compuestos tóxicos que contaminan suelo, agua y aire cuando no existe una gestión adecuada (Saha et al., 2021). Este problema se intensifica en países en desarrollo, donde la limitada infraestructura y la debilidad de los sistemas formales dificultan el manejo seguro de estos residuos (Khanal et al., 2024).

Una proporción importante de estos residuos no ingresa a sistemas formales de recolección ni tratamiento. Gran parte permanece en hogares, se acumula en vertederos informales o circula en cadenas de reciclaje no reguladas. La literatura muestra que la falta de sistemas estructurados de recolección explica esta acumulación, en especial en economías con menor capacidad institucional (Asante et al., 2019; Aranha

et al., 2025). En estos contextos, el manejo informal incluye desmontaje manual y recuperación básica de materiales, procesos que liberan sustancias tóxicas al ambiente (Asante et al., 2019). Esta exposición afecta tanto al entorno como a las personas que participan en estas actividades, lo que incrementa los riesgos sanitarios en poblaciones vulnerables (Bhattacharya et al., 2025).

En América Latina y el Caribe, la gestión del e-waste enfrenta limitaciones persistentes. Solo una fracción de los residuos generados se recolecta mediante sistemas formales, mientras el resto permanece fuera de los circuitos oficiales (Pedro et al., 2021; Arroyo-Paz et al., 2025). Esta situación se vincula con una baja capacidad de reciclaje, escasa incorporación de tecnologías de tratamiento y una alta dependencia del reciclaje informal (Margallo et al., 2019). A esto se suma la falta de datos consistentes sobre generación y manejo de residuos, lo que dificulta el diseño de políticas públicas efectivas (Saldaña-Durán et al., 2019). Las debilidades regulatorias y la limitada implementación de normativas ambientales mantienen estas brechas en la región (Kuriyama et al., 2020).

El nivel de ingreso de los países se relaciona con la generación de residuos electrónicos per cápita. Estudios comparativos muestran que el crecimiento económico incrementa el consumo tecnológico y, con ello, la producción de e-waste (Liu, 2020; Elisa et al., 2023). También se ha documentado un patrón en forma de U invertida, donde la generación aumenta con el ingreso hasta alcanzar un punto en el que los sistemas de gestión reducen su crecimiento (Boubellouta y Kusch-Brandt, 2021). Este comportamiento se asocia con la expansión de tecnologías de la información y el acceso masivo a dispositivos en economías con mayor desarrollo (Noah et al., 2025).

El análisis comparativo entre países permite identificar diferencias estructurales en la generación y gestión de estos residuos. Agrupar países según nivel de ingreso facilita observar variaciones en consumo, capacidad de reciclaje y marcos regulatorios (Manggali y Susanna, 2019; Al-Imari et al., 2025). Estos estudios muestran que los países con mayores ingresos generan más residuos por habitante, aunque cuentan con sistemas de gestión más desarrollados. En contraste, los países de ingresos medios y bajos enfrentan limitaciones que afectan la recolección y tratamiento del e-waste (Nikou y Sardanou, 2023). Este enfoque permite analizar desigualdades y orientar decisiones en política ambiental (Noah et al., 2025).

A pesar de estos avances, la literatura en América Latina presenta limitaciones en estudios comparativos regionales. Predominan investigaciones centradas en países individuales o en descripciones generales, sin un análisis sistemático basado en indicadores per cápita ni en clasificación por nivel de ingreso (Rodríguez-Bello y Estupiñán-Escalante, 2019; Elisa et al., 2023). También existe escasa integración de datos que permitan comparar economías con distintos niveles de desarrollo dentro de la región. Esta limitación evidencia la necesidad de estudios que analicen de forma estructurada las diferencias entre países en la gestión del e-waste.

