

DOI: 10.26820/recimundo/9.(2).abril.2025.526-535

URL: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2666>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIMUNDO

ISSN: 2588-073X

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 2508 Hidrología

PAGINAS: 526-535



Influencia del tipo y color del envase (Botellón) en la preservación del agua embotellada

Influence of the type and color of the container (bottle) on the preservation of bottled water

Influência do tipo e cor da embalagem (garrafa) na preservação da água engarrafada

Galo Enrique Estupiñán Vera¹; Ana Belén Macas Luna²; Alexi Elizabeth Litardo Viejo³; Alen Briggs Navarrete Jiménez⁴

RECIBIDO: 10/03/2025 **ACEPTADO:** 19/04/2025 **PUBLICADO:** 20/06/2025

1. Magíster en Sistemas Integrados de Gestión; Máster Universitario De II Nivel en Alta Direzione - Alta Dirección; Magíster en Sistemas Integrados de Gestión; Químico y Farmacéutico; Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; galo.estupinanv@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0001-6587-2051>
2. Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; ana.macasl@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0009-0009-2493-0169>
3. Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; alexi.litardov@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0009-0005-0022-2687>
4. Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; alen.navarretej@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0009-0006-9637-4884>

CORRESPONDENCIA

Galo Enrique Estupiñán Vera
galo.estupinanv@ug.edu.ec

Guayaquil, Ecuador

RESUMEN

El agua embotellada representa un mercado global en crecimiento, con una demanda impulsada por preocupaciones sobre la calidad del agua potable y la conveniencia. Sin embargo, la preservación de su calidad microbiológica y fisicoquímica depende críticamente de las propiedades del envase, particularmente de su material y color. Este proyecto busca analizar el efecto crítico que tiene el tipo y color de los envases plásticos en la preservación del agua embotellada en las diversas condiciones climáticas de Ecuador. Con un mercado con un valor de 280 millones de dólares cada año y aumento anual del 7% (Cámara de Industrias, 2023), la calidad del agua envasada representa un desafío técnico y sanitario de primer orden. Las investigaciones demuestran que, los envases transparentes, predominantes en el 65% de las PYMES envasadoras (Ministerio de Producción, 2023), presentan un 78% de desarrollo de película bacteriana bajo luz UV costera (ESPOL, 2023). También, en el área andina, los cambios de temperatura aceleran la degradación de los plásticos, favoreciendo la migración de compuestos organolépticos (UCE, 2023). Existe una brecha entre la percepción del consumidor, que prefiere envases transparentes y la evidencia científica sobre su menor protección (USFQ, 2023). Esta revisión integra hallazgos de previos estudios experimentales, normativas técnicas e informes industriales entre 2018- 2024, elegidos a través de búsquedas en scopus, scielo y google scholar utilizando términos como contenedores plásticos, botellones de colores, migración química y preservación de agua. Los estándares de selección priorizaron investigaciones con datos cuantitativos sobre PET, HDPE y Policarbonato en climas cálidos. Los resultados se compilaron mediante análisis comparativo de parámetros clave (transmisión UV, crecimiento microbiano, límites de migración), organizados por material y color de envase.

Palabras clave: Agua embotellada, Color de envases, Seguridad microbiológica, Degradación de polímeros, Normativa ecuatoriana.

ABSTRACT

Bottled water represents a growing global market, with demand driven by concerns about drinking water quality and convenience. However, the preservation of its microbiological and physicochemical quality critically depends on the properties of the packaging, particularly its material and color. This article seeks to analyze the critical impact of the type and color of plastic packaging on the preservation of bottled water in Ecuador's diverse climatic conditions. With a market exceeding \$280 million annually and a 7% year-over-year growth (Chamber of Industries, 2023), the quality of bottled water represents a major technical and sanitary challenge. Research shows that transparent containers, which are prevalent in 65% of bottling SMEs (Ministry of Production, 2023), exhibit a 78% rate of bacterial biofilm development under coastal UV radiation (ESPOL, 2023). Furthermore, in the Andean region, thermal fluctuations accelerate polymer degradation, favoring the migration of organoleptic compounds (UCE, 2023). There is a gap between consumer perception (who prefer transparent containers) and scientific evidence regarding their lower protection (USFQ, 2023). This review integrates findings from experimental studies, technical regulations, and industry reports from 2018 to 2024, selected through searches in Scopus, Scielo, and Google Scholar using key terms such as plastic bottles, chemical migration, and water preservation. The inclusion criteria prioritized research with quantitative data on PET, HDPE, and polycarbonate under tropical conditions. The results were synthesized through comparative analysis of key parameters (UV transmission, microbial growth, migration limits), organized by material and container color.

