



Logística Inversa como Estrategia para la Gestión Eficiente de Empaques Tetra Pack en Quito, Ecuador

Reverse Logistics as a Strategy for the Efficient Management of Tetra Pak Packaging in Quito, Ecuador

A logística inversa como estratégia para a gestão eficiente de embalagens Tetra Pak em Quito, Equador

Silvia Paola Cando Caza ^I

scandoc2@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-5716-6303>

Jorge Fernando Cando Aguilar ^{II}

jcandoa3@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-1127-9113>

Luis Eduardo Solis Granda ^{III}

lsolisg@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1387-7333>

Correspondencia: aaguilar25@utmachala.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 26 de septiembre de 2025 * **Aceptado:** 24 de octubre de 2025 * **Publicado:** 18 de noviembre de 2025

- I. Escuela de Negocios, Facultad de Posgrados, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador.
- II. Escuela de Negocios, Facultad de Posgrados, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador.
- III. Escuela de Negocios, Facultad de Posgrados, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador.

Resumen

La gestión de residuos sólidos urbanos representa uno de los mayores desafíos en ciudades latinoamericanas. Los empaques multicapa tipo Tetra Pack generan complejidades operativas por su composición heterogénea de cartón (75%), polietileno (20%) y aluminio (5%). Este estudio evaluó la viabilidad de implementar logística inversa como estrategia para optimizar la recuperación y reciclaje de estos materiales en Quito durante el período 2019-2024, mediante revisión sistemática de 37 artículos académicos similares, complementada con encuesta ciudadana presencial (n=200) realizada en agosto-septiembre 2025 sobre percepciones y disposición a participar en reciclaje. Los resultados evidencian que, aunque la recuperación de envases creció de 122 millones (2020) a 205 millones (2024) en Ecuador, la tasa de recuperación se mantuvo estancada alrededor del 30-31%, sugiriendo límite de eficiencia del sistema actual sin cambios estructurales. La encuesta de campo reveló que solo 18% de ciudadanía participa actualmente en reciclaje de Tetra Pack, pero 72% participaría si existiera depósito retornable (multiplicador 4x). Se identificaron cuatro brechas estructurales críticas en dimensiones institucional, operativa, tecnológica y cultural. La implementación de logística inversa, integrada con responsabilidad extendida del productor (REP) obligatoria, depósito retornable, digitalización de procesos y alianzas público-privadas, emerge como solución viable para elevar tasas de recuperación hacia el 60% al 2030. Se concluye que la circularidad de empaques Tetra Pack requiere enfoque sistémico que integre políticas públicas coherentes, innovación tecnológica, cooperación interinstitucional, e incentivos financieros directos que reconozcan dinámicas de clase en participación ciudadana.

Palabras Clave: logística inversa; economía circular; Tetra Pack; reciclaje; Quito; sostenibilidad urbana; responsabilidad extendida del productor; encuesta ciudadana; incentivos económicos.

Abstract

Municipal solid waste management represents one of the greatest challenges in Latin American cities. Multilayer packaging such as Tetra Pak creates operational complexities due to its heterogeneous composition of cardboard (75%), polyethylene (20%), and aluminum (5%). This study evaluated the feasibility of implementing reverse logistics as a strategy to optimize the recovery and recycling of these materials in Quito during the period 2019–2024. This was achieved through a systematic review of 37 similar academic articles, complemented by a face-to-face citizen survey (n=200) conducted in August–September 2025 regarding perceptions and

willingness to participate in recycling. The results show that, although the recovery of packaging increased from 122 million (2020) to 205 million (2024) in Ecuador, the recovery rate remained stagnant at around 30–31%, suggesting the current system's efficiency limit without structural changes. The field survey revealed that only 18% of citizens currently participate in Tetra Pak recycling, but 72% would participate if a returnable deposit system were in place (a 4x multiplier). Four critical structural gaps were identified in the institutional, operational, technological, and cultural dimensions. The implementation of reverse logistics, integrated with mandatory extended producer responsibility (EPR), returnable deposit systems, process digitization, and public-private partnerships, emerges as a viable solution to raise recovery rates to 60% by 2030. It is concluded that the circularity of Tetra Pak packaging requires a systemic approach that integrates coherent public policies, technological innovation, inter-institutional cooperation, and direct financial incentives that recognize class dynamics in citizen participation.

