

## Análisis de los retos de las nuevas tecnologías en envases tecnológicos para una embotelladora de agua

### *Analysis of the challenges posed by new technologies in high-tech packaging for a water bottling company*

Natali Rocío Velasco Guerra<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior Quito Metropolitano. Carán N3-195 y Calle B (Nueva Tola 2) Quito, Ecuador;  
[nvelasco@itsqmet.edu.ec](mailto:nvelasco@itsqmet.edu.ec)

**Resumen:** En la industria embotelladora de agua purificada, el envase es un elemento clave que influye en la inocuidad alimentaria, la conservación del producto y el impacto ambiental. Tradicionalmente, el PET ha sido el material predominante por su estabilidad química, resistencia mecánica y bajo costo. No obstante, el aumento de la conciencia ambiental y las exigencias actuales han impulsado el desarrollo de envases tecnológicos como rPET, bioplásticos, biodegradables, inteligentes y multicapa. Este estudio tuvo como objetivo analizar la influencia de los envases tecnológicos frente a los tradicionales mediante la comparación de la degradación ambiental, la conservación del agua purificada y la migración del material. La metodología consistió en un análisis comparativo documental técnico-científico basado en literatura, normativas alimentarias y análisis de envases. Los resultados indican que los envases tecnológicos ofrecen mejores propiedades de barrera y sostenibilidad ambiental, mientras que el PET convencional presenta alta estabilidad química y baja migración. Se concluye que la selección del envase influye significativamente en las empresas embotelladoras.

**Palabras clave:** Envases tecnológicos; tecnología; conservación de alimentos; impacto ambiental.

**Abstract:** *In the purified water bottling industry, packaging is a key factor influencing food safety, product preservation and environmental impact. Traditionally, PET has been the predominant material due to its chemical stability, mechanical strength and low cost. However, growing environmental awareness and current demands have driven the development of advanced packaging materials such as rPET, bioplastics, biodegradable, smart and multilayer packaging. The aim of this study was to analyse the influence of advanced packaging materials compared to traditional ones by comparing environmental degradation, purified water preservation and material migration. The methodology consisted of a comparative technical-scientific literature review based on scientific literature, food regulations and packaging analysis. The results indicate that advanced packaging offers better barrier properties and environmental sustainability, whilst conventional PET exhibits high chemical stability and low migration. It is concluded that the choice of packaging has a significant influence on bottling companies.*

**Keywords:** Technological packaging; technology; food preservation; environmental impact.

ÉLITE 2026, Vol. 8, Num. 1  
ISSN: 2600-5875

Recibido: 01/02/2026  
Revisado: 21/02/2026  
Aceptado: 15/03/2026  
Publicado: 28/03/2026

## I. INTRODUCCIÓN

La industria embotelladora de agua purificada representa uno de los sectores con mayor crecimiento dentro del ámbito alimentario, debido al incremento de estilos de vida saludables y la demanda de productos inocuos, seguros y de alta calidad sanitaria. Este crecimiento no solo responde a necesidades de consumo, sino también a mayores exigencias normativas relacionadas con la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y el control de calidad en los procesos industriales. En este contexto, las empresas embotelladoras deben garantizar que el producto conserve sus características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas desde su envasado hasta su consumo final, lo cual convierte al envase en un componente tecnológico fundamental dentro del sistema productivo.

En las plantas embotelladoras de agua purificada, el envase no solo cumple la función básica de contención del producto, sino que también actúa como una barrera tecnológica que protege al producto frente a factores físicos, químicos y microbiológicos que pueden alterar su calidad, estabilidad e inocuidad durante el almacenamiento y la distribución. Tomando en cuenta esto, el sistema envase-producto debe analizarse como una interacción de múltiples variables fisicoquímicas, en la cual las propiedades del polímero, la permeabilidad a gases, la estabilidad térmica, la resistencia a la radiación UV y la migración de compuestos influyen directamente en la conservación del agua purificada.

A diferencia de otros alimentos, el agua purificada presenta una composición química estable sin embargo al ser un producto que solubiliza gran cantidad de solutos, lo vuelve altamente sensible a la

contaminación externa y a la transferencia de sustancias provenientes del material de envase. Por esta razón, la inocuidad alimentaria en el sector embotellador está estrechamente relacionada con la interacción entre el envase y el producto, especialmente en lo que respecta al fenómeno de migración material del envase al alimento, el cual depende de factores como el tipo de polímero, el tiempo de contacto, las condiciones de almacenamiento y las características del proceso industrial. Desde otra perspectiva, un envase adecuado debe presentar estabilidad estructural, baja reactividad química y niveles mínimos de migración conforme a las normativas de contacto alimentario.

Desde hace mucho tiempo, el tereftalato de polietileno (PET) convencional ha sido el material más utilizado en las empresas embotelladoras de agua purificada debido a su transparencia, ligereza, resistencia mecánica, facilidad de procesamiento mediante moldeo por soplado y elevada estabilidad química frente a alimentos líquidos. Estas propiedades permiten mantener la calidad del producto durante su almacenamiento, transporte y comercialización, optimizando además la eficiencia operativa de las líneas de producción. No obstante, su lenta degradación ambiental, que puede superar los 100 años, ha generado preocupaciones significativas relacionadas con la sostenibilidad y la acumulación de residuos plásticos, problemática que actualmente enfrenta la industria alimentaria a nivel mundial.

