

# Optimización, sustentabilidad y políticas públicas: un enfoque robusto

Dedicado al Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina



## Coordinadores

Alejandra Flores Sánchez  
José Luis López Galván  
Miguel Ángel Hernández Rivera

Gilberto Orrantia Daniel  
German Alonso Ruiz Domínguez  
Lorena Graciela Alvarado Coronado  
Tania Guadalupe Ramos García  
Diego Adiel Sandoval Chávez  
Eduardo Rafael Poblano Ojinaga  
Julio César Gómez Salazar  
Carlos Jesús González Macías  
Luz Isaura Rodríguez  
Manuel Arnoldo Rodríguez Medina  
Jorge Adolfo Pinto Santos  
Gabriela Fuentes  
Octavio García Alarcón  
Adán Valles Chávez  
Mario Macario Ruíz Grijalva  
Hermenegildo Lagarda Leyva  
Jeovany Rafael Rodríguez Mejía  
Ricardo Olivares Rodríguez  
Aida Yadira Reyes Escalante  
María Luisa López Roa  
Rigoberto Reyes Valenzuela  
Raúl Torres Roa

## **Optimización, sustentabilidad y políticas públicas: un enfoque robusto**

**ISBN México (CENID): 978-607-8830-24-4**

**ISBN España (AEVA): 978-84-09-52252-1**

Primera edición, 2023 Todos los derechos reservados.

© 2023, **coordinadores**. Alejandra Flores Sánchez, José Luis López Galván, Miguel Ángel Hernández Rivera

© 2023, **autores**. Gilberto Orrantia Daniel, German Alonso Ruiz Domínguez, Lorena Graciela Alvarado Coronado, Tania Guadalupe Ramos García, Diego Adiel Sandoval Chávez, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Julio César Gómez Salazar, Carlos Jesús González Macías, Luz Isaura Rodríguez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Jorge Adolfo Pinto Santos, Gabriela Fuentes, Octavio García Alarcón, Adán Valles Chávez, Mario Macario Ruíz Grijalva, Hermenegildo Lagarda Leyva, Jeovany Rafael Rodríguez Mejía, Ricardo Olivares Rodríguez, Aida Yadira Reyes Escalante, María Luisa López Roa, Rigoberto Reyes Valenzuela, Raúl Torres Roa.

*Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores. Esta obra cumple con el requisito de evaluación por dos pares de expertos.*

**Edición y diagramación:** Orlanda Patricia Santillán Castillo.

Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC es miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana Socio #3758.

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra mediante algún método sea electrónico o mecánico (INCLUYENDO EL FOTOCOPIADO, la grabación o cualquier sistema de recuperación o almacenamiento de información), sin el consentimiento por escrito del editor.

### **Indexación de datos**

Bases de datos en las que Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente CENID A.C. está indexada: Dialnet (Universidad de la Rioja).

© 2023 Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC Pompeya # 2705. Colonia Providencia C.P. 44670 Guadalajara, Jalisco. México  
Teléfono: 01 (33) 1061 8187 Registro Definitivo Reniecyt No.1700205 a cargo de Conacyt.

© 2023 Editorial de la Asociación Científica para la Evaluación y Medición de los Valores Humanos c/ de les cases sert nº 11, C.P. 08193, Bellaterra – Cerdanyola del Vallés (Barcelona). CENID y su símbolo identificador son una marca comercial registrada.  
Impreso en México / Printed in México

**Si desea publicar un libro o un artículo de investigación contáctenos.**

**[www.cenid.org](http://www.cenid.org)**

**[redesdeproduccioncenid@cenid.org](mailto:redesdeproduccioncenid@cenid.org)**



**Editorial Cenid**

# Índice

## **Reseña**

Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina .....5

## **Cadena de suministro de ciclo cerrado en la industria manufacturera automotriz. Una revisión sistemática de la literatura.**

Tania Guadalupe Ramos García

Diego Adiel Sandoval Chávez

Eduardo Rafael Poblano Ojinaga.....7

## **La sustentabilidad social de parques urbanos: una revisión sistemática de la literatura.**

Ricardo Olivares Rodríguez

Diego Adiel Sandoval Chávez

Aida Yarira Reyes Escalante.....25

## **Implementación de las siete herramientas administrativas en una obra de construcción de viviendas.**

Gilberto Orrantia Daniel

Germán Alonso Ruiz Domínguez

Lorena Graciela Alvarado Coronado.....38

## **Costos de calidad en una compañía de proceso continuo. Un estudio de caso de seguimiento y confirmación.**

Diego Adiel Sandoval Chávez

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Eduardo Rafael Poblano Ojinaga.....59

## **Revisión sistemática de literatura sobre el uso del transporte público: experiencia, violencia y percepción del miedo a la victimización.**

Julio César Gómez Salazar

Diego Adiel Sandoval Chávez

Carlos Jesús González Macías.....73

## **Aprovechando la inteligencia artificial como herramienta metodológica para la optimización del proceso de deshidratación de tomate.**

Gabriela Fuentes

Octavio García Alarcón

Adán Valles Chávez.....92

**Impacto de las políticas públicas en la seguridad alimentaria.**

María Luisa López Roa

Rigoberto Reyes Valenzuela

Raúl Torres Roa..... **107**

**Maker-space principio de un modelo de aprendizaje acelerado.**

Mario Macario Ruiz Grijalva

Hermenegildo Lagarda Leyva

Jeovany Rafael Rodríguez Mejía

Jorge Adolfo Pinto Santos..... **121**

**Modelación bayesiana para la remanufacturación y reutilización de recursos en una línea de productos de impresión**

Luz Isaura Rodríguez Aguilar

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Ericka Berenice Herrera Ríos..... **136**

# Cadena de suministro de ciclo cerrado en la industria manufacturera automotriz. Una revisión sistemática de la literatura

*Closed-loop supply chain in the automotive manufacturing industry.  
A systematic review of the literature*

**Tania Guadalupe Ramos García**

Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Juárez  
tania.rg01@itcj.edu.mx  
<https://orcid.org/0009-0006-5460-5357>

**Diego Adiel Sandoval Chávez**

Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Juárez  
dsandoval@itcj.edu.mx  
<https://orcid.org/0000-0002-2536-1844>

**Eduardo Rafael Poblano Ojinaga**

Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Juárez  
eduardo.po@cdjuarez.tecnm.mx  
<https://orcid.org/0000-0003-3482-7252>

## RESUMEN

La cadena de suministro de ciclo cerrado es un enfoque que busca minimizar el desperdicio —desde el primer eslabón (extracción de la materia prima) hasta el último (final de la vida útil de un producto)— e implementar estrategias para reducir, reutilizar, reciclar y recuperar el mayor material posible y reintegrarlo de nuevo al ciclo productivo. Este es un término que surgió hace apenas dos décadas, y su estudio puede ayudar a las empresas manufactureras a cerrar su cadena de suministro directa e inversa. A lo largo de este documento, se presentan los pasos y el resultado de un análisis longitudinal en un periodo de 19 años. En total se encontraron 84 artículos sobre la cadena de suministro de ciclo cerrado, específicamente en el contexto de la industria manufacturera automotriz. La revisión incluye publicaciones en español e inglés que se seleccionaron luego de la búsqueda y cribado en varias bases de datos especializadas como ScienceDirect, Dimensions.ai y Redalyc. Se espera que los resultados de esta revisión sean una pauta para continuar con el estudio de la temática propuesta.

