

Revisión sistemática de la literatura de la cadena de suministro de ciclo cerrado: trayectoria,
aplicación y barreras de evolución en Latinoamérica.

David Alfonso Muralla Arango

Trabajo de grado como requisito para optar por el título de ingeniería industrial

Director

Ing. Juan Felipe Reyes Rodríguez.

PhD in Management

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2023

Contenido

Introducción	11
1. Generalidades del proyecto.....	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.1.1. Justificación de la investigación	16
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.2.2.1. Resultados obtenidos.	19
2. Marco de referencia	20
2.1. Marco de antecedentes.....	20
2.1.1. Antecedentes de trabajos de grado.....	20
2.1.2. Antecedentes de revisiones de literatura previas	23
2.2. Marco teórico	24
2.2.1. Cadena de suministro de ciclo cerrado	24
2.2.2. Revisión sistemática de la literatura	32
3. Desarrollo Metodológico	35
4. Revisión sistemática de la literatura	38

4.1. Revisión preliminar de la literatura.....	38
4.2. Análisis bibliométrico	43
4.2.1. Selección de la base de datos	44
4.2.2. Planteamiento de la ecuación de búsqueda.....	44
4.2.3. Criterios para la selección de artículos	46
4.2.4. Proceso de búsqueda y selección	48
4.2.5. Análisis de los resultados.....	51
4.2.5.1. Documentos publicados por año.....	52
4.2.5.2. Documentos publicados por tipo.	53
4.2.5.3. Documentos publicados por país.	54
4.2.5.4. Área temática de los documentos.	55
5. Trayectoria de la cadena de suministro de ciclo cerrado	57
5.1. Conciencia social, política y organizacional.....	60
5.2. Publicaciones académicas y científicas	65
5.3. Emergencia sanitaria del Covid-19.....	68
5.4. Evaluación de la sostenibilidad.....	70
6. Aplicaciones de la cadena de suministro de ciclo cerrado.....	74
6.1. Sector Agroindustrial.....	76
6.2. Sector Oil & Gas	82
6.3. Sector industrial	84

6.4. Sector de alimentos	89
7. Limitaciones y barreras de la cadena de suministro de ciclo cerrado.....	94
7.1. Barrera económica	96
7.2. Barrera de gestión	97
7.3. Barrera tecnológica y de infraestructura	98
7.4. Barrera intelectual.....	99
7.5. Barrera política.....	100
7.6. Barrera del mercado y la competencia.....	103
8. Análisis de resultados	105
9. Conclusiones.....	108
10. Recomendaciones	110
Referencias bibliográficas.....	111

Lista de Tablas

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos.....	13
Tabla 2. Resultados obtenidos de cada objetivo específico.	19
Tabla 3. Comparación de la revisión tradicional y la revisión sistemática.....	34
Tabla 4. Descripción de cada fase para la metodología del proyecto.	36
Tabla 5. Criterios para la selección de artículos.	46
Tabla 6. Nuevos criterios para la selección de artículos.....	47
Tabla 7. Enfoques de evaluación de una cadena de suministro.	71
Tabla 8. Objetivos de la evaluación aplicada a la cadena de suministro.	72
Tabla 9. Síntesis de las aplicaciones expuestas.....	93
Tabla 10. Barreras de evolución de la cadena de suministro de ciclo cerrado.	95

Lista de Figuras

Figura 1. Típica cadena de suministro Unidireccional	25
Figura 2. Concepción de la logística inversa.	26
Figura 3. Concepción de una cadena de suministro bidireccional.....	28
Figura 4. Modelo de cadena de suministro sustentable según Sandoval en el año 2017. 30	
Figura 5. Ciclo de funcionamiento de la economía circular	31
Figura 6. Etapas claves de la revisión sistemática de la literatura.....	33
Figura 7. Metodología según Hart	37
Figura 8. Proceso de búsqueda y selección.....	49
Figura 9. Cantidad de documentos publicados por año.	52
Figura 10. Cantidad de documentos según su tipo.	53
Figura 11. Cantidad de documentos publicados por país.	54
Figura 12. Documentos relacionados por áreas temáticas.	56
Figura 13. Trayectoria latinoamericana de la cadena de suministro de circuito cerrado. 59	
Figura 14. Empresas establecidas con estrategias sostenibles en Latinoamérica	63
Figura 15. Empresas con estrategia sostenible según actividad en Latinoamérica	63
Figura 16. Entes académicos que realizan más publicaciones en Latinoamérica.....	67
Figura 17. Aumento mundial de compras de comercio electrónico en 2020 por región. 68	
Figura 18. Estructura propuesta de la cadena de suministro del caso de estudio.	77
Figura 19. Estructura propuesta de la cadena de suministro del aguacate.....	78
Figura 20. Cadena de suministro de la palma de aceite (Propuesta por los autores).....	81

Figura 21. Ejemplo ilustrativo de las nuevas ubicaciones del caso de estudio.....	83
Figura 22. Cadena de suministro de la batería a base de plomo en Brasil.....	87
Figura 23. Panorama nacional de la cadena de suministro implementada en Brasil.	88
Figura 24. Presencia de Coca-Cola FEMSA a nivel global.....	90
Figura 25. Cadena de suministro de ciclo cerrado de Coca Cola FEMSA.....	92

Listado de Apéndices

Apéndice A. Documentación del proceso de búsqueda.

Apéndice B. Publicaciones seleccionadas para la investigación.

Apéndice C. Artículo de carácter publicable.

Resumen

Título: Revisión sistemática de la literatura de la cadena de suministro de ciclo cerrado: trayectoria, aplicación y barreras de evolución en Latinoamérica *

Autor: David Alfonso Muralla Arango **

Palabras claves: Medio ambiente, cadenas de suministro de ciclo cerrado, sostenibilidad, logística inversa, revisión sistemática de literatura.

Descripción:

Las empresas más grandes de los países latinoamericanos se han acogido en gran parte a la tendencia de la sostenibilidad como un importante elemento que agrega valor a las demandas de los clientes en la actualidad, esto debido al aumento de la conciencia ambiental en los consumidores y que ahora optan por comprar productos o recibir servicios que sean más amigables con el medio ambiente, ya sea con los materiales con los que está diseñado el producto o servicio, por su proceso de producción o por cualquier otro factor de manufactura que esté relacionado con la sostenibilidad. El diseño de la cadena de suministro es una excepcional manera de contribuir a la estrategia corporativa de una organización que desea ser sostenible, ya sea por voluntad propia o por regulaciones gubernamentales que en Latinoamérica también existen.

Por medio de este proyecto se busca realizar una revisión sistemática de la literatura de las cadenas de suministro de circuito cerrado enfocado en la trayectoria que ha desarrollado en Latinoamérica, las aplicaciones de éxito que han realizado algunas empresas de esta región de América y las barreras o limitaciones que han obstaculizado su implementación en las organizaciones que buscan ser más sostenibles pero que por alguna razón no han optado por utilizar este modelo de circuito cerrado en sus cadenas de suministro. Debido a que es un tema de investigación y aplicación tan incipiente en el contexto latinoamericano, hay poca información al respecto y por lo tanto, esta investigación busca documentar de manera metódica los hallazgos obtenidos de la literatura científica y aportar material de calidad que contribuya a las futuras investigaciones relacionadas con las cadenas de suministro de circuito cerrado en Latinoamérica y como se ha implementado en las organizaciones en el transcurso de la última década.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de estudios industriales y empresariales.
Director: Ing. Juan Felipe Reyes Rodríguez. PhD in Management.

Abstract

Title: Systematic review of the literature on closed-loop supply chain: trajectory, applications, and evolution barriers in Latin America *

Author: David Alfonso Muralla Arango **

Keywords: Environment, closed-loop supply chain, sustainability, reverse logistics, systematic review.

Description:

The largest companies in Latin American countries have largely embraced the sustainability trend as an important element that adds value to the demands of customers today, due to the increase in environmental awareness among consumers and that now they choose to buy products or receive services that are more environmentally friendly, either with the materials with which the product or service is designed, production process or any other manufacturing factor that is related to sustainability. The design of the supply chain is an exceptional way to contribute to the corporate strategy of an organization that wants to be sustainable, either by its own will or by government regulators that also exist in Latin America.

This project aims to systematic review of the literature on closed-loop supply chains focused on the trajectory that it has developed in Latin America, the successful applications that some companies in this region of America have made, and the barriers or limitations that have hindered its implementation in organizations that seek to be more sustainable but for some reason have not chosen to use this closed-loop model in their supply chains. Due to the fact that it is such an incipient research and application topic in the Latin American context, there is little information about it and therefore, this research seeks to methodically document the achievements obtained from the scientific literature and provide quality material that contributes to the future research related to closed-loop supply chains in Latin America and how It's been implemented in organizations over the past decade.

* Bachelor Thesis.

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of industrial and business studies. Director: Engineering Juan Felipe Reyes Rodríguez. PhD in Management.

