

**Caracterización de residuos plásticos derivados de la crisis hídrica de 2025
en transectos urbanos**

**Characterization of plastic waste derived from the 2025 water crisis in urban
transects**

Félix H. Camarena Q.

Universidad de Panamá

Panamá

felix.camarena@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-5601-3252>

Lourdes E. Arosemena P

Universidad Especializada de las Américas (UDELAS)

Panamá

lourdes.rosemena.8@udelas.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-1779-6896>

Ricardo A. Calderón R

Universidad de Panamá

Panamá

ricardo.calderon@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-7289-9479>

Alexis D. Camargo C

Universidad de Panamá

Panamá

alexis.camargo@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-1801-0712>

Edward Montenegro M

Universidad Especializada de las Américas (UDELAS)

Panamá

edward.montenegro.2@udelas.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-9104-2542>

José Anel Gutiérrez

Universidad Especializada de las Américas (UDELAS)

Panamá

jose.gutierrez.551@udelas.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0003-2587-7992>





Recibido: 29 de enero 2026

Aceptado: 4 de junio 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.centros.v15n2.a9299>

Resumen

La crisis hídrica de 2025 en Azuero, desencadenada por la contaminación del río La Villa, generó una dependencia sin precedentes del consumo de agua embotellada, incrementando de manera significativa la generación de residuos plásticos de un solo uso. Este estudio caracteriza la composición y abundancia de los residuos plásticos acumulados en tres transectos urbanos de La Villa de Los Santos durante el periodo crítico de septiembre a diciembre de 2025, con el fin de aportar evidencia local sobre los vínculos entre emergencias hídricas, consumo de agua embotellada y presión sobre los sistemas de gestión de residuos. Se empleó un diseño descriptivo y transversal, con muestreos quincenales y clasificación de residuos según tipo de polímero, forma y origen asociado. Los resultados muestran un predominio marcado del tereftalato de polietileno (PET), que representa el 76.34 % del total de residuos recolectados ($n = 972$), seguido de LDPE (17.49 %) y PVC (6.17 %). La presencia de LDPE y PVC confirma la persistencia de polímeros de baja reciclabilidad y su potencial contribución a la generación de microplásticos y liberación de aditivos tóxicos, especialmente preocupante en cuencas vulnerables como la del río La Villa. Los hallazgos coinciden con estudios regionales que documentan la proliferación de plásticos en riberas, áreas urbanas y zonas costeras durante eventos de emergencia. Este estudio manifiesta la necesidad de fortalecer la gestión integral de residuos, promover estrategias de economía circular y desarrollar intervenciones focalizadas en cuencas sensibles para mitigar los impactos ambientales y sanitarios derivados del uso intensivo de plásticos durante crisis hídricas.





Palabras clave: Crisis hídrica, gestión de residuos, microplásticos, PET, residuos plásticos.

Abstract

The 2025 water crisis in Azuero, triggered by the pollution of the La Villa River, generated an unprecedented dependence on bottled water consumption, significantly increasing the generation of single-use plastic waste. This study characterizes the composition and abundance of plastic waste accumulated in three urban transects of LaVilla de Los Santos during the critical period from September to December 2025, to provide local evidence on the links between water emergencies, bottled water consumption, and pressure on waste management systems. A descriptive, cross-sectional design was used, with bi-weekly sampling and waste classification according to polymer type, shape, and associated origin. The results show a marked predominance of polyethylene terephthalate (PET), representing 76.34% of the total waste collected (n=972), followed by LDPE (17.49%) and PVC (6.17%). The presence of LDPE and PVC confirms the persistence of low-recyclability polymers and their potential contribution to the generation of microplastics and the release of toxic additives, which is especially concerning in vulnerable watersheds such as the LaVilla River basin. These findings align with regional studies documenting the proliferation of plastics on riverbanks, in urban areas, and along coastlines during emergency events. This study highlights the need to strengthen integrated waste management, promote circular economy strategies, and develop targeted interventions in sensitive watersheds to mitigate the environmental and health impacts resulting from the intensive use of plastics during water crises.

Keywords: Water crisis, waste management, microplastics, PET, plastic waste.





Introducción

La producción mundial de plásticos supera los 360–370 millones de toneladas/año, con más del 79 % acumulado en vertederos o en el ambiente por mala gestión; solo ~9 % se recicla. Esta acumulación masiva genera macro y microplásticos en suelos, ríos, océanos y atmósfera, alterando procesos ecológicos, hábitats y servicios ecosistémicos (Thushari y Senevirathna, 2020).

Los diagnósticos recientes sobre los desafíos hídricos en América Latina coinciden en señalar que la sobreexplotación de las fuentes de agua, la contaminación por vertidos agrícolas, urbanos e industriales, la descarga de aguas residuales sin tratamiento y la débil gobernanza del recurso se combinan para comprometer el acceso equitativo y sostenible al agua potable (Cuenca, 2025; Idrica, 2024). Al mismo tiempo, diversos organismos internacionales han enfatizado la necesidad de abordar de manera integrada la gestión del recurso hídrico y la gestión de residuos, particularmente en contextos de emergencia donde la capacidad institucional para responder de forma rápida y coordinada suele ser limitada (Jouravlev et al., 2021).