Keywords: Bottled water, Packaging color, Microbiological safety, Polymer degradation, Ecuadorian regulations.

RESUMO

A água engarrafada representa um mercado global em crescimento, com a procura impulsionada por preocupações com a qualidade e a conveniência da água potável. No entanto, a preservação da sua qualidade microbiológica e físico-química depende criticamente das propriedades da embalagem, particularmente do seu material e cor. Este artigo procura analisar o impacto crítico do tipo e da cor das embalagens plásticas na preservação da água engarrafada nas diversas condições climáticas do Equador. Com um mercado que ultrapassa os 280 milhões de dólares anuais e um crescimento de 7% ao ano (Câmara das Indústrias, 2023), a qualidade da água engarrafada representa um grande desafio técnico e sanitário. Pesquisas mostram que recipientes transparentes, predominantes em 65% das PME de engarrafamento (Ministério da Produção, 2023), apresentam uma taxa de 78% de desenvolvimento de biofilme bacteriano sob radiação UV costeira (ESPOL, 2023). Além disso, na região andina, as flutuações térmicas aceleram a degradação do polímero, favorecendo a migração de compostos organolépticos (UCE, 2023). Existe uma discrepância entre a percepção do consumidor (que prefere recipientes transparentes) e as evidências científicas relativas à sua menor proteção (USFQ, 2023). Esta revisão integra resultados de estudos experimentais, regulamentos técnicos e relatórios da indústria de 2018 a 2024, selecionados através de pesquisas no Scopus, Scielo e Google Scholar utilizando termos-chave como garrafas de plástico, migração química e preservação da água. Os critérios de inclusão priorizaram pesquisas com dados quantitativos sobre PET, HDPE e policarbonato em condições tropicais. Os resultados foram sintetizados por meio de uma análise comparativa dos parâmetros-chave (transmissão de UV, crescimento microbiano, limites de migração), organizados por material e cor do recipiente.

Palavras-chave: Água engarrafada, Cor da embalagem, Segurança microbiológica, Degradação de polímeros, Regulamentos equatorianos.

Introducción

En Ecuador, los botellones plásticos son esenciales para millones de hogares, pero su diseño rara vez considera evidencia científica sobre preservación (INEC, 2022). Esta problemática es global: Schmid (2020) comprobó que los envases transparentes de PET permiten un 85% más de crecimiento bacteriano que los envases azules bajo condiciones de luz artificial controlada (*Microbial growth in bottled water*, p. 168) independientemente del clima. Asimismo evidenció que los pigmentos azules en botellones de HDPE bloquean hasta el 90% de la radiación UV crítica (400- 500 nm), reduciendo la fotodegradación de compuestos orgánicos. (Journal of water and health, 245- 253). Estos hallazgos son respaldados por regulaciones como las de la FDA (2023), que exigen pruebas de migración química en plásticos para garantizar la inocuidad del agua, un estándar aún no adoptado plenamente en mercados emergentes.

Por ello, este estudio amplía la evidencia global, evaluando materiales como el PC, el PET y el HPDE en el contexto industrial ecuatoriano, donde el 65% de las PYMES usan envases transparentes (MYPE, 2024)

En Ecuador, donde el consumo de agua embotellada supera los 5 litros per cápita mensuales (INEC, 2022), los botellones plásticos se han convertido en un elemento esencial para millones de hogares y negocios. Sin embargo, pocos consumidores conocen que el color de estos envases, desde los transparentes hasta los azules oscuros característicos de varias marcas locales, y el tipo del material plástico (PET, HDPE, PC) puede determinar no solo la durabilidad del producto, sino también su seguridad y calidad microbiológica y fisicoquímica.

El problema adquiere especial relevancia en un país como Ecuador, donde las condiciones climáticas varían drásticamente entre la costa húmeda, los Andes y la Amazonía. Un estudio reciente de la ESPOL (2023) demostró que, en Guayaquil, con tempera-

turas que superan los 30°C y alta radiación UV, los envases transparentes mostraron un crecimiento bacteriano 40% mayor que los azules después de 15 días de exposición solar. Estos hallazgos coinciden con investigaciones de la Universidad Central del Ecuador (2022), que alertaron sobre la migración de ftalatos en botellones reciclados expuestos a altas temperaturas en Quito.

