

Seguridad alimentaria en Panamá: análisis espectroscópico y percepción ciudadana de envases poliméricos

Food safety in Panama: spectroscopic analysis and public perception of polymeric packaging

Lourdes Arjona

Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.
Grupo de investigación, innovación y Desarrollo en Química Aplicada (GIIDQA)

Autor de correspondencia: lourdes.arjona@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0002-0679-4337>

Gerardo Cáceres

Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.
Grupo de investigación, innovación y Desarrollo en Química Aplicada (GIIDQA)

gerardo.caceres@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0002-7029-6754>

M. Alejandra Quintana

Universidad de Granada. Facultad de Ciencias. Departamento de Ingeniería
Química.

e.malejandra@go.ugr.es
<https://orcid.org/0000-0002-5899-5798>

Irene Castillero

Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.
Grupo de investigación, innovación y Desarrollo en Química Aplicada (GIIDQA)

irene.castillero@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0002-7571-7386>

Miguel Delgado

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de San Miguelito. Facultad
de Derecho.

miguel.delgado@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0001-8279-1456>

**Felipe Barría**

Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.
Grupo de investigación, innovación y Desarrollo en Química Aplicada (GIIDQA)

felipe.barría@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0007-2267-2739>

Janira Jaén

Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.
Grupo de investigación, innovación y Desarrollo en Química Aplicada (GIIDQA)

janira.jaen@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-3354-5501>

Recepción: 17/09/25

Aceptado: 24/11/25

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v36n1.a8134>

Resumen

A nivel mundial, el consumo global de plásticos ha experimentado un crecimiento exponencial. En Panamá, los envases plásticos destinados a conservar alimentos son importados, y muchos de estos productos no declaran su origen o el tipo de polímero con el que fueron elaborados, lo que representa un riesgo para la seguridad alimentaria debido a la migración de compuestos y otros aditivos al ser expuestos a condiciones que puedan promover estas migraciones. Esta investigación combina un enfoque científico-social en el que se identificó la composición de los polímeros utilizados como contenedores alimentarios mediante técnicas espectroscópicas, con el objetivo de verificar la correspondencia entre su composición real y la declarada por los fabricantes. Los resultados revelaron que el 36 % de los envases carecía de información sobre el tipo de material utilizado y que solo el 2 % de los plásticos analizados presentó discrepancias respecto a lo declarado por los fabricantes. Se aplicaron encuestas a un sector poblacional en Panamá para evaluar su conocimiento sobre la clasificación de los plásticos y los riesgos asociados al uso de plásticos desconocidos para su salud. Se identificó que el 44.7 % de los encuestados no considera el tipo de plástico al comprar productos alimenticios, y aunque más de la mitad (50.3 %) ha escuchado sobre los símbolos de clasificación, pocos logran reconocerlos adecuadamente. Esta información permite transformar los hábitos de consumo en la población panameña, hacia modelos más sustentables y basados en información sobre el uso correcto y responsable del material plástico destinado al contacto con alimentos.

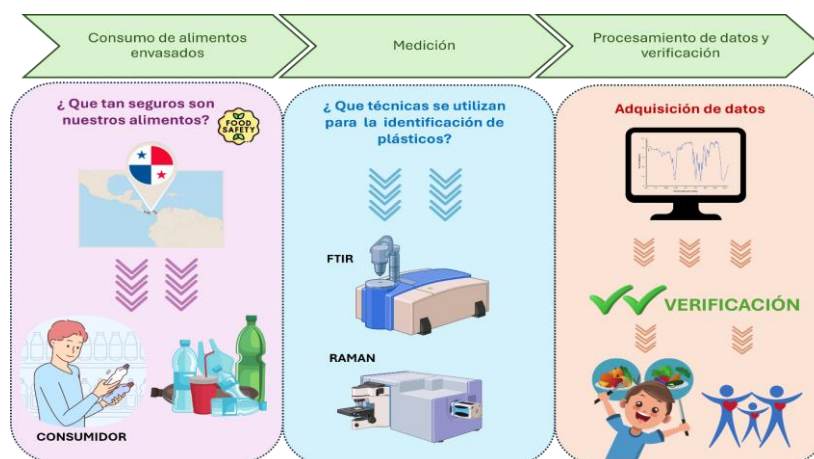
Palabras claves: Polímeros, envases, alimento, seguridad, población, encuesta.

Abstract

Globally, the consumption of plastics has experienced exponential growth. In Panama, plastic containers used to preserve food are imported, and many of these products do not declare their origin or the type of polymer with which they were made, which represents a risk to food safety due to the migration of compounds and other additives when exposed to conditions that may promote these migrations. This research combines a scientific-social approach in which the composition of polymers used as food containers was identified using spectroscopic techniques, with the aim of verifying the correspondence between their actual composition and that declared by manufacturers. The results revealed that 36% of the containers lacked information on the type of material used and that only 2% of the plastics analyzed showed discrepancies with respect to what was declared by the manufacturers. Surveys were conducted among a sector of the population in Panama to assess their knowledge of plastic classification and the risks associated with the use of unknown plastics to their health. It was found that 44.7% of respondents do not consider the type of plastic when purchasing food products, and although more than half (50.3%) have heard about classification symbols, few are able to recognize them properly. This information allows for the transformation of consumption habits among the Panamanian population toward more sustainable models based on information about the correct and responsible use of plastic materials intended for contact with food.

Keywords: Polymers, packaging, food, safety, population, survey.

Resumen gráfico



Introducción

El mercado mundial de envases plásticos utilizados para el empaque de alimentos ha experimentado un crecimiento lineal en los últimos años. Aunque la Organización Mundial de la Salud indicó la poca probabilidad de transmisión del COVID-19 a través de los alimentos (Generales et al., 2020), la mayoría de las empresas de alimentos tomaron medidas de envasado que minimizaran los riesgos

de transmisión. Para el 2020, el 42.0 % del plástico mundial estaba destinado al empaquetado de alimentos y productos manufacturados, este porcentaje se mantuvo para el año 2023 y en términos generales se estima que la producción mundial de plástico alcanzará entre 902 Mt y 1124 Mt (Dokl et al., 2024).

Entre los plásticos más comunes en el rubro alimentario tenemos; el Polietileno de Alta Densidad (HDPE), el Polietileno de Baja Densidad (LDPE), el Polipropileno (PP), el Poliestireno (PS), el Cloruro de Polivinilo (PVC), el Tereftalato de Polietileno (PET) y el Policarbonato (PC). Cada uno de estos polímeros posee una composición química variada, las cuales confieren características físicas, químicas y mecánicas específicas (Gebre et al., 2021).

Poliolefinas: Grupo que incluye el HDPE, LDPE y PP, constituyen la variedad de polímeros termoplásticos más utilizados en la actualidad por su resistencia y buenas propiedades dieléctricas (botellas contenedoras de agua, jugos, leche, envoltorios y empaques de alimentos). Su base polimérica presenta propiedades similares a los hidrocarburos, principal materia prima para su manufactura (Meira and Gugliotta, 2022).

Cloruro de Polivinilo (PVC): Son manufacturados a partir de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo, a diferencia de las poliolefinas, contienen cloro (Cl) dentro de su estructura polimérica, este enlace confiere la característica amorfa que impide su recristalización (Meira and Gugliotta, 2022). La producción mundial de PVC se estima en 44,3 millones de toneladas métricas al año, representa el 12 % de todo el plástico que se produce globalmente (Miao et al., 2021). La Unión Europea en su Reglamento UE 10/2011, permite el uso de PVC rígido en bebidas no alcohólicas y alimentos no acuosos con una concentración no mayor del 1% en el recipiente (Comisión Europea, 2011).