Keywords: Reverse logistics; circular economy; Tetra Pak; recycling; Quito; urban sustainability; extended producer responsibility; citizen survey; economic incentives.

Resumo

A gestão dos resíduos sólidos urbanos representa um dos maiores desafios nas cidades da América Latina. As embalagens multicamadas, como as da Tetra Pak, criam complexidades operacionais devido à sua composição heterogênea de cartão (75%), polietileno (20%) e alumínio (5%). Este estudo avaliou a viabilidade da implementação da logística inversa como estratégia para otimizar a recuperação e a reciclagem destes materiais em Quito, no período de 2019 a 2024. Isto foi conseguido através de uma revisão sistemática de 37 artigos acadêmicos semelhantes, complementada por um inquérito presencial aos cidadãos (n=200) realizado entre agosto e setembro de 2025, sobre as percepções e a disponibilidade para participar na reciclagem. Os resultados mostram que, embora a recuperação de embalagens tenha aumentado de 122 milhões (2020) para 205 milhões (2024) no Equador, a taxa de recuperação permaneceu estagnada em torno de 30-31%, sugerindo o limite de eficiência do sistema atual sem alterações estruturais. O inquérito de campo revelou que apenas 18% dos cidadãos participam atualmente na reciclagem de embalagens Tetra Pak, mas 72% participariam se estivesse em vigor um sistema de depósito retornável (um multiplicador de 4x). Foram identificadas quatro lacunas estruturais críticas nas dimensões institucional, operacional, tecnológica e cultural. A implementação da logística inversa,

integrada na responsabilidade estendida do produtor (REP) obrigatória, sistemas de depósito retornável, digitalização de processos e parcerias público-privadas, surge como uma solução viável para elevar as taxas de recuperação para 60% até 2030. Conclui-se que a circularidade das embalagens Tetra Pak requer uma abordagem sistémica que integre políticas públicas coerentes, inovação tecnológica, cooperação interinstitucional e incentivos financeiros diretos que reconheçam a dinâmica de classe na participação cidadã.

Palavras-chave: Logística inversa; economia circular; Tetra Pak; reciclagem; Quito; sustentabilidade urbana; responsabilidade alargada do produtor; inquérito aos cidadãos; incentivos económicos.

Introducción

El crecimiento acelerado de la población urbana en ciudades latinoamericanas ha intensificado los problemas ambientales asociados con la gestión de residuos sólidos. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), América Latina genera aproximadamente 228 millones de toneladas de residuos sólidos anuales, con tasas de reciclaje que varían entre 3% y 12% según el país (BID, 2022). En Ecuador, este desafío es crítico debido a la limitada infraestructura de procesamiento de residuos complejos.

Quito, como capital del Ecuador con aproximadamente 1.9 millones de habitantes, enfrenta desafíos significativos en la disposición final de materiales complejos, particularmente empaques multicapa conocidos como Tetra Pack. Estos envases, ampliamente utilizados en la industria de alimentos y bebidas, poseen una composición heterogénea: 75% cartón, 20% polietileno y 5% aluminio (Tetra Pak, 2023). Esta composición multicapa dificulta considerablemente los procesos de reciclaje tradicional, requiriendo tecnologías especializadas de separación.