Este estudio tiene como objetivo comparar la distribución de los residuos electrónicos no recolectados per cápita entre países de América Latina y el Caribe, agrupados según su nivel de ingreso (mediano bajo, mediano alto y alto), aplicado a datos regionales correspondientes al año 2022. Esta investigación se justifica por la limitada evidencia comparativa regional basada en indicadores estandarizados per cápita y en clasificaciones económicas homogéneas, lo que ha restringido la identificación de patrones estructurales de desigualdad en la gestión del e-waste. En este sentido, el análisis permite aportar evidencia empírica sistemática sobre las diferencias entre grupos de países, contribuyendo a una mejor comprensión de las brechas regionales y al diseño de estrategias de gestión más ajustadas al contexto económico de cada país

## MÉTODO

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, basado en el análisis de datos secundarios de carácter numérico. Asimismo, corresponde a una investigación de alcance descriptivo-comparativo, orientada al contraste de diferencias entre grupos independientes, con el propósito de evaluar variaciones en la distribución de un indicador ambiental entre países agrupados según su nivel de ingreso.

Se adoptó un diseño no experimental y de corte transversal. Las variables no fueron manipuladas y el análisis se realizó para un único periodo de referencia (año 2022). Asimismo, las unidades de análisis fueron agrupadas en función de su nivel de ingreso (bajo, medio bajo, medio alto y alto), lo que permitió examinar diferencias en la distribución del indicador entre grupos independientes en un contexto regional caracterizado por heterogeneidad económica y estructural (Banco Mundial, 2022).

La población de estudio estuvo conformada por los países de América Latina y el Caribe con información disponible sobre residuos electrónicos no recolectados per cápita para el año 2022. Además, la muestra estuvo constituida por 27 países que cumplían con los siguientes criterios: (i) disponibilidad de datos para el indicador de interés y (ii) clasificación oficial de nivel de ingreso según el Banco Mundial para el periodo 2022–2023 (Banco Mundial, 2022).

La unidad de análisis fue el país, considerado como una entidad agregada en términos de generación y gestión de residuos electrónicos. Venezuela fue excluida de los análisis comparativos intergrupos debido a la ausencia de clasificación oficial de ingreso para el año de estudio, aunque se incluyó en los análisis descriptivos para mantener la cobertura regional 2023 (Banco Mundial, 2022).

Los datos sobre residuos electrónicos no recolectados per cápita (kg por habitante) correspondientes al año 2022 fueron obtenidos del Sustainable Development Report (2022), fundamentándose en estimaciones del Monitor Global de Residuos Electrónicos (UNU, ITU y UNITAR). Este valor se calcula como la diferencia entre los residuos electrónicos generados y recolectados formalmente.

Por otra parte, la clasificación de los países según nivel de ingreso se obtuvo del Banco Mundial (2022), de acuerdo con su actualización oficial para el periodo 2022–2023. Además, el uso de fuentes internacionales estandarizadas garantiza la comparabilidad y replicabilidad del análisis.

En el presente estudio como variable dependiente se consideró a los residuos electrónicos no recolectados per cápita (kg por habitante). Además, la variable de agrupación fue el nivel de ingreso del país, clasificado en tres categorías: ingreso bajo, medio bajo, medio alto y alto, de acuerdo con los criterios del Banco Mundial (2022). Cabe mencionar que la operacionalización de ambas variables se basó en indicadores internacionales comparables entre países.

El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante el software RStudio (versión actualizada). En una primera etapa, se calcularon estadísticos descriptivos (media, mediana, desviación estándar, valores mínimo y máximo) con el fin de caracterizar la distribución del indicador a nivel regional.

Posteriormente, se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro–Wilk. Si bien no se evidenciaron desviaciones significativas de la normalidad, la presencia de tamaños muestrales reducidos en algunos grupos, la heterogeneidad estructural entre países y la existencia de valores atípicos justificaron el uso de métodos no paramétricos.

Para comparar la distribución de los residuos electrónicos no recolectados per cápita entre los niveles de ingreso, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis, adecuada para comparar más de dos grupos independientes sin asumir normalidad ni homogeneidad de varianzas. Esto debido al reducido tamaño de la muestra, la presencia de valores atípicos estructurales y la distribución asimétrica del indicador de residuos electrónicos.

La magnitud del efecto se estimó mediante el estadístico eta cuadrado para pruebas basadas en rangos ( $\eta^2[H]$ ), lo que permitió evaluar la relevancia sustantiva de las diferencias observadas. Además, ante resultados estadísticamente significativos, se realizaron comparaciones múltiples post hoc mediante la prueba de Dunn, utilizando la corrección de Holm para el control del error tipo I. Asimismo, el nivel de significancia se estableció en  $\alpha = 0.05$ .