Poliestireno (PS): Hidrocarburo aromático producto de la polimerización del monómero del estireno, su liviandad y alta resistencia al calor permite su uso en empaques de alimentos y productos desechables (Meira and Gugliotta, 2022).

Tereftalato de Polietileno (PET): Se obtiene mediante la reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol, se clasifica como un

polímero poliéster. Es el más ampliamente utilizado en la industria de empaque alimentario, en botellas, bandejas, platos y vasos (Meira and Gugliotta, 2022).

Polycarbonato (PC): Polímero formado por moléculas de Bisfenol-A (BPA), contiene dos anillos fenólicos unidos por una cadena de propano, ambos anillos están conectados a un grupo hidroxilo (Meira and Gugliotta, 2022). Se caracteriza por su transparencia, resistencia al impacto y su alta capacidad de moldeado en altas temperaturas.

La tendencia actual es el desarrollo de materiales plásticos multicapa destinados a empackado alimentario. Algunas de estas combinaciones pueden llegar a incluir hasta quince capas plásticas con el fin de darle más tiempo de vida útil al alimento (Comisión Europea, 2011).

La República de Panamá dentro de sus legislaciones cuenta con la Ley 187 del 2 de diciembre de 2020 (Gaceta Oficial-República de Panamá, 2020) y el Decreto Ejecutivo No. 9 de 6 de mayo de 2022 (Decreto Ejecutivo #9, 2022). Tanto la ley como el decreto plantean promover e incentivar de manera transversal el desarrollo sostenible del país, reduciendo y reemplazando progresivamente los materiales plásticos por alternativas menos nocivas para el ambiente y la salud. El artículo 15 de la Ley 187 de 2020 establece las entidades encargadas de fiscalizar el cumplimiento de estas legislaciones: Autoridad Nacional de Aduanas, Autoridad de Protección al Consumidor, Ministerio de Salud y Ministerio de Ambiente. Sin embargo, no especifica el protocolo de análisis para dicha fiscalización, lo que permite el ingreso al país de materiales poliméricos sin etiquetado ni instrucciones de uso adecuado.

Se presenta, por primera vez en Panamá los resultados provenientes de una encuesta ciudadana enfocada en establecer el nivel de percepción, conocimiento y comportamiento en relación con el uso y reutilización de envases plásticos utilizados en el almacenamiento alimentario. Esta combinación de datos permite evidenciar la confianza o desconocimiento social respecto a la seguridad, etiquetado y manejo de los materiales plásticos.

Este enfoque integral entre las perspectivas científicas y sociales representa un avance concreto hacia prácticas de envasado alineadas con los principios de desarrollo sostenible, donde la decisión de compra del consumidor se convierte en un factor clave de cambio, a través de un acceso ilimitado a la información (a través del etiquetado, por ejemplo) y la implementación de políticas públicas basadas en el enfoque de una sola salud (Otto et al., 2021).

Materiales y métodos

Muestreo

Se colectaron, un total de 50 muestras y se codificaron por corregimiento; Ernesto Córdoba (EM), Juan Díaz (JD), Tocumen (TM), 24 De diciembre (DM). Las muestras se obtuvieron en el mercado local y fueron seleccionadas de manera aleatoria. Cada muestra fue registrada en una base de datos incluyendo la información reportada por el fabricante (tipo de plástico, las recomendaciones de uso, las advertencias de almacenamiento o reutilización, y otros símbolo o indicaciones relacionadas con seguridad alimentaria) y los resultados obtenidos en los análisis.

Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) y Raman

Las muestras plásticas fueron analizadas mediante espectroscopía FTIR y espectroscopía Raman, con el objetivo de identificar su estructura química. La técnica FTIR se fundamenta en la absorción de radiación infrarroja, donde cada enlace molecular exhibe frecuencias de vibración específicas. Para este análisis se empleó un espectrofotómetro Shimadzu IRTracer-100, equipado con un accesorio de Reflectancia Total Atenuada (ATR). Los espectros se registraron en el rango de 4000 a 1200 cm^{-1} , correspondiente a la región media del infrarrojo. De manera complementaria, se efectuaron análisis mediante espectroscopía Raman, técnica basada en la dispersión inelástica de la radiación láser, capaz de detectar vibraciones moleculares débiles o no observables mediante FTIR. Para ello se empleó un espectrofotómetro portátil Rigaku Sync2, conocido por su alta sensibilidad y rapidez en la identificación de materiales.

Encuesta

Se aplicó una encuesta como técnica cuantitativa para obtener información sobre el uso local del plástico, lo que permitió identificar tendencias, opiniones y costumbres en la forma y modo de uso. La recolección de datos se llevó a cabo de forma digital, mediante el uso de formularios virtuales. En total, se recopilieron 1554 respuestas válidas. La tabla 2 presenta los ejes temáticos considerados en la encuesta.

Para la operacionalización de las variables, cada eje temático (Tabla 1) se tradujo en indicadores medibles mediante preguntas cerradas de opción múltiples y escalas tipo Likert. El eje sociodemográfico incluyó el nivel educativo. El eje de preferencia de consumo evaluó el tipo de envases adquirido y la frecuencia de compra. El eje de conocimiento sobre etiquetado midió la capacidad de los participantes para reconocer materiales poliméricos, así como su conocimiento sobre las rutas de disposición final y reciclabilidad. Finalmente, el eje de conciencia ciudadana evaluó el conocimiento sobre regulaciones vigentes y la percepción de riesgos químico asociados al uso de plástico en contacto con los alimentos.

Tabla 1

Descripción general de los ejes temáticos contenidos en la encuesta realizada

EJE TEMÁTICO	DESCRIPCIÓN
DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS	Información básica de la población participante
PREFERENCIA DE CONSUMO DE MATERIAL PARA ENVASE ALIMENTARIO	Este conjunto de preguntas hace referencia al tipo de recipiente (material polimérico) más adquirido, la frecuencia de adquisición de dichos envases y el tipo de alimento empacado que se compra con mayor regularidad.
CONOCIMIENTO DE ETIQUETADO DE LOS MATERIALES POLIMÉRICOS	Se consultó a los usuarios sobre su capacidad para reconocer el material polimérico de los envases alimentarios que adquieren, su conocimiento acerca de las rutas de disposición final y la

CONCIENCIA CIUDADANA Y REGULACIÓN

reciclabilidad de dichos envases, así como su percepción respecto a la visibilidad de la información en los recipientes.

Se preguntó sobre el conocimiento de la importancia en la reducción del uso de material polimérico, si conoce sobre regulaciones en la prohibición del uso de plásticos, si conoce sobre la posibilidad de la liberación de compuestos químicos peligrosos presentes en los envases que pueden pasar a los alimentos y si ha escuchado sobre algunos compuestos químicos en particular como el BPA

Resultados

Análisis espectroscópicos de envases poliméricos

La Tabla 2 muestra los resultados de la caracterización de 50 muestras de envases mediante espectroscopía FTIR y Raman, técnicas que permitieron identificar con precisión el tipo de polímero de los envases. Estos resultados, se compararon con la información declarada por los fabricantes, lo que hizo posible evaluar la confiabilidad del etiquetado de los productos analizados.