Durante el 2025, la región de Azuero en Panamá ha enfrentado una de las crisis hídricas más críticas de su historia reciente, a partir de la contaminación del río La Villa, principal fuente de abastecimiento para las provincias de Herrera y Los Santos. Como respuesta emergente, las autoridades han distribuido más de 650 000 unidades de agua embotellada y alrededor de 6 millones de galones de agua potable mediante camiones cisterna y otros formatos, lo que ha garantizado un suministro mínimo para la población, pero ha generado al mismo tiempo una fuerte dependencia de envases plásticos de un solo uso ((MiAMBIENTE, 2025). Esta situación ha configurado un escenario complejo en el que se superponen la





vulnerabilidad hídrica, la desconfianza ciudadana en la red pública de agua, la presión sobre las finanzas públicas y un aumento significativo en la generación de residuos plásticos asociados a la emergencia (Gendeshmin, et al., 2025)

En la región de Azuero, la respuesta a la crisis hídrica se ha traducido en un incremento notable del consumo de agua embotellada y de envases plásticos de un solo uso, generando preocupación por los impactos ambientales y sanitarios derivados de su producción, transporte, consumo y disposición final. Informes periodísticos y comunicados oficiales han advertido que la basura plástica se ha consolidado como un contaminante emergente en ambientes marinos y costeros de Panamá, especialmente en zonas influenciadas por cuencas intervenidas por actividades agropecuarias, domésticas y turísticas (MiAMBIENTE, 2025). Frente a ello, se han impulsado iniciativas de ciencia ciudadana y programas de reciclaje de botellas plásticas como estrategias para cuantificar y tipificar los residuos, sensibilizar a la población y generar insumos para la formulación de políticas públicas en materia de gestión integral de residuos y protección de cuerpos de agua (Parlamento Latinoamericano y Caribeño, 2021).

La literatura científica y técnica resalta que, en escenarios de crisis hídrica, el aumento del consumo de agua embotellada implica riesgos en dos niveles: por un lado, la potencial presencia de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos en el agua envasada; y por otro, la acumulación de residuos plásticos en cuencas, vertederos formales e informales y zonas costeras cuando los sistemas de gestión de residuos no logran dar respuesta al volumen generado (Vega Mendoza et al., 2024). En América Latina, estos desafíos se agravan por la existencia de brechas históricas en infraestructura de tratamiento de aguas residuales, cobertura de recolección y reciclaje, y capacidades institucionales para la planificación y fiscalización ambiental, lo que limita la efectividad de las respuestas ante





emergencias de origen hídrico o sanitario (Cuenca, 2025; Jouravlev et al., 2021). De ahí la importancia de contar con investigaciones locales que documentan, mediante evidencia, los vínculos entre residuos sólidos, calidad del agua y vulnerabilidad socioambiental en territorios específicos (Camarena et al., 2021; Camarena et al., 2024).

Tal como señalan Wawer et al. (2025), durante todo el ciclo de producción y envasado de agua en botellas de tereftalato de polietileno (PET) existe la posibilidad de generación de contaminantes, ya sea por vía liberación de sustancias, degradación del polímero o por migración de compuestos del recipiente al contenido. Sin embargo, es la etapa posterior al consumo cuando los recipientes se convierten en verdaderas fuentes de contaminantes tanto en los vertederos, como en los cuerpos hídricos.

Diversos estudios han señalado la liberación de materiales contaminantes a partir de los recipientes de tereftalato de polietileno (PET). Las más comunes son los microplásticos (MPs) que son productos tras sufrir procesos de erosión, abrasión, corrosión, fotooxidación química y transformación biológica, etc. (Giese et al., 2021). Asimismo, un estudio realizado en España por Gálvez et al. (2024) señalan que se han encontrado (MPs) y partículas celulósicas artificiales (ACPs) cuyo origen puede ser a partir de textiles.

Por otro lado, los procesos de fabricación, llenado, almacenamiento, transporte y descartes de estas están influenciados por condiciones fisicoquímicas como la radiación UV, la temperatura, el oxígeno, la humedad y los daños mecánicos, afectan la estructura del tereftalato de polietileno (PET). Estas alteraciones generan una serie de compuestos como ácidos carboxílicos, alcoholes,





derivados nono y dihidroxilos del PET, ácidos tereftálico, monóxido y dióxido de carbono, entre otros (Wawer et al., 2025).

Una vez usadas, las botellas de PET se convierten en un problema serio como residuos posconsumo, terminando tanto en vertederos legales como ilegales, tanto en tierra como en agua. Parte de estos residuos se recicla y se utiliza para producir nuevas botellas de PET u otros productos (por ejemplo, ropa), que constituyen una reacción en cadena, convirtiéndose tanto en fuente como en causa de una contaminación adicional. La fuente de la sustancia nociva determina la tasa de emisión de estos contaminantes. Estos contaminantes pueden entonces entrar en el cuerpo humano por varias vías, que varían en el tiempo que tarda en llegar al objeto objetivo y en el número de eslabones (objetos) en la cadena de distribución (Alaraby et al., 2025).

Los estudios realizados por Camarena et al. (2022, 2024) aportan evidencia clave sobre la relación entre los desechos generados por la población y la vulnerabilidad hídrica de la cuenca del río La Villa. En estos se documenta que las bolsas y botellas plásticas constituyen los residuos inorgánicos de mayor abundancia en la ribera, con efectos directos sobre parámetros de calidad del agua como la turbidez, los sólidos suspendidos y la proliferación de vectores, lo que compromete su aptitud para consumo humano y actividades recreativas. y en la clasificación de contaminantes químicos y microbiológicos, identificando niveles elevados de coliformes y otros indicadores de deterioro ambiental que refuerzan el diagnóstico de vulnerabilidad hídrica y sanitaria de la cuenca.