El uso de datos secundarios provenientes de fuentes oficiales internacionales, junto con la aplicación de técnicas estadísticas robustas frente a distribuciones no normales, contribuye a la validez del estudio. Asimismo, la descripción explícita de las fuentes, criterios de inclusión y procedimientos analíticos permite la replicabilidad del estudio en otros contextos o periodos.

El estudio se basó exclusivamente en datos secundarios de acceso público, por lo que no involucró interacción con sujetos humanos ni manejo de información sensible. En consecuencia, no requirió aprobación de un comité de ética.

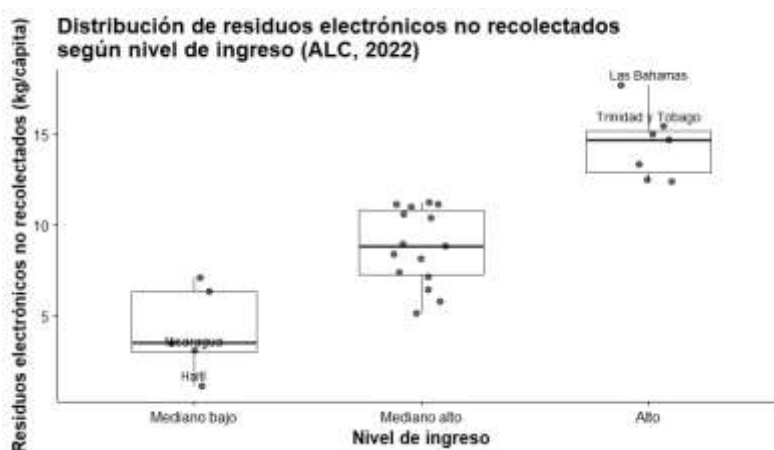
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presentan los estadísticos descriptivos de los residuos electrónicos no recolectados per cápita en los países de América Latina y el Caribe para el año 2022. El indicador muestra una media de 9.44 kg y una mediana de 9.65 kg, con una desviación estándar de 3.98 kg, lo que evidencia una elevada heterogeneidad regional. Los valores observados varían entre un mínimo de 1.1 kg y un máximo de 17.7 kg por habitante, reflejando diferencias sustantivas en la magnitud del fenómeno entre los países analizados.

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos de los residuos electrónicos no recolectados per cápita en ALC (2022)

Estadístico	Valor
Media	9.44
Mediana	9.65
Desviación estándar	3.98
Mínimo	1.1
Máximo	17.7

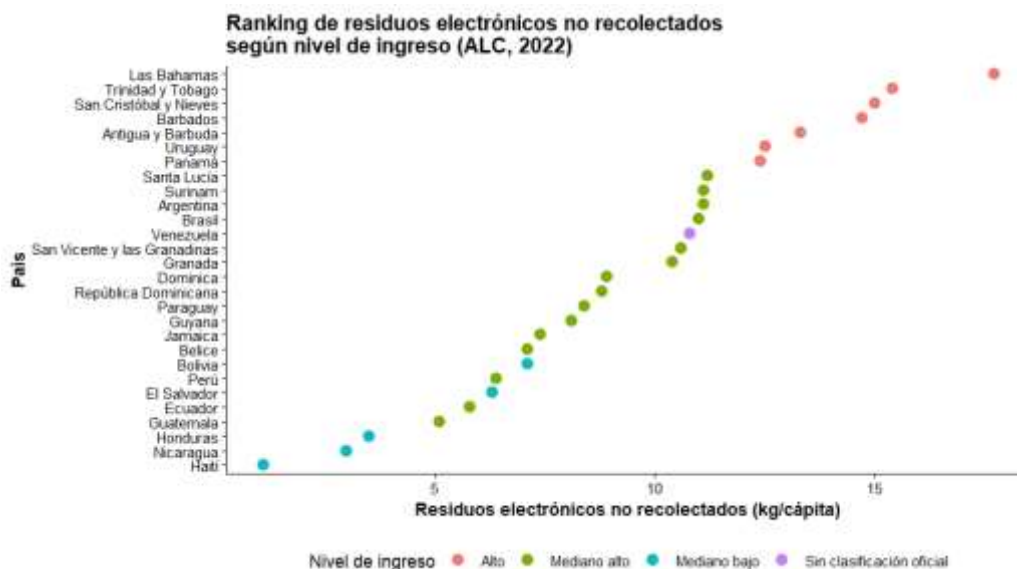
En la Figura 1, se muestra la distribución de los residuos electrónicos no recolectados per cápita según nivel de ingreso. Se observa que los países de ingreso mediano bajo concentran los valores más reducidos del indicador y presentan una menor dispersión, mientras que los países de ingreso mediano alto exhiben valores intermedios con una mayor variabilidad. En contraste, los países de ingreso alto concentran los niveles más elevados, con una mediana claramente superior. Los valores extremos identificados responden a realidades estructurales específicas de determinados países y no a anomalías estadísticas.