Tabla 2

Identificación espectroscópica de envases para almacenamiento de alimentos de venta local en Ciudad de Panamá

Muestra	Código	Tipo de plástico			
		Declarado por el fabricante	Raman	FTIR	Coincidencia
1	EM01	PVC	PVC	PVC	Sí
2	EM02	No reportado	PVC	PVC	Sí
3	EM03	PP	PP	PP	Sí
4	EM04	No reportado	PP	PP	Sí
5	EM05	PP	PP	PP	Sí
6	EM06	Fibra de bambú	Celulosa	Celulosa	Sí

	EM07	PE	PE	PE	Sí
8	EM08	PP	PP	PP	Sí
9	EM09	PP	PP	PP	Sí
10	EM10	No reportado	PP	PP	Sí
11	EM11	No reportado	PP	PP	Sí
12	EM12	PS	PS	PS	Sí
13	EM13	PC	PC	PC	Sí
14	JM01	No reportada	PS	PS	Sí
15	JM02	Cartón	Celulosa	Celulosa	Sí
16	JM03	No reportada	Celulosa	Celulosa	Sí
17	JM04	Hoja de palma	No identificado	Fibra Bemberg (cupra)	Sí
18	JM05	Bagazo de caña	Celulosa	Celulosa	Sí
19	JM06	No reportada	No identificado	PE	No
20	JM07	No reportada	PET	PET	Sí
21	JM08	PS	PS	PS	Sí
22	JM09	No reportada	No identificadas	Caucho de silicona	Sí
23	JM10	Silicona	Silicona	Silicona	Sí
24	JM11	No reportada	2-Meil-4-nitroanilina	PP	No
25	JM12	No reportada	PET	PET	Sí
26	JM13	No reportada	Celulosa	Celulosa	Sí
27	TM01	No reportada	PP	PP	Sí
28	TM02	No reportada	PP	PP	Sí
29	TM03	Melamina	PET	PET	Sí
30	TM04	PS	PS	PS	Sí
31	TM05	7 OTHER	ABS	ABS	Sí
32	TM06	Nylon	No identificada	Poliamida (Nailon 6)	Sí
33	TM07	PP	PP	PP	Sí
34	TM08	PET	PP	PP	No
35	TM09	No reportado	PP	PP	Sí
36	TM10	Acrílico	ABS	ABS	Sí
37	TM11	PP	PP	PP	Sí
38	TM12	PP	PP	PP	Sí
39	DM01	PS	PS	PS	Sí
40	DM02	PS	PS	PS	Sí
41	DM03	PS	PS	PS	Sí
42	DM04	PP	PP	PP	Sí
43	DM05	No reportado	PP	PP	Sí
44	DM06	No reportado	PP	PPS	Sí

45	DM07	7 OTHER	ABS	ABS	Sí
46	DM08	PET	PET	PET	Sí
47	DM09	No reportado	No identificado	PE	Sí
48	DM10	PS	PS	PS	Sí
49	DM11	Cartón	No identificado	Celulosa microfibrilada	Sí
50	DM12	Papel	Celulosa	Celulosa	Sí

Interpretación de análisis espectroscópicos por polímero

Cloruro de polivinilo (PVC): El espectro FTIR del PCV (Figura 1), muestra bandas en $2950\text{-}2850\text{ cm}^{-1}$, representa las vibraciones de tensión (stretching) C-H alifáticas (grupos -CH_3 y -CH_2), las bandas alrededor de $1430\text{-}1350\text{ cm}^{-1}$ se atribuyen a las vibraciones de flexión (bending) C-H y la banda intensa en 1350 cm^{-1} , corresponde a las vibraciones de tensión C-Cl. Esta banda es una de las más distintivas del PVC.

Al igual que en el análisis por FTIR, el espectro Raman demuestra la presencia de PVC en la muestra analizada (Figura 2). Al comparar individualmente ambos espectros, la línea roja que representa la muestra problema y la línea azul correspondiente a la muestra de PVC de referencia, se observan coincidencias clave entre las bandas vibracionales. Destacando el estiramiento correspondiente a $\approx 1420\text{ cm}^{-1}$ y el pico intenso establecido en $\approx 1320\text{ cm}^{-1}$ que demuestra una deformación angular del enlace $\text{CH}_2\text{-Cl}$ y de los grupos metileno, respectivamente. Adicionalmente, el espectro Raman revela dos picos adicionales entre 600 y 750 cm^{-1} , característicos de la vibración de estiramiento del enlace C-Cl.

Figura 1

Espectro FTIR para el PVC

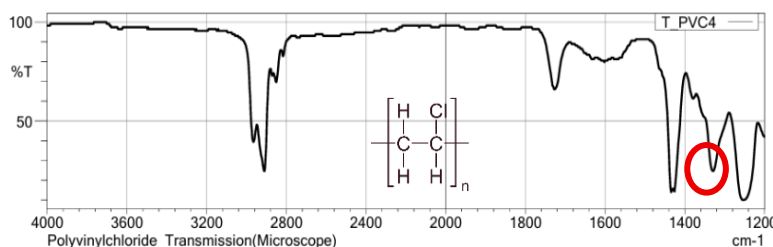
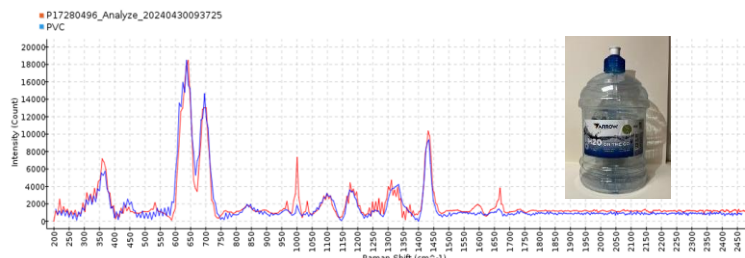


Figura 2

Espectro Raman para el PVC.



Polipropileno (PP): Conformado por grupos CH_2 y CH_3 , los estiramientos C-H simétrico y asimétrico se observan entre 2950 y 2800 cm^{-1} (Figura 3) y la deformación angular del grupo CH_3 se observa en 1390 cm^{-1} . Por su parte, el espectro Raman (Figura 4) revela un comportamiento similar entre la muestra problema y la muestra de referencia, lo que valida la presencia de propileno en la muestra analizada. Al comparar ambos espectros, se puede observar una coincidencia en las bandas asociadas a las deformaciones CH_2 y CH_3 , localizadas entre 1300 y 1450 cm^{-1} , reforzando la identificación del polímero en la muestra.