Introducción

Las empresas han realizado múltiples esfuerzos para ser cada vez más sostenibles, seguir creciendo y sostenerse en el mercado. Muchas de estas empresas realizan diferentes labores dentro de la organización para que los colaboradores tengan una cultura más consciente y sostenible en sus funciones del día a día. Labores que impulsan a la organización a ser más sostenibles y van desde el uso de energías renovables, la reducción de residuos, disminución de costos, responsabilidad social y empresarial, innovación en los procesos, inversión en tecnología, mejoramiento de procesos, entre otros. Claro que esto también trae sus beneficios, no solo a nivel de rentabilidad, sino también preferencia por los clientes, consumidores o usuarios, retención del talento joven, ya que los jóvenes profesionales buscan empresas en las cuales puedan trabajar tranquilos sabiendo que son amigables con el medio ambiente. Sin embargo, para lograr adaptar una cadena de suministro a los objetivos de desarrollo sustentable de una organización hay que agregar un pensamiento sustentable en cada fase o etapa del proceso, comenzando con el diseño del producto, el abastecimiento y la selección de materias primas, el proceso de fabricación y eventualmente la entrega del producto o servicio final (Gonzales, 2019). Además, estas organizaciones sostenibles tienen una gran ventaja competitiva en el mercado frente a aquellas que aún se encuentran en proceso de adaptación a las nuevas tendencias ambientales de las organizaciones (Ghulam, Saira, Saman, & Sehrish, 2020). Por otro lado, algunas organizaciones en pro de contribuir a la evidente situación ambiental y obedeciendo las normas y políticas de las nuevas administraciones gubernamentales, se acoplan con un modelo diferente de sostenibilidad teniendo en cuenta su actividad económica y su modelo de negocio. Estas organizaciones buscan acoplarse a la Economía Circular utilizando la logística inversa que es, en esencia, una parte de la operación

logística que tiene lugar en el flujo inverso de la cadena de suministro. Un papel indispensable y clave en la disminución de emisiones de gases que aumenten la temperatura del planeta y la reducción de la dependencia de las organizaciones en las energías no renovables, también conocidos como combustibles fósiles (Bustamante, 2022). Este método logístico junto a las cadenas de suministros conlleva a estas organizaciones a trabajar en las cadenas de suministro de ciclo cerrado o como también se conoce, cadena de suministro de circuito cerrado (Closed-Loop Supply Chain). Aunque en Latinoamérica el 45% de las empresas están trabajando con temas de sostenibilidad (CarbonoNEWS, 2021). La mayoría de las empresas no trabajan con cadenas de suministro de circuito cerrado debido a diversas barreras o limitaciones que no se encuentran de manera regular en la literatura. Lo anterior, sin mencionar que, aunque haya en la literatura, información de algunos hechos que determinen su aplicación en Latinoamérica, vale la pena documentar un trayecto histórico o recorrido que tenga la cadena de suministro de ciclo cerrado en esta región de América.

Basado en lo anterior, el presente trabajo tiene como objeto contribuir en la literatura para futuras investigaciones que requieran información del tema en esta región, contemplando la trayectoria que ha tenido la cadena de suministro de circuito cerrado en Latinoamérica, algunos casos de aplicación y las barreras o limitaciones que este posee. Para lograr este aporte, el presente trabajo de grado está diseñado de la siguiente manera, generalidades del proyecto, marco de referencia, desarrollo metodológico, revisión sistemática de la literatura, trayectoria, aplicaciones y limitaciones de la cadena de suministro de ciclo cerrado en el contexto latinoamericano, análisis de resultados, conclusiones, recomendaciones y finalmente la bibliografía estudiada para la elaboración de este proyecto.

Cumplimiento de objetivos

Tabla 1.

Cumplimiento de objetivos.

Objetivo	Cumplimiento
Identificar los conceptos y constructos teóricos clave relacionados con la cadena de suministro de ciclo cerrado a partir de una revisión teórica.	Capítulo 2, sección 2.2, subvenciones 2.2.1 y 2.2.2.
Realizar un análisis bibliométrico de la literatura existente en bases de datos sobre la evolución y aplicación de cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica.	Capítulo 4, sección 4.2, subvenciones 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 y 4.2.4.
Caracterizar las barreras y limitantes de la aplicación exitosa de cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica en la literatura revisada.	Capítulos 5, 6 y 7.
Elaborar un artículo de carácter publicable donde se documenten los resultados obtenidos en la investigación.	Apéndice C

1. Generalidades del proyecto

1.1. Planteamiento del problema

Las investigaciones realizadas hasta el momento de las aplicaciones de la cadena de suministro de ciclo cerrado, demuestra que existen varios elementos ventajosos en las organizaciones, los cuales contribuyen a agregar valor en los productos y servicios de las organizaciones y además apoya la sostenibilidad de los procesos de producción ya que este tipo de cadena de suministro está directamente relacionado con la economía circular, lo que genera ventajas competitivas con respecto a las empresas que aún se utilizan bajo un esquema de economía lineal (Munguia, 2022). Este esquema lineal de la cadena de suministro fue transmitido por la revolución industrial y tiene un funcionamiento básico que consiste en fabricar, consumir y eliminar, este esquema lineal ha empezado a mostrar límites como el sobreuso de energía no renovable, el consumo de recursos naturales sin considerar su preservación que con el transcurrir de los años se ha traducido en contaminación ambiental y pérdidas económicas (Sariatli, 2017).

Sin embargo, a pesar de que los desarrollos empíricos establecidos hasta el momento son sustanciales en algunos elementos que se abarcan en esta investigación, hay poca información consolidada y organizada de la cadena de suministro de circuito cerrado en Latinoamérica y también de su desarrollo en esta región de América, y menos de los obstáculos que se han presentado a lo largo de los años para elaborar cadenas de suministros de circuito cerrado exitosos. Por el contrario, muchas de estas investigaciones hablan más de manera general de su desarrollo

en otros continentes y las aplicaciones que han ejecutado con sus respectivos resultados. Por esa razón, la investigación de este trabajo se realiza con la intención de contribuir con el conocimiento que hay del tema en la región latinoamericana con respecto a los múltiples esfuerzos en su trayectoria, algunos ejemplos de aplicación y las limitaciones que ha tenido esta temática compilando y organizando toda esta información. Dar a conocer lo hecho en Latinoamérica por las instituciones académicas, por las organizaciones y por los entes gubernamentales, es la finalidad de esta investigación, llevando a cabo una revisión sistemática de la literatura respecto a la trayectoria que ha tenido este tema en los países latinoamericanos, investigar las aplicaciones de las cadenas de suministro de ciclo cerrado en las empresas de esta región de América y conocer, ¿Cómo ha sido la trayectoria de la cadena de suministro de ciclo cerrado en esta región de América?, ¿De qué manera se ha aplicado la cadena de suministro de circuito cerrado en las diferentes organizaciones?, ¿Qué barreras o limitaciones tiene la implementación de la cadena de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica?. Con esta investigación, se busca documentar de manera metódica los hallazgos de la literatura científica para dar respuesta a estos interrogantes y, posteriormente, sintetizar la información encontrada en un artículo de investigación que sea de carácter publicable (Apéndice C).

1.1.1. Justificación de la investigación

La industrialización ha generado la iniciativa para dar un gran paso en la evolución de la humanidad, ha brindado desde vehículos más rápidos hasta enormes transformaciones sociales, sin embargo, ha causado también impactos negativos, uno de ellos es la generación de residuos. La gestión inadecuada de desechos generados por la sociedad está generando contaminaciones en los océanos, incrementando la temperatura de la atmosfera causando fenómenos como el efecto invernadero, que lleva a su vez al derretimiento de los glaciares y de esta manera aumentando el nivel de los océanos que producen inundaciones. Además, el inadecuado manejo de los residuos está generando enfermedades, poniendo en riesgo la disponibilidad de agua potable, entre otros aspectos (Ocio, 2021).

A raíz de esta problemática y en pro de un desarrollo económico sostenible, los gobiernos y empresas han incursionado la “gestión verde” en sus actividades y regulaciones gubernamentales, casi obligadas por una necesidad humanitaria urgente ha incursionado medidas equilibradas con el medio ambiente, una de ellas es la cadena de suministro de ciclo cerrado (*Closed-Loop Supply Chain*), también conocida como cadena de suministro de circuito cerrado, que tiene como objetivo lograr la sostenibilidad empresarial y profundizar los temas relacionados con la logística inversa y la cadena sostenible (Navarro, 2013).