**Figura 1.** Distribución de los residuos electrónicos no recolectados per cápita según nivel de ingreso en ALC

De acuerdo con la Figura 2, los valores más elevados de residuos electrónicos no recolectados per cápita se concentran predominantemente en países de ingreso alto, especialmente en economías insulares del Caribe, que ocupan las primeras posiciones del ranking regional. Los países de ingreso mediano alto se distribuyen en posiciones intermedias siguiendo una gradiente ascendente, mientras que los países de ingreso

mediano bajo se concentran en los valores más reducidos del indicador. Venezuela se presenta de manera diferenciada debido a la ausencia de clasificación oficial de nivel de ingreso para el año de análisis.



**Figura 2.** Ranking de los países de ALC según residuos electrónicos no recolectados per cápita, diferenciados por nivel de ingreso (2022)

Según los resultados mostrados en la Tabla 2, la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis evidenció diferencias estadísticamente significativas en los residuos electrónicos no recolectados per cápita entre los países de América Latina y el Caribe según su nivel de ingreso ( $H = 19.30$ ;  $gl = 2$ ;  $p < 0.001$ ). Este resultado indica que la distribución del indicador difiere de manera significativa entre los grupos económicos considerados.

**Tabla 2.** Comparación de los residuos electrónicos no recolectados per cápita según nivel de ingreso en ALC

Variable	n	Estadístico H	gl	p-valor	Prueba
Residuos electrónicos no recolectados (kg/cápita)	27	19.3	2	< 0.001	Kruskal–Wallis

Nota. gl = grados de libertad. La prueba de Kruskal–Wallis se aplicó considerando únicamente los países con clasificación oficial de nivel de ingreso para 2022 ( $n = 27$ ), excluyendo a Venezuela por ausencia de dicha clasificación. Se utilizó un enfoque no paramétrico debido al tamaño muestral reducido, la heterogeneidad entre grupos y la presencia de valores atípicos estructurales.

En la Tabla 3, se presenta el tamaño de efecto estimado mediante el estadístico eta cuadrado para la prueba de Kruskal–Wallis. El valor obtenido ( $\eta^2[H] = 0.723$ ) corresponde a una magnitud grande, lo que indica que una proporción sustancial de la variabilidad observada en los residuos electrónicos no recolectados per cápita se encuentra asociada al nivel de ingreso de los países analizados.

**Tabla 3.** Tamaño de efecto del nivel de ingreso sobre los residuos electrónicos no recolectados per cápita en ALC

Variable	n	$\eta^2[H]$	Magnitud
Residuos electrónicos no recolectados (kg/cápita)	27	0.723	Grande

Nota.  $\eta^2[H]$  corresponde al eta cuadrado para la prueba de Kruskal–Wallis. La magnitud del efecto se interpretó siguiendo criterios convencionales para medidas basadas en rangos.