Figura 3

Espectro FTIR para el PP

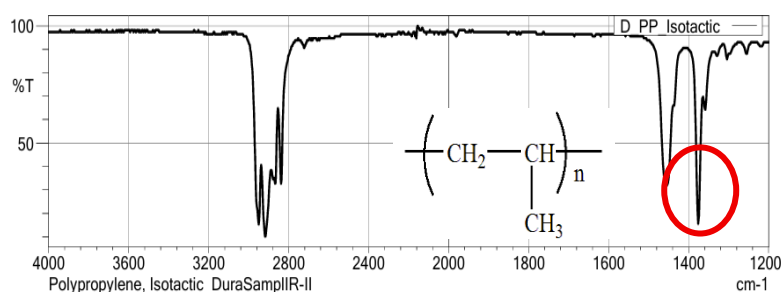
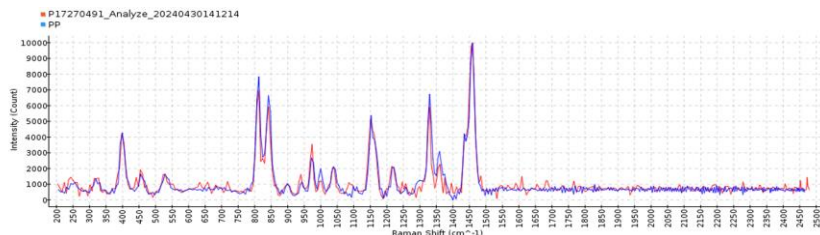
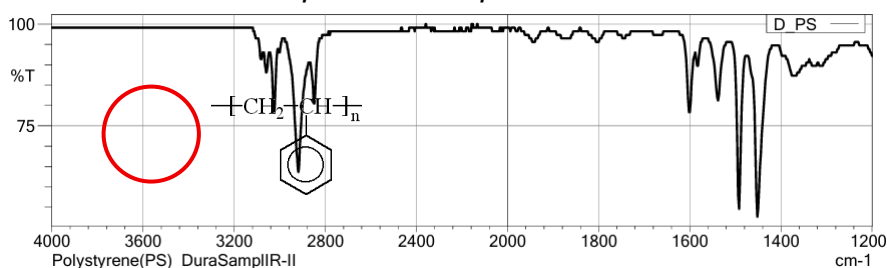
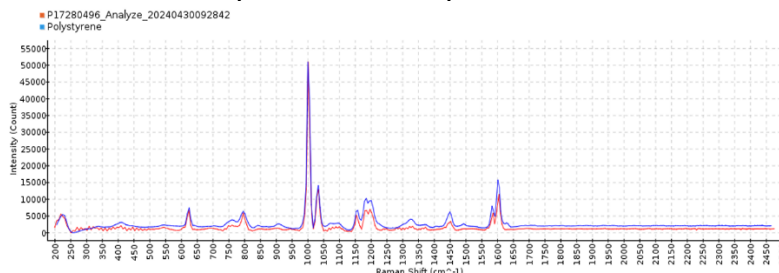


Figura 4
Espectro Raman para el PP


Poliestireno (PS): El estiramiento C-H del anillo aromático se presentan en el rango de 3100-3000 cm^{-1} (Figura 5). Estas bandas son más agudas y de intensidad moderada. Las bandas en la región de 1600-1500 cm^{-1} y 1450 cm^{-1} . Estas corresponden a los modos de estiramiento C=C del anillo aromático. En consonancia con los resultados de FTIR, el espectro Raman (Figura 6) muestra un comportamiento consistente en los picos detectados entre 1550 y 1600 cm^{-1} , los cuales corresponden a las vibraciones de estiramiento de los enlaces C=C dentro de los anillos aromáticos, característico de las unidades repetitivas de estireno.

Figura 5
Espectro FTIR para el PS

Figura 6
Espectro Raman para el PS


Policarbonato (PC). En la Figura 7 se observa el espectro para el PC con bandas correspondientes a movimientos de tensión de los enlaces C-H a 2800-3000 cm^{-1} , un movimiento de tensión correspondiente y específico del C=O alrededor de 1750 cm^{-1} , movimientos de tensión de enlaces C-C a 1400 1600 cm^{-1} y un movimiento de flexión y de tensión de $-\text{CH}_2$ aromático y $-\text{CH}_3$ entre 1200-1300 cm^{-1} .¹ Acorde con los resultados obtenidos por medio de FTIR, en la Figura 8 se puede observar información complementaria a través del Raman. Ambos espectros coinciden en un pico localizado alrededor de 1600 cm^{-1} , el cual indica el estiramiento de C=C del anillo aromático, característico de la estructura del policarbonato. El espectro Raman de la muestra problema muestra una alta similitud con el de la muestra de referencia, verificando una vez más que la muestra pertenece al policarbonato. Adicionalmente la sensibilidad del espectro Raman, nos da la capacidad de analizar picos adicionales, como el pico encontrado a 1170 cm^{-1} que se asocia al estiramiento C-O-C correspondiente al grupo carbonato de la cadena principal. Asimismo, se observa la deformación fuera del plano del anillo bencénico a $\approx 640 \text{ cm}^{-1}$, que describe la vibración del anillo aromático.

Figura 7

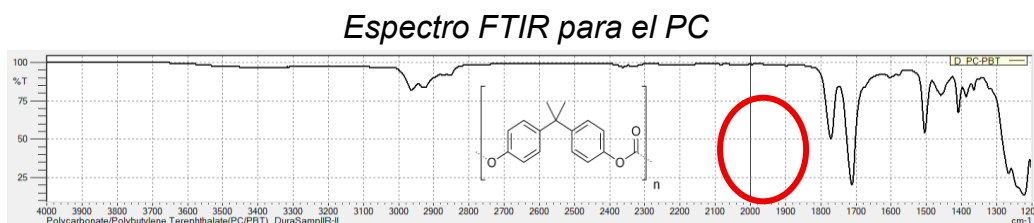
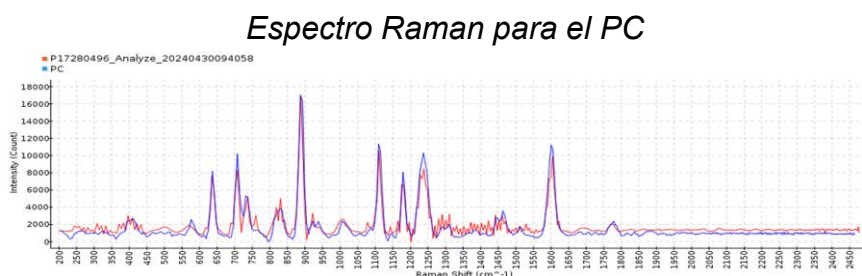


Figura 8



Polietileno de baja densidad (PE): La figura 9 muestra tres grupos de bandas correspondientes a movimientos de tensión de los enlaces C-H a 2850 cm^{-1} , tensión C-C a 1500 cm^{-1} y a un movimiento de flexión de $-\text{CH}_2$ en 700 cm^{-1} . Al superponer los espectros Raman de la muestra problema y su referencia, se observó una gran coincidencia entre ambos, lo que respalda la identificación del material como polietileno de baja densidad (LDPE) (Figura 10).

Figura 9

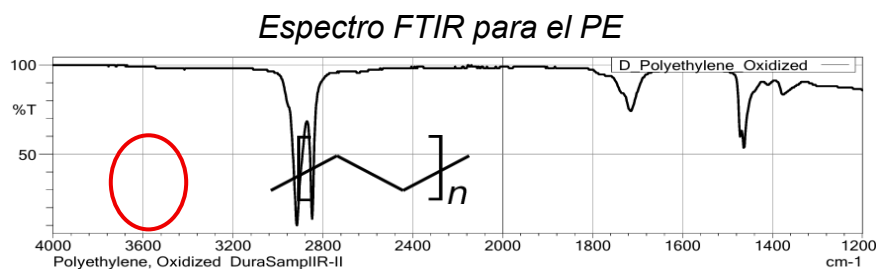
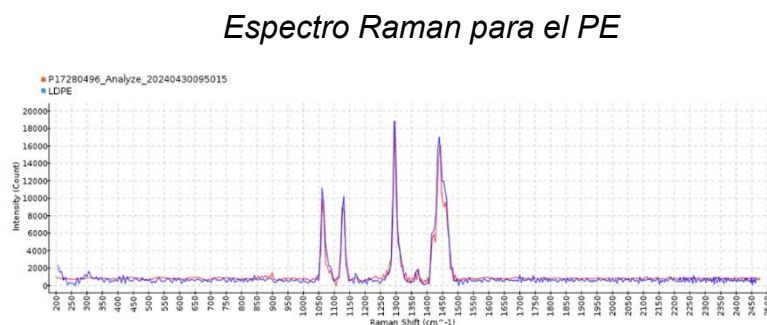


Figura 10



Polietileno Tereftalato (PET): La pequeña banda de adsorción entre $3100\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$ se han atribuido al estiramiento del enlace $-\text{C}-\text{H}$ aromático y alifático, en 1720 cm^{-1} al estiramiento del enlace carbonilo éster y a 1300 cm^{-1} al estiramiento del grupo éster (Figura 11). El espectro Raman indica la presencia de dos picos que coinciden con los observados en el FTIR, destacando especialmente los ubicados en 1300 y 1720 cm^{-1} , asociados a la vibración del anillo aromático y el estiramiento del grupo éster de la cadena del PET ($\text{C}=\text{O}$), respectivamente, ambos característicos de la estructura del PET (Figura12). Los picos ubicados en 1720 y 1100 cm^{-1} son particularmente relevantes, ya que permiten identificar con claridad el grupo éster, distintivo del PET frente a otros polímeros aromáticos.