De forma complementaria, diversas investigaciones han examinado la disposición de residuos en áreas protegidas y los desechos asociados a la pandemia de COVID 19 en comunidades rurales, aportando una comprensión más





amplia de los patrones de generación y manejo de residuos sólidos en distintos contextos territoriales de Panamá (Camarena et al., 2022, 2023; Camarena y Camargo, 2024). El estudio sobre los residuos vinculados al COVID 19 en la comunidad de La Villa de Los Santos evidencia cómo las crisis sanitarias incrementan el uso de materiales desechables y ejercen presión adicional sobre los sistemas locales de gestión de desechos, estableciendo paralelos conceptuales y operativos con la actual crisis hídrica de Azuero (Camarena et al., 2023). Asimismo, los aportes en educación ambiental en entornos virtuales orientados a promover la sostenibilidad y la resiliencia climática en UDELAS Azuero muestran el potencial de la formación mediada por tecnologías digitales para fortalecer capacidades comunitarias frente a eventos extremos y problemáticas ambientales complejas (Cedeño Frías y Camarena, 2025).

La clasificación de los plásticos —PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS y otros—, sus usos más frecuentes y sus niveles de reciclabilidad constituye una herramienta metodológica clave para caracterizar los residuos generados durante la emergencia hídrica, en especial aquellos vinculados al aumento del consumo de agua embotellada. (Camarena et al., 2024; Parlamento Latinoamericano y Caribeño, 2021). Los envases de PET y HDPE utilizados para agua, productos de limpieza y otros insumos se consideran técnicamente reciclables; sin embargo, su recuperación efectiva depende de la existencia de infraestructuras adecuadas, marcos normativos claros, incentivos económicos y programas de educación ambiental que orienten la separación en la fuente y la valorización de materiales (MiAMBIENTE, 2025). En ausencia de estos mecanismos, la intensificación del uso de plásticos de un solo uso durante la crisis puede traducirse en una mayor carga de residuos sobre ríos, estuarios y zonas costeras, exacerbando los riesgos para la salud pública y los ecosistemas que ya enfrenta la población por la contaminación





del agua cruda y la limitada capacidad de los sistemas locales de gestión de residuos (Cuenca, 2025).

Un enfoque integrado permite no solo dimensionar el volumen y tipo de plásticos generados durante la emergencia, sino también identificar oportunidades para implementar estrategias de economía circular, programas de reciclaje y procesos de formación ciudadana que reduzcan la presión sobre las fuentes hídricas y mejoren la resiliencia socio ecológica de la región (Idrica, 2024). Este trabajo se propone, por tanto, caracterizar la composición y abundancia de residuos plásticos generados durante la crisis hídrica de 2025 en tres transectos urbanos de La Villa de Los Santos.

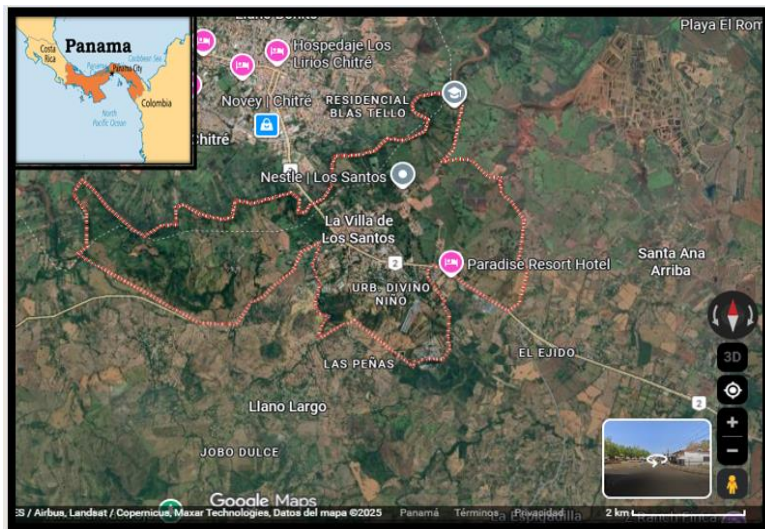
Materiales y Métodos

La Figura 1 muestra la localización del área urbana de La Villa de Los Santos, delimitado por un polígono punteado sobre una imagen satelital. En el recuadro superior izquierdo se indica la posición de Panamá dentro de Centroamérica, facilitando la referencia regional del área de estudio.



Figura 1

Ubicación del área de estudio



Fuente: Google Earth

Se empleó un diseño no experimental, descriptivo y transversal, adecuado para investigaciones que buscan caracterizar fenómenos ambientales sin manipulación de variables. Este enfoque permitió documentar la composición, abundancia y distribución espacial de los residuos plásticos generados durante la crisis hídrica de 2025 en Azuero, describiendo la situación existente en el periodo crítico de septiembre a diciembre. La elección metodológica se fundamenta en estudios previos de caracterización de desechos sólidos en la región (Arosemena et al., 2024; Calderón et al., 2025; Camarena et al., 2022), lo que garantiza comparabilidad y consistencia técnica.

El estudio se desarrolló en La Villa de Los Santos, provincia de Los Santos, Panamá, epicentro de la crisis hídrica ocasionada por la contaminación del río La Villa. Se seleccionaron zonas urbanas con alta generación de residuos plásticos asociados al consumo de agua embotellada, incluyendo puntos de distribución de





agua, áreas educativas y sectores con acumulación informal de desechos. La delimitación espacial se basó en criterios de representatividad, accesibilidad, presión antrópica y relevancia ambiental, asegurando la captura de los puntos más críticos durante la emergencia.