Según los resultados detallados en la Tabla 4, el análisis post hoc de Dunn, con corrección de Holm, mostró diferencias estadísticamente significativas en todas las comparaciones posibles entre los niveles de ingreso. En particular, los países de ingreso alto presentaron valores significativamente mayores de residuos electrónicos no recolectados per cápita en comparación con los países de ingreso mediano alto ( $p = 0.002$ ) y mediano bajo ( $p < 0.001$ ). Asimismo, se observaron diferencias significativas entre los grupos de ingreso mediano alto y mediano bajo ( $p = 0.037$ ), lo que evidencia un gradiente progresivo del indicador conforme aumenta el nivel de ingreso.

**Tabla 4.** Comparaciones post hoc (Dunn) de los residuos electrónicos no recolectados per cápita según nivel de ingreso en ALC

Grupo 1	Grupo 2	$n_1$	$n_2$	Estadístico Z	p ajustado (Holm)	Significancia
Mediano bajo	Mediano alto	5	15	2.08	0.037	*
Mediano bajo	Alto	5	7	4.28	< 0.001	***
Mediano alto	Alto	15	7	3.13	0.002	**

Nota. Las comparaciones múltiples se realizaron mediante la prueba de Dunn con corrección de Holm para el ajuste del nivel de significancia. El análisis se efectuó considerando tres niveles de ingreso (mediano bajo, mediano alto y alto), por lo que se evaluaron las tres comparaciones posibles entre grupos.

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

## Discusión

Los resultados evidencian diferencias estadísticamente significativas en la distribución de los residuos electrónicos no recolectados per cápita según nivel de ingreso, con un gradiente claro entre grupos y una magnitud de efecto grande. Este patrón indica que el nivel de ingreso se asocia con una proporción sustantiva de la variabilidad observada en el indicador. Estos hallazgos son consistentes con estudios comparativos que vinculan el crecimiento económico con un mayor acceso a dispositivos electrónicos y un incremento sostenido del consumo tecnológico, lo que se traduce en mayores volúmenes de residuos por habitante (Liu, 2020; Xu et al., 2025). En esta línea, la evidencia empírica ha documentado una relación no lineal entre ingreso y generación de e-waste, donde el aumento del consumo en etapas de crecimiento económico antecede a mejoras en los sistemas de gestión (Boubellouta y Kusch-Brandt, 2021; Elisa et al., 2023).

Estos resultados se insertan en una tendencia global de crecimiento sostenido de los residuos electrónicos. Desde inicios del siglo XXI, la generación de e-waste ha aumentado de forma continua como resultado de la expansión del consumo tecnológico y la reducción del ciclo de vida de los dispositivos (Ghimire y Ariya, 2020; Vishwakarma et al., 2023). Las proyecciones indican un incremento progresivo en las próximas décadas, impulsado por la digitalización y la difusión de tecnologías en economías emergentes (Singh et al., 2025; Prasad, 2025). En este contexto, los valores observados en América Latina y el Caribe reflejan un comportamiento alineado con dinámicas globales, aunque condicionado por características estructurales propias de la región.

Las diferencias entre países pueden interpretarse a partir de desigualdades en desarrollo económico, capacidad institucional y funcionamiento de los sistemas de gestión de residuos. La literatura señala que los países con mayores ingresos presentan niveles más altos de generación per cápita, mientras que las economías con menor capacidad institucional enfrentan limitaciones en la gestión formal de estos residuos (Gollakota et al., 2020; Noah et al., 2025). En estos contextos, la limitada infraestructura de recolección favorece la expansión de prácticas informales, lo que reduce la eficiencia del sistema y aumenta la acumulación de residuos no gestionados (Rautela et al., 2023; Chi et al., 2011). La evidencia también indica que la implementación de sistemas estructurados de recolección, junto con marcos regulatorios más sólidos, se asocia con mejoras en la recuperación de materiales y una reducción en la acumulación de e-waste (Singh et al., 2022; Vargas et al., 2024). Estos elementos sugieren que el nivel de ingreso actúa en conjunto con factores institucionales y operativos que condicionan la gestión efectiva de los residuos electrónicos.