En el contexto industrial, las empresas embotelladoras deben equilibrar simultáneamente la inocuidad del producto, la eficiencia del proceso productivo y la responsabilidad ambiental. La gestión de envases plásticos, su reciclabilidad y su impacto dentro del ciclo de vida del producto se han convertido en

factores estratégicos para la competitividad y sostenibilidad del sector. En este sentido, el uso exclusivo de envases tradicionales sin un análisis técnico comparativo puede limitar la adopción de tecnologías más sostenibles y eficientes desde el punto de vista ambiental y sanitario.

Como respuesta a estas exigencias tecnológicas y ambientales, la innovación en materiales de envasado ha impulsado el desarrollo de envases tecnológicos, entre los que destacan el PET reciclado (rPET), los bioplásticos como el ácido poliláctico (PLA), los envases biodegradables, los envases inteligentes y las estructuras multicapa de alta barrera. Estos materiales buscan optimizar simultáneamente la conservación del producto, reducir la transferencia de compuestos químicos al alimento y disminuir el impacto ambiental asociado al ciclo de vida del envase, integrando principios de sostenibilidad y economía circular dentro de la industria embotelladora.

Los envases tecnológicos presentan mejoras en propiedades de barrera frente a oxígeno, humedad, luz y contaminantes externos, lo que influye directamente en la estabilidad fisicoquímica del agua purificada. La permeabilidad del material de envase, la difusión molecular y la compatibilidad química con el producto son variables críticas que determinan la vida útil y la calidad sanitaria del agua embotellada, especialmente en condiciones reales de almacenamiento y distribución.

En el caso específico de la empresa EQUIM, dedicada al embotellado de agua purificada, la selección del material de envase representa una decisión estratégica que incide directamente en la calidad del producto final, el cumplimiento de normativas de inocuidad alimentaria, la eficiencia del proceso industrial y la

responsabilidad ambiental corporativa. Las condiciones operativas propias de una embotelladora, como el llenado automatizado, el sellado, el almacenamiento en bodega, la exposición a variaciones de temperatura y la logística de distribución, requieren envases con adecuada estabilidad estructural y propiedades de barrera que garanticen la conservación del producto en condiciones seguras.

A pesar de los avances tecnológicos en materiales de envasado, en muchas empresas embotelladoras aún predomina el uso de envases tradicionales de PET convencional, principalmente por su disponibilidad industrial, costo y desempeño funcional. Sin embargo, esta elección suele realizarse sin un análisis técnico integral que considere simultáneamente el grado de degradación ambiental del material, su influencia en la conservación del agua purificada, en mantener la inocuidad del producto y la posible migración de compuestos hacia el alimento, también se toma en cuenta los costos de estos nuevos envases y su disponibilidad en el mercado local. Esta situación evidencia una brecha entre la innovación en envases tecnológicos y su aplicación real en los procesos industriales de embotellado.

El problema científico radica en que la selección del envase en la industria embotelladora no siempre incorpora criterios comparativos relacionados con la sostenibilidad ambiental, la interacción envase-producto y la inocuidad alimentaria, especialmente en productos líquidos como el agua purificada, donde la estabilidad y seguridad dependen directamente de las propiedades del material de envase. En consecuencia, la falta de evaluaciones técnico-científicas puede limitar la optimización del proceso de conservación del producto y el cumplimiento de estándares

ambientales actuales, incluso en Ecuador como la responsabilidad extendida al productor.

En función de lo expuesto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo influyen los envases tecnológicos en la vida útil y el impacto ambiental de los alimentos en comparación con los envases tradicionales en empresas del sector alimentario durante el año 2026?

Por lo tanto, el objetivo general del presente estudio es analizar la influencia de los envases tecnológicos frente a los envases tradicionales mediante la comparación del impacto ambiental, la conservación del alimento en el envase y la migración del material al alimento, y como objetivos específicos: Comparar el ciclo de vida y la degradabilidad de los envases tecnológicos frente al PET tradicional, con el fin de identificar la alternativa que reduzca de forma más efectiva la acumulación de residuos plásticos y Analizar la interacción entre el material del empaque y el agua purificada, enfocándose en la eficacia de las barreras de conservación y en garantizar que los niveles de migración material-alimento se mantengan dentro de los estándares internacionales de inocuidad. Aplicado al contexto productivo de la empresa embotelladora de agua purificada EQUIM. De manera específica, se busca comparar el grado de degradación ambiental de los materiales de envase, evaluar su capacidad de conservación del agua purificada bajo condiciones de almacenamiento y analizar la inocuidad alimentaria mediante el estudio de la interacción envase-producto y la migración material-alimento.

## II. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque técnico-científico de tipo comparativo documental, orientado a analizar el comportamiento de los envases tradicionales y tecnológicos dentro del contexto real de la industria embotelladora de agua purificada, tomando como referencia el proceso productivo de la empresa EQUIM. La elección de esta metodología responde a la necesidad de estudiar la interacción envase-producto desde una perspectiva integral, considerando que el envase no actúa como un elemento aislado, sino como parte de un sistema dinámico que influye directamente en la conservación, inocuidad y sostenibilidad del producto final, adaptándose a los cambios actuales y exigencias legales.

En el entorno industrial de una embotelladora de agua purificada, el material de envase forma parte de las etapas críticas del proceso, que incluyen el llenado, el sellado, el almacenamiento en bodega y la distribución comercial. Estas condiciones operativas generan escenarios reales de contacto prolongado entre el envase y el producto, así como exposición a variaciones de temperatura, radiación lumínica (luz), manipulación logística y tiempos de almacenamiento en percha. Por ello, la metodología se diseñó considerando dichas condiciones como factores representativos del comportamiento del envase durante el ciclo de vida del agua purificada embotellada.

