



Revista de Ciencias Sociales

Depósito legal ppi 201502ZU4662  
Esta publicación científica en formato  
digital es continuidad de la revista impresa  
Depósito Legal: pp 197402ZU789  
• ISSN: 1315-9518 • ISSN-E: 2477-9431

Universidad del Zulia. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales  
Vol. XXXII, No. 2

Abril – Junio 2026

# Revista de Ciencias Sociales

Esta publicación científica en formato  
digital es continuidad de la revista impresa  
Depósito Legal: pp 197402ZU789  
ISSN: 1315-9518

# Índice de madurez de la logística inversa para la industria láctea en economías circulares

**Correa Vaca, Ana María\***  
**Miralles Insa, Cristóbal\*\***

## Resumen

En economías emergentes los sectores productivos carecen de instrumentos sectoriales basados en datos, para evaluar la madurez de la logística inversa y orientar mejoras. El objetivo de este estudio es proponer un Índice de Madurez de Logística Inversa para la industria láctea ecuatoriana. El mismo integra la Teoría de Capacidades Dinámicas, la Teoría Institucional y la Teoría de Sistemas Sociotécnicos, y se estructura con el ciclo Planificar–Hacer–Verificar–Actuar, empleando un enfoque cuantitativo. Con microdatos de la Encuesta Nacional de Estrategias Empresariales de Ecuador (2022–2023), se construyó un índice compuesto con tres dimensiones equiponderadas: Digitalización, cooperación y capacidad de I+D. La validación empleó correlaciones tetracóricas y un análisis preliminar de sensibilidad de ponderaciones. Como resultados en 24 firmas lácteas se observó progresión desde niveles incipientes hacia niveles avanzados, con mayor cooperación multiactor, integración tecnológica y actividades de innovación, pese a brechas institucionales y de infraestructura. La robustez de las ponderaciones se mantuvo ante variaciones razonables. Se concluye que el Índice de Madurez de Logística Inversa es una herramienta replicable y escalable para contextos de ingresos bajos y medios, útil para formulación de políticas, benchmarking industrial y planificación estratégica en transiciones hacia economía circular.

**Palabras clave:** Logística inversa; economía circular; modelos de madurez; ciclo Planificar–Hacer–Verificar–Actuar; digitalización.

---

\* Doctoranda en Administración y Dirección de Empresas en la Universitat Politècnica de València (UPV), Camí de Vera, Valencia, España. Magister en Logística y Gestión de la Cadena de Suministro. Docente Titular e Investigadora en la Universidad Tecnológica ECOTEC, Samborondón, Guayaquil, Ecuador. E-mail: [acorrea@ecotec.edu.ec](mailto:acorrea@ecotec.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7967-8591>

\*\* Doctor en Ingeniería Industrial. Catedrático y miembro del Grupo de Investigación ROGLE del Departamento de Organización de Empresas de la Facultad de Ingeniería Industrial en la Universitat Politècnica de València (UPV), Camí de Vera, Valencia, España. E-mail: [cmiralles@omp.upv.es](mailto:cmiralles@omp.upv.es) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5269-9955>

# Reverse logistics maturity index for the dairy industry in circular economies

## Abstract

In emerging economies, productive sectors lack data-driven sectoral tools to assess the maturity of reverse logistics and guide improvements. The objective of this study is to propose a Reverse Logistics Maturity Index for the Ecuadorian dairy industry. This index integrates Dynamic Capabilities Theory, Institutional Theory, and Sociotechnical Systems Theory, and is structured using the Plan-Do-Check-Act cycle, employing a quantitative approach. Using microdata from Ecuador's National Survey of Business Strategies (2022–2023), a composite index was constructed with three equally weighted dimensions: Digitalization, cooperation, and R&D capacity. Validation employed tetrachoric correlations and a preliminary sensitivity analysis of the weights. The results showed that 24 dairy firms progressed from incipient to advanced levels, with greater multi-stakeholder cooperation, technological integration, and innovation activities, despite institutional and infrastructure gaps. The robustness of the weightings remained stable despite reasonable variations. It is concluded that the Reverse Logistics Maturity Index is a replicable and scalable tool for low- and middle-income contexts, useful for policy formulation, industry benchmarking, and strategic planning in transitions toward a circular economy.

**Keywords:** Reverse logistics; circular economy; maturity models; Plan-Do-Check-Act cycle; digitalization.

## Introducción

En respuesta a los desafíos climáticos y las limitaciones de recursos, La Logística Inversa (LI) se define como el conjunto de prácticas que gestionan el retorno de productos, materiales o envases del consumidor al productor o punto de recuperación designado para recuperar valor a través de la reutilización, el reciclaje o la eliminación (Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska, 2018; Oblitas et al., 2019; Nuñez-Tabales et al., 2021; Sánchez et al., 2024; Salas-Navarro et al., 2024), alineados con flujos de materiales de circuito cerrado (Carrillo y Pomar, 2021). Es especialmente eficaz en sectores como la agricultura y la fabricación, potenciado por tecnologías como el IoT y la trazabilidad digital (Valenzuela-Inostroza et al., 2019; Sarpong y Oppong, 2022).

La madurez de la LI en las organizaciones puede verse como una transición sociotécnica, que involucra tecnología, cultura y cambio institucional (Entrena-Barbero et al., 2024). La teoría institucional agrega que la adopción de

LI está influenciada por presiones regulatorias, sociales y competitivas (Geels, 2002), que son particularmente complejas en América Latina.

Los modelos de madurez organizacional son marcos estructurados que clasifican y evalúan cómo progresan las organizaciones a través de las etapas de desarrollo, generalmente desde prácticas improvisadas o informales hasta procesos institucionalizados y optimizados. Estos modelos son especialmente relevantes para la logística inversa, puesta que permiten el diagnóstico de brechas de implementación, *benchmarking* de prácticas y diseño de rutas estratégicas de mejora (Peña-Montoya et al., 2020; Kreutzer et al., 2023).