El patrón observado también se relaciona con factores estructurales asociados al desarrollo socioeconómico. El incremento del consumo tecnológico, impulsado por la innovación y la renovación constante de dispositivos, contribuye al aumento del volumen de residuos generados (Kuila et al., 2025; Selvakumar et al., 2025). A su vez, el crecimiento urbano intensifica la demanda de tecnologías digitales, lo que incrementa la presión sobre los sistemas de gestión, especialmente en contextos donde predominan esquemas informales de reciclaje (Kalia et al., 2022; Rautela et al., 2023). La literatura indica que la ausencia de políticas de reciclaje eficaces y la debilidad de los marcos regulatorios limitan la capacidad de respuesta frente a este crecimiento (Widmer et al., 2005; Kumar y Shukla, 2025).

Los resultados deben interpretarse considerando limitaciones propias de los análisis comparativos entre países. La disponibilidad y calidad de los datos sobre residuos electrónicos presenta variaciones entre contextos, lo que puede afectar la precisión de los indicadores agregados. Las estadísticas oficiales no registran de forma completa las actividades de reciclaje informal, lo que puede subestimar la magnitud real del fenómeno, en especial en economías en desarrollo. También existen diferencias metodológicas entre fuentes y variaciones en los marcos regulatorios que influyen en los patrones observados. Estas condiciones limitan la comparabilidad absoluta entre países y requieren cautela en la interpretación de los resultados.

Futuros estudios pueden incorporar variables adicionales relacionadas con capacidad de reciclaje, desarrollo institucional y consumo tecnológico para ampliar el análisis. También resulta pertinente desarrollar estudios longitudinales que permitan evaluar cambios en el tiempo y aplicar enfoques complementarios que analicen la dinámica de los residuos electrónicos con mayor precisión en América Latina y el Caribe.

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran que los residuos electrónicos no recolectados per cápita presentan diferencias claras entre países de América Latina y el Caribe según su nivel de ingreso. Se identificó un gradiente consistente en el que los países de ingreso mediano bajo registran los valores más bajos, los de ingreso mediano alto ocupan una posición intermedia y los de ingreso alto concentran los niveles más elevados. La magnitud del efecto indica que el nivel de ingreso se asocia con una proporción importante de la variabilidad del indicador. Este patrón se alinea con la evidencia que vincula el crecimiento económico con el aumento del consumo tecnológico y, en consecuencia, con una mayor generación de residuos electrónicos por habitante.

Estos hallazgos aportan evidencia empírica sobre las desigualdades en la gestión de residuos electrónicos en la región y resaltan la necesidad de estrategias diferenciadas según el contexto económico de cada país. Los resultados indican que el incremento del consumo tecnológico no siempre se acompaña de mejoras equivalentes en los sistemas de recolección, lo que favorece la acumulación de residuos no gestionados. En este escenario, el fortalecimiento de la infraestructura de reciclaje, la implementación de mecanismos de responsabilidad del productor y el desarrollo de políticas públicas adaptadas a cada nivel de ingreso constituyen líneas de acción relevantes para mejorar la gestión sostenible del e-waste en América Latina y el Caribe.

## REFERENCIAS

- Al-Imari, T. J. K., Hendi, A., Al-Hrinat, J., Rabee, H., y Al-Ansi, A. M. (2025). Innovative Technology of Solid Waste Management in Various Nations for Sustainable Development. *Environmental Quality Management*, 35(2), e70216. <https://doi.org/10.1002/tqem.70216>
- Aranha, I., Soni, M., Patil, S. J., y Krishna, S. B. N. (2025). Managing e-Waste: A Critical Public Health Issue in a Developing Nation. In *Solid Waste Management: A Roadmap for Sustainable Environmental Practices and Circular Economy* (pp. 197-212). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-78420-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-78420-0_9)
- Arroyo-Paz, A., Sotomayor, D. A. Y., Abarca, J. E. S., Antaurco, S. C. S., y Yancee, G. L. M. (2025). Smart data-based architecture for e-waste management in Perú. In R. Silhavy y P. Silhavy (Eds.), *Software engineering: Emerging trends and practices in system development (CSOC 2025) (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 1561)*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-032-03406-9\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-032-03406-9_23)
- Asante, K. A., Amoyaw-Osei, Y., y Agusa, T. (2019). E-waste recycling in Africa: risks and opportunities. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 18, 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2019.04.001>