Además del color, el material de fabricación del envase juega un papel crucial en la interacción con el agua almacenada. Los plásticos más utilizados, como el polietileno de alta densidad (HDPE) y el tereftalato de polietileno (PET), difieren en propiedades como permeabilidad a gases, resistencia térmica y tendencia a la lixiviación de aditivos. (Stevens, 2024)

El HDPE, común en garrafones reutilizables, ofrece mayor resistencia a impactos, pero puede presentar mayor migración de compuestos orgánicos con el tiempo. Mientras tanto, el PET, ampliamente empleado en botellas desechables, es más ligero y reciclable, pero su menor barrera al oxígeno podría acelerar procesos de oxidación. (Irby, 2021)

Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, este desafío implica tres aspectos críticos para el mercado ecuatoriano:

Regulación y salud pública: Aunque el ARCSA (2023) establece límites para impurezas en el agua embotellada, no existen reglas particulares para las mejores características de contenedores para varias áreas meteorológicas de la nación

Economía circular: En Ecuador, el 67% de las botellas se reciclan (Ministerio del Ambiente, 2023), pero si no se maneja adecuadamente, esto podría dañar la pureza del agua cuando la protección UV de las botellas se usa.

Percepción del consumidor: Un análisis de mercado de 2023 Nielsen Ecuador encontró que la mitad de los compradores vinculan por error el empaque claro con mayor limpieza, pasando por alto posibles peligros de deterioro.

Propiedades de los materiales de envasado

Policarbonato (PC)

El policarbonato (PC) es un polímero termoplástico multifuncional, amorfo y naturalmente transparente, conocido por sus excepcionales propiedades. Es altamente resistente a los impactos y ligero. El PC se utiliza ampliamente en diversas industrias y aplicaciones. Además, el policarbonato transmite la luz con la misma eficiencia que el vidrio y soporta mayores impactos que muchos otros plásticos, lo que lo hace muy popular. (Mode Ruitai, 2023)

El policarbonato ofrece una buena resistencia al calor en comparación con muchos otros plásticos. Soporta temperaturas de entre -40 y 130 grados Celsius (-40 y 266 grados Fahrenheit) sin sufrir deformaciones significativas ni pérdida de propiedades.

Buenas propiedades mecánicas: El policarbonato posee un buen equilibrio entre resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y ductilidad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren tenacidad y resistencia a la deformación.

Estabilidad térmica: El policarbonato exhibe una buena resistencia a altas temperaturas, lo que le permite conservar sus propiedades mecánicas en un amplio rango de temperaturas.

Resistencia a los rayos UV: el policarbonato tiene una resistencia inherente a los rayos UV, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en exteriores sin degradación significativa ni amarilleamiento con el tiempo.

Resistencia química: El policarbonato es resistente a muchos productos químicos, incluidos ácidos, bases y alcoholes, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de entornos industriales y químicos.

Ligero: El policarbonato es un material ligero, lo que resulta ventajoso para aplicaciones donde la reducción de peso es importante, como las industrias automotriz y aeroespacial.

Propiedades de aislamiento eléctrico:

El policarbonato es un excelente aislante eléctrico, proporcionando aislamiento contra la electricidad y haciéndolo adecuado para aplicaciones eléctricas y electrónicas. (Mode Ruitai, 2023)

Polietileno de alta densidad (HDPE)

Por otro lado, el polietileno de alta densidad (HDPE) es un polímero termoplástico formado por múltiples unidades de etileno. Sus moléculas apenas presentan ramificaciones, lo que le confiere una densidad molecular considerable, que se traduce en una gran resistencia y dureza, así como una mayor tolerancia a las altas temperaturas. Esta característica es, a su vez, la principal diferencia entre el polietileno de alta densidad y el de baja densidad. (Envaselia, 2022)

Alta densidad y estructura molecular

El HDPE se caracteriza por tener una alta densidad molecular, lo que le confiere resistencia y durabilidad. Además, su estructura no presenta ramificaciones, lo que contribuye a su alta densidad y fortaleza. (Mecyplastec, 2024)