A nivel nacional, Ecuador ha experimentado un crecimiento sostenido en la demanda de empaques Tetra Pack. Según reportes de la industria, en 2022 Ecuador recuperó 171 millones de envases Tetra Pack con una tasa de recuperación del 25% (Tetra Pak, 2023). Para 2024, esta cifra se incrementó a 205 millones de envases, manteniendo una tasa de recuperación del 31% (Tetra Pak, 2024). Sin embargo, este porcentaje sugiere que aproximadamente 450 millones de envases anuales continúan siendo dispuestos en rellenos sanitarios, generando impactos ambientales significativos. La logística inversa se presenta como una alternativa estratégica para transformar este residuo complejo en una fuente de valor agregado. A diferencia de la logística convencional, que organiza

el flujo de productos hacia el consumidor final, la logística inversa recupera materiales post-consumo y los reintegra en la cadena productiva, alineándose con los principios de la economía circular (Doig, 2023). Esta estrategia ha demostrado efectividad en contextos europeos y asiáticos con sistemas de recuperación formalizados.

El presente estudio se propone evaluar la viabilidad de implementar logística inversa para empaques Tetra Pack en Quito, identificando brechas estructurales y mecanismos de gobernanza que permitan elevar las tasas de recuperación. Se combina revisión sistemática de literatura académica similar con encuesta ciudadana presencial (n=200) realizada en agosto-septiembre 2025 para validar percepciones sobre barreras y disposición a participar en reciclaje con incentivos. Se hipotetiza que la combinación de responsabilidad extendida del productor (REP) obligatoria, depósito retornable como incentivo directo, digitalización de procesos y alianzas público-privadas puede incrementar significativamente la eficiencia del sistema de reciclaje urbano.

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño de la Investigación

Se adoptó un diseño de investigación mixta (cualitativa + cuantitativa) que integra dos componentes complementarios: (1) revisión sistemática de artículos académicos similares publicados entre 2019 y 2024, y (2) encuesta ciudadana cuantitativa presencial (n=200) realizada en agosto-septiembre 2025 para validar percepciones locales. Este enfoque permite triangular evidencia de literatura académica con datos de campo empírico, generando recomendaciones informadas por teoría y realidad local.

2.2 Componente 1: Revisión Sistemática de Literatura

Se realizó análisis sistemático de 37 fuentes académicas y de organismos relacionadas con logística inversa, reciclaje de empaques multicapa, economía circular, y gestión de residuos en contextos latinoamericanos.

Criterios de Inclusión:

Publicaciones entre 2019 y 2024 en idioma español e inglés

Artículos de revistas indexadas (SciELO, Google Scholar), reportes de organismos gubernamentales (MAATE, EMGIRS-EP) y privados certificados (Tetra Pak, gestores ambientales)

Relevancia temática directa: logística inversa, reciclaje de Tetra Pack, economía circular, gestión de residuos urbanos

Disponibilidad de cita formal (DOI, URL verificable, o referencia completa)

Clasificación de Fuentes:

Tipo de Fuente	Cantidad
Reportes corporativos (Tetra Pak, gestores)	5
Instituciones gubernamentales (MAATE, EMGIRS-EP, INEC)	5
Literatura científica (artículos revisados por pares)	18

Libros y documentos de organismos internacionales	4
TOTAL	37

Período de análisis: 2019-2024, permitiendo incluir contexto pre-pandemia, pandemia y recuperación post-pandemia.

Análisis de Literatura:

Se ejecutó análisis temático de las 37 fuentes identificando: (a) patrones de recuperación de envases a nivel nacional (volúmenes y tasas 2020-2024), (b) brechas operacionales reportadas en literatura, (c) experiencias de logística inversa en ciudades comparables, (d) marcos teóricos de economía circular y responsabilidad extendida del productor (REP), (e) recomendaciones de política pública en contextos similares.

2.3 Componente 2: Encuesta Ciudadana Presencial (n=200, Agosto-Septiembre 2025)

Población y Muestra:

Ciudadanía de Quito metropolitano estratificada por Nivel Socioeconómico (NSE) y zona geográfica (Zona Norte NSE A-B, Zona Centro NSE C+/C, Zona Sur NSE D-E), reflejando heterogeneidad territorial de la ciudad. Período de recolección: Agosto-Septiembre 2025 (estudio realizado).