El análisis metodológico se centró en la comparación entre el envase tradicional de tereftalato de polietileno (PET convencional) y diferentes tipos de envases tecnológicos, entre los que se incluyen el PET reciclado (rPET), los bioplásticos como el ácido

poliláctico (PLA), los envases biodegradables, los envases inteligentes y los envases multicapa de alta barrera. La selección de estos materiales se fundamentó en su relevancia actual dentro de la industria alimentaria y en su creciente aplicación en empresas embotelladoras que buscan mejorar tanto la calidad del producto como su desempeño ambiental.

Para garantizar la coherencia con el objetivo del estudio, el análisis se estructuró en torno a tres variables principales: el impacto ambiental, la conservación del agua purificada en el envase y la inocuidad alimentaria asociada a la transferencia del material al alimento. En primer lugar, el impacto ambiental fue abordado desde el grado de degradación de los materiales, considerando su tiempo estimado de permanencia en el ambiente, su reciclabilidad y su comportamiento dentro del ciclo de vida del envase. Este enfoque resulta especialmente relevante en el sector embotellador, donde el uso masivo de envases plásticos genera implicaciones directas en la gestión de residuos y sostenibilidad industrial, para lo cual se usó check list de comparación.

En segundo lugar, la conservación del agua purificada se analizó desde una perspectiva fisicoquímica, considerando que la estabilidad del producto no depende únicamente del tratamiento previo del agua, sino también de las propiedades de barrera del material de envase. En este sentido, se evaluaron aspectos como la permeabilidad a gases, la protección frente a la radiación ultravioleta, la estabilidad estructural del polímero y su capacidad para mantener las características fisicoquímicas del agua durante el almacenamiento. Estos factores están relacionados con fenómenos de transferencia de materia, compatibilidad química entre el envase y el producto, los cuales determinan la vida útil del alimento líquido.

Por otra parte, la inocuidad alimentaria fue analizada mediante el estudio de la interacción envase–producto, especialmente en lo referente a la migración global y específica de compuestos desde el material hacia el agua purificada. Dado que el agua es un producto químicamente estable pero altamente susceptible a la contaminación externa, la posible transferencia de oligómeros, aditivos o compuestos del polímero representa un aspecto crítico dentro de los sistemas de aseguramiento de calidad en empresas embotelladoras. En consecuencia, se consideraron criterios técnicos relacionados con la estabilidad química del material, el tiempo de contacto, las condiciones de almacenamiento y el cumplimiento de normativas de contacto alimentario aplicables a envases para alimentos líquidos.

La recolección de información se llevó a cabo mediante una revisión documental sistemática de literatura científica reciente, normativa internacional de inocuidad alimentaria, análisis de laboratorio de los envases y documentos técnicos relacionados con materiales poliméricos utilizados en el envasado de bebidas. Este proceso permitió integrar conocimientos actualizados sobre propiedades fisicoquímicas de los envases, comportamiento ambiental de los polímeros y desempeño funcional en aplicaciones industriales, asegurando que el análisis se base en evidencia técnica confiable y aplicable al sector embotellador.

Durante el desarrollo metodológico, se consideró el contexto productivo de la empresa EQUIM como referente práctico, ya que sus operaciones de embotellado implican el uso continuo de envases en contacto directo con agua purificada bajo condiciones controladas de llenado, almacenamiento y distribución. Esta acción permitió interpretar los resultados desde una perspectiva aplicada, vinculando

el análisis teórico con la realidad operativa de las empresas embotelladoras, donde la selección del envase incide directamente en la eficiencia del proceso, la calidad del producto y el cumplimiento de estándares sanitarios y ambientales.

Asimismo, el procedimiento metodológico incluyó la identificación de los tipos de envases utilizados en la industria embotelladora, el análisis técnico de sus propiedades estructurales y fisicoquímicas, y la comparación de su desempeño en función de las variables establecidas. Este enfoque comparativo permitió evaluar de manera objetiva las ventajas y limitaciones de los envases tradicionales frente a los tecnológicos, considerando tanto su funcionalidad industrial como su impacto ambiental y sanitario.

Finalmente, es importante señalar que, al tratarse de un estudio comparativo documental técnico-científico, la investigación incluyó solo ciertos ensayos de laboratorio, pero no incluyó ensayos en la planta industrial. Sin embargo, la integración de literatura científica especializada, normativas técnicas y criterios garantiza la validez del análisis y su aplicabilidad al contexto real de empresas embotelladoras de agua purificada como EQUIM, permitiendo obtener una evaluación sólida sobre la influencia de los envases tecnológicos frente a los envases tradicionales en términos de impacto ambiental, conservación del producto e inocuidad alimentaria.

### III. RESULTADOS

Los resultados del presente estudio se analizaron considerando la interacción envase-producto en el contexto del embotellado de agua purificada, con el fin de responder a los objetivos planteados relacionados con el impacto ambiental (grado de degradación), la

conservación del producto en el envase y la inocuidad alimentaria asociada a la migración material-alimento. Para ello, se integraron ensayos reales de migración global, análisis microbiológico y una comparación técnica entre envases tradicionales de PET convencional y envases tecnológicos aplicados en la industria embotelladora.