**Palabras clave:** cadena de suministro de ciclo cerrado, industria manufacturera automotriz, economía circular.

## SUMMARY

The closed-loop supply chain is an approach that aims to minimize waste, from the first link, which is the extraction of raw materials, to the last, which is the end of a product's useful life, it also seek to implement strategies to reduce, reuse, recycle and recover as much material as possible and reintegrate it to the possible extent back into the production cycle. It is a term that emerged just two decades ago, its study allow manufacturing companies to close their direct logistics and reverse logistics. Along this document, the steps and the results of a lon-

itudinal analysis that spanned a period of 19 years are presented. It was possible to identify 84 articles on how the literature has studied the closed-loop supply chain and specifically in the context of the automotive manufacturing industry. The review includes publications in Spanish and English that were selected after searching specialized databases such as ScienceDirect, Dimensions.ai, or Redalyc. It is expected that the results of this review will be a guideline to continue with the study on the subject matter. The document finalizes presenting the conclusions and recommendations derived from results.

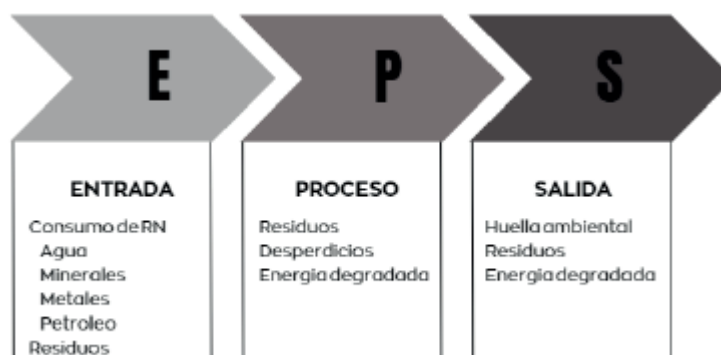
**Keywords:** Closed-loop supply chain, Automotive manufacturing industry, circular economy.

## INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera (IM) es una de las más grandes del mundo (Chan *et al.*, 2012) y para mantenerse requiere de una ingente cantidad de recursos naturales (minerales, metales, combustibles fósiles, tierra y agua). Sin embargo, la escasez de estos plantea un desafío, de ahí que se deban buscar formas de minimizar su consumo empleando fuentes de energía renovable, reciclaje y reutilización (Bowen *et al.*, 2018; Panda *et al.*, 2020).

En el caso concreto de la industria manufacturera automotriz (IMA), esta ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo y en el progreso de la sociedad moderna (Maldonado *et al.*, 2021), pues ha generado fuentes de empleo y fomentado la innovación, atrayendo inversiones significativas en los lugares donde se establece (Shankar, 2017). No obstante, también afronta desafíos importantes en cada etapa de su proceso relacionados con las grandes cantidades de residuos y la energía que consume (Diabat *et al.*, 2013). En la figura 1 se representa gráficamente la problemática de la huella ecológica a la que se enfrenta la IMA.

**Figura 1.** Representación de la huella ecológica de la IMA vista como sistema



**Fuente:** Elaboración propia

La cadena de suministro en la IMA es una red compleja y global que involucra múltiples etapas y actores en la producción y entrega de vehículos completos. También es conocida como CS tradicional o lineal porque el flujo de los productos es unidireccional: desde los proveedores hasta los fabricantes y finalmente los consumidores (Bhatia y Jakhar, 2020).

En este modelo, los productos se consideran desechos al final de su vida útil y se descartan sin una consideración importante sobre su reutilización, reciclaje o recuperación. Por eso, lo

que se busca es reintegrar los materiales y componentes en nuevos ciclos de producción (Diabat *et al.*, 2013). En la literatura, el término *cadena de suministro de ciclo cerrado* (CSCC) es definido como “diseño, control y operación de un sistema que maximiza la creación de valor/beneficio durante todo el ciclo de vida de un producto con la recuperación dinámica del valor en diferentes tipos y volúmenes de núcleos a lo largo del tiempo” (Shekarian, 2020, p. 2). La CSCC es uno de los enfoques más prudentes hacia la sustentabilidad con miras a la continuidad y supervivencia de las empresas a largo plazo. Consta de dos etapas: el flujo directo tiene como objetivo asegurarse de que los bienes lleguen al usuario final en la cantidad adecuada, en buenas condiciones y en el momento adecuado; el flujo inverso permite que los productos regresen correctamente desde el punto de consumo hasta el punto de origen al proveedor, se reciclen de manera eficiente y eficaz, y se reabsorban en el proceso (Wong, 2007). En este contexto, cerrar el ciclo entre estas dos etapas es crucial para las empresas.

Con el fin de equilibrar la eficiencia de sus operaciones, las empresas deben incluir aspectos de sustentabilidad, ya que es importante que las organizaciones comprendan los impactos negativos de sus CS y puedan rediseñar sus operaciones para mitigar el impacto ambiental (Mathiyazhagan *et al.*, 2021). En países en vías de desarrollo como México, con una industria del reciclaje incipiente y no consolidada, es necesario mejorar la estructura y las actividades para enfrentar los desafíos y oportunidades que surgen de la creciente preocupación por los problemas ambientales (Cruz-Rivera y Ertel, 2008).

Por ende, el objetivo de este trabajo es presentar una revisión sistemática de literatura en la que se recopiló, analizó y sintetizó el conocimiento derivado de artículos científicos publicados sobre la CSCC en la industria manufacturera automotriz con el fin de precisar el vacío en torno a este tema. Las revisiones sistemáticas son útiles en muchos aspectos críticos, ya que pueden proporcionar una síntesis del estado del conocimiento en un área determinada, a partir de la cual se pueden identificar futuras prioridades de investigación. Este trabajo toma de referencia la guía *The preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses 2020* (PRISMA) para garantizar que sea una revisión sistemática valiosa (Page *et al.*, 2021).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Siguiendo la metodología PRISMA, para identificar los estudios que permitieron analizar las prácticas que se han llevado a cabo de CSCC en la IMA, se establecieron criterios de elegibilidad específicos. Se determinó que solo se incluirían publicaciones en forma de artículos de investigación, revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios de caso. Esta selección garantiza la obtención de una base sólida de evidencia científica y un análisis exhaustivo del tema buscado.

En cuanto al idioma, se consideraron tanto los artículos escritos en español como en inglés, ya que son ampliamente utilizados en la comunidad científica, lo que permite una comprensión amplia y accesible de la información. Además, se definió el periodo de búsqueda para incluir documentos publicados desde el año 2000 hasta el mes de mayo de 2023. Este lapso permitió analizar la evolución de las prácticas de CSCC en la IMA a lo largo de los años y así comprender cómo han evolucionado y se han desarrollado.

En términos de formato de contenido, se estableció que los estudios seleccionados deben tener obligatoriamente un resumen (*abstract*), palabras clave, texto completo, conclusiones y fuentes de referencia. Estos elementos son fundamentales para comprender la relevancia y los hallazgos de los estudios, así como para tener acceso a información adicional y refe-

rencias bibliográficas para una revisión más exhaustiva.

Por último, se consideró importante tener una perspectiva global, por lo que se incluyeron estudios realizados en diversos países. Esto permitió obtener una visión amplia de las prácticas de la cadena de suministro de ciclo cerrado en diferentes contextos y regiones geográficas.