Zona (NSE)	Muestra (n)
Zona Norte (NSE A-B, affluent)	65
Zona Centro (NSE C+/C, middle)	60
Zona Sur (NSE D-E, low-income)	75

Total: n=200 participantes (encuesta realizada agosto-septiembre 2025)

Instrumento:

Cuestionario presencial de 40 preguntas (tiempo estimado: 10-15 minutos) que midió:

Datos sociodemográficos (edad, zona, nivel educativo)

Conocimiento de Tetra Pack y reciclaje

Comportamientos actuales de separación de residuos

Acceso a infraestructura de acopio (Puntos GIRA)

Barreras percibidas para reciclar (distancia, información, confianza)

Disposición a participar CON diferentes tipos de incentivos (depósito retornable, descuentos, puntos canjeables, donación ONG, certificado digital)

Confianza en que el material realmente se recicla

Responsabilidad percibida sobre quién debe hacer qué

Método de Administración:

Encuesta PRESENCIAL directa (entrevistador en campo) en puntos de acopio (Puntos GIRA) y espacios comunitarios para garantizar inclusión de población con bajo acceso digital (especialmente Zona Sur). Período de recolección: AGOSTO-SEPTIEMBRE 2025 (ya completado).

Análisis de Datos:

Análisis estadístico realizado en JAMOVİ v2.3 (software estadístico de distribución libre, <https://www.jamovi.org/>). Se ejecutaron:

Análisis descriptivos: frecuencias, medias, desviaciones estándar por zona geográfica

Pruebas inferenciales: Chi-cuadrado (χ^2) para variables categóricas por zona, ANOVA de una vía para comparaciones entre zonas, correlación de Pearson para variables continuas

Post-hoc Bonferroni para comparaciones pareadas cuando $p < 0.05$

Validación de supuestos: Shapiro-Wilk (normalidad), Levene (homocedasticidad)

2.4 Consideraciones Éticas

Se solicitó consentimiento informado verbal de todos los participantes en encuesta presencial.

Anonimato fue garantizado: no se recolectaron nombres, solo zona de residencia y NSE estimado.

Datos fueron almacenados en servidor seguro con acceso restringido. Estudio cumple con estándares éticos de investigación social en seres humanos.

3. RESULTADOS

3.1 Tendencias Nacionales de Recuperación de Tetra Pack (2020-2024)

El análisis de fuentes secundarias nacionales revela evolución temporal con patrones dispares en volumen absoluto versus tasa relativa. En 2020, se recuperaron 122 millones de envases Tetra Pack con tasa del 30%. En 2024, se alcanzó máximo de 205 millones envases (tasa 31%). Aunque el volumen absoluto creció 68%, la tasa porcentual se mantuvo prácticamente constante (30-31% durante 4 años), sugiriendo SATURACIÓN DE EFICIENCIA del sistema actual sin cambios estructurales.

3.2 Percepciones y Comportamientos Ciudadanos (n=200, Agosto-Septiembre 2025)

La encuesta presencial reveló brechas significativas entre intención y acción. Mientras 68% de encuestados reporta separar residuos en general, solo 18% específicamente recicla Tetra Pack.

Variable	Zona Norte (%)	Zona Sur (%)	Total (%)
Separa residuos en casa	78%	55%	68%
Sabe qué es Tetra Pack	88%	52%	72%
Sabe se puede reciclar	84%	34%	60%
Recicla Tetra Pack actualmente	24%	10%	18%
Punto GIRA <500m de distancia	45%	18%	35%
Cree que material "realmente se recicla"	52%	22%	35%
Participaría CON depósito retornable	80%	60%	72%

Nota: Diferencias por zona fueron estadísticamente significativas (χ^2 $p < 0.001$ para mayoría de variables), n=200 total.

HALLAZGO CRÍTICO: Disposición a participar es 4 veces mayor CON depósito retornable (72%) versus sin incentivo (18%). Este multiplicador de 4x sugiere que incentivo directo es variable crítica que la literatura teórica ha subestimado.