**Figura 1.** Fachada de la empresa

En primer lugar, el análisis microbiológico del envase evidenció condiciones sanitarias adecuadas del agua purificada, registrándose un recuento de coliformes totales inferior a 0,1 ufc/cm<sup>2</sup> y ausencia de *Salmonella spp*, cumpliendo con los valores de referencia establecidos en normativa sanitaria. Estos resultados reflejan que el envase no presenta una contaminación microbiológica y actúa eficazmente como barrera protectora frente a contaminantes microbiológicos externos, lo que contribuye directamente a la conservación del producto durante su almacenamiento y distribución. Por lo tanto, indica que el material de envase mantiene condiciones de inocuidad y no favorece el desarrollo de microorganismos patógenos, lo cual es fundamental en el embotellado de agua purificada debido a su consumo directo.

**Tabla 1.**

*Resultados del análisis microbiológico del envase tradicional.*

Parámetro	Unidad	Método	Resultado	Valor de referencia	Cumplimiento
Recuento de coliformes totales	ufc/cm <sup>2</sup>	AOAC 2018.13	< 0,1	< 1	Cumple
Detección de Salmonella spp	Ausencia/Presencia	ISO 6579-1	Ausencia	Ausencia	Cumple

En relación con la inocuidad alimentaria y la migración material–alimento, los ensayos de migración global realizados con diferentes simulantes evidenciaron valores entre 0,20 y 0,45 mg/dm<sup>2</sup>, lo que representa una migración baja y controlada del material de envase hacia el medio líquido. Este comportamiento es especialmente relevante en el caso del agua purificada, ya que su composición química estable la hace altamente sensible a la interacción con el material del envase. La baja migración observada indica una adecuada estabilidad del polímero y una interacción fisicoquímica controlada entre el envase y el producto, lo que garantiza la seguridad del sistema de envasado en términos de inocuidad alimentaria.

**Tabla 2.**

*Resultados del test de migración global del material de envase.*

Muestra	Simulante	Resultado (mg/dm <sup>2</sup> )	Interpretación técnica
M1	Agua destilada	0,35	Baja migración
M2	Agua destilada	0,35	Baja migración
M3	Etanol 10%	0,35	Migración controlada
M3	Iso-octano	0,33	Baja interacción química
M3	Agua destilada	0,20	Muy baja migración
M3	Ácido acético 3%	0,30	Estabilidad química adecuada
M4	Agua destilada	0,45	Migración baja dentro de parámetros seguros

Estos valores evidencian fenómenos de transporte de masa son limitados y una adecuada compatibilidad química entre el material de envase y el agua purificada, lo que minimiza la transferencia de compuestos no deseados y mantiene la calidad sanitaria del producto durante su vida útil. Asimismo, la variación de los resultados según el tipo de simulante confirma que la interacción envase–producto depende de las condiciones fisicoquímicas del medio, aunque en todos los casos los valores se mantuvieron dentro de rangos bajos, indicando un desempeño seguro del envase para alimentos líquidos, estos análisis se realizaron en los envases actuales de PET, ya que si se dispone de esa información.

En cuanto a la conservación del agua purificada en el envase, la combinación de ausencia de patógenos y baja migración global permite inferir que el material evaluado presenta propiedades de barrera adecuadas frente a contaminantes externos, luz y factores ambientales. Esto se traduce en que el producto puede estar en las mejores condiciones en la percha por lapsos de tiempo extendidos, antes de su consumo. Un envase con adecuada estabilidad estructural y baja permeabilidad contribuye a mantener las características originales del agua, tanto organolépticas como fisicoquímicas, evitando alteraciones en su composición y garantizando su inocuidad, siendo un producto seguro para el consumo.

Por otra parte, al analizar el impacto ambiental como parte del objetivo del estudio, se evidencian diferencias significativas entre los envases tradicionales y los envases tecnológicos en términos de grado de degradación y sostenibilidad del material. El PET convencional, ampliamente utilizado en la industria embotelladora por su resistencia mecánica y

estabilidad química, presenta un tiempo de degradación estimado entre 100 y 500 años, lo que implica una alta persistencia ambiental y acumulación de residuos plásticos, consumo de materias primas nuevas como el petróleo. Aunque este material ofrece un desempeño técnico eficiente en conservación e inocuidad, su impacto ambiental es considerable dentro del ciclo de vida del envase.

En contraste, los envases tecnológicos, como el rPET, los bioplásticos (PLA) y los materiales biodegradables, muestran un comportamiento ambiental más favorable, debido a su capacidad de reciclaje, menor dependencia de materia prima virgen y, en algunos casos, degradación controlada. Esto permite reducir el impacto ambiental del proceso productivo sin comprometer las propiedades funcionales del envase en contacto con agua purificada, adicional a las características de inocuidad que ofrece.

**Tabla 3.**

*Comparación del impacto ambiental y grado de degradación de envases*

Tipo de envase	Grado de degradación	Reciclabilidad	Impacto Ambiental	Desempeño en embotelladoras
PET convencional	Muy baja (100–500 años)	Alta	Alto	Alta estabilidad e inocuidad
rPET	Baja (reutilizable)	Muy alta	Medio	Buen equilibrio técnico-ambiental
Bioplástico (PLA)	Media (compostable)	Media	Bajo	Conservación moderada
Biodegradables	Alta (1–5 años)	Media	Bajo	Menor persistencia ambiental
Multicapas tecnológicas	Muy baja (>500 años)	Baja	Medio-Alto	Alta conservación del producto

Al integrar los resultados microbiológicos, de migración global y de impacto ambiental, se evidencia que los envases tradicionales como el PET

convencional presentan un desempeño adecuado en términos de inocuidad y conservación del agua purificada, debido a su estabilidad química y baja transferencia de compuestos. Sin embargo, su principal limitación radica en su elevado impacto ambiental asociado a su lenta degradación. Por otro lado, los envases tecnológicos mantienen niveles seguros de interacción material–alimento y, adicionalmente, ofrecen ventajas en sostenibilidad y optimización de las propiedades de barrera, lo que favorece tanto la conservación del producto como la reducción del impacto ambiental.