Para llevar a cabo la búsqueda de artículos, se utilizaron motores de búsqueda reconocidos, como ScienceDirect, Springer, Redalyc, Taylor and Francis, Dimensions y Google Scholar, ya que estas brindan acceso a una amplia gama de revistas científicas y ofrecen opciones avanzadas de búsqueda. Los resultados de la estrategia de búsqueda se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Estrategia de búsqueda para bases de datos

Motores de búsqueda académicos	Palabras clave
	<u>Español:</u>
	a. Cadena de suministro de ciclo cerrado (CSCC) – industria manufacturera automotriz (IMA) – manufactura – dimensiones (vector R <sub>i</sub> ): fabricación, innovación, reducir, reutilizar, reciclar, optimizar, medio ambiente, verde.
	b. Cadena de suministro de ciclo cerrado (CSCC) – industria manufacturera automotriz (IMA) – economía circular – dimensiones (vector EC <sub>j</sub> ): responsabilidad social empresarial, toma de decisiones, gerencia, rendimiento empresarial, gestión.
ScienceDirect, Springer, Redalyc, Taylor and Francis, Dimensions y Google Scholar.	c. Cadena de suministro de ciclo cerrado (CSCC) – industria manufacturera automotriz (IMA) – manufactura – economía circular.
	<u>Inglés:</u>
	a. Closed-Loop Supply Chain (CLSC) – Automotive Manufacturing Industry (AMI) – Manufacturing – Dimensions (vector R <sub>i</sub> ): innovation, reduce, reuse, recycle, optimize, environment, green.
	b. Financial management (CLSC) – Automotive Manufacturing Industry (AMI) – Circular Economy – Dimensions (vector CE <sub>j</sub> ): corporate social responsibility, decision-making, managerial, business performance, management.
	c. Closed-Loop Supply Chain (CLSC) – Automotive Manufacturing Industry (AMI) – Manufacturing – Circular Economy.

**Fuente:** Elaboración propia

La ecuación de búsqueda resultante se hizo en idioma español e inglés, y se expresó de la siguiente forma:



a. Español

**[CSCC AND IMA AND (Manufactura OR R<sub>i</sub>)] OR  
[CSCC AND IMA AND (Economía Circular OR P<sub>i</sub>)] OR  
[CSCC AND IMA AND (Manufactura OR R<sub>i</sub>) AND (Economía Circular OR EC<sub>i</sub>)**

b. Inglés:

**[CLSC AND AMI AND (Manufacturing OR R<sub>i</sub>)] OR  
[CLSC AND AMI AND (Circular Economy OR CE<sub>i</sub>)] OR  
[CLSC AND AMI AND (Manufacturing OR C<sub>i</sub>) AND (Circular Economy OR CE<sub>i</sub>)**

En el proceso de selección de estudios, se siguieron los criterios de cribado y elegibilidad. Los estudios identificados previamente en el paso anterior se sometieron a una revisión inicial de títulos y resúmenes para descartar aquellos que claramente no abordaban el tema objetivo. Luego, se procedió a la evaluación de la elegibilidad, en donde se analizó en detalle el contenido completo de los estudios restantes. Se aplicaron criterios de inclusión establecidos previamente, como la temática, el enfoque y la inclusión de datos y resultados relevantes. Los estudios que no cumplían con los criterios de elegibilidad fueron excluidos. En cada etapa del proceso, se siguieron las directrices establecidas para garantizar una selección objetiva y rigurosa de los estudios que proporcionaran una base sólida para la revisión sistemática.

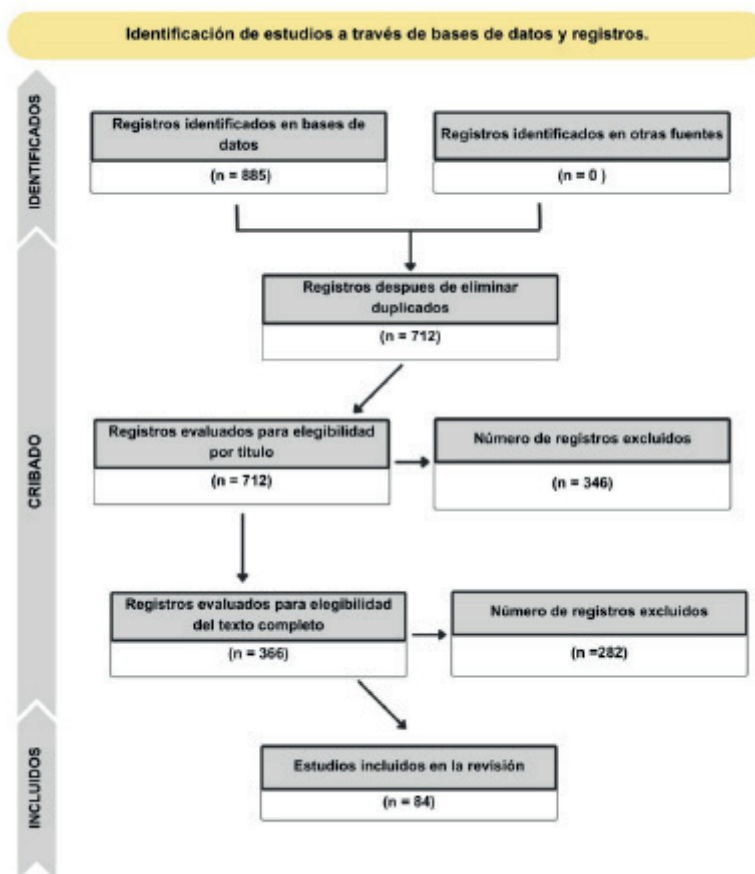
Se diseñó un formulario de extracción de datos que incluía campos relevantes para la investigación. Se completó este formulario para cada uno de los estudios incluidos en la revisión, extrayendo la información correspondiente de las publicaciones seleccionadas. Se realizó la revisión detallada de cada estudio para asegurar la precisión y consistencia en la extracción de los datos. La aplicación de esta herramienta facilitó una estructura clara y sistemática para la extracción de datos, lo que garantizó que se recabara información relevante y necesaria para el análisis posterior.

## RESULTADOS

En la figura 2 se muestran los resultados de los criterios utilizados para la selección de los estudios siguiendo el flujo del diagrama de la metodología PRISMA. Este diagrama proporciona una representación visual de las etapas de la revisión sistemática, desde la identificación inicial de los estudios hasta la selección final de los artículos incluidos en el análisis.

Después de aplicar los criterios de selección en las bases de datos, se encontró un total de 885 artículos relevantes para el estudio. Estos artículos estaban distribuidos en diferentes bases de datos según el siguiente orden: 405 en Dimensions.ai, 169 en ScienceDirect, 94 en Redalyc, 89 en Google Scholar, y 54 en Taylor and Francis. Tras eliminar 172 artículos duplicados en la primera etapa de cribado, se consideraron 712 para la siguiente fase de revisión. Durante la segunda etapa de cribado, se evaluaron los títulos, resúmenes y palabras clave de los 712 artículos, y se descartaron 346 que no estaban relacionados con la investigación. A pesar de los esfuerzos por delimitar la búsqueda, algunos artículos no abordaban directamente el tema deseado. En la fase final de la investigación, se realizó una evaluación exhaustiva de los 366 artículos obtenidos en texto completo. Se encontró que 192 de ellos mencionaban IMA y CSCC, pero desde un enfoque diferente, mientras que 90 artículos se centraban únicamente en vehículos al final de su vida útil (VFU), por lo que también fueron descartados por no ajustarse a los temas centrales de interés.

**Figura 2.** Diagrama de flujo PRISMA 2020



**Fuente:** Elaboración propia basada en la metodología PRISMA 2020

Después de las etapas de cribado, los estudios incluidos en la revisión final fueron 84. Se obtuvo información específica de cada uno para el trabajo de investigación, la cual se presenta de forma breve en la tabla 2. Luego se presenta el análisis de cada artículo, por lo cual se procede a citar el número que se encuentra en la primera columna de la tabla 2 para hacer referencia al autor y estudio.