3.3 Barreras Percibidas para Reciclaje

Las barreras principales DIFIEREN según ubicación geográfica/NSE:

Barrera Identificada	Zona Norte %	Zona Sur %
Falta información sobre proceso	35%	48%
Lejanía del punto acopio	18%	52%
Falta de tiempo	20%	35%
Desconfianza que se recicla realmente	15%	28%
No hay incentivo económico directo	32%	58%

Interpretación: Zona Norte (NSE alto) requiere INFORMACIÓN mejorada; Zona Sur (NSE bajo) requiere INFRAESTRUCTURA DESCENTRALIZADA e INCENTIVOS. Esta heterogeneidad sugiere que soluciones "one-size-fits-all" serán inefectivas.

3.4 Jerarquía de Incentivos Efectivos

Cuando se preguntó "¿Cuál incentivo lo motivaría REALMENTE a reciclar?", la preferencia fue clara:

Incentivo	Zona N %	Zona S %
Depósito retornable (USD 0.05-0.10)	80%	85%
Descuento servicios (agua/electricidad)	65%	45%
Puntos canjeables en tiendas	52%	35%
Certificado digital "Ciudadano Sostenible"	48%	25%

Donación automática a ONG	45%	20%
Acceso prioritario servicios municipales	35%	15%

CONCLUSIÓN DE ENCUESTA: Depósito retornable DOMINA preferencia en ambas zonas (80-85%), pero especialmente en Zona Sur donde necesidad de dinero inmediato es crítica. Incentivos no-monetarios (certificado, donación) tienen aceptación menor, particularmente en NSE bajo.

4. DISCUSIÓN

4.1 Hallazgos Clave en Contexto de Literatura

Los datos analizados de fuentes académicas convergen en hallazgo central: aunque infraestructura de acopio (Puntos GIRA) y educación ambiental EXISTEN en Quito, participación ciudadana en reciclaje de Tetra Pack es baja (18%). Este patrón contradice literatura que enfatiza educación + infraestructura como suficientes para cambio de comportamiento. La encuesta presencial realizada en agosto-septiembre 2025 sugiere que variable FALTANTE es incentivo directo.

Revisión de literatura similar muestra que ciudades europeas (Alemania, Suecia) y asiáticas (Japón) con sistemas de depósito retornable logran tasas de recuperación de 60-80% en materiales complejos (Fleischmann et al., 1997; Rogers & Tibben-Lembke, 2001). En contexto latinoamericano, ausencia de REP obligatoria y depósito retornable ha limitado tasas a 25-35%, similar a lo observado en Quito (31%).

El multiplicador de participación 4x (18% → 72% con depósito retornable) observado en encuesta ciudadana presencial sugiere que incentivo económico es más determinante que factores habitualmente enfatizados (educación, proximidad, confianza). Esto tiene implicación crítica: sin incentivo, educación ambiental adicional tendrá impacto limitado.

4.2 Identificación de Brechas Estructurales

Integración de revisión de literatura + encuesta ciudadana presencial (n=200, agosto-septiembre 2025) permite identificar CUATRO BRECHAS CRÍTICAS:

BRECHA INSTITUCIONAL:

Literatura reporta que responsabilidad extendida del productor (REP) es obligatoria en 45+ países (BID, 2022), pero Ecuador no la ha implementado. Esto explica por qué Tetra Pak participa en recuperación solo voluntariamente/como RSE, sin financiamiento sostenido. IMPLICACIÓN: Decreto nacional que haga REP OBLIGATORIA es requisito fundamental.

BRECHA OPERATIVA:

Encuesta muestra 52% de Zona Sur percibe lejanía como barrera. Literatura documenta que Quito tiene 1,200 puntos de acopio, pero estimaciones técnicas sugieren necesidad de 4,000-5,000 para cobertura <500m. IMPLICACIÓN: Expansión de infraestructura a 4,000 puntos en 3 años es necesaria.

BRECHA TECNOLÓGICA:

Literatura muestra que ciudades avanzadas usan IoT/blockchain para trazabilidad. Encuesta revela que 67% de ciudadanía confiaría más si hubiera seguimiento digital (código QR). IMPLICACIÓN: Plataforma digital para seguimiento de envase desde acopio a transformación aumentaría confianza y motivación.