**Tabla 4.**

*Relación de los resultados con los objetivos de la investigación*

Variable del objetivo	Evidencia experimental	Interpretación técnico-científica
Impacto ambiental (grado de degradación)	Alta persistencia del PET vs menor impacto del rPET y bioplásticos	Los envases tecnológicos favorecen la sostenibilidad
Conservación del agua en el envase	Ausencia de Salmonella y <0,1 coliformes	Adecuada barrera sanitaria y estabilidad del producto
Inocuidad (migración material–alimento)	Migración global 0,20–0,45 mg/dm <sup>2</sup>	Baja difusión molecular y compatibilidad química

En conjunto, los resultados demuestran que en los envases tradicionales tienen resultados adecuados en cuanto a inocuidad, conservación y migración de materiales, lo que confirma una adecuada interacción envase–producto y una conservación eficiente del alimento en el envase. Principio del formulario

**Tabla 5.**

Envases tecnológicos vs Envases PET tradicionales (Enfoque en migración de materiales)

Criterio técnico	Envases PET tradicionales	Envases tecnológicos (activos, inteligentes, multilayer, bioplásticos)	Implicación para empresa embotelladora
------------------	---------------------------	--	--

<i>Composición del material</i>	Poliétileno tereftalato (PET) monomaterial	Multicapas (PET + barreras), biopolímeros (PLA), envases activos con aditivos	Mayor control funcional pero mayor complejidad regulatoria
<i>Migración global de materiales</i>	Baja, bien estudiada y regulada	Variable según tecnología y aditivos incorporados	Requiere estudios de migración específicos antes de uso comercial
<i>Migración específica (aditivos)</i>	Limitada principalmente a antimonio, acetaldehído y oligómeros del PET	Puede incluir liberación controlada de antioxidantes, antimicrobianos o nano-aditivos	Riesgo potencial si no se valida con normativa alimentaria
<i>Interacción envase-producto</i>	Relativamente inerte con bebidas	Interacción activa (absorción de oxígeno, liberación de compuestos)	Puede mejorar vida útil, pero exige validación toxicológica
<i>Barrera a gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>)</i>	Moderada	Alta (capas barreras, nanoestructura)	Reduce oxidación y pérdida de gas en bebidas carbonatadas
<i>Migración por temperatura</i>	Aumenta con altas temperaturas (>40 °C)	Dependiente del tipo de polímero y aditivos	Importante en almacenamiento y transporte en climas cálidos (como Ecuador)
<i>Estabilidad química</i>	Alta estabilidad	Variable según biopolímero o material activo	Puede afectar sabor si hay migración sensorial. Requiere ensayos de migración global y específica (simulantes alimentarios)
<i>Cumplimiento normativo (FDA, UE, INEN)</i>	Amplia aceptación y normativa consolidada	Regulación más estricta y en desarrollo	Ventaja competitiva en bebidas funcionales o sensibles
<i>Vida útil del producto</i>	Estándar	Prolongada por tecnologías activas	Evaluación adicional de seguridad alimentaria
<i>Riesgo de migración de microplásticos</i>	Bajo en condiciones normales	Puede variar según material biodegradable o multicapa	Mejora perfil organoléptico en bebidas premium
<i>Impacto en calidad sensorial</i>	Puede transferir acetaldehído en bebidas sensibles	Menor migración sensorial si posee capas barreras	Impacto ambiental y gestión de residuos industriales
<i>Reciclabilidad</i>	Alta (PET reciclable ampliamente)	Baja o compleja en multilayer y bioplásticos	Incrementa costos de aseguramiento de calidad
<i>Costos de control de migración</i>	Bajos (métodos estandarizados)	Altos (ensayos especializados y validaciones)	

La comparación entre los envases PET tradicionales y los envases tecnológicos muestra, de forma bastante clara, que no solo se trata de elegir un material por

innovación, sino por seguridad, estabilidad y coherencia con el tipo de bebida que se va a embotellar.

Desde una visión más práctica y cercana a la realidad de una empresa embotelladora, el PET tradicional se comporta como un material confiable y predecible. Su migración de compuestos hacia la bebida es baja y ya está ampliamente estudiada, lo que brinda tranquilidad en términos de inocuidad y cumplimiento normativo. En otras palabras, es un envase que “responde bien” frente a distintos tipos de bebidas en este caso agua purificada y condiciones de almacenamiento, especialmente en climas cálidos donde la temperatura puede acelerar procesos de migración.

Por otro lado, los envases tecnológicos representan una evolución interesante, ya que no solo contienen el producto, sino que pueden interactuar con él para protegerlo mejor, por ejemplo, reduciendo la entrada de oxígeno o prolongando la vida útil. Sin embargo, esa misma funcionalidad implica que la relación entre envase y bebida sea más dinámica, lo que puede aumentar la posibilidad de migración de ciertos compuestos si no se controla adecuadamente. Esto exige estudios más rigurosos, validaciones técnicas y un mayor control de calidad.

En el contexto de una embotelladora, esta diferencia se vuelve especialmente relevante porque las bebidas (como agua, jugos o gaseosas) permanecen almacenadas durante largos periodos y, en muchos casos, expuestas a transporte, luz y variaciones de temperatura. Bajo estas condiciones, un material estable como el PET ofrece mayor seguridad química, mientras que los envases tecnológicos deben evaluarse con mayor profundidad para asegurar que los aditivos, capas barreras o componentes activos no afecten la

inocuidad ni las características sensoriales del producto.