- Bhattacharya, S., Sachdev, B. K., y Seth, A. (2025). Analysis of E-Waste Management on Environmental Hazards and Population Health Impact. In *Advances in Science, Technology and Innovation* (Vol. Part F715, pp. 21-35). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-85685-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-85685-3_2)
- Boubellouta, B., y Kusch-Brandt, S. (2021). Cross-country evidence on Environmental Kuznets Curve in Waste Electrical and Electronic Equipment for 174 Countries. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 136-151. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.08.006>
- Chi, X., Streicher-Porte, M., Wang, M. Y. L., y Reuter, M. A. (2011). Informal electronic waste recycling: A sector review with special focus on China. *Waste Management*, 31(4), 731-742. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.11.006>
- Choudhary, S., Shukla, P., Verma, A., y Singh, V. (2025). Smart Sustainability: Product Lifecycle Management Strategies to Combat the E-Waste Crisis. In *E-Waste: From Generation to Management—Practices, Challenges, and Solutions* (pp. 165-180). [https://doi.org/10.1007/978-981-95-0329-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-95-0329-2_8)
- Elisa, T., Diego, O.-J., y Gabriela, C. (2023). Relationship between economic growth and e-waste: Panel data evidence from 11 Latin American countries. In *2023 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.23919/CISTI58278.2023.10211740>
- Ghimire, H., y Ariya, P. A. (2020). E-Wastes: Bridging the Knowledge Gaps in Global Production Budgets, Composition, Recycling and Sustainability Implications. *Sustainable Chemistry*, 1(2), 154-182. <https://doi.org/10.3390/suschem1020012>
- Gollakota, A. R. K., Gautam, S., y Shu, C. M. (2020). Inconsistencies of e-waste management in developing nations – Facts and plausible solutions. *Journal of Environmental Management*, 261, 110234. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110234>
- Kalia, P., Zia, A., y Mladenović, D. (2022). Examining country development indicators and e-waste under the moderating effect of country development levels and e-waste policy. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 39(7), 1601-1616. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2021-0335>
- Khanal, A., Sherpa, P., Chataut, P., Khanal, A., y Giri, S. (2024). Transforming E-Waste Management: Challenges and Opportunities. *International Research Journal of Multidisciplinary Technovation*, 6(2), 108-115. <https://doi.org/10.54392/irjmt2429>
- Kuila, S., Dhanda, N., Joardar, S., Sarkar, A., y Chakraborty, A. (2025). Current and forthcoming viewpoints to generate and manage sustainable E-waste. In *Integrated Approaches for Sustainable E-Waste Management* (pp. 105-131). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7383-5.ch004>
- Kumar, V., y Shukla, O. J. (2025). A sustainable framework to address e-waste management solutions: an Indian perspective. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 27(3), 1637-1662, 100134. <https://doi.org/10.1007/s10163-025-02203-w>
- Kuriyama, B., Madaleno, M., Diedler, S., y Kuchta, K. (2019). Energy saving potential of electronic waste management practices. In C. Vilarinho, F. Castro, M. Gonçalves, y A. L. Fernando (Eds.), *Wastes: Solutions, treatments and opportunities III* (pp. 106–112). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429289798-17>
- Liu, S. (2020). Interactions between industrial development and environmental protection dimensions of Sustainable Development Goals (SDGs): Evidence from 40 countries with different income levels. *Environmental and Socio-Economic Studies*, 8(3), 60-67. <https://doi.org/10.2478/environ-2020-0018>
- Manggali, A. A., y Susanna, D. (2019). Current management of household hazardous waste (HHW) in the Asian region. *Reviews on Environmental Health*, 34(4). <https://doi.org/10.1515/reveh-2019-0049>