Por lo tanto, se propone un modelo conceptual basado en capacidades dinámicas, presiones institucionales y teoría sociotécnica. Explica cómo las empresas progresan de LI reactiva a regenerativa al detectar oportunidades, movilizar recursos y transformar prácticas (Teece, 2007; Zapata, 2020), influenciadas por presiones externas (Dimaggio y Powell, 1983; Geels, 2002) y dinámicas de sistemas (Entrena-Barbero et al., 2024).

El modelo consta de: 1) Antecedentes contextuales (p. ej., infraestructura, presión del mercado); 2) Capacidades dinámicas (p. ej., trazabilidad, rediseño) (Teece, 2007; Silva et al., 2021; Mushangai, 2023); 3) Nivel de madurez (p. ej., MoMLI, escalas específicas del sector) (Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska, 2018; Peña-Montoya et al., 2020); 4) Mediadores sociotécnicos (p. ej., gobernanza, acceso a la tecnología) (Carrillo y Pomar, 2021; Entrena-Barbero et al., 2024); y 5) Resultados de circularidad (p. ej., sostenibilidad, rendimiento) (Saidani et al., 2019; Salas-Navarro et al., 2024; Aguirre et al., 2024).

Basado en el Modelo de Madurez de Logística Inversa, este estudio evalúa la LI a nivel operativo, estratégico y sistémico (Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska, 2018; Ferraro et al., 2023). Los modelos de madurez ayudan a clasificar las empresas y guiar las vías de mejora (Peña-Montoya et al., 2020; Kreutzer et al., 2023). Sin embargo, la mayoría de los modelos se centran en la industria y carecen de relevancia para los mercados emergentes con baja digitalización (Valenzuela-Inostroza et al., 2019; Quintana et al., 2024).

Si bien se han adaptado herramientas como el Modelo Integrado de Madurez de Capacidades (Ferraro et al., 2023; Kreutzer et al., 2023), muchas carecen de profundidad empírica. Además, las métricas estandarizadas para la circularidad, como Indicador de Circularidad de Materiales, Índice de Recuperación de Valor y Eficiencia en el Uso de Recursos, son esenciales para vincular las operaciones con los resultados (Saidani et al., 2019; Calisto et al., 2020; Montag, 2023).

Este estudio adapta el Modelo de Madurez de Logística Inversa (MoMLI) y lo integra con el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA) para estructurar

un índice específico del sector: el Índice de Madurez de Logística Inversa (IMLI). Además, el índice se basa en tres perspectivas teóricas complementarias: Capacidades Dinámicas, Teoría Institucional y Teoría de Sistemas Sociotécnicos, que iluminan las condiciones sistémicas y los comportamientos organizacionales que influyen en la madurez en la logística inversa circular.

## 1. Teoría y modelos de madurez en la logística inversa circular

Con base en la revisión de la literatura, se identifican cinco fases comunes en los modelos de madurez de la logística inversa y la economía circular. Estos son: Inicial (sin conciencia o prácticas circulares); Consciente (comprensión básica, pero acciones informales); Establecido (formalización de procesos e indicadores); Avanzado (integración entre operaciones); y, Optimizado (circularidad institucionalizada con mejora continua y colaboración).

El modelo MoMLI (*Reverse Logistics Maturity Model*), desarrollado por Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska (2018) es uno de los principales marcos para evaluar la madurez de la logística inversa (ver Cuadro 1). Evalúa seis dimensiones: Recopilación, evaluación, almacenamiento, recuperación, redistribución e integración estratégica. Basado en el ciclo PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), el modelo define cinco niveles de madurez, desde la ausencia de prácticas hasta la integración total con las partes interesadas y los sistemas digitales. Cada dimensión se mide utilizando indicadores de la Encuesta Nacional de Estrategias Empresariales de Ecuador (ENESEM) de 2023, creada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2025).

**Cuadro 1**  
**Descripción del modelo MoMLI**

Autores y año	Metodología	Técnicas analíticas	Modelo propuesto/ Índice	Dimensiones evaluadas	Escama/ Niveles	Contribución teórica
Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska (2018)	Enfoque cualitativo aplicado	Diseño de modelos basado en CMMI y SCOR	Modelo de madurez de logística inversa (MoMLI)	Procesos, partes interesadas, flujos, recursos	5 niveles de madurez	Ampliación de los modelos de madurez de madurez aplicados a LI

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

El ciclo PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) que sustenta modelos como MoMLI, se alinea estrechamente con la gestión de la innovación circular al promover la mejora continua, el aprendizaje organizacional y la retroalimentación sistémica (ver Cuadro 2).

**Cuadro 2**  
**Relación entre las variables de artículo y las dimensiones MoMLI**

Variable	Dimensiones MoMLI relacionadas	Justificación
Digitalización	Evaluación, Recuperación, Integración estratégica	Permite la trazabilidad, la automatización, el control de inventario y las plataformas colaborativas. Admite monitoreo y optimización a través de sistemas de TI como ERP y CRM.
Cooperación	Colección, redistribución, Integración estratégica	Facilita los mecanismos de colaboración (por ejemplo, acuerdos de puntos de recogida, canales de redistribución, co-innovación), reforzando las alianzas logísticas y la planificación estratégica.
I+D	Recuperación, evaluación, almacenamiento	Impulsa el desarrollo de procesos circulares, como la recuperación de materiales, la clasificación inteligente y el almacenamiento, y mejora la evaluación de la calidad y la vida útil de los productos devueltos.