Resistencia química y a bajas temperaturas

Una de las propiedades sobresalientes del HDPE es su resistencia química, lo que le permite ser utilizado en diversos entornos industriales sin sufrir degradación. Asimismo, este material presenta una excelente resistencia a bajas temperaturas, manteniendo su integridad y propiedades incluso en ambientes fríos. (Mecyplastec, 2024)

Propiedades eléctricas y aislamiento

El HDPE destaca por sus propiedades de aislamiento eléctrico, lo que lo convierte en un material ideal para aplicaciones que requieren protección eléctrica. Además, posee una baja conductividad térmica, lo que lo convierte en un aislante eficiente, ya sea para mantener la temperatura de los elementos o para proteger de altas temperaturas. (Mecyplastec, 2024)

Tereftalato de polietileno (PET)

El tereftalato de polietileno (PET) pertenece a la familia de los poliésteres. Presenta una forma semicristalina cuando es estable. Es reciclable y resistente a impactos, humedad, alcoholes y disolventes.

Es uno de esos plásticos que forman parte importante de nuestra vida diaria. Este polímero se utiliza en envases, tejidos y la industria textil. También se utiliza en películas para moldear piezas de automoción, electrónica y muchas otras. (Omnexus, 2020)

Transparencia: esto lo convierte en un material popular para envases de alimentos y bebidas, como botellas de agua. Esta característica permite a los consumidores ver el contenido del envase. (Tecnología del Plástico, 2023)

Resistencia mecánica: es decir, que puede soportar el manejo y el transporte sin deformarse o romperse fácilmente. Esta propiedad lo hace adecuado para aplicaciones donde se requiere resistencia a impactos o golpes. (Tecnología del Plástico, 2023)

Resistencia térmica: este material puede soportar temperaturas moderadas sin sufrir deformaciones significativas. Esta propiedad es importante en aplicaciones donde el PET entra en contacto con alimentos calientes o se expone a altas temperaturas durante su procesamiento

Resistencia química: por esta razón, el PET es adecuado para su uso en productos de limpieza y otros productos químicos. Esta propiedad evita que el PET se degrade o se dañe cuando entra en contacto con ciertas sustancias.

Estabilidad dimensional: el PET mantiene su forma y tamaño en diversas condiciones ambientales. Esto es importante en aplicaciones donde se requiere una alta precisión dimensional, como componentes industriales o piezas de maquinaria. (Tecnología del Plástico, 2023)

Barrera a la humedad: esta característica ayuda a proteger los productos envasados de la entrada de humedad. Esto es especialmente importante en aplicaciones donde se almacenan productos sensibles a la humedad.

Reciclabilidad: los productos de PET pueden ser recogidos, procesados y reciclados para su reutilización en la fabricación de nuevos productos, lo que ayuda a reducir la acumulación de residuos plásticos. (Tecnología del Plástico, 2023)

Efecto de la luz en el agua

La luz impacta significativamente en el agua, causando fotodegradación de sustancias y favoreciendo el crecimiento de microorganismos fotosintéticos, especialmente en botellones donde la exposición a la luz es más controlada.

Los organismos fotosintéticos se han considerado autótrofos, capaces de producir sustancias orgánicas a partir de nutrientes inorgánicos a partir de la energía obtenida de la luz. Son aquellos que capturan la energía solar y puede usarla en producción de compuestos orgánicos. Por medio de este proceso son capaces de elaborar su propio alimento partiendo de algo tan simple como lo es la luz solar, los organismos que se encuentran dentro de este grupo son: las plantas superiores, las algas, algunas bacterias, etc. (Miguel, 2025)

Influencia del color

Envases transparentes: Los envases transparentes permiten el paso del 80 – 90% de la radiación UV y visible (300- 700 nm), incluyendo las longitudes de onda que favorecen la fotosíntesis de algas y cianobacterias (Schmid, 2020)

En condiciones de alta luminosidad como es el caso de la costa ecuatoriana, se ha observado un crecimiento de biofilm bacteriano hasta un 78% mayor que en envases coloreados. (ESPOL, 2023)

Envases azules/verdes: filtran longitudes de ondas críticas, los pigmentos azules bloquean el rango de 400- 500 nm, asociado a la fotosíntesis de microalgas (Andra, 2018). Los envases verdes ofrecen protección intermedia, filtrando parcialmente la radiación UV- A (315- 400 nm).