- Margallo, M., Ziegler-Rodriguez, K., Vázquez-Rowe, I., Aldaco, R., Irabien, Á., y Kahhat, R. (2019). Enhancing waste management strategies in Latin America under a holistic environmental assessment perspective: A review for policy support. *Science of The Total Environment*, 689, 1255-1275. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.393>
- Nikou, V., y Sardianou, E. (2023). Bridging the socioeconomic gap in E-waste: Evidence from aggregate data across 27 European Union countries. *Cleaner Production Letters*, 5, 100052. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2023.100052>
- Noah, A. O., David, O. O., y Onikosi-Alliyu, S. O. (2025). Electronic waste effects of globalization and digitalization: Global and regional insights from a dynamic panel threshold study. *The Nigerian Journal of Economic and Social Studies*, 67(3), 453-490. <https://www.njess.org/journal/njess/articles?id=142>
- Pedro, F., Giglio, E., Contreras, L. V., y Munguia, N. (2021). Constructed governance as solution to conflicts in e-waste recycling networks. *Sustainability*, 13(4), 1-22, 1701. <https://doi.org/10.3390/su13041701>
- Prasad, K. V. S. (2025). E-waste: A looming hazard to the environment and health—A critical review. *AIP Conference Proceedings*, 3298(1), 040044. <https://doi.org/10.1063/5.0279667>
- Rautela, R., Dutta, D., Dagwar, P. P., Game, M., Motghare, A., Muneshwar, S., Jambhulkar, R., y Kundu, D. (2023). Challenges and extended business opportunity associated with E-waste management options. In *Global E-waste Management Strategies and Future Implications* (pp. 31-49). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99919-9.00005-2>
- Rodríguez-Bello, L. A., y Estupiñán-Escalante, E. (2019). The impact of waste of electrical and electronic equipment public police in Latin America: Analysis of the physical, economical, and information flow. In *Handbook of Electronic Waste Management: International Best Practices and Case Studies* (pp. 397-419). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817030-4.00010-3>
- Saha, L., Kumar, V., Tiwari, J., Rawat, S., Singh, J., y Baudh, K. (2021). Electronic waste and their leachates impact on human health and environment: Global ecological threat and management. *Environmental Technology and Innovation*, 24, 102049. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102049>
- Saldaña-Durán, C. E., Bernache-Pérez, G., Ojeda-Benitez, S., y Cruz-Sotelo, S. E. (2019). Environmental pollution of E-waste: Generation, collection, legislation, and recycling practices in Mexico. In *Handbook of Electronic Waste Management: International Best Practices and Case Studies* (pp. 421-442). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817030-4.00021-8>
- Selvakumar, P., Dahiya, R., Manjunath, T. C., y Nathsharma, S. K. (2025). Chemical and Biological Processes for E-Waste Recycling. In *Integrated Approaches for Sustainable E-Waste Management* (pp. 151-176). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7383-5.ch006>
- Singh, S., Dasgupta, M. S., y Routroy, S. (2022). Evaluation of sustainable e-waste collection method for urban and rural region of India. *Waste Management and Research*, 40(5), 545-555. <https://doi.org/10.1177/0734242X211018512>
- Singh, V., Bhattacharya, S., y Chugh, P. (2025). Global Perspectives on E-Waste Management: Challenges, Innovations, and Sustainable Solutions. In *E-Waste: From Generation to Management—Practices, Challenges, and Solutions* (pp. 23-39). [https://doi.org/10.1007/978-981-95-0329-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-95-0329-2_2)
- Sustainable Development Report. (2022). Electronic waste that is not recollected (kg per capita). <https://dashboards.sdgindex.org/explorer/>
- Vargas, D. B., Campos, L. M. D. S., y Luna, M. M. M. (2024). Brazil's Formal E-Waste Recycling System: From Disposal to Reverse Manufacturing. *Sustainability*, 16(1), 66. <https://doi.org/10.3390/su16010066>

- Vishwakarma, A., Kanaujia, K., y Hait, S. (2023). Global scenario of E-waste generation: trends and future predictions. In *Global E-waste Management Strategies and Future Implications* (pp. 13-30). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99919-9.00013-1>
- Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., y Böni, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, 25(5 SPEC. ISS.), 436-458. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.04.001>
- World Bank. (2022, July 1). New World Bank country classifications by income level: 2022–2023. <https://blogs.worldbank.org/en/opendata/new-world-bank-country-classifications-income-level-2022-2023>
- Xu, X., Zhang, X., y Wu, Q. (2025). Testing the existence of waste Kuznets curve hypothesis in 45 emerging economies: Evidence from an e-waste panel data survey. *Journal of Environmental Management*, 373, 123812. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123812>