La población estuvo constituida por residuos sólidos superficiales, con énfasis en envases y embalajes plásticos (PET, HDPE, LDPE, PP). El muestreo fue no probabilístico, por conveniencia y dirigido, centrado en áreas con mayor acumulación visual de residuos. El periodo de muestreo abarcó septiembre–diciembre de 2025, con una frecuencia quincenal, lo que permitió registrar variaciones temporales en la generación de desechos durante la crisis. Este procedimiento es consistente con metodologías aplicadas en monitoreos ambientales locales (Calderón et al., 2025; Arosemena et al., 2024).

Se establecieron tres transectos urbanos estratégicos:

- Área 1 (Universidad Especializada de las Américas., UDELAS – Instituto Coronel Segundo de Villarreal., ICSV): zona educativa con tránsito mixto y espacios abiertos, caracterizada por residuos asociados al consumo inmediato.
- Área 2 (Universidad tecnología de Panamá sede de Azuero., UTP Azuero): corredor universitario de alta circulación, con áreas verdes y puntos de espera.
- Área 3 (Cancha del Instituto Profesional y Técnico de Azuero., IPTA): espacio deportivo y recreativo con alta generación de residuos posconsumo.





Los transectos se dispusieron paralelos a las vías y bordes funcionales, permitiendo comparar densidades y patrones de acumulación entre entornos educativos con dinámicas distintas.

La caracterización se realizó mediante observación directa y conteo in situ, utilizando una lista de cotejo estandarizada, validada en estudios previos (Camarena et al., 2022). Los residuos se clasificaron según:

- Tipo de polímero: PET, HDPE, LDPE, PP, PVC.
- Forma: botella, bolsa, tapa, envoltura, fragmentos.
- Origen asociado: agua embotellada, productos de limpieza, alimentos empacados.

Durante el trabajo de campo se inició con un reconocimiento exhaustivo del área de estudio, identificando y georreferenciando mediante GPS los puntos críticos de acumulación de residuos plásticos asociados a la crisis hídrica. Posteriormente, se procedió a la delimitación operativa de los transectos y cuadrantes, estableciendo los límites espaciales para garantizar uniformidad en el muestreo. En cada transecto, el equipo realizó la clasificación y conteo sistemático de los residuos, registrando cada ítem según su tipo de polímero, forma y posible origen, siguiendo criterios estandarizados para asegurar la comparabilidad de los datos. De manera complementaria, se efectuó un registro fotográfico detallado de los sitios y de los residuos recolectados, con el fin de respaldar la información obtenida, fortalecer el control de calidad y documentar visualmente las condiciones ambientales observadas durante la recolección.

Los datos se procesaron en Microsoft Excel 2019, aplicando estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes y promedios). Los resultados se presentaron





mediante tablas y gráficos, facilitando la interpretación de patrones de acumulación y composición de residuos. Este enfoque analítico es coherente con estudios de referencia en gestión de residuos y monitoreo ambiental.

Resultados

Los resultados obtenidos permiten caracterizar la composición y abundancia de los residuos sólidos generados en los tres transectos urbanos evaluados durante la crisis hídrica de 2025 en La Villa de Los Santos. El análisis integra los datos recolectados entre septiembre y diciembre, periodo en el que se evidenció un incremento notable en el uso de envases plásticos de un solo uso.

La Tabla 1 presenta que en el T1 se observa la mayor acumulación total de residuos plásticos, con predominio del PET (85.29 %), seguido LDPE (13.24 %). Este transecto concentra principalmente materiales asociados al consumo inmediato, lo que sugiere una intensa actividad estudiantil y comercial. En T2 también destaca el PET (92.86 %) lo que indica una composición similar, pero con menor presión antrópica. En contraste, T3 muestra un patrón diferenciado: la mayor proporción corresponde a residuos de LDPE (46.05 %), seguido del PVC con 32.90 % y por último el PET representa solo el 21.05 %.

Tabla 1

Composición y abundancia de residuos sólidos en transectos urbanos de áreas educativas en La Villa de Los Santos

Material	T1 cant.	T1 %	T2 cant.	T2 %	T3 cant.	T3 %
PET	580	85.29	130	92.86	32	21.05
LDPE	90	13.24	10	7.14	70	46.05



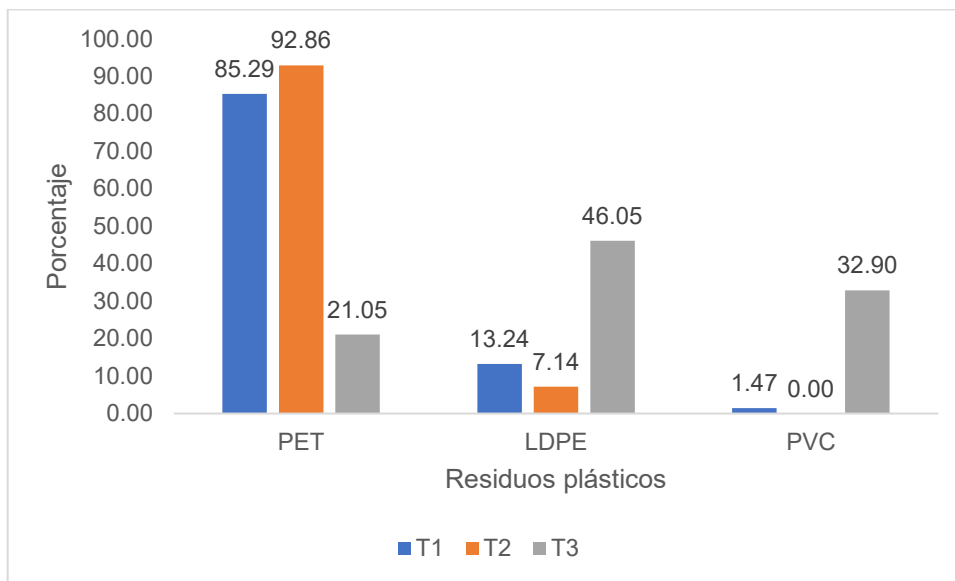
PVC	10	1.47	0	0.00	50	32.90
-----	----	------	---	------	----	-------

Nota: La suma de cantidades de residuos plásticos totales es 972.