Percepción ciudadana sobre los envases plásticos alimentarios

Datos sociodemográficos

La Figura 13 muestra la distribución de escolaridad de los participantes. Se observa que el 40 % posee estudios de maestría, constituyendo el grupo predominante. En segundo lugar, se encuentran participantes con grado de licenciatura con un 36.6 %. Los niveles de bachillerato y doctorado representan el 13.6 % y 9.8 %, respectivamente.

Figura 11

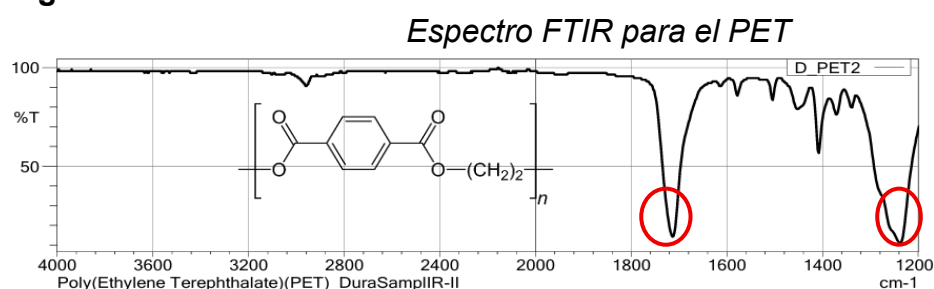
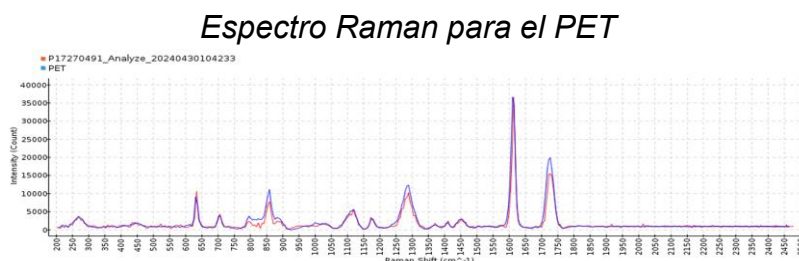


Figura 12



Preferencia de consumo

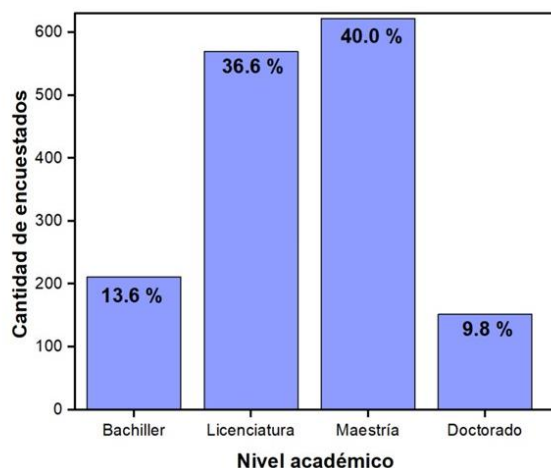
Al consultar sobre el tipo de envases preferido al momento de comprar productos alimenticios, el 47.8 % indicó preferir vidrio, seguido de plástico (25,9 %) y cartón (24. 6 %). Solo el 1.7 % optó por aluminio.

A los encuestados se les preguntó directamente acerca de la frecuencia con la que compran productos en envases plásticos (Figura 14). Los resultados muestran que 34.1 % realiza estas compras de forma quincenal, seguido por el 23.5 % que lo hace semanalmente y el 17.2 % que las efectúa mensualmente. En menor medida, un 16.7 % comprar rara vez y únicamente un 8.5 % lo hace diariamente.

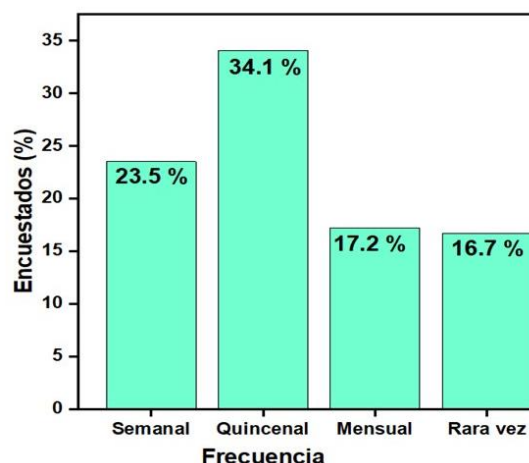
Por otra parte, se consultó a la población si considera el tipo de plástico del envase al momento de realizar una compra (Figura 15). El 44.7 % respondió que no lo tiene en cuenta, el 31.5 % indicó que rara vez lo hace, y únicamente el 23.8 % afirmó prestar atención al tipo de plástico en el momento de la compra.

Figura 13

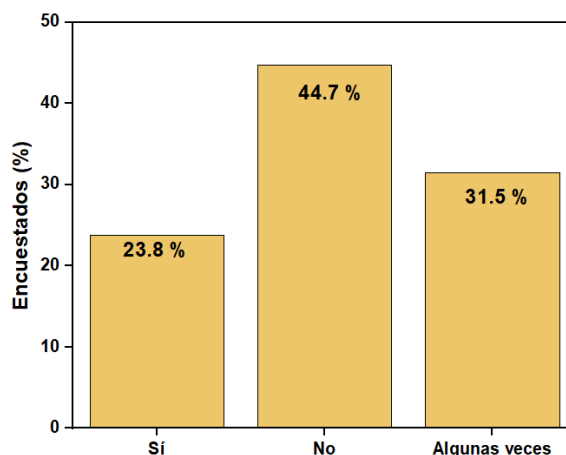
Nivel de escolarización de los encuestados


Figura 14

Frecuencia de compra de


Figura 15

Consideración sobre el tipo de material momento de adquirir un envase



Conocimiento de etiquetado de materiales poliméricos

La Figura 16 presenta dos gráficas que ilustran el destino de los envases plásticos tras su uso. La primera (Figura 16A), muestra las acciones que las

personas realizan con los envases plásticos después de utilizarlos: el 40.5 % los reutiliza en casa, el 32.5 % los tira a la basura y el 24.1 % los lleva a reciclar. Entre los encuestados que lo reutilizan, la mayoría (80.0 %) los utiliza para almacenar alimentos, como se observa en la Figura 16B.

Del 40.5 % que reutiliza el plástico, el 77.6 % ha notado que el plástico se vuelve más blando, quebradizo, que cambia de color y de textura. Un alto número de encuestados, 99.0 %, dijo que si considera que el fabricante debe incluir las advertencias sobre la reutilización de envases.