La evolución de las cadenas de suministros globales ha generado un impacto en cómo se administran las organizaciones en Latinoamérica, lo que promueve que se realicen esfuerzos por

ser más sostenibles. Latinoamérica en su búsqueda de cadenas de suministros más sostenibles se encuentra muy lejos del nivel de otros países, por diversas barreras que no le han permitido engranarse en el contexto global, evidencia de ello es la incipiente aplicación de la cadena de suministro de ciclo cerrado en esta región de América, pero ¿a qué se debe este interrogante?, al ser muy incipiente el tema pocas investigaciones se han realizado y se tiene poca comprensión de dicho interrogante (Young, 2005). Por otra parte, en la literatura también se desconoce mucho del trayecto que ha tenido este tipo de cadena de suministro. Sin embargo, hay organizaciones que aplican este modelo de circuito cerrado para desarrollar sus operaciones de manera sostenible, pero ¿Cómo lo hacen?

Algunos elementos como el transporte, actividad sumamente relevante en la aplicación de la cadena de suministro de ciclo cerrado también genera complicaciones, esto debido a que la cantidad de vehículos de carga que se trasladan dentro de las ciudades ha aumentado y seguirá aumentando con base a las prácticas de fabricación y distribución que tienen como fin buscar inventarios bajos y entregas eficaces (Ricciardi, Storchi, & Crainic, 2009). Por lo anterior, es importante el concepto de sostenibilidad en la cadena de suministro de ciclo cerrado, ya que basados en esos medios es muy difícil cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible.

Es por esto por lo que el presente trabajo tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de la literatura sobre las cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica, con el propósito de identificar las principales barreras y limitantes que no han permitido su evolución, explorar su trayecto en esta región y de qué manera lo han adoptado las empresas en sus operaciones.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar una revisión sistemática de la literatura de las cadenas de suministro de ciclo cerrado, su trayectoria, aplicación y barreras de evolución en Latinoamérica.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Identificar los conceptos y constructos teóricos clave relacionados con la cadena de suministro de ciclo cerrado a partir de una revisión teórica.
2. Realizar un análisis bibliométrico de la literatura existente en bases de datos sobre la evolución y aplicación de cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica.
3. Caracterizar las barreras y limitantes de la aplicación exitosa de cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica en la literatura revisada.
4. Elaborar un artículo de carácter publicable donde se documenten los resultados obtenidos en la investigación.

1.2.2.1. Resultados obtenidos.**Tabla 2.***Resultados obtenidos de cada objetivo específico.*

	Objetivos específicos	Resultados
1	Identificar los conceptos y constructos teóricos clave relacionados con la cadena de suministro de ciclo cerrado a partir de una revisión teórica.	Comprensión de los conceptos teóricos claves relacionados con las cadenas de suministro de ciclo cerrado.
2	Realizar un análisis bibliométrico de la literatura existente en bases de datos sobre la evolución y aplicación de cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica.	Análisis bibliométrico correspondiente a la ecuación de búsqueda y revisión de la literatura respecto a la evolución y aplicación de las cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica.
3	Caracterizar las barreras y limitantes de la aplicación exitosa de cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica en la literatura revisada.	Caracterización de las diferentes barreras y limitantes de las aplicaciones de las cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica.
4	Elaborar un artículo de carácter publicable donde se documenten los resultados obtenidos en la investigación	Documentación escrita de carácter publicable sobre la trayectoria, aplicación y barreras de las cadenas de ciclo cerrado en Latinoamérica.

2. Marco de referencia

2.1. Marco de antecedentes

2.1.1. Antecedentes de trabajos de grado

La cadena de suministro de circuito cerrado es un proceso integrado entre la cadena de suministro tradicional y la logística inversa. La idea principal es elaborar una cadena de suministro que sea funcional en ambas direcciones (bidireccional), efectiva en términos de costos y sostenible para ser amigable con el medio ambiente. Algunas variables que abordan dicho énfasis se presentan a continuación:

El trabajo realizado por Gómez (2018) en México relata en su investigación un análisis de los estudios e investigaciones relacionadas con las cadenas de suministro en las últimas tres décadas. Allí interrelaciona estrechamente las cadenas de suministro y el desarrollo sustentable en donde menciona que las enormes labores hacia la sostenibilidad, la reintegración de materiales y energía en las cadenas de suministro, se encuentran de manera particular bajo esquemas de circuitos cerrados. El autor explica que, bajo este esquema, la gestión de la cadena de suministro implica realizar el diseño, los medios de control y las operaciones que la cadena de suministro va a necesitar para maximizar la creación de valor en el ciclo de vida del bien a entregar al cliente final con unas acciones que involucren al cliente a participar en la recuperación dinámica del activo

y el volumen de las devoluciones. La literatura que relaciona los objetivos de desarrollo sostenible y las cadenas de suministro ha crecido en las últimas dos décadas (Knemeyer & Winter, 2013).

En Colombia, Lina Pineda de la UNAD (2018), argumenta en su artículo de investigación que la evolución de las cadenas de suministro ha sido rápida y que el uso de la tecnología y la globalización generan la necesidad de mejorar la administración de estas y no solo de identificarlas. A demás, también hace mención de que, en la actualidad, la competencia ya no radica entre las organizaciones sino entre cadenas. Para el autor, los países como Colombia deben aumentar su confianza en la tecnología para fortalecer las redes de suministro, como también aumentar el interés de los aliados (cada eslabón de la cadena), para que participen en el modelo de circuito cerrado y elaboren cadenas de suministro de ciclo cerrado más fuertes y competitivas.

Otros autores como Gonzales y Mogollon (2019), Se enfocan más en los beneficios de aplicar cadenas de suministro de circuito cerrado en la gestión de residuos sólidos ya que en la actualidad no se utiliza adecuadamente. El artículo hace referencia al uso inadecuado de los vertederos y/o botaderos en muchos países de Latinoamérica con la práctica de recolección sin clasificación y separación de los residuos desde el inicio, lo que como consecuencia trae más contaminación en lugar de ser una labor de apoyo para el medio ambiente y adicionalmente esta contaminación conlleva a pagar elevados costos. Por ello, el artículo argumenta la aplicación de estrategias como la aplicación de cadenas de suministro de circuito cerrado y su concepto para transformar el proceso en los vertederos de residuos.

En conclusión, las investigaciones de estos trabajos se enfocan en la relación de las cadenas de suministros y el desarrollo sostenible, las necesidades de mejorarlas a nivel administrativo y los beneficios de aplicar el modelo de circuito cerrado en las cadenas de suministros. Cada investigación se asimila en los conceptos que se relacionan para definir las cadenas de circuitos cerrados y en qué consiste, también en los esfuerzos que realiza o debería realizar cada eslabón de la cadena para que su participación sea de la mejor manera y fortalecer las redes de suministro. Pero adicionalmente, se diferencian en el enfoque o limitación de área o sector específico, como, por ejemplo, enfocada a los residuos sólidos, a la tecnología como obstáculo de desarrollo y finalmente a la sostenibilidad del modelo.

El presente trabajo integra las temáticas mencionadas con respecto a el enfoque, ya que se abarcaran algunos casos exitosos de aplicación independientemente del sector, se analizará su trayectoria de manera general en Latinoamérica y no en un solo país, además no solo se busca mencionar un solo tipo de limitación o barrera como la tecnología, sino otros elementos no expuestos en las publicaciones anteriores para determinar con mayor profundidad los obstáculos de este modelo de circuito cerrado.

2.1.2. Antecedentes de revisiones de literatura previas

En algunos sectores de la industria, el modelo de circuito cerrado de una cadena de suministro ha tenido mayor éxito en su aplicación que en otros sectores. Así lo relata el autor Stephen y Hosoda (2017) en su investigación. En esta investigación menciona un ejemplo muy común, la cadena de suministro de ciclo cerrado en el sector de bebidas, en específico, para la recolección de los envases PET y la tecnología mecánica que se aplica de botella a botella para fabricar nuevos envases partiendo de botellas reutilizadas.

Aunque el artículo de investigación no es publicado en Latinoamérica, es un claro ejemplo típico de cadena de suministro que sí aplican organizaciones de esta región de América y es lo que en esta revisión de la literatura si se quiere abarcar, este caso de aplicación también es común en algunas organizaciones del sector de bebidas en Latinoamérica, por lo que no es necesario solo mencionar en futuros artículos casos de países desarrollados. Los autores del artículo también resaltan que las empresas que laboran con este modelo de cadena de suministro están motivadas principalmente por la sostenibilidad ética y la preocupación de los clientes por el medio ambiente, en lugar de estar motivados desde una perspectiva económica.