**Tabla 2.** Artículos incluidos en la revisión

#	Autor + año	Enfoque	País	Contribución
1	Özceylan (2017)	FVU	Turquía	Modelo matemático para red de CSI en Turquía.
2	Udoncy (2010)	FVU	Malasia	Enfoque novedoso para evaluar rendimiento de C-SCC automotriz.
3	Bhattacharyya (2018)	FVU	India	Optimización de CLSC en la industria automotriz india.
4	Chan (2012)	FVU	NE	Viabilidad de reutilizar partes en autos al final de su vida útil.
5	Cin (2017)	REV LIT	NE	Diseño de redes logísticas para reciclaje de ELV. Tendencias y métodos.
6	Shekarian (2020)	REV LIT	NE	Contribución valiosa sobre cadenas cerradas y economía circular.
7	Modak (2023)	REV LIT	NE	Visión completa sobre reutilización y reciclaje en cadena de suministro.
8	Ghasemzadeh (2021)	MANUFACTURA	Irán	Formulación MILP para optimizar cadena de suministro cerrada
9	He (2020)	REV LIT	NE	Visión general de logística inversa de ELVs.
10	Mohamad-Ali (2019)	FVU	Malasia	Planes de acción para reciclaje de vehículos en Malasia.
11	Udoncy (2012)	MANUFACTURA	Malasia	Desarrollo de sistema de evaluación del desempeño en CLSC automotriz.
12	Diabat (2013)	MANUFACTURA	N/A	Implementación de prácticas de GSCM en países en desarrollo.
13	Kaviani (2020)	MANUFACTURA	Irán	Barreras para logística inversa en industria automotriz iraní.
14	Ravi (2017)	MANUFACTURA	NE	Variables de logística inversa en industria automotriz.
15	Gopala (2016)	MANUFACTURA	India	Vinculación teorías organizacionales, sostenibilidad y automotriz. Factores críticos de éxito.
16	Agrawal (2020)	MANUFACTURA	India	Importancia CE en industria automotriz india. Obstáculos y soluciones.
17	Singh (2020)	MANUFACTURA	India	Barreras en implementación de CLSC. Soluciones y recomendaciones.
18	Ravi (2005)	MANUFACTURA	NE	Obstáculos en logística inversa en la industria automotriz. Soluciones estratégicas.
19	Chhabra (2017)	MANUFACTURA	India	Prácticas verdes en la industria automotriz: beneficios y recomendaciones.
20	Hendiani (2020)	MANUFACTURA	NE	Evaluación sostenibilidad en empresas manufactureras con lógica difusa.
21	Balon (2016)	MANUFACTURA	India	Barreras de GSCM en industria automotriz india: Modelo ISM.
22	Zailani (2017)	MANUFACTURA	Malasia	Barreras de la gestión de devoluciones de productos en la industria automotriz en Malasia.
23	Gonzalez (2010)	MANUFACTURA	España	Barreras de logística inversa en la industria automotriz y su impacto ambiental.

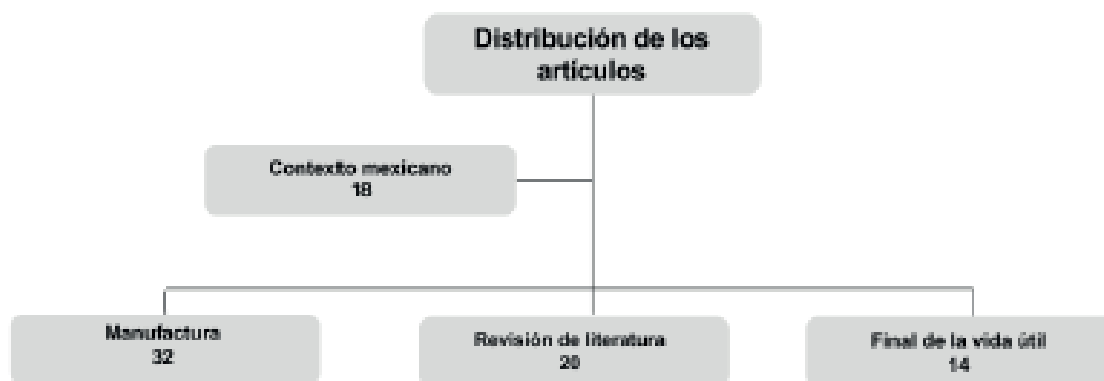
24	Kumar (2006)	FVU	Japón	Importancia de cadenas de suministro inversas sostenibles en automotriz
25	Shu (2012)	REV LIT	NE	Revisión de literatura sobre cadena de suministro cerrada con remanufactura
26	Wang (2015)	MANUFACTURA	China	Desarrollo de prácticas de fabricación sostenible en empresas chinas de autopartes.
27	Udoncy (2011)	MANUFACTURA	NE	Desarrollo de medidas clave de desempeño para una cadena de suministro verde en la industria automotriz.
28	González (2021)	CONTEXTO MEX	México	Importancia de capacidades productivas, políticas gubernamentales y sostenibilidad para el desarrollo de la industria automotriz.
29	Rodríguez (2022)	CONTEXTO MEX	México	Relación CE, SSCM y desempeño financiero en industria automotriz.
30	Carbajal (2014)	CONTEXTO MEX	México	Impacto del TLCAN en la industria automotriz en México
31	Mendoza (2011)	CONTEXTO MEX	México	Dependencia de México en el sector automotriz de EE. UU.
32	Covarrubias (2017)	CONTEXTO MEX	México	Certificaciones ambientales impulsan prácticas sostenibles en industria automotriz.
33	Gu (2021)	FVU	China	Modelo de cadena de suministro cerrada de baterías de VE y análisis de subsidios.
34	Basurto (2013)	CONTEXTO MEX	México	México en la industria automotriz mundial: desafíos y oportunidades.
35	Alvarez-Aros (2018)	CONTEXTO MEX	México	Innovación y competitividad en industria automotriz mexicana.
36	Hernández (2011)	REV LIT	NE	Implementación de cadenas de suministro sostenibles y cerradas.
37	Udoncy (2011)	FVU	Asia	Metodología difusa para evaluar logística inversa en vehículos reciclados.
38	Abbasi (2023)	MANUFACTURA	Irán	Modelo GCLSCN para gestionar la cadena durante covid-19.
39	Vaquera (2016)	CONTEXTO MEX	México	Tecnología clave para sostenibilidad en cadena de suministro.
40	Dalma (2020)	REV LIT	NE	Revisión sistemática destaca sostenibilidad en industria automotriz.
41	Vanalle (2017)	MANUFACTURA	Brasil	Adopción de prácticas verdes mejora desempeño en cadena automotriz.
42	Maldonado (2021)	CONTEXTO MEX	México	Gestión verde mejora desempeño y competitividad en automotriz.
43	Drohomeretski (2014)	MANUFACTURA	Brasil	Motivaciones, barreras y prácticas de GSCM en automotriz. Marco evaluación.
44	Qinghua (2007)	MANUFACTURA	China	Desafíos y prácticas de GSCM en automotriz china. Relaciones presiones-adaptación.
45	Anvari (2023)	REV LIT	NE	Categorización y conexión entre GSCM, CLSC y RSCM. Interrelaciones identificadas.
46	Crotty (2006)	FVU	Reino Unido	Impacto limitado de la Directiva ELV en cadena suministro. Necesidad colaboración y concienciación.
47	Virmani (2020)	MANUFACTURA	India	Barreras a la sostenibilidad en pymes automotrices en India.
48	Nag (2021)	MANUFACTURA	India	Economía circular en la industria automotriz india.
49	Vicencio (2007)	CONTEXTO MEX	México	Evolución y retos de la industria automotriz mexicana.
50	Campos (2021)	CONTEXTO MEX	México	Posición de la industria automotriz mexicana y su impacto medioambiental.
51	Wei (2014)	REV LIT	NE	Aspectos clave para investigaciones en logística inversa de vehículos al final de su vida útil (ELV).
52	González-Sánchez (2020)	REV LIT	NE	Contribución teórica y práctica de un modelo de cadenas de suministro circulares.
53	Schultmann (2006)	FVU	Alemania	Importancia de algoritmos flexibles y análisis de escenarios en logística inversa.
54	Ahmed (2020)	MANUFACTURA	Bangladesh	Barreras y enfoque para implementar una CLSC automotriz en Bangladesh.
55	Yıldızbaşı (2018)	MANUFACTURA	Turquía	Modelo integrado de CLSC para optimización de producción y distribución.