En la Figura 2 se puede observar que en el transecto 1 se identificaron puntos de acumulación de envases y embalajes plásticos vinculados al consumo de bebidas envasadas, alimentos empacados y productos de higiene utilizados por estudiantes, docentes, personal administrativo y transeúntes en general. En el transecto 2, se observaron residuos plásticos asociados al consumo de agua embotellada, refrescos y snacks. Y en el tercero se registraron principalmente envolturas plásticas, bolsas LDPE, materiales de PVC y envases PET.

Figura 2

Distribución de residuos plásticos en transectos urbanos de áreas educativas en La Villa de Los Santos.



La Tabla 2 presenta la distribución total de residuos plásticos recolectados en los tres transectos urbanos de La Villa de Los Santos, con un acumulado de 972





unidades. El PET es el material predominante (76.34 %). El LDPE representa 17.49 %, mientras que el PVC muestra proporciones menores. En conjunto, los datos evidencian una clara dominancia de residuos plásticos y de empaques.

Tabla 2

Distribución porcentual de residuos plásticos en tres transectos urbanos de La Villa de Los Santos

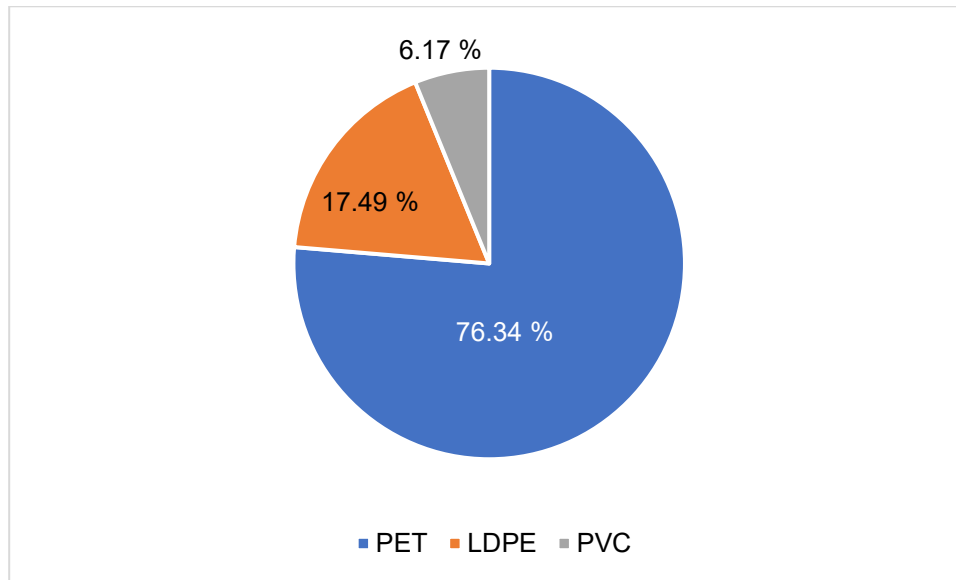
Material	Total, cantidad de los tres segmentos	Total %
PET	742	76.34
LDPE	170	17.49
PVC	60	6.17
Total	972	

La Figura 3 muestra el consolidado porcentual de residuos plásticos recolectados en tres transectos urbanos de La Villa de Los Santos durante el periodo septiembre–diciembre de 2025. El PET representa el material predominante con 76.34 %, lo que evidencia una alta presencia de envases en los entornos educativos evaluados. Otros residuos como LDPE (17.49 %) y PVC (6.17 %) muestran proporciones menores.



Figura 3

Consolidado de los desechos plásticos de los tres transectos de la Villa de los Santos, de septiembre a diciembre de 2025.



Discusión

Los plásticos se clasifican comúnmente mediante el Código de Identificación de Resinas, que incluye categorías como PET (Tereftalato de polietileno), HDPE (polietileno de alta densidad), PVC (Policloruro de vinilo), LDPE (Polietileno de baja densidad), PP (Polipropileno), PS (Poliestireno) y otros (Arturo, 2025). El PET, utilizado principalmente en botellas de bebidas, alcanzó un 76.34 % del total de residuos analizados, siendo el material más frecuente en los transectos (Tablas 1 y 2). Estudios realizados por Camarena et al. (2022 y 2024) en las áreas cercanas al área de estudio, evidencian que los desechos más abundantes son las botellas y bolsas plásticas. De igual forma, Arosemena et al. (2024) estipula que en el Bosque Comunal El Colmón de Macaracas, ubicado en la provincia de Los Santos presenta un alto porcentaje de contaminantes principalmente PET y LDPE; además, los resultados señalados (PET = 76.34 % del total de residuos en los transectos) son



coherentes con estudios donde las botellas y envases PET son uno de los plásticos más abundantes en vertederos, costas y fondos marinos (Ibor et al., 2022).