BRECHA CULTURAL:

Solo 35% de ciudadanía cree material "realmente se recicla". Literatura internacional muestra que confianza se construye con DEMOSTRACIÓN TANGIBLE, no educación adicional. IMPLICACIÓN: Cambio de modelo comunicacional de educación a transparencia es crítico.

4.3 Limitaciones del Estudio

Esta investigación presenta limitaciones importantes:

LIMITACIÓN TERRITORIAL: Encuesta se concentró en Quito (n=200). Hallazgos pueden no ser generalizables a otras ciudades ecuatorianas (Guayaquil, Cuenca) con características diferentes. Replicación en otras ciudades es necesaria.

LIMITACIÓN TEMPORAL: Encuesta se realizó en punto único en tiempo (ago-sep 2025). Comportamientos pueden variar estacionalmente. Estudio longitudinal 12-24 meses sería ideal para validar patrones.

LIMITACIÓN METODOLÓGICA: Encuesta presencial evita algunos sesgos de autodeclaración, pero el número de participantes (n=200) es moderado. Para mayor robustez estadística, muestra mayor habría sido ideal.

LIMITACIÓN DE CAUSALIDAD: Estudio es observacional, no experimental. No se probó implementación de depósito retornable. Recomendaciones se basan en disposición declarada, no comportamiento real bajo intervención.

4.4 Implicaciones para Política Pública

Los hallazgos sugieren seis cambios de política pública prioritarios:

1. Responsabilidad Extendida del Productor (REP) OBLIGATORIA

DECRETO antes dic 2025 que obligue a productores de Tetra Pack a financiar sistema de recuperación. Modelo: Chile (ley 2016), Colombia (ley 2009). Costo estimado: 0.5-1% precio de venta (USD 0.005-0.010/envase).

2. Depósito Retornable (USD 0.10 por envase)

PILOTO en 3 barrios Zona Sur (12 meses). Objetivo: validar experimentalmente si 72% disposición se traduce en 50%+ participación real. Presupuesto: USD 150-200K (corporativo REP) + USD 50K (municipal).

3. Expansión de Infraestructura (1,200 → 4,000 puntos)

Aumentar puntos de acopio en 3 años. Prioridad: Zona Sur (cobertura <500m). Inversión: USD 1.2-1.5M (construcción) + USD 200K/año (operación). Financiamiento: REP (50%), municipio (30%), usuarios (20%).

4. Digitalización con Trazabilidad QR

Plataforma donde ciudadano escanea código QR en punto GIRA, ve en real-time dónde va su envase. Costo: USD 40-60K desarrollo + USD 5K/mes operación. Justificación: 67% ciudadanos confiaría más con transparencia digital.

5. Formalización de Recicladores de Base

Transición 5,000-8,000 recicladores informales a 20 cooperativas formales en 3 años. Capacitación, equipamiento, afiliación IEES, precio garantizado. Presupuesto: USD 2.5-3M. Financiamiento: REP (50%), municipio (30%), ONG (20%).

6. Educación Ambiental con Énfasis en Transparencia

Curriculum "Economía Circular" en escuelas primarias (grado 5-6). Programa comunitario 2x/mes. Diferencia con pasado: énfasis NO en "por qué reciclar" sino en "qué pasa DESPUÉS que recicla" (demostración visible de transformación).

4.5 Preguntas para Futuras Investigaciones

¿Cuál es elasticidad precio de reciclaje de Tetra Pack? Estudio piloto con variación de monto depósito (USD 0.05, 0.10, 0.15) permitiría optimizar incentivo.

¿Cómo cambia comportamiento cuando se COMPRUEBA (vs. promete) que material se recicla? Estudio con grupo control (educación tradicional) vs. grupo tratamiento (educación + transparencia digital + visita planta).

¿Son dinámicas de clase encontradas en Quito (NSE bajo vs. alto tiene diferentes preferencias) replicables en otras ciudades latinoamericanas (Medellín, Bogotá, Lima)?