En Chile, también se realizan investigaciones con respecto a las cadenas de suministro de ciclo cerrado. Los Becerra, Mula y Sanchis (2021), redactó un artículo con metodología de revisión sistemática en el que se basó en el estudio de 91 artículos en donde se busca consultar los métodos cuantitativos que podrían adaptarse más a contribuir los desafíos que presentan las cadenas de

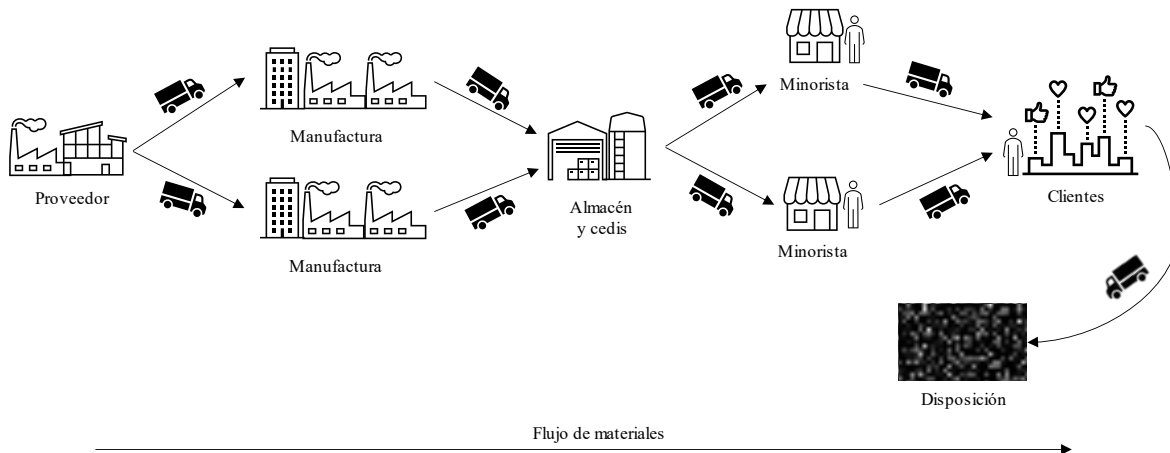
suministro de ciclo cerrado. Sin embargo, el autor hace énfasis en diferentes diseños de cadenas de suministros como cadenas de suministro verde, cadenas de suministro netamente sostenible, solo la fase de logística inversa y cadenas de suministro de circuito cerrado. Aunque su área de estudio también está limitada a Latinoamérica, en la presente investigación solo se va a hacer énfasis en las cadenas de suministro de circuito cerrado y no en ningún otro tipo de cadena de suministro.

2.2. Marco teórico

A continuación, se presentan los conceptos necesarios para el presente trabajo:

2.2.1. Cadena de suministro de ciclo cerrado

La disminución de residuos se ha convertido en una preocupación latente. Esto debido a que los vertederos, en donde se disponen los residuos utilizados por los clientes, empiezan a agotarse y las incineraciones alcanzan su capacidad, por ello las empresas realizan esfuerzos para que los productos usados sean reintegrados en los procesos de producción y vuelvan a salir al mercado (Hernandez, 2012). Este agotamiento de los lugares en donde se depositan los residuos que aun manejan muchas organizaciones en el mundo es el resultado de la típica cadena de suministro unidireccional, una cadena en donde cada eslabón, entiéndase por eslabón, plantas de producción, distribuidores minoristas, centros de distribución, almacenes, proveedores, etc. Cumple su función sin considerar la disposición final del artículo cuando ya el cliente le ha dado uso.

Figura 1.*Típica cadena de suministro Unidireccional***Fuente:** (Ortiz, 2004)

Debido a que se hace necesario esta reintegración de los productos, se implementa el concepto de logística inversa y cuando en las cadenas de suministro se incorpora la logística inversa, esta cambia de significado y empieza a hacer parte de un proceso que enlaza varios eslabones de la cadena. De esta manera, la cadena de suministro unidireccional pasa a ser bidireccional cerrando el circuito del modelo.

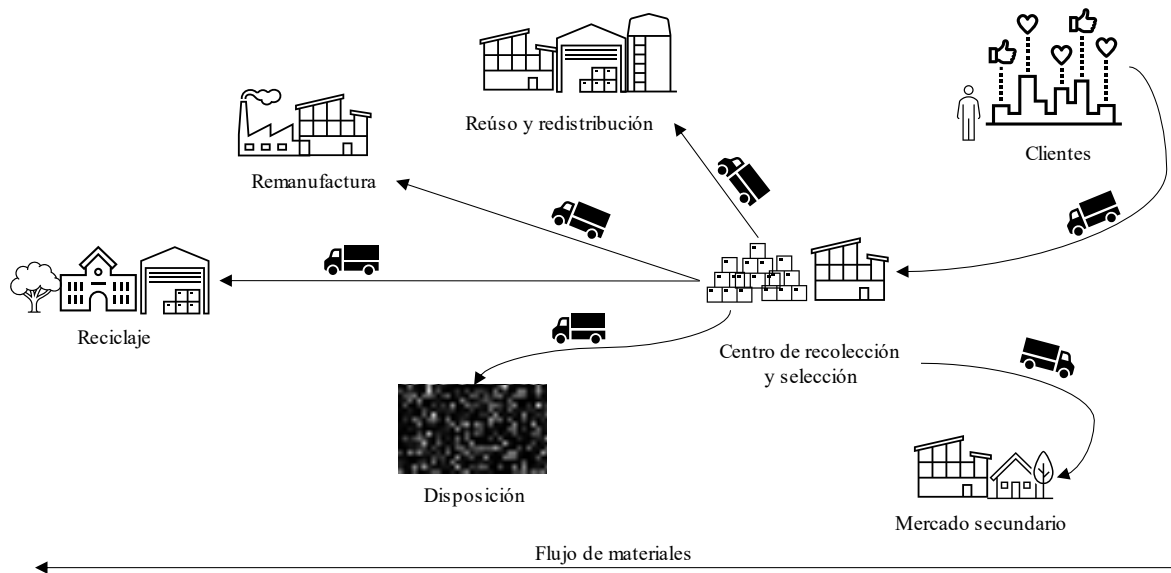
La logística inversa es un concepto esencial en las cadenas de suministro de circuito cerrado ya que media la solución para retornar los productos usados y ayuda a evitar el deterioro del medio ambiente; también contribuye al aprovechamiento del proceso de producción, disminución del exceso de inventarios en el mercado, apoyo en las devoluciones, reacondicionamiento, etc. Para los autores Rogers y Tibben-Lembket (2001). La logística inversa es la circulación de bienes de un cliente hacia el productor en un canal de distribución. En los 80's la logística reversa, como

también se le conoce, se limitaba a transportar materiales del consumidor al productor, pero después, se desarrolló reputado por la reutilización y el reciclaje para luego ser empleado en contexto con la cadena de suministro de ciclo cerrado.

Algunos grupos de investigación como; The Reverse Logistics Group (RLG, 2020) definen a la logística inversa como todas aquellas operaciones relacionadas con las actividades de desensamblaje, procesamiento de materiales, partes usadas, productos usados y reutilización de materiales con el fin de asegurar la sostenibilidad de la recuperación ecológica ayudando a disminuir la inversión de recursos y mejorando la satisfacción del consumidor garantizándole la devolución de artículos en desuso reduciendo los costos de distribución y almacenamiento.

Figura 2.

Concepción de la logística inversa.



Fuente: (Ortiz, 2004)

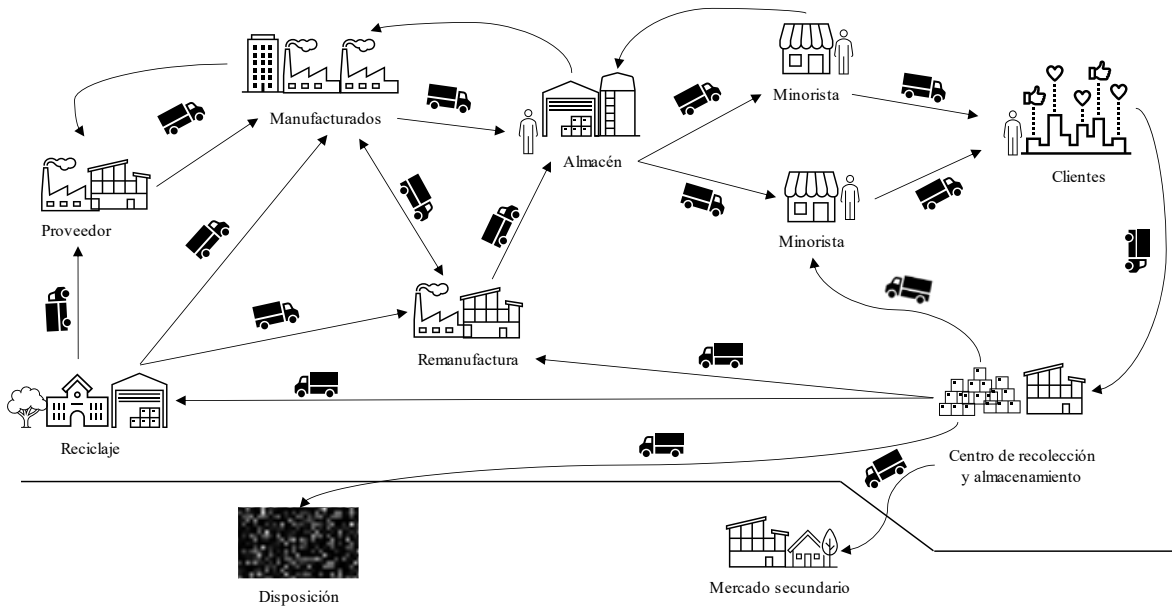
En cualquiera de las definiciones, indudablemente la logística inversa es un elemento que determina el modelo cerrado de la cadena y, además, un término genérico para una serie de etapas que están compuesta por cinco procesos como son:

1. **Adquisición del producto**, hace referencia a la obtención del artículo usado por parte del cliente.
2. **Restauración**, el proceso que contribuye a seleccionar la decisión económica más factible (Es decir, reuso directo, refabricar, reparar, reciclar o eliminar).
3. **Disposición e inspección**, reciclar y evaluar la condición del retorno para determinar la decisión más rentable para reusar por medio de la reducción del producto a sus elementos más básicos.
4. **Remanufactura**, devolver el producto a las especificaciones descritas originalmente.
5. **Reventa o comercialización**, Se refiere a crear todo el proceso de mercadeo secundario para el producto remanufacturado, básicamente remarketearlo para su debida distribución (Valenzuela, Pérez, & Alfaro, 2019).