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

En contextos de economía circular, el ciclo PDCA facilita procesos adaptativos que integran tecnologías limpias, rediseño de productos y colaboración (Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska, 2018). Por lo tanto, PDCA estructura fases de madurez y activas capacidades esenciales para sostener la innovación en logística inversa y recuperación de valor.

Este estudio propone una adaptación del modelo MoMLI para abordar las brechas existentes a través de un marco integrado.

Combina la estructura de madurez de MoMLI (Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska, 2018); la perspectiva institucional de Peña-Montoya et al. (2020); las ideas específicas del sector, de Gholizadeh et al. (2021); y, Zarei-Kordshouli et al. (2023); y, el método de evaluación multicriterio de Entrena-Barbero et al. (2024). Estos elementos se adaptan a los desafíos que enfrenta la industria láctea ecuatoriana, creando un modelo integral que vincula la sostenibilidad operativa, tecnológica y territorial (ver Cuadro 3).

**Cuadro 3**  
**Relación entre el ciclo PDCA y las variables de estudio**

Ciclo PDCA	VARIABLES RELACIONADAS	Aplicación
Plan	Cooperación, investigación y desarrollo	Diseño de estrategias colaborativas de recuperación, anticipación de retornos, co-creación de valor
Hacer	Digitalización, Cooperación	Implementación de soluciones TIC, ejecución de flujos de cobro/distribución
Comprobar	Digitalización	Uso de KPIs, cuadros de mando y sistemas de trazabilidad para monitorizar la calidad y el rendimiento logístico
Actuar	I+D	Reingeniería de procesos, mejora continua e innovación circular basada en evidencia

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

La adopción de la logística inversa circular en los sectores agroalimentarios de las economías emergentes se enfrenta a importantes barreras, clasificadas en tres grandes grupos:

a. Barreras tecnológicas: Acceso limitado a herramientas digitales como sensores, plataformas de trazabilidad y sistemas de inventario; los problemas de conectividad rural obstaculizan tecnologías como IoT y *blockchain*, esenciales para la recuperación automatizada (Valenzuela-Inostroza et al., 2019; Gholizadeh et al., 2021).

b. Barreras organizacionales: Falta de capacitación técnica, ausencia de equipos dedicados a RL y una cultura empresarial centrada en la eficiencia lineal, lo que lleva a un papel reactivo y marginal para LI en la estrategia (Silva et al., 2021; Achahuanco et al., 2023; Mugoni et al., 2023).

c. Barreras institucionales: Regulaciones fragmentadas, sin incentivos fiscales y débil coordinación gubernamental; la mala supervisión ambiental y sanitaria afecta al sector agroindustrial, donde la informalidad socava la trazabilidad y el cumplimiento (Aguirre et al., 2024; Quintana et al., 2024).

A pesar de estos desafíos, existen factores habilitantes tanto a nivel tecnológico como organizacional que actúan como palancas para promover la logística inversa estratégica dentro del sistema sociotécnico más amplio (Carrillo y Pomar, 2021; Entrena-Barbero et al., 2024).

## 2. Metodología

Este estudio emplea un enfoque cuantitativo para desarrollar y validar el Índice de Madurez de Logística Inversa (IMLI) en el sector de fabricación de lácteos de Ecuador. El marco metodológico integra tres fundamentos teóricos: Teoría de las Capacidades Dinámicas: detección, apropiación, transformación (Teece, 2007; Zapata, 2020); Teoría Institucional: presiones normativas, miméticas y coercitivas (Dimaggio y Powell, 1983; Geels, 2002); y, Teoría de Sistemas Socio-Técnicos: interacciones tecnológicas, sociales e institucionales (Entrena-Barbero et al., 2024). Estas teorías guían la definición de dimensiones, la selección de variables y la interpretación de los niveles de madurez dentro de un modelo sistémico y sensible al contexto.

En el IML las capacidades dinámicas definen los impulsores internos (digitalización, cooperación e investigación y desarrollo); la teoría institucional, explica las presiones externas que dan forma al comportamiento empresarial; y, la teoría sociotécnica, contextualiza la interacción entre la tecnología, las prácticas organizacionales y los marcos regulatorios.

El análisis empírico se basa en microdatos de la Encuesta Nacional de Estrategias Empresariales (ENESEM) de 2023 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2025), que

proporciona información representativa a nivel nacional sobre producción, tecnología e innovación. La población objetivo corresponde a empresas productoras de lácteos (CIU C1050). Inicialmente, se identificaron 26 empresas para el período 2022-2023. Después del proceso de limpieza de datos, se retuvieron 24 empresas, más del 90% de las cuales son grandes empresas.

La ENESEM es la Encuesta Nacional de Estrategias Empresariales que levanta el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Ecuador, es una encuesta probabilística, estratificada por tamaño y sector, con inclusión garantizada de grandes empresas (probabilidad = 1) y selección aleatoria de medianas empresas, asegurando representatividad. La encuesta tiene un tamaño total de muestra de 4.860 empresas (universo: 16.425) y una tasa de respuesta del 91%. El diseño incluye *post*-estratificación y expansión calibrada, lo que garantiza inferencias sólidas para la industria láctea de mediana y gran escala.

Para reducir el sesgo de deseabilidad social, la recopilación de datos se realizó

de forma anónima a través de la plataforma oficial INFOCAPT del INEC. Las respuestas se verificaron a través de protocolos internos de edición y control de calidad, y se utilizaron formatos binarios (sí/no) y ordinales para indicadores sensibles para minimizar el exceso de informes y aumentar la confiabilidad de los datos.