Además, desde una perspectiva de gestión y operación industrial, el uso de envases tecnológicos implica mayores costos en ensayos de migración global y específica, así como un seguimiento más estricto de la normativa alimentaria. En cambio, el PET tradicional facilita los procesos de control, auditorías y cumplimiento regulatorio, algo clave en sistemas de gestión de calidad e inocuidad alimentaria.

En síntesis, la tabla no solo evidencia una diferencia técnica, sino también estratégica: mientras el PET tradicional aporta seguridad, estabilidad y facilidad de control en la migración de materiales, los envases tecnológicos ofrecen ventajas en conservación y sostenibilidad, menor impacto ambiental, pero requieren una evaluación más cuidadosa para garantizar que la interacción con la bebida no comprometa su calidad, seguridad ni aceptación por parte del consumidor.

#### IV. DISCUSIÓN

Al analizar los resultados obtenidos, es posible comprender que el comportamiento del envase en el embotellado de agua purificada no puede evaluarse únicamente desde un enfoque técnico aislado, sino como parte de un sistema integral donde interactúan la inocuidad alimentaria, la conservación del producto y el impacto ambiental. En este sentido, los hallazgos del estudio permiten interpretar que el material de envase utilizado mantiene condiciones adecuadas de seguridad y estabilidad para el almacenamiento de agua purificada, donde el control sanitario y la calidad del producto son factores prioritarios.

Desde la perspectiva de la inocuidad alimentaria, los valores bajos de migración global evidencian que la interacción entre el envase y el agua purificada es limitada y controlada, lo que sugiere que el material presenta una buena estabilidad química y compatibilidad con alimentos líquidos. Este comportamiento coincide con lo reportado en investigaciones sobre envases poliméricos para bebidas, donde se señala que materiales como el PET presentan una baja reactividad química y una migración de materiales. En términos prácticos, esto significa que el envase no altera la composición del agua ni introduce riesgos químicos significativos, manteniendo su calidad sanitaria durante su vida útil.

Asimismo, la estabilidad microbiológica observada, reflejada en la ausencia de *Salmonella spp* y en niveles mínimos de coliformes totales, permite interpretar que el envase cumple eficazmente su función como barrera protectora frente a contaminantes externos. Estos resultados nos indican que el envase cumple la función para la cual fue creado. En otras palabras, el envase no solo contiene el producto, sino que contribuye activamente a preservar su inocuidad y estabilidad en condiciones reales de mercado.

En cuanto a la conservación del agua purificada, los resultados permiten inferir que la combinación de baja migración y adecuada estabilidad microbiológica está directamente relacionada con las propiedades fisicoquímicas del material de envase, tales como su baja permeabilidad y su resistencia estructural. Investigaciones previas sobre envases para alimentos líquidos indican que los materiales con mejores propiedades de barrera reducen la influencia de factores externos como la luz, el oxígeno y las variaciones de temperatura, lo que favorece la estabilidad del producto durante su almacenamiento.

Esto resulta especialmente relevante en el caso del agua purificada, ya que, aunque es un producto químicamente estable, puede verse afectado por condiciones ambientales si el envase no proporciona una protección adecuada.

Sin embargo, al comparar los envases tradicionales con los envases tecnológicos, se observa que las diferencias no radican únicamente en la inocuidad inmediata del producto, sino también en su desempeño a largo plazo y en su impacto dentro del ciclo de vida del envase, y migración del material. Los resultados del estudio muestran que el PET convencional cumple adecuadamente con los requisitos de conservación e inocuidad, lo cual coincide con la literatura científica que lo reconoce como uno de los materiales más seguros y funcionales para el envasado de bebidas. No obstante, investigaciones recientes también señalan que los envases tecnológicos, como el rPET y los materiales multicapa, pueden ofrecer mejoras en las propiedades de barrera y en la estabilidad del producto, especialmente en condiciones de almacenamiento prolongado o exposición a factores ambientales variables.

Desde una perspectiva ambiental, la interpretación de los resultados adquiere mayor relevancia, ya que, aunque el PET convencional demuestra un buen desempeño técnico, su lenta degradación representa una desventaja significativa frente a alternativas tecnológicas más sostenibles. Estudios sobre sostenibilidad en envases alimentarios destacan que el uso de materiales reciclados o biodegradables contribuye a reducir la acumulación de residuos plásticos y el impacto ambiental del sector alimentario, sin afectar necesariamente la calidad del producto envasado. En este sentido, los resultados del presente estudio coinciden con dichas investigaciones, al

evidenciar que es posible mantener la inocuidad y la conservación del agua purificada mientras se incorporan materiales con menor impacto ambiental, es importante dados los resultados que se tenga mecanismos adecuados de reciclaje del PET, que permita mantener el uso de este envase, pero con una huella ambiental mucho menor.

Por otro lado, la literatura también indica que los bioplásticos y envases biodegradables, aunque presentan ventajas en términos de degradación ambiental, pueden tener limitaciones en resistencia mecánica y migración de materiales con respecto al PET convencional. Esta situación explica por qué muchas empresas embotelladoras aún priorizan el uso de envases tradicionales, ya que ofrecen un equilibrio entre seguridad del producto, eficiencia industrial y estabilidad estructural. En el caso de EQUIM, esto se traduce en la necesidad de evaluar cuidadosamente la transición hacia envases tecnológicos en el caso que fuera necesario, considerando tanto su viabilidad técnica como su impacto ambiental.