Este hallazgo ratifica la proliferación de PET en la región, fenómeno vinculado a la crisis del agua en Azuero. Al respecto, la Dirección Regional del Ministerio de Ambiente en Herrera reportó que se distribuyeron cerca de 800 mil botellas en Los Santos para mitigar dicha emergencia. (Telemetro.com, 2025). Datos que nos preocupa, ya que el PET, material de un solo uso, no biodegradable en condiciones ambientales, asequible y duradero, está afectando los ecosistemas marinos, terrestres y al ser humano (ONU, 2025). Por ejemplo, la presencia de plásticos en el océano amenaza la supervivencia de toda la fauna marina, al ser confundidos con alimento, estos residuos dañan el organismo de aves, ballenas y otros animales, comprometiendo su salud y causando una alta tasa de mortalidad en el medio marino (Gómez et al., 2023).

En cuanto al polietileno de baja densidad (LDPE), que representa el 17.49 % del total, su uso persiste en la fabricación de bolsas comerciales. A pesar de que la Ley 1 del 19 de enero de 2018 que regula y promueve el uso de alternativas reutilizables en Panamá, el consumo de plásticos de un solo uso continúa, una realidad evidenciada en las bolsas encontradas en cada transecto. Esta observación se ve reforzada por los hallazgos de Camarena et al. (2022 y 2024) y Arosemena et al. (2024), quienes documentaron una tendencia alarmante en la persistencia de estos polímeros en entornos locales. Ambas investigaciones, evidencia la urgencia de intensificar las campañas de sensibilización sobre el impacto negativo que estos materiales generan tanto en el medio ambiente como en la salud pública.





Investigaciones señalan que el consumo desmedido de plástico y su deficiente gestión de residuos provocan una acumulación masiva de este material en el entorno natural, la concentración excesiva de LDPE, provocan un deterioro profundo en los ecosistemas, lo que pone en riesgo la integridad de los recursos naturales y la supervivencia de la biodiversidad: además de representar un peligro creciente para el bienestar humano (Banguera y Rangel, 2023).

Con respecto a los otros tipos de plásticos, como el PVC (6.17 %) que a pesar de que su porcentaje es menor en cada transecto, es de igual preocupante ya que se ha demostrado que los mismos ocasiona afectaciones a la salud humana y ambiental (ONU, 2025) y el ritmo de producción de estos sobrepasa la capacidad de dar respuestas a este problema (Parker, 2024).

Los micros plásticos se han convertido en una problemática de dimensiones gigantescas a tal punto que los procedentes de la degradación de plásticos de uso común (incluidos PET y LDPE) contaminan agua y alimentos y pueden acumularse en placenta, líquido amniótico y otros compartimentos fetales. Aun cuando los mecanismos de toxicidad y los niveles de riesgo en humanos no están totalmente aclarados, se observan asociaciones preocupantes con resultados adversos del embarazo, lo que justifica reducir la exposición a plásticos en contacto con alimentos y durante la gestación (Halfar et al., 2023; Muhib et al., 2022; Richard et al., 2025).

Según Olea (2024), más de diez mil sustancias son utilizados en las diferentes fases del proceso de fabricación de recipientes, de los cuales cerca 2400 han sido identificadas como compuestos con potencial para afectar la salud humana. Estos aditivos empleados en la producción de polímeros pueden encontrarse en diversos porcentajes en el producto final. Entre los compuestos que ha sido reportadas por la literatura, asociados a los recipientes tereftalato de





polietileno (PET) y que presentan presenta posibles riesgos a la salud humana, se encuentran bisfenol A (BPA), ftalato de benceno (BBP), ftalato de di-n-butil (DBP) y ftalato di (2-etilhexil) (DEHP), mencionados por Da Silva Costa et al. (2021). Asimismo, datos publicados por Emmanuella, O (2021) indican la presencia de (DEHP) y Ácido ftálico, éster ciclohexil-hexílico en recipientes que habían sido sometidos a temperaturas mayores de 40°C.

La utilización intensiva de tereftalato de polietileno (PET) y la consecuente liberación de microplásticos constituye un riesgo ambiental y sanitario crítico, especialmente en territorios ubicados dentro de cuencas hidrográficas sensibles como la cuenca 128, a menos de 5 km del río La Villa. Estas partículas, cuyo tamaño puede alcanzar escalas micrométricas y nanométricas, presentan alta capacidad de bioacumulación en peces, crustáceos y otros organismos acuáticos, facilitando su incorporación a la cadena alimentaria humana. Evidencias recientes demuestran que los micro y nanoplásticos pueden atravesar barreras biológicas, inducir estrés oxidativo, inflamación crónica, disrupción celular y daño genético, procesos asociados con la iniciación y progresión tumoral en diversos tejidos humanos. En consecuencia, su presencia en ecosistemas acuáticos no solo compromete la integridad ecológica, sino que también representa un problema emergente de salud pública debido a su potencial contribución al desarrollo de enfermedades graves, incluido el cáncer (Alaraby et al., 2026; Camarena y Camargo, 2025)

En conclusión, el análisis de los residuos plásticos en Azuero evidencia que el PET domina ampliamente la composición (76.34 %), impulsado por el incremento del consumo de agua embotellada durante la crisis hídrica, en concordancia con reportes locales y estudios recientes; mientras que la presencia de polímeros como LDPE y PVC confirma riesgos ambientales y sanitarios vinculados a la generación de microplásticos y liberación de aditivos tóxicos en cuencas vulnerables como la





del río La Villa; finalmente, aunque existen iniciativas institucionales de acopio, persisten brechas estructurales en infraestructura y sensibilización ciudadana que limitan la eficacia de la gestión de residuos, subrayando la urgencia de estrategias integrales y focalizadas para mitigar la contaminación plástica en la región.