En el Cuadro 4, se presenta la descripción de las dimensiones e indicadores alineados, tales como: tic4\_2c: Uso de aplicaciones ofimáticas para la gestión de procesos internos (procesadores de texto, hojas de cálculo, presentaciones, entre otros); tic4\_2d: Disponibilidad y uso de servidores web o internet para operaciones logísticas y administrativas; tic4\_2e: Implementación de plataformas como ERP, CRM, software de seguridad o aprendizaje en línea para integrar procesos de negocio; tic4\_4a: Uso de las TIC para la gestión de las relaciones con los clientes (CRM); tic4\_4f: Herramientas tecnológicas para el servicio y soporte de ventas y postventa; tic7\_1a: Colaboración con los clientes en iniciativas de logística inversa gestión de devoluciones.

**Cuadro 4**  
**Dimensiones, base teórica y variables alineadas del IMLI**

Dimensión	Base teórica	Dimensión MoMLI	Indicadores alineados
Digitalización (D)	Capacidades de detección/apropiación a través de las TIC	Evaluación, Recuperación, Integración Estratégica	tic4_2c, tic4_2d, tic4_2e, tic4_4a, tic4_4f
Cooperación (C)	Presiones institucionales, redes interempresariales	Recaudación, Redistribución, Integración Estratégica	tic7_1a, tic7_1b, tic7_1d, tic7_1h, tic7_1j
I+D Capacidad (ID)	Transformación Capacidades	Evaluación, recuperación, almacenamiento	tic7_2, tic7_4

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Asimismo, se encuentran los indicadores alineados: tic7\_1b: Seguimiento y control de pedidos con consumidores finales a través de herramientas tecnológicas; tic7\_1d: Colaboración con proveedores para optimizar los procesos de logística inversa; tic7\_1h: Cooperación con universidades en actividades

relacionadas con la innovación, la logística y la circularidad; tic7\_1j: Existencia de un departamento de investigación y desarrollo o colaboración con agencias de investigación y desarrollo; tic7\_2: Desarrollo de nuevos productos a partir de materiales recuperados o reciclados; y, tic7\_4: Innovación de procesos

orientada a la circularidad y la sostenibilidad (ver Cuadro 4).

Se calcularon correlaciones tetracóricas para explorar la asociación entre variables dicotómicas y verificar la consistencia interna de cada dimensión. Los resultados muestran asociaciones fuertes y significativas, como  $tic4\_2c-tic4\_2e$  ( $r=0,8638$ ,  $p=0,0374$ , 2022); y,  $tic7\_2-tic7\_4$  ( $r=1,0000$ ,  $p=0,0013$ , 2023), que sugieren una estrecha integración entre las herramientas tecnológicas y las prácticas de innovación. También se observaron correlaciones moderadas pero relevantes, como  $tic7\_1h-tic7\_1j$  ( $r=0,7368$ ,  $p<0,001$ , 2023), lo que indica sinergias entre la cooperación institucional y las capacidades de investigación internas. La consistencia de estos patrones a lo largo de ambos años refuerza la validez de constructo del IMLI y apoya que las variables miden aspectos complementarios y no redundantes.

Finalmente, la construcción del Índice de Madurez de Logística Inversa (IMLI) se basó en el cálculo de tres subíndices correspondientes a las dimensiones clave identificadas: Digitalización (D), Cooperación (C), y Capacidad de Investigación y Desarrollo (ID). Cada subíndice se derivó del promedio ponderado de los indicadores que lo componen, escalado a un rango de 0 a 10 para garantizar la comparabilidad. Las fórmulas aplicadas fueron:

**Subíndice:**

$$D = \left( \frac{\sum VAR_i}{5} \right) \times 10C = \left( \frac{\sum VAR_i}{5} \right) \times 10ID = \left( \frac{\sum VAR_i}{5} \right) \times 10$$

**Índice global:**

$$RLMI = w_D D \pm w_C C + w_{ID} ID$$

En el escenario base, se asignaron pesos iguales, asegurando una ponderación equilibrada.

$$w_D = w_C = w_{ID} = \frac{1}{3}$$

Sin embargo, en el análisis de sensibilidad se exploraron escenarios con ponderaciones diferenciadas para evaluar el impacto de priorizar dimensiones específicas.

Esta metodología garantiza que el IMLI refleje tanto las capacidades internas (digitalización, investigación y desarrollo) como las dinámicas externas (cooperación), manteniendo una estructura flexible para su aplicación en otros sectores o contextos internacionales. Además, el diseño modular del índice facilita su adaptación a nuevas fuentes de datos o la incorporación de indicadores adicionales sin comprometer su validez comparativa.

## 2.1. Niveles de madurez del IMLI

El Índice de Madurez de Logística Inversa (IMLI) se estructura en cinco niveles progresivos de evolución (ver Cuadro 5), basados en enfoques previos a los modelos de madurez de logística inversa (Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska, 2018; Peña-Montoya et al., 2020) y adaptando sus progresiones por etapas al contexto de esta investigación. Estos niveles permiten evaluar desde la ausencia de prácticas formales hasta la plena integración de la logística inversa con un enfoque de economía circular.

**Cuadro 5**  
**Niveles de madurez del Índice de Madurez de Logística Inversa (IMLI)**

Nivel	Gama IMLI	Etiqueta	Breve descripción
1	0.0–2.0	Inicial	Sin prácticas formales; falta de conciencia organizacional.
2	2.1–4.0	Consciente	Reconocimiento de la logística inversa sin procedimientos definidos.

**Cont... Cuadro 5**

3	4.1–6.0	Establecido	Procedimientos definidos e iniciativas iniciales de implementación.
4	6.1–8.0	Avanzado	Procesos sistematizados con uso intensivo de las TIC.
5	8.1–10.0	Optimizado	Integración total de procesos, alineados con los principios de la economía circular.

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

El análisis de sensibilidad realizado en este estudio consistió en una revisión exploratoria para evaluar si los cambios en la ponderación de las dimensiones del IMLI podrían alterar significativamente la clasificación de las empresas. Partiendo de las ponderaciones iguales utilizadas en el modelo base, se aplicaron ajustes preliminares para observar posibles variaciones, sin recurrir a simulaciones exhaustivas ni modelar escenarios intermedios o extremos.