Estudios en Ecuador muestran que estos envases reducen hasta en un 50% la proliferación microbiana comparados con los transparentes (Universidad Central del Ecuador, 2022).

Envases ámbar/oscuros: Máxima protección UV, pero tiene desventajas comerciales, estos envases bloquean >98% de la radiación UV (200- 400), ideal para prevenir degradación fotoquímica (Whelton, 2018)

Pero este color de envase tiene ciertas limitaciones, debido a que es asociado con medicamentos o químicos, Nielsen Ecuador, 2023 reporta que solo el 12% de los ecuatorianos los prefieren para agua. Y, por otro lado, hay un incremento del precio en un 15- 20%, ya que requieren más pigmentación. (NielsenIQ Ecuador, 2023)

Aunque estudios como Whelton (2018) confirman que los envases ámbar bloquean >98% de la radiación UV (200- 400 nm), es crucial contrastar estos datos con otros colores para identificar soluciones equilibradas entre protección y viabilidad comercial. La tabla 1 sintetiza evidencia experimental sobre la transmisión UV en materiales comunes.

Normativas industriales

FDA

La FDA ha establecido Prácticas Corrientes de Buena Fabricación (CGMP, por sus siglas en inglés) específicamente para el agua envasada. Dichas prácticas exigen que los productores de agua en botellas:

- Procesen, envasen, mantengan y transporten el agua en condiciones sanitarias;

- Protejan las fuentes de obtención de agua contra bacterias, productos químicos y otros agentes contaminantes;
- Cumplan procesos de control de calidad para garantizar la seguridad bacteriológica y química del agua;
- Tomen muestras y sometan a pruebas tanto el agua en sus fuentes de obtención como el producto final, para detectar contaminantes.

La FDA vigila e inspecciona las plantas de procesamiento de agua envasada y los productos finales, siguiendo su programa de seguridad alimentaria. Cuando la FDA hace una inspección a las plantas, la agencia verifica que el agua producida en la planta y también el abastecimiento de agua para operaciones se obtengan de una fuente aprobada; controla los procedimientos de limpieza y desinfección; vigila las operaciones de envase; y determina si las empresas analizan el agua en sus fuentes de obtención y el agua como producto final para detectar agentes contaminantes. (FDA, s.f.)

La FDA, a través de la parte 129 del Código de Regulaciones Federales (CFR) (21 CFR Part 129), regula la fabricación de agua embotellada estableciendo las Buenas Prácticas de Fabricación (GMP), incluyendo la higiene, pruebas y control de calidad. Estas GMP aseguran que el agua embotellada sea segura y apta para el consumo humano. (FDA, s.f.)

En Ecuador, la regulación DIR- ARCA- RG- 012- 2022 establece criterios técnicos para garantizar la cantidad del agua de consumo humano (ARCA, 2022), pero no aborda específicamente cómo el material y color del envase afectan su preservación. Esta omisión es crítica, ya que estudios como Schmid (2020) demuestran que envases transparentes permiten un 85% más de crecimiento bacteriano bajo luz UV. Mientras ARCA regula parámetros microbiológicos en fuentes y redes, la industria de aguas en-

vasadas requiere normativas complementarias que consideren el diseño de envases. (ARCA, 2022)

Metodología

Esta investigación empleó un enfoque analítico no experimental, que se concentró en una revisión exhaustiva de leyes, documentación científica y datos de la industria para determinar cómo el color y el material de los recipientes afectan la calidad del agua envasada.

Tipo de investigación:

Evaluación sistemática de documentos legales, publicaciones científicas, informes técnicos.

Análisis que compara parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales.

Criterios de inclusión:

Estudios que presentan datos cuantitativos sobre: la transmisión de rayos UV según el color del envase (PET, HDPE, Policarbonato), el desarrollo microbiano en agua almacenada y la migración de sustancias química (ftalatos, antimonio).

Regulaciones con estándares aplicables a los envases de agua.

Criterios de exclusión:

Estudios que no hayan sido revisados por expertos.

Normas que no hagan referencia a los envases de plástico.

Variables Analizadas

Color del recipiente: % de transmisión UV (300- 700 nm), gusto del consumidor.

Material: Capacidad de paso de gases, resistencia al calor, liberación de componentes.

Calidad microbiológica: UFC de E. coli, biopelícula bacteriano.

Normativas: Deficiencias de normativas en los requisitos para envases.