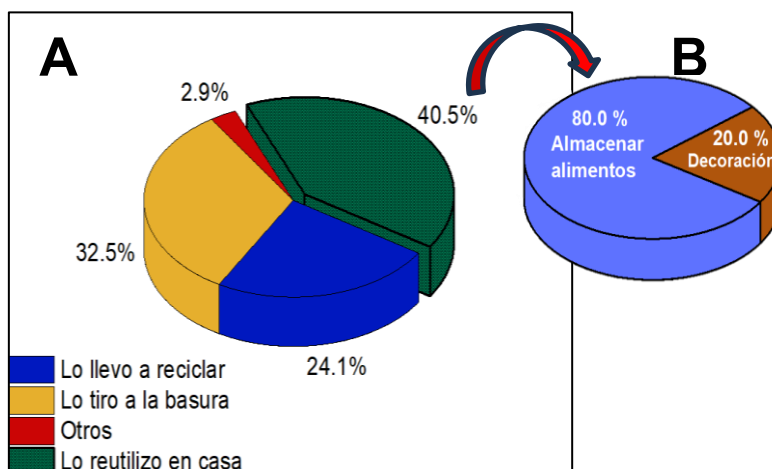
Al indagar si los consumidores prestan atención al símbolo de identificación presente en los envases plásticos, las respuestas evidencian distintos niveles de conocimiento y conciencia. Un 43.0 % señaló que ocasionalmente revisa estos símbolos, mientras que el 22.3 % afirmó que siempre lo hace. En contraste, el 17.8 % reconoció que nunca se ha fijado en ellos, lo que refleja una atención limitada a esta información.

De manera complementaria, los resultados muestran un desconocimiento generalizado sobre el significado de los números dentro de los rombos de reciclaje. Más de la mitad de los encuestados (50.3 %) indicó que ha escuchado hablar de ellos, pero no los conoce bien; un 25.6 % afirmó no tener idea de lo que representa, y únicamente el 24.1 % manifestó entenderlos correctamente.

Existe una marcada tendencia en la percepción de los encuestados en lo que respecta a la visibilidad de la información sobre los tipos de plásticos utilizados en los envases y empaques alimentarios. Un 98.1 % de los participantes manifiesta que la información debe ser más accesible/visible lo que expresa una demanda explícita de mayor transparencia en el etiquetado de materiales en contacto con alimentos.

Figura 16

(A) Reutilización de recipientes plásticos y (B) Uso posterior



Conciencia ciudadana y regulación

Al indagar sobre los temas que les gustaría conocer respecto a la seguridad de los envases plásticos, la opción con mayor tendencia fue “*como identificar los plásticos más seguros*”, alcanzando un 71.2% (Figura 17). Otra de las variables evaluadas reveló que un 99% de los encuestados expresó interés en recibir información sobre el tema, lo que refuerza de manera contundente la necesidad de promover y fortalecer la difusión de conocimientos sobre la seguridad de los envases plásticos en distintos entornos educativos y sociales. Este alto nivel de interés es clara muestra de una conciencia creciente en la población respecto a los posibles riesgos asociados y la importancia de estar informados.

El 88.3 % de los encuestados posee conocimiento sobre la capacidad de migración de algunos plásticos al ser expuestos a factores como elevadas temperaturas y/o a la radiación ultravioleta (rayos solares), el 11.6 % restante manifestó no manejar información acerca de este fenómeno. No obstante, al realizar el análisis de forma más específica el nivel de conocimiento referente al bisfenol A (BPA) y su potencial de migración hacia los alimentos, observamos que únicamente el 31.0 % de los encuestados reportó estar informados sobre el tema. Un 42.3 %

indicó haber escuchado algo al respecto, aunque con conocimientos muy limitados, en cambio un 26.6 % manifestó no tener conocimiento alguno.

Por último, se les preguntó a las personas que opinaban sobre la prohibición de cientos plásticos de un solo uso. En la Figura 18 se muestran las respuestas obtenidas. La gran mayoría (alrededor del 80.0 %) de los encuestados considera que “es una buena medida”, mostrando una aceptación amplia hacia la prohibición.

Figura 17

Interés sobre información sobre los plásticos

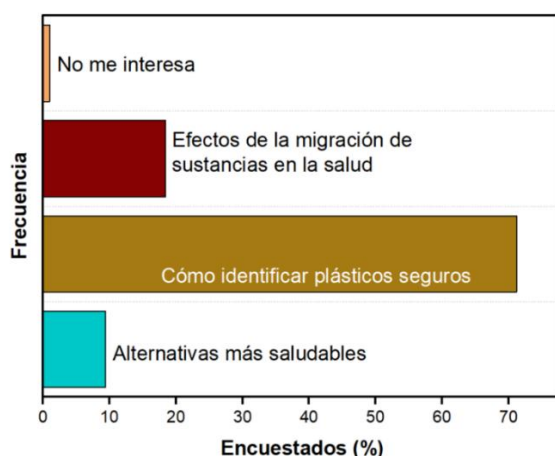
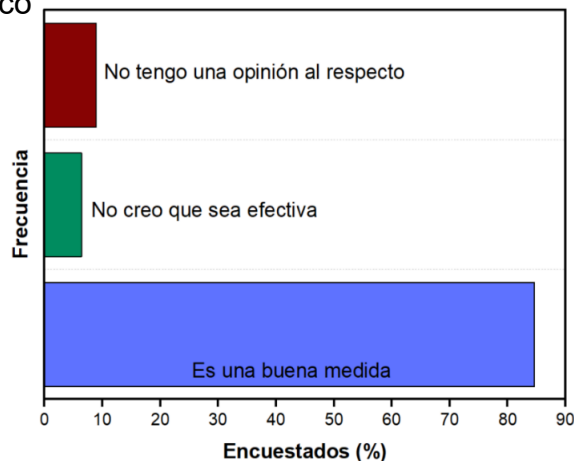


Figura 18

interés sobre regulaciones del plástico



Discusión

Este estudio evaluó, mediante dos técnicas espectroscópicas, la composición de los envases utilizados por los consumidores panameño. Además, a través de encuestas se identificaron los niveles de percepción, conocimiento y comportamiento de la población respecto al uso y la reutilización de envases plásticos y de otros materiales.

Los análisis espectroscópicos revelaron que en el 64 % de las muestras los fabricantes reportaban el tipo de plástico utilizado en la elaboración de envases, mientras que en el 36 % carecía de esta información. Esta ausencia de identificación no solo dificulta la evaluación de posibles riesgos para la salud asociados al

contacto con determinados polímeros, sino que limita la adecuada identificación y clasificación de los materiales para su gestión ambiental.

De todos los envases analizados, el PP fue el material más frecuente (36 %), seguido por PS (16 %) y celulosa (16 %), reflejando tanto el uso generalizado del PP por sus propiedades, resistencia y bajo costo (Hossain et al., 2024), como la creciente incorporación de materiales naturales o biopoliméricos, en línea con las tendencias hacia envases más sostenibles (Arif et al., 2022). No obstante, el PS plantea riesgos sanitarios por la posible liberación de estireno, un posible carcinógeno humano según la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) (IARC, 2019), y su baja reciclabilidad ha motivado restricciones en varios países. También resulta preocupante el uso de PVC (4 %), considerado de alto riesgo en la Unión Europea por la posible migración de sus aditivos (ECHA, 2023).