56	Akçali (2009)	REV LIT	NE	Panorama crítico y áreas de investigación en diseño de redes para recuperación de productos.
57	Ene (2015)	FVU	NE	Modelo de red de logística inversa para vehículos usados.
58	Chavez (2018)	CONTEXTO MEX	México	Economía y sostenibilidad de cadena circular para PET automotriz.
59	Wu (2022)	FVU	China	Precios, consumidores y rentabilidad en reciclaje de baterías automotrices.
60	Zhou (2022)	MANUFACTURA	NE	Factores verdes en remanufactura y CLSC: estrategias y rentabilidad.
61	Khota (2019)	REV LIT	NE	Prácticas de gestión sostenible en automotriz india.
62	Maldonado (2020)	CONTEXTO MEX	México	RSE, eco-innovación y rendimiento sustentable en automotriz mexicana.
63	Uriarte-Miranda (2018)	CONTEXTO MEX	México	Modelo conceptual de logística inversa para neumáticos en México y Rusia.
64	Govindan (2014)	REV LIT	NE	Guía para futura investigación en Logística Inversa y CLSC.
65	Cruz-Rivera (2009)	CONTEXTO MEX	México	Mejora de la gestión de la cadena de suministro inversa y reciclaje en México.
66	Trang (2023)	REV LIT	NE	Revisión sistemática identifica brechas y orienta futuras investigaciones logística inversa de vehículos ELV.
67	Shah (2012)	FVU	Malasia	Recomendaciones para mejorar la cadena de suministro inversa automotriz.
68	Mathiyazhagan (2021)	REV LIT	NE	Revisión exhaustiva de gestión de cadena inversa. Guía para empresas e investigadores.
69	Marcos (2021)	REV LIT	NE	Incertidumbre en cadena de suministro de baterías de ion-litio. Desafíos y recomendaciones.
70	Guersola (2018)	REV LIT	NE	Revisión sistemática del rendimiento de la cadena de suministro. Direcciones futuras.
71	Rodriguez (2017)	REV LIT	NE	Revisión literatura sostenibilidad e innovación en automotriz. Oportunidades investigación.
72	Pozo (2015)	MANUFACTURA	Brasil	Gestión Cadena Suministro Verde en automotriz. Prácticas, marco investigación.
73	Priya (2017)	MANUFACTURA	India	Influencia multinacionales en SSCM local. Capacidades dinámicas, adaptación Y prácticas.
74	Mathivathanana (2018)	REV LIT	NE	Prácticas inversas en industria automotriz India. Sostenibilidad y ventaja competitiva.
75	Pahlevan (2021)	MANUFACTURA	Irán	Modelo sostenible, responsabilidad social, eficiencia en metaheurísticas, materiales reciclados.
76	Gopala (2016)	MANUFACTURA	India	Prácticas sostenibles, impacto en rendimiento, cadena suministro automotriz India.
77	Sahebjamnia (2018)	MANUFACTURA	NE	Diseño cadena suministro neumáticos sostenible, algoritmos híbridos eficientes.
78	Kumar (2007)	FVU	Japón	Regulación VFV en Japón, cadena suministro inversa, sostenibilidad.
79	Singh (2021)	MANUFACTURA	India	IPV, sostenibilidad, marco de implementación, OCTM, aprendizaje organizacional.
80	Rodriguez (2022)	CONTEXTO MEX	México	Ecoinnovación, estrategias verdes, sostenibilidad, cadena de suministro, industria automotriz, México.
81	Dyckhoff (2004)	MANUFACTURA	NE	Modelo "doble capa de bucle cerrado", sistemas circulares, reciclaje de residuos, industria automotriz.
82	Luthra (2016)	REV LIT	NE	Factores críticos de éxito (FCE), Gestión de la Cadena de Suministro Verde (GSCM), industria automotriz, India.
83	Covarrubias (2011)	CONTEXTO MEX	México	Cambios en la demanda, adaptación corporativa, industria automotriz mexicana, inversión extranjera, políticas industriales.
84	García (2020)	CONTEXTO MEX	México	Industria automotriz mexicana, impacto económico, análisis SAM, políticas públicas, exportaciones, multiplicadores de impacto, empleo.

Fuente: Elaboración propia

Se decidió clasificar los artículos en cuatro categorías para analizarlos mejor. La categorización se presenta en la figura 3.

**Figura 3.** Distribución de los artículos



**Fuente:** Elaboración propia

### Contexto mexicano

La industria automotriz ha experimentado un crecimiento significativo a lo largo de los años. Por ejemplo, (49) realizó un análisis exhaustivo de la industria automotriz en México, donde abordó su evolución histórica, situación actual y perspectivas para mantener su competitividad a nivel internacional; además, propuso medidas tendientes a fortalecer esta industria y enfrentar desafíos globales. Por otro lado, (83) se centró en examinar la respuesta de las empresas automotrices en México ante la crisis, para lo cual se enfocó en estrategias de productos y mercado, y destacó la relevancia de la inversión estadounidense y la producción de vehículos eficientes, lo que posiciona a México como un activo estratégico en América del Norte. Asimismo, (34) llevó a cabo una investigación descriptiva y analítica sobre la industria automotriz a nivel mundial y el papel de México en este contexto; su análisis consideró el impacto del tratado de libre comercio (TLCAN) y las perspectivas en la región Asia-Pacífico. Finalmente, (28) analizó la reestructuración global de la industria automotriz y su impacto en México; al respecto, destaca la necesidad de implementar políticas integrales que promuevan la educación, la innovación y el desarrollo sustentable en este sector.

Por otra parte, (31) analizó el impacto de la crisis automotriz estadounidense en el subsector automotriz y de camiones mexicano, y encontró una correlación positiva a largo plazo y un impacto significativo a corto plazo en las exportaciones y la producción mexicanas. (35) halló que la innovación organizacional se correlaciona positivamente con la competitividad interna en la industria mexicana de autopartes. (30) efectuó un estudio analítico y descriptivo centrado en el desempeño del sector automotriz mexicano durante las últimas dos décadas bajo el TLCAN; su análisis incluye variables como la población ocupada, la producción y la participación en el mercado internacional. Por otro lado, (50) realizó indagó en la inserción de México en la cadena de valor automotriz; sobre esto, señala su baja contribución al PIB y el alto impacto ambiental debido a la especialización en tareas de producción; en su estudio, sugieren la implementación de tecnologías más eficientes para reducir el impacto ambiental

de este sector. (32) analizó el papel de las regulaciones ambientales y los mercados en la innovación ambiental en el sector automotriz mexicano. La certificación ISO 14001 cataliza prácticas de protección ambiental en la manufactura, pero las regulaciones gubernamentales limitan la transición hacia vehículos más amigables, por lo que se recomiendan políticas ambientales y autos alternativos.