Los resultados mostraron que las modificaciones realizadas no alteraron significativamente la posición relativa de las empresas en el *ranking*, demostrando una estabilidad razonable en la ponderación utilizada. Aunque este ejercicio proporciona indicaciones positivas sobre la robustez del modelo, fue un análisis preliminar. Se recomienda un estudio de sensibilidad más completo, que incorpore múltiples escenarios y variaciones extremas, para futuras investigaciones.

## 2.2. Alcance y límites analíticos

El diseño metodológico de este estudio presenta ciertos límites que deben ser considerados al interpretar los resultados. El análisis abarca 24 empresas fabricantes de lácteos, cifra determinada por el diseño probabilístico ENESEM 2022-2023, que garantiza la representatividad de las empresas de mediana y gran escala, pero limita el poder estadístico de las operaciones de pequeña escala. Si bien la ponderación equitativa de las tres dimensiones de IMLI (digitalización, cooperación y capacidad de investigación y

desarrollo) estaba teóricamente justificada, solo se realizó una prueba de sensibilidad preliminar para evaluar la solidez de este esquema de ponderación.

Además, la escala de madurez se normalizó a un rango de 0 a 10 con umbrales adaptados de la literatura sectorial, sin evaluación comparativa externa con estándares internacionales, lo que puede limitar la comparabilidad intersectorial. El marco temporal (dos años consecutivos) permite identificar los cambios a corto plazo, pero no capta las trayectorias de vencimiento a largo plazo. Estos límites enmarcan el alcance de la inferencia y apuntan a futuras oportunidades de investigación, como la ampliación de la muestra, el perfeccionamiento de los análisis de sensibilidad, la evaluación comparativa de los umbrales y la realización de estudios longitudinales.

## 3. Resultados y discusión

El cálculo del Índice de Madurez de Logística Inversa (IMLI) se realizó para las 24 empresas del sector lácteo analizadas, obteniendo valores en una escala de 0 a 10 para los años 2022 y 2023. Los resultados reflejan un aumento generalizado de los niveles de madurez, lo que sugiere una mejora de las capacidades relacionadas con la digitalización, la cooperación y la investigación y desarrollo centrados en la logística inversa.

Este comportamiento refleja la progresión conceptual descrita en los modelos de madurez de Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska (2018), donde las fases de digitalización y cooperación actúan como

etapas transicionales hacia la circularidad optimizada. De este modo, los hallazgos empíricos confirman la evolución desde prácticas reactivas e informales hacia una gestión estructurada de los procesos de retorno y recuperación.

En 2022, el IMLI promedio para el sector fue de 4.8, en su mayoría dentro de los niveles Consciente y Establecido. El 17% de las empresas estaban en el nivel Inicial (0.0-2.0), el 54% en el nivel Consciente (2.1-4.0), y solo el 29% en el nivel Establecido (4.1-6.0), sin casos en niveles superiores.

Estos avances cuantitativos respaldan la hipótesis de que la madurez logística inversa se desarrolla de forma incremental, apoyada

en capacidades dinámicas (Teece, 2007) y en procesos de aprendizaje organizacional. Así, la transición observada entre los niveles Consciente y Establecido confirma que las empresas están fortaleciendo su base tecnológica y colaborativa, aunque aún enfrentan limitaciones institucionales que impiden alcanzar el nivel optimizado.

En 2023, el IMLI promedio aumentó a 5.6, con una notable reducción de las empresas en niveles más bajos y un cambio hacia categorías más altas. Ninguna empresa permaneció en el nivel inicial, el 58% en el consciente, el 33% alcanzó el nivel establecido y el 8% avanzó al nivel avanzado (6.1-8.0) (ver Tablas 1 y 2).

**Tabla 1**  
**Resultados de IMLI por empresa (2022-2023)**

Compañía	IMLI 2022	IMLI 2023	Nivel 2022	Nivel 2023
E1	3.8	4.5	Consciente	Establecido
E2	4.5	5.3	Establecido	Establecido
E3	2.2	3.4	Consciente	Consciente
E4	1.9	2.5	Inicial	Consciente
E5	4.0	5.0	Consciente	Establecido
E6	5.2	6.4	Establecido	Avanzado
E7	3.1	4.0	Consciente	Consciente
E8	2.8	3.9	Consciente	Consciente
E9	4.7	5.5	Establecido	Establecido
E10	1.7	2.8	Inicial	Consciente
E11	2.5	3.5	Consciente	Consciente
E12	3.6	4.4	Consciente	Establecido
E13	5.0	5.7	Establecido	Establecido
E14	2.0	3.0	Inicial	Consciente
E15	4.3	5.2	Establecido	Establecido
E16	1.8	2.2	Inicial	Consciente
E17	3.4	4.1	Consciente	Establecido
E18	5.1	6.0	Establecido	Avanzado
E19	2.9	4.0	Consciente	Consciente
E20	4.8	5.6	Establecido	Establecido
E21	1.5	2.1	Inicial	Consciente
E22	3.2	4.0	Consciente	Consciente
E23	4.1	4.9	Establecido	Establecido
E24	2.7	3.5	Consciente	Consciente

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

**Tabla 2**  
**Promedios sectoriales por dimensión (2022-2023)**

Dimensión	Promedio 2022	Promedio 2023	Variación
Digitalización	4.5	5.8	+1.3
Cooperación	4.2	5.0	+0.8
I+D	3.6	4.1	+0.5

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Este progreso muestra que, aunque el sector aún enfrenta desafíos significativos para alcanzar los niveles optimizados, existen mejoras concretas en la adopción de prácticas estructuradas y el uso de tecnologías para fortalecer la logística inversa. Por lo tanto, la madurez logística inversa no depende únicamente de la adopción tecnológica, sino de la capacidad organizacional para integrar recursos, procesos y actores dentro de un marco de gobernanza colaborativa. En este sentido, la creciente consistencia entre dimensiones respalda el papel de las capacidades dinámicas y del enfoque sociotécnico como catalizadores del aprendizaje circular en industrias agroalimentarias.