Los análisis espectroscópicos evidenciaron que las técnicas FTIR y Raman son complementarias, dado que cada una presenta sensibilidades diferenciadas frente a los grupos funcionales presentes en los polímeros. En el caso del PVC, los resultados muestran una mayor sensibilidad por Raman específicamente en los enlaces no polares, como C-C y Cl, lo que lo convierte en una herramienta idónea para completar la identificación estructural obtenida mediante FTIR (Ludwig et al., 2018). Asimismo, el espectro Raman permitió observar estiramientos adicionales, como las deformaciones fuera del plano CH_3 , que aparecen en el rango de 810 a 850 cm^{-1} . Se resalta la mayor capacidad de detección y, por ende, una sensibilidad superior del análisis Raman hacia enlaces C-C, C-H y estructuras simétricas (Phan et al., 2022).

Los análisis en envases de poliestireno revelaron que ambas técnicas son capaces de identificar de manera consistente las características espectroscópicas propias de este polímero. La presencia de una banda prolongada a 1000 cm^{-1} , asociadas a vibraciones de anillos bencénicos, coincidió con los patrones

reportados en la literatura (Dang et al., 2024), lo que refleja la validez de los resultados obtenidos.

Los análisis de PE, destaca picos ubicados en 1450 cm^{-1} , asociado al estiramiento del grupo CH_2 , el cual también coincide con el espectro FTIR, reforzando la consistencia entre ambas técnicas. Adicionalmente el espectro Raman permitió identificar bandas adicionales como las encontradas a 1300 cm^{-1} y $1130, 1050\text{ cm}^{-1}$ que corresponden al estiramiento de grupos metileno y al estiramiento simétrico de C-C, respectivamente (Bredács et al., 2021). Por su parte, en los análisis de muestras de PET, se observó la presencia de picos a 1600 cm^{-1} que se asocia a estiramientos C=C del anillo aromático y 660 cm^{-1} que corresponde a la deformación del anillo aromático producida por la vibración de baja frecuencia de este mismo. Estos datos refuerzan la información estructural complementaria y verifican la presencia de polietileno tereftalato en la muestra (Naguib et al., 2023). Muchas veces la muestra problema, no es compatible con las bases de datos, esto se debe principalmente al tratamiento que se le ha dado a la muestra si ha sido extruida y enfriada, tratada térmica y posteriormente estirada, es decir, si la muestra es amorfa y orientada, o cristalina y estirada, dato reportado por Chen Z (2012) (Chen et al., 2012).

En relación con los datos sociodemográficos, se identificó una alta proporción de participantes con formación de posgrado, lo cual sugiere un perfil académico avanzado en la muestra analizada. Este contexto puede influir en la percepción y el nivel de conocimiento reportado respecto a materiales etiquetados y sostenibles.

En análisis de la relación entre la preferencia de envases y las razones de elección muestran patrones claramente diferenciados. La mayoría de quienes optan por envases de vidrio lo hacen porque perciben que ofrece una mejor protección para los alimentos (387 respuestas). A esta motivación le siguen la posibilidad de reutilizar el envase (243) y por último porque prefieren un producto más ecológico (106). Estas tendencias son consistentes con estudios previos: Caner et al. (2025) (Caner et al., 2025) reportaron una preferencia marcada por envases de vidrio frente

a alternativas poliméricas, señalando además, que las mujeres mostraban mayor disposición a pagar por productos ecológicos.

En contraste, la elección de envases plásticos se sustenta principalmente en la percepción de que ayudan a evitar accidentes (168), y en menor medida, por su bajo costo (73). Por su parte, el cartón se asocia mayoritariamente con motivos ambientales, siendo considerado el material más ecológico por un número significativos de encuestados (265). El aluminio, en cambio, presenta una presencia marginal de las preferencias, con valores reducidos en todos los criterios evaluados.

Los panameños que compra de forma quincenal, los productos adquiridos con mayor frecuencia en envases plásticos corresponden principalmente a bebidas (agua, refrescos, jugos, entre otros) y alimentos procesados. En segundo plano aparecen los productos de limpieza, cosméticos y artículos de cuidado personal.

En conjunto, los datos reflejan que, si bien la compra diaria de productos de envases plásticos es limitada, existe una tendencia marcada hacia un consumo periódico y sostenido, especialmente semanal y quincenal, con predominio en las categorías de bebidas y alimentos procesados. Esta dinámica sugiere que el plástico mantiene una presencia constante en los hábitos de consumo, particularmente en productos de uso recurrente. Sin embargo, pese a la frecuencia significativa en la adquisición de productos en envases plásticos, la mayoría de los consumidores no percibe el material del envase como un factor determinante en sus decisiones de compra.

En general, aunque muchas personas están familiarizadas con estos símbolos que se muestran en los plásticos, la comprensión sigue siendo limitada, lo que evidencia la necesidad de mejorar la educación sobre su significado. El nivel de conocimiento sobre los códigos de identificación en plásticos varía de acuerdo con la formación académica, tal como lo señalan estudios previos estudios (Caner et al., 2025).

Entre los participantes con nivel de bachillerato, casi la mitad ha escuchado sobre estos símbolos, pero no los comprenden bien, mientras que solo una cuarta

parte declara entenderlos con claridad. En el caso de quienes poseen estudios de licenciatura y maestría, más de la mitad reconoce los símbolos de manera superficial y aproximadamente el 23.0 % demuestra que los comprende correctamente. Finalmente entre los encuestados con grado de doctorado, se observa una mayor proporción que interpreta adecuadamente su significado, aunque persiste un pequeño grupo que no logra identificarlos.

Esta tendencia sugiere que, si bien los símbolos se muestran en los envases, su interpretación sigue siendo un desafío incluso en niveles educativos superiores.

Los resultados obtenidos en la sección de seguridad de los envases plásticos indican que la población muestra una alta sensibilización hacia la clasificación y el reconocimiento de polímeros considerados seguros para el contacto humano. Esto refleja una creciente preocupación por los posibles efectos en la salud derivados de la exposición a sustancias químicas migrantes, así como una actitud proactiva hacia la prevención. Dichos hallazgos destacan la necesidad de fortalecer las estrategias de comunicación científica y educación pública sobre materiales plásticos.

Además, los resultados sugieren una distribución asimétrica del conocimiento dentro de la muestra, predominando niveles bajos o intermedios de familiaridad con el BPA, presente principalmente en envases de policarbonato (de Paula and Alves, 2024). A pesar de una posible conciencia general sobre los riesgos asociados al uso de plásticos, los datos evidencian que el conocimiento específico sobre compuesto químicos particulares, como el BPA, sigue siendo insuficiente en una proporción considerable de la población evaluada (de Paula and Alves, 2024).

Paralelamente, la mayoría de los encuestados perciben la prohibición de algunos tipos de plásticos como una acción favorable para el medio ambiente y la salud de la población. Este hallazgo coincide con la encuesta global realizada por Ipsos a más de 24,000 personas en 32 países, donde el 85.0 % de los encuestados consideró que *“un tratado global para detener la contaminación por plásticos debería prohibir los plásticos problemáticos de un solo uso”* (Oceana, 2024). Estos resultados refuerzan la necesidad de que gobiernos y empresas incrementen sus

esfuerzos para reducir la producción del plástico y adopten estrategias de eliminación progresiva de envases que representen un riesgo para la salud, tanto en el mercado panameño como a nivel mundial.

Conclusiones

La combinación de técnicas espectroscópicas, como Raman y FTIR, ha demostrado ser una herramienta poderosa y eficaz para la identificación y caracterización de materiales poliméricos. Esta capacidad analítica permite el desarrollo de protocolos regulatorios robustos que aseguren el ingreso a nuestro mercado materiales que cumplan con los estándares requeridos para el envasado de alimentos. Además, facilita la implementación de normativas que exijan la correcta identificación y etiquetado de estos materiales, incluido sus posibles usos recomendados, lo que contribuye a una mayor seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental.