En otro trabajo, (65) propuso una red de logística inversa eficiente para recolectar vehículos al final de la vida útil (VFVU) en México con el objetivo de maximizar la recuperación de valor y analizar los costos en la CS. Por otro lado, (39) revisó las prácticas verdes y políticas de reciclaje de VFVU en la industria automotriz; para ello, se enfocó en tres fabricantes de automóviles en México y sus acciones ecológicas. Además, (63) desarrollaron un modelo conceptual de logística inversa (LI) para el manejo de residuos de llantas en México y Rusia, considerando estrategias de LI de otros países. También, (58) evaluaron la viabilidad y sustentabilidad de una CSCC para reciclar asientos de PET en México, con lo cual demostraron su rentabilidad y la reducción de la huella de carbono en el proceso. (29) encontraron que las estrategias verdes y las innovaciones ambientales a través de CS sustentables también tienen un impacto positivo en el desempeño financiero sostenible de la industria automotriz mexicana. Además, (84) evaluaron el impacto de la industria automotriz en la economía mexicana utilizando matrices de contabilidad para la evaluación del efecto de la industria automotriz en la economía mexicana. (62) encontraron que la responsabilidad social empresarial tiene efectos positivos en la ecoinnovación, lo que a su vez influye en el rendimiento sustentable de las empresas automotrices en México. (42) también revisaron la situación al encontrar una correlación positiva del 47.6 % entre la gestión de la cadena de suministro verde y el desempeño de la industria automotriz mexicana en términos de compromiso ambiental y uso de materiales reciclados en productos verdes, lo que complementa y sugiere un aumento en la cooperación. (80) encontraron que las prácticas de economía circular a través de la GSCS tuvieron un impacto positivo en el desempeño financiero de las empresas automotrices mexicanas.

## **Manufactura**

En estos estudios, diversos investigadores han abordado aspectos importantes de la gestión de la CS en la industria automotriz. (8) propone una CSCC estocástica para el procesamiento de llantas de desecho en Irán, por lo que considera factores e incertidumbres globales, utilizando un modelo de optimización para aumentar las ganancias y reducir el impacto ecológico. (27) presentan un conjunto integral de medidas e indicadores recomendados por expertos para evaluar las cadenas de suministro automotrices. (11) desarrollaron un sistema experto utilizando reglas difusas para evaluar el desempeño CSCC en la industria automotriz, identificar oportunidades de mejora y hacer recomendaciones para aumentar la eficiencia. (14) analizó la LI y destacó la importancia de la regulación para incentivar esta práctica. Por último, (21) utiliza la metodología modelado estructural interpretativo para analizar las barreras a la implementación de en la industria automotriz india, con lo cual proporciona un marco para mejorar su rendimiento.

El estudio realizado por (12) en un país en desarrollo analizó las prácticas y el desempeño de la cadena de suministro verde; destaca la importancia del diseño ambientalmente amigable, la colaboración con clientes y la logística inversa para mejorar la sustentabilidad. (13) desarrollaron un marco específico para la industria automotriz iraní, identificando barreras clave en la implementación de la logística inversa, como aspectos económicos y falta de

conocimiento. (18) examinó las barreras de la logística inversa en India y encontró 11 obstáculos significativos y cómo interactúan entre sí usando una metodología específica. (23) investigaron las barreras ambientales para la logística inversa en la industria automotriz española, resaltando la importancia del apoyo gubernamental y social para fomentar prácticas más sostenibles. Por último, (26) llevaron a cabo una revisión exhaustiva de literatura sobre la cadena de suministro cerrada con remanufactura, donde identificaron temas importantes relacionados con la gestión y la técnica en futuras investigaciones.

Por otro lado, (15) examinó la implementación de prácticas de CS sostenible en India, e identificó 25 factores críticos para el éxito y cómo están relacionados mediante una metodología específica. (41) investigó la gestión verde en la CS automotriz brasileña a través de una encuesta a proveedores, y halló que las presiones institucionales afectan la adopción de prácticas verdes, con un impacto positivo en el rendimiento económico y ambiental. En el contexto brasileño, (43) realizó un estudio de caso en empresas automotrices, y detectó factores motivadores y barreras en la implementación de prácticas verdes como gestión ambiental, logística verde y diseño ecológico. Además, un estudio en China realizado por (44) destacó que las empresas automotrices enfrentan presiones para adoptar prácticas verdes, pero la implementación tiene resultados mixtos en el desempeño ambiental y económico, aunque hubo ejemplos exitosos en el caso de estudio. Por último, la revisión sistemática de (72) sobre sustentabilidad e innovación en la industria automotriz mostró que el sector está bien estructurado en términos de sustentabilidad e innovación en procesos, pero se requieren más innovaciones radicales para cumplir con los estándares ambientales.

En algunos estudios recientes, se ha analizado cómo la sustentabilidad ha sido abordada en la industria automotriz en tiempos desafiantes. (38) empleó un modelo matemático para diseñar una cadena de suministro cerrada y verde durante la pandemia de covid-19, optimizando aspectos económicos y ambientales, ya que la emergencia sanitaria afectó los costos y la sustentabilidad de la cadena. (47) identificó barreras para prácticas sustentables en pequeñas y medianas empresas automotrices en India, lo que representó implicaciones prácticas y políticas basadas en 22 barreras en cuatro categorías. Además, (48) examinó la adopción de principios circulares en empresas automotrices de la India, donde halló cuatro drivers principales para crear valor circular en la cadena de suministro. Por otro lado, (55) presentó un modelo de optimización de cadena de suministro de ciclo cerrado en la industria automotriz, enfocándose en minimizar costos totales del sistema mientras se abordan múltiples objetivos. Finalmente, (60) analizó cómo el comercio de emisiones de carbono, la innovación y los consumidores verdes influyen en las estrategias de remanufactura en la cadena de suministro de ciclo cerrado. Además, (75) destacó la importancia del reciclaje y la posibilidad de desarrollar una cadena de suministro circular en la industria del aluminio en Irán mediante modelos matemáticos y algoritmos para optimizar aspectos económicos, sociales y ambientales.

En la investigación sobre la industria automotriz en India, (17) identificó 22 obstáculos para implementar la CSCC y ofreció estrategias para superarlos. Además, (76) encontró que las prácticas de gestión de la cadena de suministro sostenible tienen un impacto positivo en el rendimiento de la cadena de suministro en la industria automotriz de India. Por otro lado, (77) desarrolló un modelo de programación lineal mixta y algoritmos híbridos para diseñar una red de cadena de suministro cerrada de neumáticos sostenible. Estos estudios resaltan cómo la industria automotriz en India está abordando desafíos y buscando soluciones para mejorar la sustentabilidad y el rendimiento en su cadena de suministro.



Varios estudios han explorado diferentes aspectos relacionados con la sustentabilidad y la eficiencia de la cadena de suministro. (54) identificaron obstáculos en la gestión de las CSCC en Bangladesh, donde se destaca la falta de inversión como lo más significativo. (79) investigaron cómo las regulaciones ambientales, el compromiso de la alta dirección y el aprendizaje organizacional influyen en la innovación de productos verdes en la industria automotriz en India. Por otro lado, (73) exploraron la implementación exitosa de prácticas de gestión sostenible de la cadena de suministro en una empresa automotriz global que opera en India, identificando las capacidades clave requeridas para la adaptación.

Además, (16) detectaron y priorizaron los obstáculos para la adopción de la economía circular en la industria automotriz de India; sobresalen la “falta de capacidad para entregar productos remanufacturados de alta calidad” como el obstáculo más relevante. (19) evaluó alternativas de logística verde en India y concluyó que las prácticas verdes mejoran el desempeño y la sustentabilidad de la CS automotriz. Asimismo, (22) investigó los obstáculos para la gestión de devoluciones de productos en empresas automotrices en Malasia; luego del estudio, se demostró que la barrera de recursos era el principal inconveniente para la adopción de esta práctica.

Por último, (81) discuten la expansión de la gestión de la CS hacia sistemas de ciclo cerrado, por lo que presentan un modelo conceptual de “doble capa” y analizan el ciclo automotriz en Alemania como ejemplo práctico. Estos estudios abordan desafíos y oportunidades para mejorar la sustentabilidad y la eficiencia en la CS de la IMA en diferentes contextos y regiones.