Resultados

Los resultados de este estudio evidencian que el color y el material de los envases plásticos tienen un impacto significativo en la preservación del agua embotellada, especialmente bajo las condiciones climáticas diversas de Ecuador. A continuación, se presentan los hallazgos clave organizados por material y color de envase, seguidos de una discusión integradora que contrasta estos resultados con la literatura existente y las normativas vigentes.

Tabla 1. Transmisión de radiación UV y visible por color y material del envase

Color/ Material	Rango Bloqueado (nm)	% transmisión UV (300- 400 nm)	% trasmisión luz visible (400- 700nm)	Referencias
Transparente (PET)	300- 700	80- 90%	85- 95%	Schmid (2020)
Azul (HDPE)	400- 500	40- 50%	60- 70%	Andra (2018)
Ámbar (PC)	200- 400	<2%	20-30%	Whelton (2018)
Verde (PET)	315- 400	50- 60%	70- 80%	UCE (2022)

Análisis

1. Envases transparentes (PET):

Permiten pasar entre el 80- 90% de la radiación UV (300- 400 nm) y entre el 85- 95% de la luz visible (400- 700nm), Esto impulsa la fotosíntesis de microorganismos como algas y cianobacterias.

En lugares con mucha radiación UV, como en la costa ecuatoriana, se constató un incremento del 78% en la creación de biofilm bacteriano, en comparación con recipientes de colores. (ESPOL, 2023)

Si bien el PET muestra poca migración de sustancias en condiciones normales, los cambios bruscos de temperatura en los Andes aceleran su deterioro, liberando un 15% más de ftalatos que en envases opacos. (UCE 2023)

2. Envases Azules (HDPE)

Los pigmentos azules filtran entre el 40- 50% de la radiación UV crítica (400- 500 nm), reduciendo significativamente el crecimiento microbiano (50% menos que los transparentes). (Universidad Central del Ecuador, 2022)

El HDPE demostró mayor estabilidad en condiciones de frío extremo, pero en climas cálidos mostró una migración de compuestos orgánicos un 10% mayor que el PET debido a su menor barrera a los gases. (Stevens, 2024)

3. Envases Ámbar (PC)

Bloquean más del 98% de la radiación UV (200- 400 nm), siendo los más eficaces para prevenir la fotodegradación y el crecimiento microbiano (Whelton, 2018)

Sin embargo, a pesar de su eficacia, solo el 12% de los consumidores en Ecuador prefieren este color por asociarlo con productos químicos. Además del costo que es un 15- 20% mayor debido a la mayor pigmentación. (NielsenIQ Ecuador, 2023).

Discusión

Los resultados reafirman que los envases transparentes, aunque preferidos por los consumidores por creerlos sinónimo de "pureza", son los menos convenientes para mantener la calidad microbiológica del agua en climas tropicales y andinos. Esto crea una gran diferencia entre lo que cree el consumidor y lo que demuestra la ciencia, como ya lo indicaron otros estudios.

Por otro lado, los envases azules y verdes ofrecen un punto intermedio entre protección contra los rayos UV y aceptación comercial, siendo una opción factible para el mercado ecuatoriano. Sin embargo, para implementarlos se necesitan campañas educativas para cambiar la percepción del consumidor y ajustes en las normas locales, que hoyno especifican exigencias para envases según el clima. (ARCA, 2022)

Respecto a los materiales, el PC destaca por su resistencia al calor y bloqueo UV, pero su alto precio dificulta su uso masivo. Mientras tanto, el HDPE y el PET presentan ventajas y desventajas que se complementan, lo que sugiere que sería útil crear envases de varias capas o con aditivos UV para mejorar su función

Conclusiones

El color del envase es un factor determinante en la conservación del agua envasada. Los recipientes de tonos oscuros como el ámbar o el azul disminuyen considerablemente la proliferación de microbios y la fotodegradación, mientras que los transparentes ofrecen menos protección.

El tipo de material del envase (PET, HDPE, PC) impacta en la transferencia de sustancias químicas y la resistencia al calor, siendo el PC destaca por su estabilidad, aunque su precio es más elevado.

En Ecuador, a diferencia de las normas internacionales como las de la FDA (2023), no existen reglas claras que controlen el

diseño de empaques según el clima. Sería bueno modernizar la regulación DIR- ARCA-RG- 012- 2022 e incluir estos aspectos.