Asimismo, en el caso particular de la cuenca 128, la cercanía de los puntos de generación y acumulación de residuos plásticos a menos de 5 km del río La Villa incrementa significativamente el riesgo de transporte de PET, LDPE y PVC hacia el sistema hídrico, especialmente durante eventos de escorrentía asociados a lluvias intensas o fallas en el suministro de agua. Esta dinámica favorece la fragmentación de los polímeros y la liberación de microplásticos y aditivos tóxicos en un ecosistema ya catalogado como vulnerable, amplificando los impactos sobre la biota acuática y la salud humana.

Referencias Bibliográficas

- Alaraby, M., Abass, D., Velázquez, A., Hernández, A., y Marcos, R. (2025). Occurrence, analysis, and toxicity of polyethylene terephthalate microplastics: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 23, 1025–1059. <https://doi.org/10.1007/s10311-025-01841-8>
- Alaraby, M., Abass, D., Marcos, R., y Hernández, A. (2026). Emerging evidence on micro- and nanoplastics carcinogenicity: mechanisms, models, and signaling networks. *Molecular Cancer*, 25(93). <https://doi.org/10.1186/s12943-026-02657-y>
- Arosemena P., L. E., Camarena Q., F. H., y Saucedo, E. (2024). Impactos que producen los desechos sólidos en la fuente hídrica del bosque El Colmón de Macaracas. *Revista REDES*, 1(16), 75–91. <https://doi.org/10.57819/h8wf-1594>
- Arturo. (2025, septiembre 18). Plásticos: *La guía completa que debes leer (tipos, usos y reciclaje)*. APRENDEINDUSTRIAL. <https://aprendeindustrial.com/el-plastico/>
- Banguera, A. S., y Rangel, P. H. (2023). *Degradación del polietileno de baja densidad mediada por hongos filamentosos: Una revisión sistemática*





- [Trabajo de grado, Universidad Santiago de Cali].
<https://repositorio.usc.edu.co/server/api/core/bitstreams/f8f1985d-815c-480a-93e8-e996bc5683cb/content>
- Calderón Rodríguez, R. A., Pinto Mendoza, M. Á., y Camarena Quiroz, F. H. (2025). Caracterización de los desechos en la quebrada La Ermita y su impacto en contaminación. *REA: Revista Científica Especializada en Educación y Ambiente*, 4(2), 29–45. <https://doi.org/10.48204/rea.v4n2.8839>
- Camarena, F., Ruiz, N., & González, W. (2022). EVALUACIÓN DE MEDIDAS ANTE EL COVID-19 EN LOS SANTOS, PANAMÁ, 2021. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 11(2), 210–227. Recuperado a partir de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros/article/view/3091>
- Camarena, F., Arosemena, L., y De León, E. (2022). Impacto de los desechos generados por la población sobre la calidad del agua del Río La Villa (Panamá). *REDES*, 1(14), 100–122. <https://revistas.udelas.ac.pa/index.php/redes/article/view/169>
- Camarena, F., Calderón, R., y Arosemena, L. (2023). Disposición de los residuos del COVID 19 en la comunidad de La Villa de Los Santos, Panamá. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 12(2), 120–134. <https://doi.org/10.48204/j.centros.v12n2.a4044>
- Camarena, F., y Camargo, A. (2024). Análisis de la disposición de residuos en un transecto en el Parque Nacional Santa Fé, Panamá. *Revista Semilla del Este*, 5(1), 102–119. <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n1.6075>
- Camarena, F., Castro, J., Calderón, R., y Valdés, B. (2024). Clasificación de contaminantes y su impacto en la calidad del agua del Río La Villa. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 13(1), 38–59. <https://doi.org/10.48204/j.centros.v13n1.a4633>
- Camargo, A., y Camarena, F. (2025). Análisis de la calidad del aire en la ciudad de Chitré 2024 con internet de las cosas (IoT). *Revista Semilla del Este*, 5(2), 8-24. <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/9076>
- Cedeño Frías, E. J., y Camarena, F. (2025). La educación ambiental en entornos virtuales para promover la sostenibilidad y resiliencia ante el cambio climático en UDELAS Azuero. *Semilla del Este*, 5(2), 160–184. <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.7091>
- Cuenca, C. (2025). Salud pública y agua segura en Latinoamérica: Soluciones sostenibles frente al cambio climático. *Research, Society and Development*, 13(6), e49088. <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i6.49088>
- Da Silva Costa, R., Sainara Maia Fernandes, T., de Sousa Almeida, E., Tomé Oliveira, J., Carvalho Guedes, J. A., Julião Zocolo, G., Wagner de Sousa, F., y do Nascimento, R. F. (2021). Potential risk of BPA and phthalates in