En la cadena de suministro de ciclo cerrado, el flujo de los productos va dirigido hacia los clientes como desde el cliente a las empresas, con el fin de reciclar los productos, reutilizarlos y en la medida de lo posible, refabricarlos.

Figura 3.

Concepción de una cadena de suministro bidireccional.



Fuente: (Ortiz, 2004)

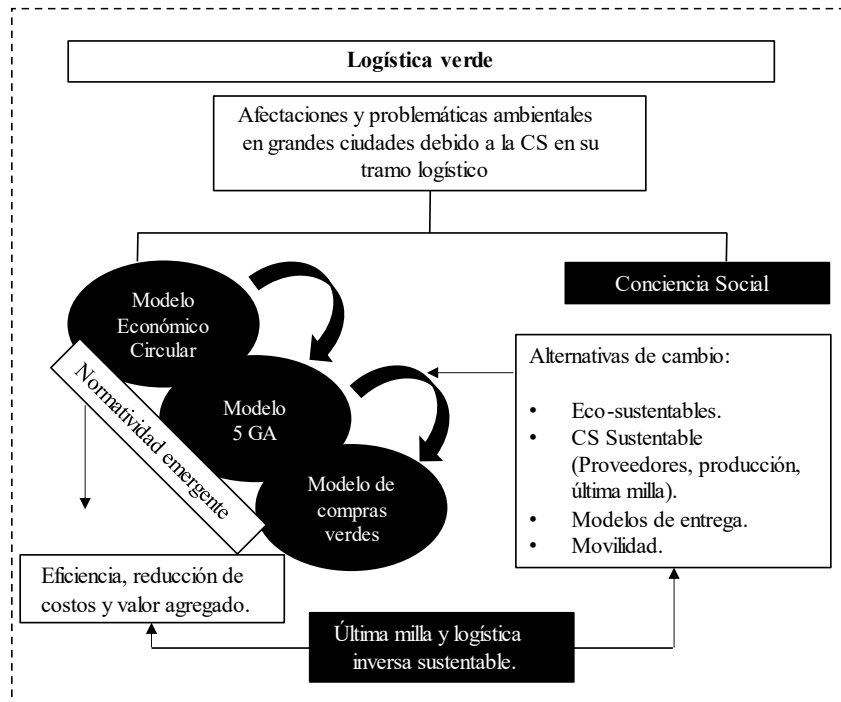
Transformar una cadena de suministro tradicional (unidireccional) a una cadena de suministro de circuito cerrado (bidireccional) es una medida relevante para que puedan considerar las organizaciones que aspiran a ser sustentables. Muchos autores piensan que incluir la logística reversa, para cerrar el circuito de la cadena, no hace necesariamente que la cadena sea de circuito cerrado (CLSC), sino que además, debe incorporar prácticas medioambientales adicionales, como por ejemplo, abastecer eslabones de la cadena con energías alternativas, cambiar los materiales con materia prima más amigable con el medio ambiente, reducir desperdicios y mejorar el rendimiento de los recursos (Lorenzo, 2021).

Las cadenas de suministro de circuito cerrado tienen un enfoque integral en el modelo de negocio que permite una visualización holística de la planeación, la implementación y el control de los flujos iniciales e inversos de los elementos, todo ello con el fin de suplir las necesidades de los clientes en el mercado de forma efectiva con el medio ambiente y con los costos de la organización. Bustamante (2022) en su artículo “La evolución de la cadena de suministro en el comercio electrónico” menciona que las empresas han realizado esfuerzos en un modelo descrito por (García-Sandoval, 2017). En el modelo de la figura 2 se pretende establecer un nuevo concepto de logística llamado, “logística verde”. Este tipo de logística se define como la interrelación entre recursos y productos, productos y consumidores.

La circulación eficiente de materiales y energía así también involucra la cadena de suministro de ciclo cerrado de recursos que se logra a través de la modificación de flujos de recursos a nivel industrial, donde no sólo se incluya materiales y energía, sino también información permitiendo un proceso adecuado de reutilización y reciclaje de materiales entre las diferentes fases productivas. Anteriormente se denominaba a la última fase del recorrido logístico que tiene un producto o servicio como última milla, con este concepto se pretendía relacionar la logística inversa para cerrar el ciclo de la cadena de suministro (Lorenzo, 2021). De manera preliminar, el modelo de negocio en el cual la cadena de suministro de ciclo cerrado algunas veces hace parte de forma integral, es el modelo de economía circular.

Figura 4.

Modelo de cadena de suministro sustentable según Sandoval en el año 2017.



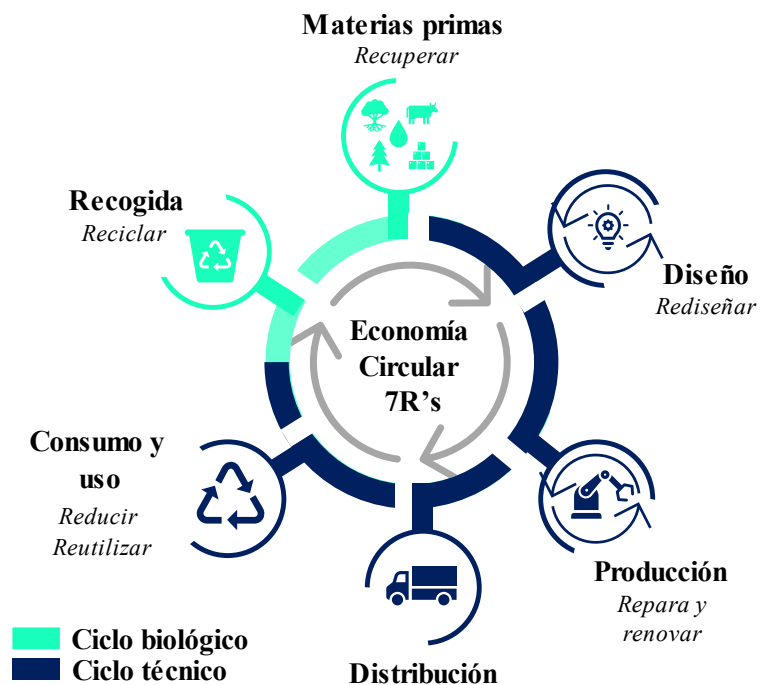
Fuente: (Lorenzo, 2021)

Es importante considerar la diferencia entre el concepto de ambos modelos, ya que la cadena de suministro de ciclo cerrado es un medio en el cual la economía circular, como modelo económico para la organización, busca cerrar el ciclo de los bienes, incrementando el tiempo de uso del producto y reduciendo simultáneamente los residuos (Haynes, Murray, & Skene, 2017). La economía circular es definida como un nuevo modelo de negocio que busca la sostenibilidad y armonía en la sociedad. Su enfoque principal se basa en la idea de que nada se destruye, sino que solo se transforma (Moreno G. , 2018). Los Geissdoerfer et. al., (2017) define a la economía circular como un sistema regenerativo que disminuye la entrada de recursos, la salida de residuos,

las emisiones contaminantes y las fugas de energía por medio de un diseño perdurable, con reparación, remanufactura, reutilización, restauración, mantenimiento y reciclaje. En el modelo de economía circular, los ciclos que se denominan técnicos buscan que el diseño de los productos sea reutilizable por medio de actividades de recolección, producción, procesamiento, compra y consumo. Por otro lado, el ciclo biológico tiene el fin de adquirir materia prima y regenerar los residuos de tal forma que, estos elementos se reincorporen a el medio ambiente para que de esta manera la innovación, la investigación y el desarrollo empleen un rol importante como lo son la digestión anaeróbica y la extracción bioquímica (Moreno G. , 2018).

Figura 5.

Ciclo de funcionamiento de la economía circular



Fuente: (Romero & Carvajalino, 2020).