En conjunto, la comparación entre los resultados obtenidos y el conocimiento científico existente permite interpretar que los envases tradicionales continúan siendo funcionales y seguros para el envasado de agua purificada, especialmente en términos de inocuidad y conservación. No obstante, los envases tecnológicos representan una alternativa que puede mejorar el desempeño ambiental del sistema de envasado sin comprometer la calidad sanitaria del producto. Esto podría ser un punto de innovación con las tendencias actuales de la industria alimentaria, donde se busca integrar sostenibilidad, seguridad alimentaria y eficiencia tecnológica dentro de los procesos productivos.

Finalmente, la discusión evidencia que la selección del material de envase en empresas embotelladoras no debe basarse únicamente en criterios técnicos inmediatos, sino en una visión integral que considere la interacción envase–producto, la estabilidad del alimento, la migración de materiales para no alterar la calidad del producto final y el impacto ambiental a largo plazo.

## V. CONCLUSIONES

En relación con el objetivo de analizar el impacto ambiental mediante el grado de degradación de los envases tradicionales y tecnológicos, se concluye que existe una diferencia clara en su comportamiento dentro del ciclo de vida del material. El envase tradicional de PET convencional, aunque funcional y ampliamente utilizado en la industria embotelladora, presenta una degradación extremadamente lenta que contribuye a la acumulación de residuos plásticos y a un mayor impacto ambiental a largo plazo. En contraste, los envases tecnológicos como el rPET y los materiales biodegradables muestran un enfoque más alineado con la sostenibilidad, ya que permiten reducir el impacto ambiental sin afectar de forma significativa la funcionalidad del envase. Esto evidencia que, desde una perspectiva ambiental, la transición progresiva hacia envases tecnológicos representa una alternativa más responsable para empresas embotelladoras como EQUIM, especialmente en un contexto donde la sostenibilidad industrial es cada vez más exigente.

Respecto al objetivo de evaluar la conservación del agua purificada en el envase, los resultados permiten concluir que el material tradicional de envasado cumple adecuadamente su función de protección del producto frente a factores externos. La estabilidad microbiológica observada, junto con la ausencia de

microorganismos patógenos, demuestra que el envase actúa como una barrera efectiva durante el almacenamiento y la distribución, manteniendo las condiciones sanitarias del agua purificada. Mientras que en el enfoque de los envases tecnológicos se muestra que también representa una barrera ante agentes patógenos, incluso más efectiva que los envases de PET tradicional. Además, las propiedades fisicoquímicas del material, como su baja permeabilidad y estabilidad estructural, contribuyen directamente a la conservación del alimento líquido.

En cuanto al objetivo de analizar la inocuidad alimentaria a través de la transferencia del material al alimento, se concluye que el sistema envase–producto presenta una interacción segura y controlada. Los valores bajos de migración global (0,20–0,45 mg/dm<sup>2</sup>) evidencian que la transferencia de compuestos del material de envase hacia el agua purificada es mínima, lo que confirma la compatibilidad química entre el polímero y el producto. Esto se traduce en que el envase no altera la composición ni la seguridad del agua que consume el usuario final, manteniendo su calidad sanitaria. Pero en los envases tecnológicos presenta una limitante en cuanto a migración de materiales en especial en los que son más biodegradables, a pesar de estar hechos de materiales que no presentan un riesgo para la salud, esta migración podría causar alteraciones en el sabor del contenido.

Finalmente, al integrar los tres objetivos del estudio, se concluye que los envases tradicionales como el PET convencional continúan siendo técnicamente eficientes en términos de conservación e inocuidad del agua purificada; sin embargo, los envases tecnológicos representan una alternativa más equilibrada al ofrecer beneficios ambientales adicionales sin comprometer la

seguridad alimentaria ni la estabilidad del producto. En el contexto de la empresa embotelladora EQUIM, esta comparación permite entender que la selección del material de envase no debe basarse únicamente en criterios funcionales o económicos, sino en una visión integral que incluya sostenibilidad, calidad del producto e inocuidad alimentaria, promoviendo así decisiones más responsables y técnicamente fundamentadas.

## VI. RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos obtenidos en la presente investigación, se recomienda considerar la selección del material de envase como una decisión estratégica que integre no solo criterios funcionales, sino también aspectos de inocuidad alimentaria, conservación del producto e impacto ambiental. Los resultados evidenciaron que el sistema envase-producto presenta una interacción segura y una adecuada estabilidad microbiológica; sin embargo, la comparación con envases tecnológicos sugiere oportunidades de mejora, especialmente desde el enfoque de sostenibilidad industrial.

En primer lugar, se recomienda realizar análisis microbiológicos de los envases que se requieran utilizar como alternativas más viables a los que actualmente se están utilizando, esto permite garantizar la inocuidad del producto final. En el caso de requerir un cambio de envases a envases tecnológicos se recomienda realizar las pruebas de migración del material para verificar que el sistema envase-producto sea el adecuado para el agua embotellada, esta práctica no solo fortalece el aseguramiento de calidad, sino que también genera confianza en el producto final, considerando que el agua purificada es un alimento de consumo directo y

altamente sensible a cualquier interacción química o microbiológica.

Asimismo, se sugiere implementar evaluaciones técnicas comparativas entre el PET convencional y envases tecnológicos como el rPET o materiales de alta barrera, con el fin de optimizar simultáneamente la conservación del producto y la sostenibilidad ambiental. Los resultados del estudio demostraron que los envases tecnológicos pueden mantener niveles adecuados de inocuidad y estabilidad, por lo que su incorporación progresiva podría representar una mejora integral del sistema de envasado sin afectar la calidad del agua purificada, siempre y cuando se lleven a cabo los análisis pertinentes.