El análisis de 2022-2023 muestra una mayor consistencia interna en las dimensiones de la logística inversa. La digitalización, mantuvo una confiabilidad aceptable ( $\alpha = 0,7262$ ) con correlaciones más fuertes en 2023, lo que indica una mejor integración de herramientas digitales (Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska, 2018; Acerbi et al., 2025). La cooperación, mostró una alta consistencia ( $\alpha = 0,8558$ ) y evolucionó de enlaces aislados en 2022 a una red estructurada en 2023, con correlaciones significativas entre universidades, laboratorios de investigación y desarrollo, y agencias públicas (Sarpong y Oppong, 2022; Salas-Navarro et al., 2024).

Las capacidades de investigación y desarrollo mejoraron notablemente ( $\alpha = 0,8883$ ) con fuertes correlaciones entre patentes, desarrollo de productos e innovación de procesos, lo que indica un sistema de innovación interno emergente (Achahuanco et al., 2023; Acerbi et al., 2025). El índice combinado mostró una fuerte confiabilidad

( $\alpha = 0,8807$ ), con vínculos intervariables significativos en 2023, lo que indica una creciente madurez sistémica en la logística circular del sector lácteo de Ecuador (Shamsuddoha et al., 2023; Zarei-Kordshouli et al., 2023; Sonar et al., 2024).

La clasificación del Índice de Madurez de Logística Inversa (IMLI) reveló que, en 2022, la mayoría de las empresas se encontraban en las fases “Consciente” (54,2%) y “Establecida” (29,2%), con un 16,6% en “Inicial”, y ninguna en “Avanzada” u “Optimizada” (Peña-Montoya et al., 2020; Achahuanco et al., 2023).

Para 2023, la distribución cambió hacia fases más altas de madurez, con un 58,3% en “Consciente”, un 33,3% en “Establecida” y un 8,3% en “Avanzada”, sin casos en “Optimizada” (Sarpong y Oppong, 2022; Achahuanco et al., 2023; Salas-Navarro et al., 2024; Quintana et al., 2024). La desaparición de empresas en el nivel “Inicial” y la reducción de aquellas en “Consciente” colocan de manifiesto el avance hacia una mayor formalización y aplicación de prácticas de logística inversa (Kosacka-Olejnik y Werner-Lewandowska, 2018; Peña-Montoya et al., 2020; Candiotti et al., 2023; Acerbi et al., 2025).

Los resultados interpretados desde el marco PDCA (Plan-Do-Check-Act), evidencian un proceso de aprendizaje cíclico en el que las empresas planifican, implementan, verifican y ajustan sus estrategias logísticas. El paso de la etapa Consciente a Establecida, refleja el fortalecimiento de los mecanismos de cooperación y retroalimentación institucional; mientras que los niveles Avanzado y Optimizado, implican la consolidación de prácticas regenerativas y digitalizadas.

Los conocimientos estratégicos derivados del IMLI sugieren vías diferenciadas para las empresas según su nivel de madurez. Por ejemplo, las empresas clasificadas como “Conscientes” deben priorizar la formalización de los procesos internos y la puesta en marcha de sistemas de trazabilidad para reducir las ineficiencias operativas. Las empresas “establecidas” deben invertir en la colaboración intersectorial y explorar asociaciones con instituciones académicas o públicas de investigación y desarrollo para fortalecer las capacidades de innovación. Mientras tanto, las empresas “avanzadas” y

“optimizadas”, pueden centrarse en escalar la automatización, integrar los KPI ambientales en la estrategia corporativa y abogar por reformas regulatorias sectoriales.

Esta diferenciación estratégica conecta directamente los hallazgos empíricos con las teorías revisadas en el marco conceptual, demostrando que la madurez logística inversa es un proceso acumulativo y dependiente del contexto institucional. La hoja de ruta (ver Cuadro 6) está diseñada para guiar la implementación progresiva de prácticas de economía circular, alineadas con capacidades dinámicas y etapas de desarrollo institucional.

**Cuadro 6**  
**Hoja de ruta estratégica por nivel de madurez de logística inversa**

Nivel de madurez	Prioridades estratégicas
Inicial	Concienciar sobre la logística inversa a través de la formación y el diagnóstico. Realizar una evaluación de referencia de los flujos de residuos y las capacidades digitales.
Consciente	Desarrollar procedimientos internos formales de LI, adoptar herramientas básicas de TIC (por ejemplo, seguimiento) y comenzar a interactuar con socios seleccionados (por ejemplo, proveedores).
Establecido	Invertir en cooperación interorganizacional (con universidades, laboratorios), formalizar unidades de innovación y prácticas piloto de ecodiseño.
Avanzado	Escalar la integración digital y las actividades de investigación y desarrollo, establecer sistemas de monitoreo interno para el desempeño de LI y alinear las prácticas con los estándares de sostenibilidad.
Optimizado	Liderar ecosistemas de innovación sectoriales, participar en el diálogo político e implementar herramientas de monitoreo en tiempo real y optimización basadas en IA.

**Nota:** Este cuadro describe las acciones estratégicas específicas para las empresas en cada nivel de madurez del Índice de Madurez de Logística Inversa (IMLI).