- commercial water bottles: *A minireview. Journal of Water and Health*, 19(3), 411–435. <https://doi.org/10.2166/wh.2021.202>
- Emmanuella, O. (2021). Determination of phthalates in plastic bottled water. *International Journal of Chemical Sciences*, 19(9). <https://www.tsijournals.com/articles/determination-of-phthalates-in-plastic-bottled-water-15258.html>
- Gálvez-Blanca, V., Edo, C., González-Pleiter, M., Fernández-Piñas, F., Leganés, F., y Rosal, R. (2024). Microplastics and non-natural cellulosic particles in Spanish bottled drinking water. *Scientific Reports*, 14, 11089. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62075-2>
- Gendeshmin, S. B., Seyedin, S. H., y Dowlati, M. (2025). Drinking water supplies for communities affected by natural disaster emergencies: A qualitative study. *BMC Emergency Medicine*, 25(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s12873-025-01225-9>
- Giese, A., Kerpen, J., Weber, F., y Prediger, J. (2021). A preliminary study of microplastic abrasion from the screw cap system of reusable plastic bottles by Raman microspectroscopy. *ACS ES&T Water*, 1(6), 1363–1368. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.0c00238>
- Gómez, Y., Rodríguez, O., y Ochaga, D. (2023). *Impacto del plástico en los diferentes ecosistemas*. <https://urjc.shorthandstories.com/impacto-del-plastico-en-los-diferentes-ecosistemas/>
- Halfar, J., Čabanová, K., Vávra, K., Delongová, P., Motyka, O., Špaček, R., Kukutschová, J., Šimetka, O., y Heviánková, S. (2023). Microplastics and additives in patients with preterm birth: The first evidence of their presence in both human amniotic fluid and placenta. *Chemosphere*, 343, 140301. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140301>
- Ibor, O., Mpama, N., Okoli, C., Ogarekpe, D., Edet, U., Ajang, R., Onezobi, C., Anyanti, J., Idogho, O., Aizobu, D., y Arukwe, A. (2022). Occurrence, identification and characterization of plastic pollution from an open solid waste dumpsite in Calabar, Southern Nigeria. *Environmental Advances*, 8, 100338. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100338>
- Idrica. (2024, junio 26). *5 desafíos hídricos en América Latina*. <https://www.idrica.com/es/blog/5-desafios-hidricos-en-america-latina/>
- Jouravlev, A., Saravia Matus, S., y Gil Sevilla, M. (2021). *Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe: Textos seleccionados 2002–2020*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e5df0bb6-9457-439f-aa2c-9b1d1b1b1518/content>
- Ministerio de Ambiente. (2025, mayo 31). Unidos por un Panamá sin plásticos: Gobierno, sociedad civil y aliados globales presentan plan transformador.





- Ministerio de Ambiente. <https://miambiente.gob.pa/unidos-por-un-panama-sin-plasticos-gobierno-sociedad-civil-y-aliados-globales-presentan-plan-transformador/>
- Ministerio de Ambiente. (2025, junio 30). *MiAMBIENTE anuncia estabilización de la situación del río La Villa y mejora en la calidad del agua. Ministerio de Ambiente.* <https://miambiente.gob.pa/miambiente-anuncia-estabilizacion-de-la-situacion-del-rio-la-villa-y-mejora-en-la-calidad-del-agua/>
- Muhib, M., Uddin, M., Rahman, M., y Malafaia, G. (2022). Occurrence of microplastics in tap and bottled water, and food packaging: A narrative review on current knowledge. *Science of the Total Environment*, 161274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161274>
- Parker, L. (2024, abril 15). *Por qué la contaminación por plásticos se convirtió en una crisis mundial.* National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/medio-ambiente/2024/04/por-que-la-contaminacion-por-plasticos-se-convirtio-en-una-crisis-mundial>
- Parlamento Latinoamericano y Caribeño. (2021). *Gestión de residuos sólidos y aguas residuales en América Latina y el Caribe.* Parlatino. <https://parlatino.org/wp-content/uploads/2017/09/gestion-residuos-nov2021.pdf>
- Olea, N. (2024). Impacto de los microplásticos en la salud humana. *Revista de Salud Ambiental*, 24, 74–77. <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1687>
- ONU. (2025). *Todo lo que necesitas saber sobre la contaminación por plásticos.* <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-contaminacion-por-plasticos>
- Richard, E., Vines, C., y Gutiérrez, K. (2025). *Microplásticos y su incidencia en la salud materna y fetal.* *Vive*, 8(23), 710–732. https://www.researchgate.net/publication/392968005_Microplasticos_y_su_incidencia_en_la_salud_materna_y_fetal_Microplastics_and_their_impacto_n_maternal_and_fetal_health
- Telemetro.com. (2025, junio 19). Crisis del agua: Habilitan puntos de acopio para la recolección de botellas plásticas. <https://www.telemetro.com/entrevistas/nacionales/crisis-agua-habilitan-puntos-acopio-azuero-la-recoleccion-botellas-plasticas-n6043826>
- Thushari, G. G. N., y Senevirathna, J. D. M. (2020). Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, 6(8), e04709. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709>
- Vega Mendoza, V., Ruiz Forero, E., y Casallas Rodríguez, L. M. (2024). Revisión bibliográfica de la calidad de agua embotellada en 4 países de Latinoamérica: Colombia, Chile, Argentina y Panamá, enfocado en un contexto





epidemiológico. *Revista Electrónica de PortalesMedicos.com*, XIX (11), 332.
<https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/revision-bibliografica-de-la-calidad-de-agua-embotellada-en-4-paises-de-latinoamerica-colombia-chile-argentina-y-panama-enfocado-en-un-contexto-epidemiologico/>

Wawer, J., Panuszko, A., Kozłowski, D., Juniewicz, J., Szymikowski, J., y Brodnicka, E. (2025). Sustainable management of microplastic pollution from PET bottles: Overview and mitigation strategies. *Applied Sciences*, 15(10), 5322.
<https://doi.org/10.3390/app15105322>