## **Revisión de literatura**

La CSCC en los VFVU es un tema muy concurrente. En (5) clasificaron estudios, detectaron brechas y proporcionaron guías para diseñar redes logísticas inversas. (9) revisaron revistas influyentes, países, instituciones y temas clave, y sugirieron futuras tendencias de investigación. (51) destacaron su importancia como recurso renovable y los beneficios ambientales y económicos asociados, así como los desafíos y medidas para mejorar la gestión de estos residuos. Por otro lado, (66) realizaron una revisión de 151 artículos sobre la cadena de suministro inversa (CSI) para el tratamiento de VFVU; en este trabajo sobresale el uso de modelos y herramientas como la programación lineal de enteros mixtos y el proceso analítico jerárquico.

Por otra parte, (6) investigó acerca de modelos de CSCC en economía circular; para ello, analizó 215 artículos con teoría de juegos, lo que le permitió encontrar factores económicos y mecanismos de compartir y recompensar-penalizar como frecuentes. (25) realizaron una revisión de la CSCC con remanufactura, y destacaron su relevancia en la sustentabilidad ambiental y la gestión de productos devueltos; además, identificaron oportunidades de investigación en estrategias, evaluación del rendimiento y diseño de redes. (36) desarrollaron el tema sobre la gestión de cadenas de suministro sustentables y sistemas de circuito cerrado; en este trabajo se destaca la importancia de prácticas ambientalmente responsables para lograr objetivos de sustentabilidad económica, ambiental y social.

Asimismo, (40) llevaron a cabo un estudio sobre la sustentabilidad ambiental en la industria automotriz y su CS; en este reconocieron motivos, prácticas y barreras para la adopción de enfoques verdes. (45) desarrolló su análisis sobre gestión de la CS, CSCC y LI, lo que le sirvió para hallar estrategias, modelos y prácticas en estas áreas, así como para mostrar

sus interconexiones y ofrecer direcciones para futuras investigaciones. (68) revisaron 204 artículos sobre GCS en la industria manufacturera; destacaron cinco áreas de investigación, incluyendo la sustentabilidad y oportunidades futuras para el diseño de redes de LI y evaluación de desempeño, además de señalar la necesidad de definir claramente el alcance del estudio.

Además, (7) realizaron su trabajo sobre remanufacturación, reutilización y reciclaje en la CS durante dos décadas; en el estudio se resalta la importancia de fomentar políticas verdes para mejorar la sustentabilidad ambiental. (52) trabajaron en la CSCC, y hallaron cuatro dimensiones clave para su desarrollo y construcción como relaciones intensas en la cadena de suministro, adaptación logística y organizacional, tecnologías disruptivas e inteligentes y entorno funcional. (56) proporcionan una visión sobre modelos y enfoques de solución para el diseño de redes de suministro inverso y cerrado; aquí se destacan características operativas y áreas para futuras investigaciones. (61) revisaron 914 artículos sobre la gestión de la cadena de suministro en la industria automotriz de la India; destacan la importancia del compromiso de la dirección y las prácticas de gestión para lograr sustentabilidad y resiliencia en el sector. (64) realizaron una revisión de 382 artículos sobre LI y CSCC; en la indagación se subraya la importancia creciente de la sustentabilidad ambiental y la necesidad de enfoques no determinísticos en la toma de decisiones y la optimización en estas áreas.

Por su parte, (69) realizaron una investigación empírica sobre incertidumbres en la CS de baterías de iones de litio para vehículos eléctricos; en concreto, identificaron 102 evidencias de incertidumbre en diferentes etapas del ciclo de vida y acentúan el papel crítico del cobalto como una materia prima responsable del aumento de la incertidumbre. (70) trabajó en la medición y gestión del rendimiento de la cadena de suministro; sus resultados indican que el campo aún es inmaduro, con pocos estudios que apliquen y validen las propuestas teóricas en la práctica. (71) revisaron la literatura sobre sustentabilidad e innovación en el sector automotriz y encontraron prácticas ambientales y la necesidad de innovaciones radicales para cumplir con normas actuales. (74) evaluaron las prácticas de SSCM en la industria automotriz de India mediante enfoque cualitativo y cuantitativo; al respecto, señalan a la gestión del compromiso y el enfoque triple resultado como prácticas más influyentes. (82) investigaron la implementación de GSCM en la industria automotriz de la India, identificando los factores críticos de éxito y su influencia en prácticas verdes y resultados de rendimiento esperados.

## **Final de la vida útil**

La optimización de la CSCC es un tema recurrente. Al respecto, (1) desarrollaron un modelo de programación lineal en Turquía para minimizar costos y maximizar ingresos. (3) desarrollaron un modelo matemático de programación lineal mixta en India; el modelo considera múltiples estrategias y escenarios para maximizar el margen de contribución de la red. (57) desarrollaron un modelo de programación matemática para optimizar la red de recuperación de vehículos al final de su vida útil, lo que aumenta beneficios económicos y minimiza la contaminación. Por otro lado, la evaluación del desempeño permite medir y valorar cómo está funcionando la CSCC, por lo cual (2) proponen un enfoque integral para evaluar el desempeño en la industria automotriz. Destacan 14 áreas clave para la cadena hacia adelante y 13 áreas clave para la cadena hacia atrás. (37) también utiliza lógica difusa para evaluar el rendimiento de la logística inversa en una empresa automotriz del sudeste asiático; la metodología mostró aplicabilidad para mejorar la gestión ambiental y reducir residuos en la industria automotriz.

Por otra parte, (4) proponen un marco de trabajo para la logística inversa en la industria automotriz, enfocado en identificar componentes valiosos y factibles para su reutilización o remanufactura. (10) realizan una encuesta en Malasia sobre la recuperación de VFVU, e identifican factores clave para mejorar la efectividad de la recuperación, por lo que proponen estrategias de diseño para el país. (24) utiliza el modelado con dinámica de sistemas para analizar las CSCC de las industrias automotrices de Estados Unidos y Japón; en el trabajo se destaca el impacto de las regulaciones gubernamentales y la necesidad de cadenas sostenibles.

Asimismo, (46) investigó el impacto de la regulación de “take-back” en el sector automotriz del Reino Unido. La presión regulatoria por sí sola no fue suficiente para impulsar cambios significativos en la CS. También identificó la colaboración entre empresas y proveedores como un factor clave para prácticas más ecológicas. (33) analizó un modelo de CSCC para el uso secundario de baterías de vehículos eléctricos con subsidios gubernamentales, por lo que proporciona pautas para la gestión y decisiones regulatorias efectivas.

Igualmente, (59) investigaron el reciclaje de baterías automotrices en una CSCC liderada por el fabricante; destacaron la importancia de precios razonables y esfuerzos de reciclaje bien gestionados para lograr un equilibrio eficiente. (78) utiliza el modelo de dinámica de sistemas para analizar el diseño de la CSCC en la industria automotriz japonesa y destaca la importancia de considerar reciclaje y reutilización para mejorar la sustentabilidad. (53) diseñaron una cadena de suministro cerrada para tratar VFVU en Alemania, utilizando enfoque de rutas de vehículos y algoritmos para minimizar costos de transporte. Finalmente, (67) proponen un marco de cadena de suministro inversa para mejorar la recuperación de productos automotrices al final de su vida útil en Malasia, lo que reduce la acumulación de desechos y promueve la utilización de componentes recuperados en la producción.

## DISCUSIÓN

La IMA en México ha tenido un importante crecimiento en las últimas décadas, de ahí que se haya convertido en una figura clave en el mercado internacional. Los artículos revisados en el presente trabajo brindaron información acerca del contexto de la industria automotriz mexicana, la evolución histórica, las crisis económicas y el impacto ambiental, así como las estrategias de innovación y responsabilidad social empresarial que han tenido un impacto positivo en el desempeño financiero y sostenible de las empresas.