5. CONCLUSIONES

La tasa de recuperación de 31% en Ecuador permanece significativamente por debajo del potencial técnico (60-70% alcanzado en países con REP + depósito retornable). La logística inversa ofrece marco viable para incrementar tasas hacia 60% al 2030, dependiendo de voluntad política.

HALLAZGO CRÍTICO (validado empíricamente en encuesta agosto-septiembre 2025): Variable determinante de participación ciudadana NO fue educación o infraestructura (ambas existen), sino INCENTIVO DIRECTO. Disposición aumentó 4 veces con depósito retornable (18% → 72%). Esto sugiere que teorías prevalecientes que enfatizan educación ambiental son INCOMPLETAS. Dinámicas de clase (necesidad económica vs. altruismo) determinan si ciudadanía participa.

Implementación efectiva requiere SEIS COMPONENTES INTEGRADOS: (1) REP obligatoria; (2) Depósito retornable; (3) Expansión infraestructura a 4,000 puntos; (4) Digitalización con trazabilidad; (5) Formalización recicladores; (6) Educación con transparencia de cadena.

Las alianzas público-privadas (como Corporación GIRA) son necesarias pero insuficientes sin incentivo económico directo. Sin depósito retornable, modelo GIRA replicará desigualdades territoriales (Zona Sur sub-servida).

La economía circular de Tetra Pack no es únicamente oportunidad ambiental (reducción emisiones, vida útil rellenos), sino también social (generación empleo, formalización recicladores) y económica (valorización materiales). Este modelo es replicable en ciudades latinoamericanas >1M habitantes.

Futuras investigaciones deben: (a) validar experimentalmente efecto de depósito retornable mediante piloto en 3 barrios; (b) medir elasticidad precio-participación; (c) analizar distribución de valor en cadena inversa; (d) evaluar impacto post-implementación en ciudades piloto.

Referencias

- BID. (2022). Hacia la economía circular en América Latina: Oportunidades e implicaciones políticas. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/hacia-economia-circular-america-latina>
- CEPAL. (2022). Economía circular y sostenibilidad urbana en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones>
- Corporación GIRA. (2024). Informe de puntos de recolección y recuperación de envases posconsumo en Quito. GIRA Ecuador. <https://gira.com.ec/puntosgira/>
- Doig, M. E. (2023). Logística inversa y economía circular de los años 2022 al 2023. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 5338-5350. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7350
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). Completing the picture: How the circular economy tackles climate change. Retrieved from <https://ellenmacarthurfoundation.org>
- EMGIRS-EP. (2023). Informe anual de gestión de residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito. <https://www.emgirs.gob.ec/>
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J., Dekker, R., & Van Der Laan, E. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*, 103(1), 1-17. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00230-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00230-0)
- García, J., & Torres, M. (2023). Sistemas colaborativos de reciclaje en América Latina. *Revista de Innovación Ambiental*, 12(3), 88-102. <https://doi.org/10.35622/j.ria.2023.12.004>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2022). Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos. <https://www.ambiente.gob.ec/>
- Red Ecuatoriana de Reciclaje. (2024). Estadísticas nacionales de recuperación de materiales. <https://redecuador.org/>
- Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. S. (2001). An examination of reverse logistics practices. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 129-148. <https://doi.org/10.1111/j.2158-1592.2001.tb00007.x>
- Tetra Pak. (2023). Informe de sostenibilidad y reciclaje en América Latina. Tetra Pak Latinoamérica. <https://www.tetrapak.com/es-cac/sustainability/measuring-and-reporting/sustainability-reports>

- Tetra Pak. (2024). Datos de desempeño de sostenibilidad del año fiscal 2024. <https://www.tetrapak.com/es-cac/sustainability/measuring-and-reporting/sustainability-performance-data>
- Universidad del Valle. (2021). Impacto ambiental de modelos de logística inversa en América Latina. <https://www.univalle.edu.co/>
- Velásquez, P., & Bonilla, M. (2022). La logística inversa como estrategia de eficiencia ambiental. *Revista de Gestión Ambiental*, 18(2), 45-62. <https://doi.org/10.1016/j.rga.2022.03.004>.

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).