Teniendo en cuenta el concepto anterior, y la ilustración de la figura 3, el concepto de economía circular es un factor para tener en cuenta al momento de mencionar algunos de los aspectos, contribuciones o participación necesaria de la cadena de suministro de ciclo cerrado, pero difieren en estructura, jerarquía, entre otros componentes. Por esta razón, la presente investigación está delimitada a la revisión de los aspectos antes mencionados de la cadena de suministro de ciclo cerrado y no al modelo de economía circular para los elementos a investigar en el presente trabajo de grado. Es decir, trayectoria, barreras o limitaciones y aplicaciones en las organizaciones de Latinoamérica.

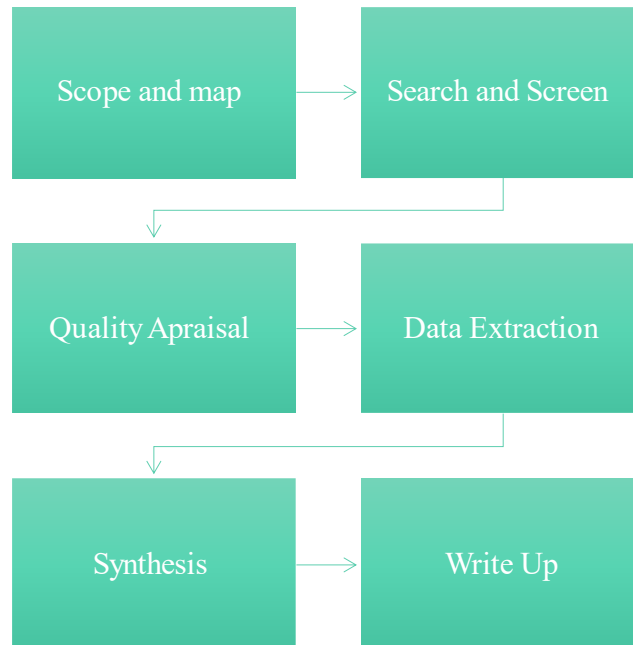
2.2.2. Revisión sistemática de la literatura

Para Hart (1998), la revisión sistemática de la literatura tiene como base el desarrollo de una metodología basado en evidencia con el objeto de crear un artículo de investigación que identifique los estudios relevantes, apreciando su calidad y resúmenes usando los resultados de una metodología científica. Identificando y filtrando a través de todos los estudios relevantes y evaluando cada uno de los criterios predefinidos que distinguen una revisión sistemática de una tradicional. Algunos autores argumentan que la revisión sistemática es un mejor método de investigación que la revisión tradicional porque es más riguroso y por lo tanto “científico”, aproximándose más a la práctica de revisión de literatura. Riguroso y científico en este contexto se refiere a que la metodología del protocolo sistemático es un enfoque más laxo y flexible e implícito en la revisión tradicional. Sin embargo, hay mucho menos consenso en la disciplina de las ciencias sociales como para que la evidencia y apropiación constituya un paradigma

metodológico en cada campo académico teniendo en cuenta sus preferencias. Hart (1998, p. 102) también menciona nueve etapas claves o pasos generales que se requieren en la revisión sistemática de la literatura para aprender a desarrollar un buen protocolo de revisión y la importancia de documentar cada etapa del proceso, estas etapas claves se ilustran en la figura 4.

Figura 6.

Etapas claves de la revisión sistemática de la literatura



Fuente: (Hart, 1998)

Para Hart (1998), la revisión sistemática es en esencia, un artículo de investigación en el cual se aprecia la calidad y los resúmenes de una investigación usando los resultados de una

metodología científica. Lo anterior, identificando y filtrando por medio de todos los estudios importantes y evaluando cada uno de los resultados de acuerdo con unos criterios predeterminados que permiten distinguir una revisión sistemática de una tradicional.

Tabla 3.

Comparación de la revisión tradicional y la revisión sistemática.

	Revisión tradicional	Revisión sistemática
Objetivo.	Obtener una comprensión amplia y una descripción del campo.	Los propósitos y objetivos están estrictamente especificados con una pregunta de revisión específica.
Alcance.	A grandes rasgos.	Enfoque estrecho.
Planeación de la revisión.	No tiene un camino definido, solo creatividad y exploración.	Proceso transparente y un documentado juicio de auditoría.
Identificación de estudios.	Moviéndose de un estudio a otro siguiendo pistas.	Rigurosa y exhaustiva búsqueda de todos los estudios.
Selección de estudios.	Selección intencional hecha por el revisor.	Criterios predeterminados para incluir y excluir estudios.
Calidad de la evaluación.	Basada en la opinión del revisor.	Checklist para evaluar la calidad metodológica del estudio.
Análisis y síntesis.	Discursivo.	En un formato tabular y corto resumen de las respuestas.
Reporte metodológico.	No necesariamente dado.	Debe ser presentado con transparencia.

Fuente: (Hart, 1998)

Considerando que, a partir de la diferenciación entre una revisión tradicional y una revisión sistemática, este trabajo se acoge al enfoque sistemático basado en las bondades que este mismo ofrece.

3. Desarrollo Metodológico

La investigación se enfocó en una revisión sistemática de la literatura, esta revisión de la literatura es diseñada de manera sistemática para que sea explícita y reproducible (Fink, 1998). Con esta metodología se buscó resumir lo existente en la búsqueda exhaustiva realizada sobre la investigación, identificando elementos relevantes del tema, las diferentes circunstancias y patrones. Además, de definir el contenido conceptual del campo que aporta al desarrollo del marco teórico y conceptual (Hernández, Baptista, Sampieri, & Fernández, 1991).

Basado en lo anterior, la metodología implementada para esta investigación es la propuesta por Hart (1998) para revisiones sistemáticas de literatura. El objetivo principal de esta metodología es obtener información mediante la investigación a través de la base de datos Scopus, tomando artículos científicos, artículos de revisión, capítulos de libro, artículos de periódico, conjunto de datos y recursos web. Hart (1998) en el capítulo 7, “The Sistematic Revisión de literatura”, expresa que las fases indispensables de una revisión sistemática son seis, en las que se visualiza la investigación desde el mapeo y alcance del tema, hasta la redacción del artículo de investigación científica como se visualiza en la figura 5.

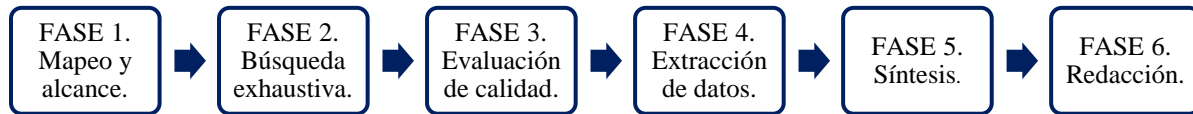
Hart (1998) define estas seis fases en base a las nueve etapas claves mencionadas en la figura 4. Esto con el fin de finiquitar la metodología acogida en esta investigación y que permiten sintetizar la metodología, haciéndola más flexible para este proyecto.

Tabla 4.

Descripción de cada fase para la metodología del proyecto.

Fase	Objetivo específico asociado	Actividades
1. Mapeo del tema a través del alcance de la revisión.	1. Identificar los conceptos y constructos teóricos clave relacionados con la cadena de suministro de ciclo cerrado a partir de una revisión teórica.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar la metodología y el protocolo de revisión. • Buscar los conceptos correspondientes al tema. • Determinar las palabras claves. • Elaborar la ecuación de búsqueda. • Definir los criterios de inclusión y exclusión.
2. Búsqueda exhaustiva.	2. Realizar un análisis bibliométrico de la literatura existente en bases de datos sobre la evolución y aplicación de cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar las bases de datos. • Buscar y seleccionar los artículos. • Realizar análisis bibliométrico. • Redactar las conclusiones del análisis.
3. Evaluación de calidad.		<ul style="list-style-type: none"> • Leer los artículos seleccionados. • Aplicar la evaluación de calidad. • Seleccionar los artículos que van a estar dentro y fuera de la investigación. • Documentar las razones de la exclusión.
4. Extracción de datos.	3. Caracterizar las barreras y limitantes de la aplicación exitosa de cadenas de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica en la literatura revisada.	Extraer los datos de los artículos seleccionados y tabular la información más relevante para organizar los resultados. Apéndice B.
5. Síntesis.		Sintetizar los datos de cada artículo.
6. Redacción.	4. Elaborar un artículo de carácter publicable donde se documenten los resultados obtenidos en la investigación.	Redactar el artículo de la investigación.

Fuente: Elaboración propia

Figura 7.*Metodología según Hart***Fuente:** (Hart, 1998)

Es importante aclarar también que las etapas mencionadas por los autores Martínez, Bravo y Becerra (2013), descritas en el apartado del análisis bibliométrico están equiparadas en las fases uno y dos de la metodología de Hart (1998) para realizar el mapeo y el alcance de la investigación y por supuesto, la búsqueda exhaustiva. Esto debido a que la primera metodología realiza un planteamiento más elaborado del análisis bibliométrico, pero el planteamiento de Hart (1998) en las demás fases, complementa de una mejor manera lo necesario para realizar la revisión sistemática de la literatura que va desde la evaluación de calidad para los 56 artículos a estudiar, hasta la redacción del artículo entregable.