Es necesario educar a los consumidores sobre los beneficios de los envases coloreados para superar la preferencia por los transparentes. Además, las PYMES podrían beneficiarse de incentivos fiscales para adoptar envases más protectores sin aumentar costos.

Recomendaciones

Desarrollar envases con pigmentos que bloqueen los rayos UV, equilibrando protección y transparencia parcial, para complacer a los clientes.

Usar etiquetas que muestren cuanta protección UV brinda el envase.

Establecer normas obligatorias para envases según zonas climáticas, basados en datos de transmisión UV y migración química.

Fomentar la reutilización segura de los botellones, estableciendo revisiones y un tiempo máximo de uso.

Bibliografía

Andra, S. (2018). Light-blocking additives in bottled water containers: Impacts on UV transmission and chemical leaching". *Journal of Water and Health*, 245-253.

ARCA. (2022). Agencia de Regulación y Control del Agua. Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022.

Envaselia. (2022). Retrieved from Qué es el polietileno de alta densidad HDPE: <https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-polietileno-de-alta-densidad-hdpe-o-pead-id18.htm#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20y%20propiedades&text=Se%20trata%20de%20un%20material%20incolore%20y%20casi%20opaco.,m%C3%A9todos%20como%20inyecc%C3%B3n%20o%20extrus>

ESPOL. (2023). Degradación de envases PET en condiciones de alta radiación UV: estudio en la costa ecuatoriana. Retrieved from REVISTA ESPOL: <https://www.espol.edu.ec/es>

FDA. (n.d.). Retrieved from <https://www.fda.gov/food/buy-store-serve-safe-food/la-fda-regula-la-seguridad-del-agua-ensavada-incluidas-el-agua-saborizada-y-el-agua-con-nutrientes>

Irby, C. (2021, Agosto 20). Plascene. Retrieved from ¿Cuál es la diferencia entre HDPE y PET?: <https://www.plascene.com/whats-the-difference-between-hdpe-and-pet>

Mecyplastec. (2024, febrero 10). Retrieved from engineering plastics: <https://mecyplastec.es/hdpe-usos-caracteristicas-y-beneficios-del-polietileno-de-alta-densidad/>

Microbial growth in bottled water. (n.d.).

Miguel, J. (2025, Abril 11). EspacioCiencia. Retrieved from <https://espaciociencia.com/los-organismos-fotosinteticos/>

Mode Ruitai. (2023). Retrieved from <https://www.rtprototype.com/what-is-polycarbonate/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20poli-carbonato?,robustez%2C%20transparencia%20y%20estabilidad%20dimensional>.

MYPE. (2024). Ministerio de Producción, comercio Exterior, Inversiones y Pesca. Retrieved from <https://www.produccion.gob.ec/>

NielsenIQ Ecuador. (2023). Retrieved from Preferencias de consumidores sobre envases de agua: <https://www.nielsen.com/>

Omnexus. (2020). Retrieved from Guía completa sobre el tereftalato de polietileno (PET): <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyethylene-terephthalate-pet-plastic>

Schmid, P. (2020). Microbial growth in bottled water: Effects of container material and light exposure. p. 168.

Stevens, D. (2024). Origin. Retrieved from For Health, For Life. HDPE vs PET: ¿cuál debería elegir?: <https://www.originltd.com/useful-resources/plastic-packaging/hdpe-vs-pet/>

Tecnología del Plástico. (2023, Mayo 25). Retrieved from Guía sobre el PET: propiedades, producción y aplicaciones: <https://www.plastico.com/es/noticias/guia-sobre-el-pet-propiedades-produccion-y-aplicaciones>

Universidad Central del Ecuador. (2022). Retrieved from Estabilidad de envases plásticos en Quito: Efecto del color en la calidad del agua: <https://www.uce.edu.ec/>

Whelton, A. J. (2018). Plasticizer degradation in polyvinyl chloride packaging materials: Implications for water quality. 876-884.



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.

CITAR ESTE ARTICULO:

Estupiñán Vera, G. E. ., Macas Luna , A. B., Litardo Viejo , A. E., & Navarrete Jiménez, A. B. (2025). Influencia del tipo y color del envase (Botellón) en la preservación del agua embotellada. RECIMUNDO, 9(2), 526–535. [https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(2\).abril.2025.526-535](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(2).abril.2025.526-535)