El manejo de la información por parte de los consumidores panameños sobre los envases de alimentos es insuficiente. Aun cuando la muestra incluye participantes altamente escolarizados, se evidencia el desconocimiento de la simbología de etiquetado y las implicaciones en la salud que esto podría representar. Esta situación requiere mejoras que incluyan descripciones más claras en las etiquetas, así como el desarrollo de procesos formativos y educativos dirigidos a los niños, que puedan generar un cambio positivo a largo plazo, tanto en el uso como en el manejo consciente de los materiales de envasado, considerando su impacto en la salud y en el ambiente.

La implementación por parte de organismos estatales y sociales de programas de sensibilización basados en datos científicos e información sobre los productos, mediante sistemas de etiquetado, que podrían apoyar un comportamiento de compra más sostenible. Esta etiqueta debe incluir una clasificación predefinida para facilitar su comprensión (Otto et al., 2021).

En este contexto, la identificación del tipo de polímero de cada envase resulta fundamental para garantizar su uso seguro y reducir el riesgo de migración química hacia los alimentos, ya que cada polímero presenta una composición específica y propiedades particulares de resistencia térmica, permeabilidad y estabilidad frente a agentes químicos, lo que determina su compatibilidad con distintos tipos de alimentos y condiciones de almacenamiento. Por ello, es fundamental que los fabricantes indiquen de manera obligatoria el tipo de material de cada envase.

En Panamá, la economía circular debe mejorarse hasta alcanzar el modelo teórico ideal, al implementar sistemas avanzados de economía circular, Panamá puede servir como ejemplo para los países menos desarrollados, con el fin de aumentar los niveles de circularidad en toda la región.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación (SENACYT) por la financiación de esta investigación, a la Policía Nacional de Panamá, por el préstamo del equipo Raman al igual que al Centro de investigación e información de Medicamentos y tóxicos (CIIMET), por el permitir el uso del equipo FTIR. De igual manera agradecemos a todas las personas que participaron en la encuesta; su cooperación y disposición resultaron fundamental para alcanzar los objetivos de esta investigación.

Referencia Bibliográfica

Arif ZU, Khalid MY, Sheikh MF, Zolfagharian A, Bodaghi M. Biopolymeric sustainable materials and their emerging applications. J Environ Chem Eng 2022;10:108159. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2022.108159>.

Bredács M, Barretta C, Castillon LF, Frank A, Oreski G, Pinter G, et al. Prediction of polyethylene density from FTIR and Raman spectroscopy using multivariate data analysis. Polym Test 2021;104:107406. <https://doi.org/10.1016/J.POLYMERTESTING.2021.107406>.



- Caner C, Pascall MA, Aday MS, Bicki D. Consumer Survey on the Environmental Impact of Food Packaging and How It Influences Purchasing Decisions. *Int J Food Sci* 2025;2025. <https://doi.org/10.1155/IJFO/9458195>.
- Chen Z, Hay JN, Jenkins MJ. FTIR spectroscopic analysis of poly(ethylene terephthalate) on crystallization. *Eur Polym J* 2012;48:1586–610. <https://doi.org/10.1016/J.EURPOLYMJ.2012.06.006>.
- Comisión Europea. REGLAMENTO (UE) No 10/2011 sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos. *D Of La Unión Eur* 2011:89.
- Dang TT, Sogut E, Uysal-Unalan I, Corredig M. Quantification of polystyrene microplastics in water, milk, and coffee using thermogravimetry coupled with Fourier transform infrared spectroscopy (TGA-FTIR). *Chemosphere* 2024;368:143777. <https://doi.org/10.1016/J.chemosphere.2024.143777>.
- Decreto Ejecutivo #9. Decreto Ejecutivo No. 9 de 6 de mayo de 2022. 2022.
- Dokl M, Copot A, Krajnc D, Fan Y Van, Vujanović A, Aviso KB, et al. Global projections of plastic use, end-of-life fate and potential changes in consumption, reduction, recycling and replacement with bioplastics to 2050. *Sustain Prod Consum* 2024;51:498–518. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2024.09.025>.
- ECHA. INVESTIGATION REPORT ON PVC AND PVC ADDITIVES Investigation report-PVC and PVC Additives ABOUT THIS REPORT Investigation report-PVC and PVC Additives. vol. 0. 2023.
- Gaceta Oficial-República de Panamá. Ley 187 de 2 de diciembre de 2020. 2020.
- Gebre SH, Sendeku MG, Bahri M. Recent Trends in the Pyrolysis of Non-Degradable Waste Plastics. *ChemistryOpen* 2021;10:1202. <https://doi.org/10.1002/OPEN.202100184>.
- Generales LP, Alimentarius C, Covid- L. COVID-19 e inocuidad de los alimentos: orientaciones para las empresas alimentarias. Orientaciones provisionales. COVID-19 e Inocuidad Los Aliment Orientaciones Para Las Empres Aliment Orientaciones Provisionales 2020:1–7. <https://doi.org/10.4060/ca8660es>.
- Hossain MT, Shahid MA, Mahmud N, Habib A, Rana MM, Khan SA, et al. Research and application of polypropylene: a review. *Discov Nano* 2024;19. <https://doi.org/10.1186/s11671-023-03952-z>.
- IARC. Styrene, styrene-7,8-oxide, and quinoline. vol. 121. 2019.



- Ludwig V, Da Costa Ludwig ZM, Rodrigues MM, Anjos V, Costa CB, Sant'Anna das Dores DR, et al. Analysis by Raman and infrared spectroscopy combined with theoretical studies on the identification of plasticizer in PVC films. *Vib Spectrosc* 2018;98:134–8. <https://doi.org/10.1016/J.VIBSPEC.2018.08.004>.
- Meira GR, Gugliotta LM. *Polímeros Introducción a su caracterización y a la ingeniería de la polimerización* 2022;1:1–860.
- Miao Y, von Jouanne A, Yokochi A. Current technologies in depolymerization process and the road ahead. *Polymers (Basel)* 2021;13:1–17. <https://doi.org/10.3390/polym13030449>.
- Naguib HM, Zaki EG, Abdelsattar DE, Dhmees AS, Azab MA, Elsaed SM, et al. Environmentally Friendly Polymer Concrete: Polymer Treatment, Processing, and Investigating Carbon Footprint with Climate Change. *ACS Omega* 2023;8:8804–14. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3C00086>.
- Oceana I. Encuesta revela que 85% de las personas apoya una prohibición mundial de los plásticos de un solo uso. 2024 2024. <https://www.wwf.org.mx/?387837/Encuesta-revela-que-85-de-las-personas-apoya-una-prohibicion-mundial-de-los-plasticos-de-un-solo-uso> (accessed August 25, 2025).
- Otto S, Strenger M, Maier-Nöth A, Schmid M. Food packaging and sustainability – Consumer perception vs. correlated scientific facts: A review. *J Clean Prod* 2021;298:126733. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126733>.
- de Paula LCP, Alves C. Food packaging and endocrine disruptors. *J Pediatr (Rio J)* 2024;100:S40–7. <https://doi.org/10.1016/J.JPED.2023.09.010>.
- Phan S, Padilla-Gamiño JL, Luscombe CK. The effect of weathering environments on microplastic chemical identification with Raman and IR spectroscopy: Part I. polyethylene and polypropylene. *Polym Test* 2022;116:107752. <https://doi.org/10.1016/J.POLYMERTESTING.2022.107752>.