4. Revisión sistemática de la literatura

4.1. Revisión preliminar de la literatura

La revisión sistemática de literatura realizada indica que, muchas de las empresas en Latinoamérica han cambiado respecto a sus cadenas de suministro frente a las dificultades que se han encontrado en la pandemia del coronavirus (COVID-19), las exigencias medio ambientales de los consumidores, y las normas y políticas establecidas por los nuevos gobiernos como empeño a que las empresas elaboren procesos de producción más amigables con el medio ambiente. El COVID-19 es una enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2 que trajo consigo muchas implicaciones de salud a nivel mundial que lleva 6.881.955 millones de muertos, a la fecha del 10 de marzo de 2023, última actualización del Dashboard diseñado por el centro de ciencias e ingeniería de sistemas (CSSE) de la universidad Johns Hopkins (JHU, 2023).

En Latinoamérica no solo trajo problemas de salud pública sino también enormes inconvenientes económicos que llevo a las organizaciones a transformar modelos de negocio, formas de trabajo alternativa y por supuesto cambios en la cadena de suministro.

Aunque la autora Linares (2021) resalta que a pesar de los múltiples esfuerzos que se han realizado para poder reactivar la economía frente a los impactos del COVID-19, es un momento importante para incorporar el modelo circular en la economía y que las cadenas de suministro de circuito cerrado, en su opinión, son una excelente alternativa para disminuir costos y generar

utilidades adicionales. De igual manera, estas circunstancias son una oportunidad para desarrollar nuevos modelos de negocio basados en mejorar las cadenas de valor y simultáneamente poder construir alianzas colaborativas.

Además, las empresas latinoamericanas no solo tuvieron que hacerle frente a este grave problema de salud público, también han tenido que realizar esfuerzos para ser más sostenibles utilizando nuevas fuentes de energías alternativas como son energía solar, eólica, hidrogeno, entre otras. Por ejemplo, la empresa Bavaria firmó un acuerdo con Enel Colombia para abastecer de energía solar a sus plantas de producción por los próximos 15 años, a partir de enero de 2024 y de esta manera mitigar las toneladas de dióxido de carbono que producen en sus labores de producción (El tiempo, 2022).

Frente al contexto de sostenibilidad, es importante tener en cuenta que el planeta cada vez muestra más evidencia de daños causados por el efecto invernadero, lo anterior, producto de las actividades de la industria. Las concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera se mantiene en altos niveles que llevan a condenar al planeta a un inminente peligro en el calentamiento global en el futuro (ONU, 2021). Lo anterior, ha llevado a los gobiernos a tomar cartas en el asunto realizando promulgación y cumplimiento de leyes y estándares ambientales, y Latinoamérica no es la excepción.

La autora Belda (2021) menciona que, “a lo largo de los años toda crisis económica trae la adopción de nuevas políticas y modelos económicos que siempre proporciona prosperidad pero que con el paso del tiempo se desencadenan en otra crisis que impulsan a implementar nuevas

políticas”. Sin embargo, obedeciendo las nuevas normas y políticas ya generadas y como un aporte a mitigar la contaminación causada por las empresas, se han realizado labores con propuestas como transformar la cadena de suministro para cambiar la forma lineal de los productos que actualmente se sigue manejando en muchas de las empresas (Munguia, 2022). Las empresas buscan rediseñar sus cadenas de suministro utilizando logística inversa para crear cadenas de suministros de ciclo cerrado. El objetivo principal de este tipo de cadena de suministro es hacer que todos los interesados (Stakeholders) de la cadena como los son, proveedores, colaboradores de la organización, directivos, los responsables de la estrategia, el producto, etc. Se sientan comprometidos a llegar a ser parte de una cadena de suministro sostenible y con esto agregar valor a un producto o servicio que los clientes reconozcan y estén dispuestos a pagar por dicho producto. (Ocio, 2021).

Aunque la mayoría de los documentos publicados no aportan suficiente información sobre la aplicación de estas cadenas de suministro en Latinoamérica como lo hacen los países primermundistas como, por ejemplo, China y Estados Unidos u otros países Europeos. Sirven como instrumento de guía al momento de ejecutar estos conocimientos en las empresas latinoamericanas.

Autores como Munguia (2022), consideran que las cadenas de suministros sostenibles, pueden proporcionar un apoyo en el desarrollo y crecimiento de las empresas y son importantes para generar impacto en la competitividad y en la producción de productos y servicios más amigables con el medio ambiente que estarán fundamentadas en leyes y criterios establecidos a

niveles nacionales e internacionales, y que también aportarán en la cultura organizacional, contribuyendo a la identidad de la organización y generar confianza en los consumidores.

En esta investigación también se encontró que una de las barreras de las cadenas de suministros sostenible como las cadenas de suministro de ciclo cerrado, es que pueden afectar los modelos de negocio y viceversa, ya que existe una estrecha relación con los modelos de negocios y la gestión de las cadenas de suministros (Ghulam, Saira, Saman, & Sehrish, 2020).

La autora Ocio (2021), menciona que los resultados de la metodología de las cadenas de suministro de ciclo cerrado no son producto de acciones independiente de cada empresa, organizaciones o de colaboradores que se dedican a una sola función específica, sino más bien a un marco normativo que conlleve a que todas esas partes del sector industrial y comercial participen.

En países de Latinoamérica como Perú actualmente se están implementando nuevas y distintas normatividades políticas para darle lugar al modelo de circuito cerrado, con el apoyo de las hojas de ruta en distintas áreas de la industria como agricultura, pesca y acuicultura. Distintos entes ya sean empresas, universidades, gremios, entre otros consideran que, con el transcurrir del tiempo se podrán visualizar los cambios en la producción y el consumo. En la actualidad, existen empresas de diversos tamaños que adoptan el modelo de circuitos cerrados en sus cadenas de suministro como una oportunidad para reducir costos y generar utilidades (Munguia, 2022).

Otros autores como Ocio (2021), creen que el lento crecimiento de implementar cadenas de suministro de circuito cerrado, son las limitaciones económicas, el aumento de los precios en la materia prima, la poca información que tienen las organizaciones en la dificultad de implementar un modelo de circuito cerrado, los pocos profesionales especializados en el mercado laboral y en algunos casos baja demanda de productos que adopten este modelo de negocio.

Por otra parte, también se encuentran los obstáculos institucionales que no promueven leyes que regulen este modelo circular y tampoco hay muchas alianzas estratégicas que apoyen el cierre de las cadenas de suministro. Aunque el autor López (2021), expresa que en países como Colombia existe, en términos de legislación, participación en la Estrategia Nacional de Economía Circular (República de Colombia, 2018) y entes no gubernamentales como por ejemplo el Pacto Global de las Naciones Unidas, este ente ha trabajado promoviendo principios de sostenibilidad por más de 16 años y menciona que los sectores más destacados por presentar el mayor uso de prácticas de modelos de circuitos cerrados en sus cadenas de suministro son el sector transporte, y el sector de alimentos y bebidas (Romero & Carvajalino, 2020). La economía circular no tiene una fecha o autor específico único y se menciona en diferentes escuelas de pensamiento. En general, estas escuelas de pensamiento modificaron de forma directa o indirecta el modelo económico lineal en busca de un modelo sustentable (Bonciu, 2014). La economía circular trabaja principalmente en las áreas relacionadas con la cadena de suministro, en donde se encuentra como estrategia de este modelo el modelo de circuito cerrado, los modelos de negocio circulares y el diseño de productos conocidos como productos y servicios circulares (Wang, Huisman, Bakker, & Hollander, 2014).

Por último, pero no menos importante, están las dificultades tecnológicas que terminan en el poco control y gestión de la cadena de valor y limita a mejorar las ejecuciones en los demás sistemas de producción y retorno de la organización.

Algunas desventajas de aplicar cadenas de suministro de circuito cerrado son las pocas leyes para normalizar los procesos y la baja cantidad de profesionales con conocimientos y habilidades. Por otro lado, es importante tener en cuenta que para este tipo de modelo es una desventaja depender de otra empresa para el uso de los residuos ya que, si en algún momento algo del proceso se interrumpe, la cadena de suministro puede fallar. Hay otro tipo de obstáculos como por ejemplo encontrar el ecodiseño indicado para poder realizar la transformación y proceder a reciclar. Y finalmente esta la baja educación respecto a la calidad de conocimiento de los profesionales y el poco apoyo que aportan los agentes y sectores industriales. (Ocio, 2021).