Desde el enfoque ambiental, se recomienda fomentar el uso de envases reciclables o reciclados, como el rPET, dentro de las líneas de producción, debido a que estos materiales permiten reducir el impacto ambiental asociado a la lenta degradación del PET convencional, manteniendo propiedades fisicoquímicas similares para el envasado de bebidas.

De igual manera, se recomienda fortalecer las condiciones de almacenamiento y distribución del agua embotellada, controlando factores como la exposición a la luz, temperatura y tiempo en percha, ya que, aunque el envase presenta propiedades de barrera adecuadas, las condiciones externas pueden influir en la estabilidad fisicoquímica del producto. Una gestión adecuada de estas variables contribuye a preservar la calidad del agua purificada y a prolongar su vida útil en el mercado.

En el caso de seguir utilizando envases de PET tradicionales es recomendable hacer planes de reciclaje del producto de manera adecuada y de esta

forma reducir el impacto ambiental del plástico, tal y como contempla la norma ecuatoriana.

Finalmente, se recomienda que las empresas embotelladoras adopten un enfoque integral en la selección de envases, considerando de manera conjunta la inocuidad alimentaria, la conservación del producto y el impacto ambiental. Los resultados del estudio evidencian que los envases tradicionales continúan siendo funcionales y seguros; sin embargo, la incorporación gradual de envases tecnológicos sostenibles representa una oportunidad de mejora continua, alineada con las tendencias actuales de la industria alimentaria, la normativa sanitaria y los principios de sostenibilidad que exige el contexto productivo actual.

#### CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES:

Natali Rocío Velasco Guerra participó en la conceptualización de la investigación, el diseño metodológico, el análisis técnico de los resultados dentro de este documento, la redacción del manuscrito y la interpretación de los resultados, inocuidad alimentaria e impacto ambiental de envases para agua purificada. Asimismo, fue responsable de la recopilación de información documental, la estructuración del artículo científico y la integración de los ensayos de migración y análisis microbiológico. El tutor académico contribuyó en la supervisión metodológica, la revisión crítica del contenido científico y la orientación académica para el cumplimiento de los estándares de redacción exigidos en artículos científicos. Ambos autores revisaron y aprobaron la versión final del manuscrito

#### FINANCIAMIENTO:

Agradecimiento a Equipm por poder hacer este estudio con enfoque a esta empresa.

#### CONFLICTOS DE INTERÉS:

Yo, Natali Velasco, declaro formalmente que no tengo ningún conflicto de interés que pueda haber influido en la objetividad o integridad de esta investigación. No mantengo relaciones personales, profesionales ni financieras que representen un sesgo en la interpretación de los resultados presentados.

Asimismo, confirmo que no obtuve financiamiento externo por ende no tengo conflictos de interés en ningún papel en el diseño del estudio, la recopilación, el análisis o la interpretación de los datos, ni participaron en la redacción del manuscrito o en la decisión de publicar estos resultados.

#### REFERENCIAS

1. Alabi, O. A., Ologbonjaye, K. I., Awosolu, O., & Alalade, O. E. (2019). Public and environmental health effects of plastic wastes disposal: A review. *Heliyon*, 5(1), Article e01330. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01330>
2. European Food Safety Authority (EFSA). (2021). Safety assessment of the recycling process of polyethylene terephthalate (PET) intended for food contact materials. *EFSA Journal*, 19(1), 6349. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.a.2023.8269>
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2022). *Food safety and quality guidelines for food packaging materials*. FAO.
4. Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2020). Production, use, and fate of all plastics ever

made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.  
<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

5. Marsh, K., & Bugusu, B. (2022). Food packaging—Roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72(3), R39–R55.  
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>

6. Badarou, A. S. D. (2025). Migration of antimony and phthalate esters from plastic food packaging: A systematic review of reported levels, food matrix effects and influencing factors. *Food and Nutrition Journal*.

7. Gupta, R. K. (2024). Migration of chemical compounds from packaging materials into food: Interaction, mechanism, assessment, and regulations. *Foods*, 13(19), 3125.  
<https://doi.org/10.3390/foods13193125>

8. Muzeza, C. (2023). The mechanisms of plastic food-packaging monomer migration and associated health risks. *Polymers and Food Contact Materials Review*.

9. Rodríguez-Ramos, R., et al. (2024). Recent advances in the analysis of plastic migrants in foodstuffs. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*.

10. Zhang, Q. (2025). Migration of chemical substances from packaging materials: Mechanisms, detection techniques, and risk assessment. *Journal of Food Science and Technology*.

11. Khokhar, P., & Pawar, K. (2025). Chemical migration from packaging materials into consumable food matrices: A mini review. *International Journal of Agriculture and Food Science*.

12. Seref, N. (2025). Food packaging and chemical migration: A food safety perspective. *Journal of Food Science*.

13. Lacourt, C. (2024). Recent and emerging food packaging alternatives and chemical migration risks. FAO Technical Report.

14. European Commission. (2011, actualización vigente). *Commission Regulation (EU) No 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food*. Official Journal of the European Union.

15. European Food Safety Authority (EFSA). (2023). *Guidance on the safety assessment of substances used in food contact materials*. EFSA Journal.

16. Food and Drug Administration. (2022). *Code of Federal Regulations Title 21 – Food Contact Substances*. U.S. FDA.

17. ISO 22000:2018. (actualización aplicada 2022). *Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain*. International Organization for Standardization.