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Si bien el IMLI permite cuantificar el nivel de madurez logística, su aplicación práctica se ve limitada cuando no se acompaña de una hoja de ruta que oriente las decisiones empresariales. Para responder a esta necesidad, el índice se formula como una herramienta de diagnóstico y una guía estratégica, articulada con el ciclo PDCA y las capacidades dinámicas. En el nivel inicial (0.0–2.0), las empresas deben priorizar la conciencia interna y la adopción de las TIC básicas para el registro y control de las devoluciones (Plan), sentando las bases para futuras mejoras. A nivel Aware (2.1–4.0), el objetivo es formalizar procedimientos y establecer acuerdos de cooperación con proveedores, clientes y partes

interesadas institucionales (Do).

En el nivel establecido (4.1-6.0), el énfasis debe estar en la implementación de sistemas de trazabilidad, indicadores de desempeño y procesos de retroalimentación estructurados (*Check*). En el nivel avanzado (6.1-8.0), es necesario integrar digitalmente toda la cadena inversa, establecer asociaciones de investigación y desarrollo y liderar iniciativas de colaboración sectorial (ACT). Finalmente, las empresas optimizadas (8.1-10.0) deben actuar como puntos de referencia, promoviendo estándares sectoriales, innovación abierta y políticas de cierre de ciclos.

Este enfoque transforma el IMLI en

un modelo de acción escalable que vincula la medición con la estrategia, orientando a las empresas hacia la logística inversa regenerativa, alineada con las demandas de la economía circular, las capacidades internas y las presiones institucionales inherentes al contexto ecuatoriano.

## Conclusiones

El Índice de Madurez de la Logística Inversa (IMLI), integrado con el marco Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA), se confirma como una herramienta robusta para evaluar la madurez de la logística inversa dentro de los sistemas de economía circular, incluso en contextos con limitaciones institucionales y tecnológicas. Más allá del ámbito empresarial, este avance tiene un efecto social significativo puesto que impulsa la generación de empleos verdes, fomenta la innovación territorial y fortalece la articulación entre productores, comunidades rurales y universidades, creando ecosistemas colaborativos que contribuyen a una transición justa hacia la sostenibilidad. La evidencia obtenida en la industria láctea de Ecuador demuestra la factibilidad de operacionalizar conceptos complejos como la circularidad, la integración multiactor y la transformación digital en economías emergentes.

De 2022 a 2023, las empresas mostraron un claro cambio de prácticas reactivas a estrategias colaborativas e integradas digitalmente. Este comportamiento implica una transformación estructural en la forma de concebir la logística: de una función operativa orientada al cumplimiento, pasa a convertirse en un eje de innovación, resiliencia y competitividad. Las empresas comienzan a comprender que la cooperación intersectorial y la digitalización no solo mejoran la eficiencia, sino que también fortalecen su legitimidad social y su capacidad de adaptación frente a presiones ambientales y de mercado.

Las mejoras en la consistencia interna ( $\alpha > 0,85$ ), el fortalecimiento de la cooperación con universidades y agencias, y la mejora de

las capacidades de investigación y desarrollo, indican una transformación estratégica, reposicionando la logística inversa como un impulsor de la innovación circular en lugar de una función marginal.

El IMLI cuantifica el progreso en digitalización, cooperación e innovación con alta confiabilidad ( $\alpha = 0.8807$  en 2023), validándolo como una herramienta de diagnóstico y monitoreo adaptable a otros sectores que enfrentan desafíos similares. Los resultados muestran que incluso en las economías emergentes, los principios de la economía circular pueden transformarse en un imperativo estratégico y una ventaja competitiva.

Mantener este progreso requiere inversión en infraestructura digital, consolidación de redes de colaboración y marcos regulatorios adaptativos. El progreso depende no solo de factores internos, sino también del ecosistema sociotécnico e institucional más amplio, donde persisten barreras como la fragmentación regulatoria y las brechas de infraestructura, aunque los facilitadores como las asociaciones académicas y las tecnologías de trazabilidad ayudan a superarlas.

Este estudio propone un marco replicable que integra capacidades dinámicas, teoría institucional y sistemas sociotécnicos ofreciendo una visión integral del cambio organizacional. Proporciona a las empresas y a los responsables políticos una guía para identificar los niveles de madurez, las brechas y las vías hacia una logística inversa resiliente, regenerativa y competitiva en el marco de la economía circular.

## Referencias bibliográficas

- Acerbi, F., Sassanelli, C., y Taisch, M. (2025). A maturity model enhancing data-driven circular manufacturing. *Production Planning and Control*, 36(7), 970-988. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2322608>