Por otro lado, se ha logrado identificar la necesidad de detectar los factores que impactan en la adopción de estrategias de CSCC, políticas que promuevan la educación, la innovación y el desarrollo sustentable en el sector automotriz para enfrentar los retos, además de mantener y mejorar la competitividad a nivel internacional.

En tal sentido, la investigación realizada en el ámbito de la manufactura ha proporcionado un enfoque de cómo diferentes países —incluyendo Irán, India, Bangladesh, Malasia y Alemania— han enfrentado los retos y oportunidades para mejorar la sustentabilidad ambiental y el rendimiento económico en esta industria. En consecuencia, se han propuesto diversas estrategias para mejorar la CSCC, como la optimización mediante modelos matemáticos, el uso de reglas difusas para evaluar el desempeño, y la implementación de prácticas de logística inversa y reciclaje. La investigación ha resaltado la importancia de la colaboración entre las empresas, la inversión en tecnologías más eficientes y el cumplimiento de regulaciones ambientales para avanzar hacia una cadena de suministro más sostenible. Además, se

identificaron obstáculos y barreras para la implementación de prácticas sostenibles, como la falta de conocimiento, la escasa inversión y la aún restringida capacidad para entregar productos remanufacturados de alta calidad.

La revisión de literatura muestra una amplia y creciente atención por temas relacionados con la sustentabilidad, la logística inversa y la economía circular. Los estudios revisados abordan desafíos significativos y oportunidades para mejorar la eficiencia y la sustentabilidad ambiental y económica en esta industria clave. Se han identificado diversos enfoques y modelos para diseñar redes logísticas inversas y cerradas, con énfasis en la optimización de aspectos económicos y ambientales.

Además, se destacan las tendencias de investigación, los temas clave y las áreas de oportunidad para futuras investigaciones, como la aplicación de modelos matemáticos avanzados y herramientas específicas para mejorar la gestión de residuos y reducir el impacto ambiental.

En particular, se ha subrayado la importancia de la economía circular y la remanufactura en la industria automotriz para aprovechar los recursos y minimizar el desperdicio. Los estudios también han destacado la necesidad de compromiso de la dirección, prácticas de gestión responsables y regulaciones ambientales para lograr una cadena de suministro más sostenible y resiliente.

La revisión de literatura ha proporcionado una visión general de las prácticas actuales y las áreas de investigación emergentes en la gestión de la cadena de suministro en la industria automotriz en diferentes países y contextos. Los resultados de estos estudios tienen implicaciones importantes para mejorar la sustentabilidad y la eficiencia en esta industria estratégica, tanto en términos económicos como ambientales.

La investigación de vehículos al final de la vida útil destaca la importancia de abordar la logística inversa y la economía circular para minimizar costos, maximizar ingresos y mejorar el rendimiento ambiental. En este sentido, la colaboración entre empresas y proveedores junto con regulaciones gubernamentales es clave para impulsar prácticas más ecológicas. La gestión adecuada de la CS ofrece oportunidades para reutilizar, reciclar y remanufacturar componentes, lo que disminuye la acumulación de desechos y promueve la sustentabilidad. Es necesario, por tanto, seguir investigando enfoques innovadores para mejorar la gestión de los residuos en la industria automotriz y promover prácticas más responsables y eficientes en el manejo de productos al final de su vida útil.

## **CONCLUSIONES**

En general, los estudios revisados proporcionan evidencia de la importancia creciente de las CSCC y LI en la IMA. Se destacan estrategias como el diseño de modelos matemáticos y de programación lineal para optimizar el proceso de recuperación y reciclaje de vehículos al final de su vida útil, así como marcos de trabajo para mejorar la reutilización y remanufactura de componentes.

La recuperación y reutilización de materiales y componentes plantean una reducción de costos, la disminución a la dependencia de materias primas vírgenes y minimizar la acumulación de residuos en cada etapa del proceso para fomentar la sustentabilidad ambiental. En

otras palabras, la implementación de prácticas de CSCC pretende ayudar a las empresas a adaptarse a las regulaciones gubernamentales, mejorar su imagen ante los consumidores y lograr ventajas competitivas en el mercado.

En necesario, por tanto, seguir investigando y desarrollando estrategias para optimizar la CSCC en la IMA con el objetivo de lograr un equilibrio entre la rentabilidad económica, la responsabilidad social y ambiental. Al abordar estas cuestiones, la industria automotriz puede avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente.

### **Limitante y líneas futuras de investigación**

Esta investigación estuvo limitada a la consulta de seis motores de búsqueda de los artículos seleccionados. Se recomienda incluir Scopus, Web of Science, JSTOR y Scimago con la finalidad de tener una base de datos más completa para la comprensión del tema.

Por otro lado, la revisión sistemática sobre CSCC ha proporcionado una visión amplia y detallada de las contribuciones y avances en este tema, tanto a lo largo de los años como a nivel internacional. Los estudios revisados han mostrado el potencial y los beneficios de implementar prácticas sostenibles en la industria maquiladora, lo que respalda la adopción de la CSCC en la IMA.

La evidencia presentada en este trabajo respalda sólidamente la implementación de la CSCC en la IMA, por lo cual se propone continuar con un próximo estudio que se enfoque en detectar y analizar los factores que impactan en la adopción de estrategias en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Se sugiere, por ende, incluir las barreras y desafíos que enfrentan las empresas en la implementación de prácticas sustentables, así como la identificación de los incentivos y beneficios que podrían motivar su adopción.

## REFERENCIAS

- Bhatia, M. S. and Jakhar, S. K. (2020). The effect of environmental regulations, top management commitment, and organizational learning on green product innovation: Evidence from automobile industry. *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 3907–3918. <https://doi.org/10.1002/bse.2848>
- Bowen, F. E., Bansal, P. and Slawinski, N. (2018). Scale matters: The scale of environmental issues in corporate collective actions. *Strategic Management Journal*, 39(5), 1411–1436.
- Chan, F. T. S., Chan, H. K. and Jain, V. (2012). A framework of reverse logistics for the automobile industry. *International Journal of Production Research*, 50(5), 1318–1331. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.571929>
- Cruz-Rivera, R. and Ertel, J. (2009). Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life Vehicles in Mexico. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 930–939. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.04.041>
- Diabat, A., Khodaverdi, R. and Olfat, L. (2013). An exploration of green supply chain practices and performances in an automotive industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68(1–4), 949–961. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-4955>
- Maldonado, G., Mojica Carrillo, E. P. and Pinzón Castro, S. Y. (2021). Green supply chain management and firm performance in the automotive industry. *Cuadernos de Administración*, 34. <https://doi.org/10.11144/javeriana.cao34.gscmf>
- Mathiyazhagan, K., Rajak, S., Sampurna Panigrahi, S., Agarwal, V. and Manani, D. (2021). Reverse supply chain management in manufacturing industry: a systematic review. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(4), 859–892. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2019-0293>
- Panda, T. K., Kumar, A., Jakhar, S., Luthra, S., Garza-Reyes, J. A., Kazancoglu, I. and Nayak, S. S. (2020). Social and environmental sustainability model on consumers' altruism, green purchase intention, green brand loyalty and evangelism. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118575.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P. and Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- Shankar, R., Bhattacharyya, S. and Choudhary, A. (2017). A decision model for a strategic closed-loop supply chain to reclaim End-of-Life Vehicles. *International Journal of Production Economics*, 195, 273–286. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.005>
- Shekarian, E. (2020). A review of factors affecting closed-loop supply chain models. *Journal of Cleaner Production*, (253). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119823>
- Wong, W. (2007). Supply chain performance measurement system using DEA modeling. *Industrial Management and Data Systems*, 107(3), 361–81.