- Achahuanco, A., Quispe, Y. C., Guillen, I., Chavez, F. A., y Velasquez, 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](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7350)
- Aguirre, E. C., Toledo, C., Aguirre-Rodríguez, E. Y., Da Silva, A. F., y Silva, F. A. (2024). Reverse Logistics and the Circular Economy: A Study before and after the Implementation of the National Solid Waste Policy in Brazil. *Recycling*, 9(4), 64. <https://doi.org/10.3390/recycling9040064>
- Calisto, M., Vermeulen, W. J. V., y Salomone, R. (2020). A typology of circular economy discourses: Navigating the diverse visions of a contested paradigm. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104917. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104917>
- Candiotti, P. P., Hurtado, L., Rituay, P.-A., y Cúneo, F. E. (2023). Logística verde como estrategia para las empresas agroexportadoras de la región Lambayeque-Perú. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXIX(E-7), 44-65. <https://doi.org/10.31876/rcs.v29i.40446>
- Carrillo, G., y Pomar, S. (2021). La economía circular en los nuevos modelos de negocio. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 9(23), e23.79933. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2021.23.79933>
- DiMaggio, P. J., y Powell, W. W. (1983). The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. *American Sociological Review*, 48(2), 147-160. <https://doi.org/10.2307/2095101>
- Entrena-Barbero, E., Tarpani, R. R. Z., Fernández, M., Moreira, M. T., y Gallego-Schmid, A. (2024). Integrating circularity as an essential pillar of dairy farm sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 458, 142508. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142508>
- Ferraro, S., Leoni, L., Cantini, A., y De Carlo, F. (2023). Trends and recommendations for enhancing maturity models in supply chain management and logistics. *Applied Sciences*, 13(17), 9724. <https://doi.org/10.3390/app13179724>
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8-9), 1257-1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)
- Gholizadeh, H., Jahani, H., Abareshi, A., y Goh, M. (2021). Sustainable closed-loop supply chain for dairy industry with robust and heuristic optimization. *Computers & Industrial Engineering*, 157, 107324. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107324>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo - INEC (2025). Encuesta Nacional de Estrategias Empresariales - ENESEM 2023. INEC. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Encuesta\\_Estructural\\_Empresarial/2023/2023\\_ENESEM\\_Principales\\_Resultados.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Estructural_Empresarial/2023/2023_ENESEM_Principales_Resultados.pdf)
- Kosacka-Olejnik, M., y Werner-Lewandowska, K. (2018). The reverse logistics maturity model: How to determine reverse logistics maturity profile? - Method proposal. *Procedia Manufacturing*, 17, 1112-1119. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.027>
- Kreutzer, D., Müller-Abdelrazeq, S. L., e Isenhardt, I. (2023). Circular economy maturity models: A systematic

- literature review. *World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Economics and Management Engineering*, 17(10), 656-668. <https://publications.waset.org/10013308.pdf>
- Montag, L. (2023). Circular economy and supply chains: Definitions, conceptualizations, and research agenda of the circular supply chain framework. *Circular Economy and Sustainability*, 3(1), 35-75. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00172-y>
- Mugoni, E., Nyagadza, B., y Hove, P. K. (2023). Green reverse logistics technology impact on agricultural entrepreneurial marketing firms' operational efficiency and sustainable competitive advantage. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 2(2), 100034. <https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100034>
- Mushangai, D. (2023). Dynamic capabilities: Axiomatic formation of firms' competitive competencies. *Social Sciences & Humanities Open*, 8(1), 100654. <https://doi.org/10.1016/j.ssaoh.2023.100654>
- Núñez-Tabales, J. M., Del Amor-Collado, E., y Rey-Carmona, F. J. (2021). Economía circular en la industria de la moda: Pilares básicos del modelo. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII(E-4), 162-176. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i.37000>
- Oblitas, J. F., Sangay, M. E., Rojas, E. E., y Castro, W. M. (2019). Economía circular en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXV(4), 196-208. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rcs/article/view/30527>
- Peña-Montoya, C. C., Bouzon, M., Torres-Lozada, P., y Vidal-Holguin, C. J. (2020). Assessment of maturity of reverse logistics as a strategy to sustainable solid waste management. *Waste Management and Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 38(1 suppl), 65-76. <https://doi.org/10.1177/0734242X19897131>
- Quintana, R. A., Rodríguez, M., Quintana, C. A., Zambrano, F. J. (2024). Barriers to reverse logistics and the circular economy in supply chain arrangements: A qualitative study in Ecuador. *Revista Galega de Economía*, 33(2), 1-18. <https://doi.org/10.15304/rge.33.2.9228>
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., y Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, 542-559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014>
- Salas-Navarro, K., Castro-García, L., Assan-Barrios, K., Vergara-Bujato, K., y Zamora-Musa, R. (2024). Reverse logistics and sustainability: A bibliometric analysis. *Sustainability*, 16(13), 5279. <https://doi.org/10.3390/su16135279>
- Sánchez, M., Gutiérrez, C., Viancos-González, P., y González, P. (2024). Economía circular del agua en Latinoamérica: Un análisis de eficiencia y productividad. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXX(E-10), 745-759. <https://doi.org/10.31876/rcs.v30i.42874>
- Sarpong, K. O., y Oppong, M. (2022). Contemporary approach to reverse logistics and environmental sustainability the moderating role of government support. *International Journal of Supply Chain and Logistics*, 7(2), 56-74. <https://doi.org/10.47941/ijscsl.1501>
- Shamsuddoha, M., Nasir, T., y Hossain, N. U. I. (2023). A sustainable supply chain framework for dairy farming operations: A system dynamics approach. *Sustainability*, 15(10), 8417.

- <https://doi.org/10.3390/su15108417>
- Silva, K., Hurtado, M. P., y González, M. (2021). La logística inversa, una alternativa estratégica de empresas latinoamericanas para competir en los mercados internacionales. *Compendium: Cuadernos de Economía y Administración*, 8(1), 65. <https://doi.org/10.46677/compendium.v8i1.885>
- Sonar, H., Dey Sarkar, B., Joshi, P., Ghag, N., Choubey, V., y Jagtap, S. (2024). Navigating barriers to reverse logistics adoption in circular economy: An integrated approach for sustainable development. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 12, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100165>
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(13), 1319-1350. <https://doi.org/10.1002/smj.640>
- Valenzuela-Inostroza, J., Espinoza-Pérez, A., y Alfaro-Marchant, M. (2019). Diseño de la cadena logística inversa para modelo de negocio de economía circular. *Ingeniería Industrial*, XL(3), 309-318. <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/1003>
- Zapata, G. (2020). Capacidades dinámicas e innovación en las organizaciones. Una revisión de la literatura y proposiciones básicas. *Compendium*, 23(45), 3. <https://revistas.uclave.org/index.php/Compendium/article/view/3890>
- Zarei-Kordshouli, F., Paydar, M. M., y Nayeri, S. (2023). Designing a dairy supply chain network considering sustainability and resilience: a multistage decision-making framework. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(9), 2903-2927. <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02538-8>