4.2. Análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico, se realizó siguiendo tres etapas o fases que fueron mencionadas por los autores Martínez, Bravo y Becerra Ardila (2013). Estas etapas están precisamente organizadas de la siguiente forma: como primer momento se debe realizar la recolección de la información. Una vez se obtenga la información de la base de datos seleccionada, de preferencia la que se acople más a la temática de la investigación, se debe transformar y organizar esa información para que después de generar los resultados se pueda analizar y realizar las respectivas conclusiones de la documentación encontrada.

4.2.1. Selección de la base de datos

La selección de la base de datos para realizar la revisión sistemática de la literatura, teniendo en cuenta la temática de la investigación, se realizó a cabo en la base de datos Scopus. Esta base de datos, idónea para revisiones de literatura, análisis bibliométricos y apreciaciones científicas producidas, contiene información relevante como, por ejemplo: el perfil del autor, el perfil de la institución, permitir inquirir citas y analizar revistas científicas. Además, Abarca una importante colección multidisciplinar de resúmenes a nivel mundial, índices y referencias de literatura científica, médica y técnica.

4.2.2. Planteamiento de la ecuación de búsqueda

Para poder plantear la ecuación de búsqueda se procedió a analizar una serie de artículos de la literatura gris encontrados con el navegador web de Google con lo que después se pudieron identificar algunas palabras claves. Luego se realizó una búsqueda en Google Scholar con las palabras claves ya encontradas para confirmar las que ya se habían hallado y ampliar los conceptos para determinar palabras claves no previstas anteriormente y a partir de esto se diseñó el prototipo de la ecuación de búsqueda con operadores booleanos (Apéndice A).

Para la base de datos Scopus se usó la siguiente ecuación de búsqueda:

("closed-loop supply chain" OR "closedloop supply chain" OR "closed loop supply chain" OR "cadena de suministro cerrada" OR "cadena de suministro de ciclo cerrado" OR "cadena de suministro de circuito cerrado")

Después de aplicar la ecuación de búsqueda en la base de datos Scopus, es importante limitar las publicaciones por país (Country/territory) a países latinoamericanos, de esta lista de resultados se encontraron: México, Brasil, Argentina, Colombia, Chile, Puerto Rico y Perú. Además, es necesario seleccionar la opción “Undefined” ya que es posible que dentro de este rango haya publicaciones que cumpla con los criterios de inclusión definidos en la tabla 5.

Al aplicar los filtros mencionados, la ecuación de búsqueda se sobre escribe resultando de la siguiente manera:

TITLE-ABS-KEY ("closed-loop supply chain" OR "closedloop supply chain" OR "closed loop supply chain" OR "cadena de suministro cerrada" OR "cadena de suministro de ciclo cerrado" OR "cadena de suministro de circuito cerrado") AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "México") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Brazil") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Colombia") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Chile") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Argentina") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Puerto Rico") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Peru") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Undefined"))

4.2.3. Criterios para la selección de artículos

Los documentos de la selección preliminar se escogieron teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión establecidos en la tabla 5. Inicialmente se consideraron para filtrar la información relevante para la investigación como se menciona en el apartado anterior teniendo en cuenta el objetivo de este trabajo de grado.

Tabla 5.

Criterios para la selección de artículos.

Criterio	Descripción
Criterios de inclusión	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos publicados en los años: 2012 – 2023. • Documentos en inglés y español. • Documentos publicados en países latinoamericanos.
Criterios de exclusión	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos que, a pesar de cumplir con los términos de búsqueda, no tienen relación directa con el tema. • Búsquedas que solo impliquen otros tipos de cadenas de suministros. • Información que implique solo conceptos respecto al tema de búsqueda.
Criterio de calidad	Los documentos deben suministrar información significativa a la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, el criterio de calidad establecido también en la tabla 5, contribuyó a redefinir los criterios de inclusión y exclusión una vez seleccionados los documentos del resultado inicial. Esto debido a que, la selección preliminar disminuyó considerablemente como consecuencia de la

rigurosidad de la metodología de la revisión sistemática de literatura escogida para esta investigación ya que el criterio de calidad expone que el documento debe suministrar información significativa para la investigación.

En la tabla 6 se puede visualizar los nuevos criterios de inclusión y exclusión que se consideraron para la selección de los artículos, además de los expuestos anteriormente. Es importante y también necesario redefinir estos criterios de selección ya que la cantidad de artículos seleccionados para la investigación cambió, lo que implica que está nueva cantidad es la que se debe considerar en el análisis bibliométrico, de no ser así, dicho análisis no sería consistente y se perdería el carácter sistemático de la metodología.

Tabla 6.

Nuevos criterios para la selección de artículos.

Criterio	Descripción
Criterios de inclusión	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos publicados en los años: 2012 – 2022. • Documentos en inglés y español. • Documentos que tengan aplicación en Latinoamérica. • Documentos con información relevante para la investigación.
Criterios de exclusión	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos que, a pesar de cumplir con los términos de búsqueda, no tienen relación directa con el tema. • Búsquedas que solo impliquen otros tipos de cadenas de suministros. • Información que implique solo conceptos respecto al tema de búsqueda. • Documentos que no tengan aplicación en Latinoamérica. • Documentos cuyo enlace ya no existe.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Proceso de búsqueda y selección

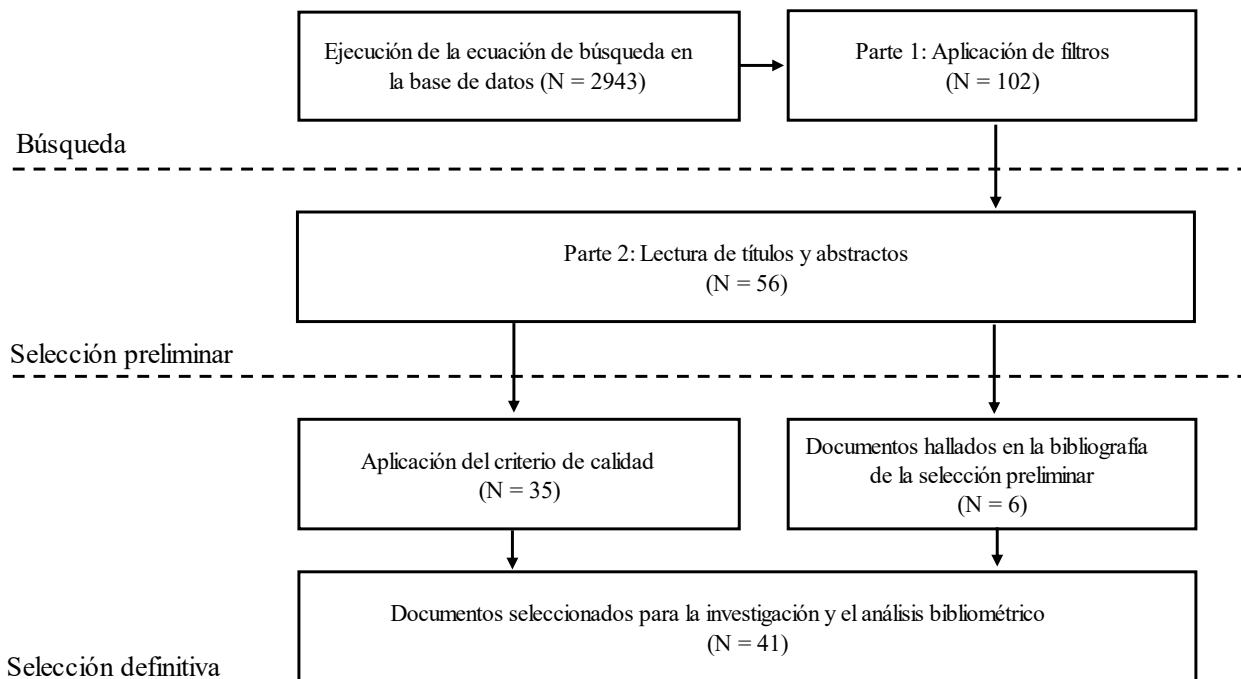
La búsqueda inicia en la base de datos Scopus con la aplicación de la ecuación de búsqueda planteada en el apartado 4.2.2. Luego del resultado inicial, en el cual se visualizan 102 resultados, se procede a realizar una rigurosa revisión de los títulos y abstractos de cada resultado para aplicar los criterios de inclusión y exclusión definidos en la tabla 5. Lo anterior con el fin de determinar un resultado preliminar de artículos que, según los criterios expuestos inicialmente, contribuirán de manera significativa a la investigación. De esta rigurosa revisión de los resultados preliminares se obtiene como resultado 56 documentos publicados que, preliminarmente cumplen con los criterios de inclusión definidos y contribuyen con una cantidad de resultados importante para la investigación.

Luego, a esa selección preliminar se atribuye un criterio de calidad esencial el cual considera que, los documentos seleccionados deben suministrar información significativa para la investigación. Esto permite acotar aún más los documentos de la selección preliminar y aportar el carácter riguroso de la búsqueda que contiene la metodología de esta investigación. La aplicación de este criterio de calidad consiste básicamente en leer cada uno de los 56 documentos de la selección preliminar para determinar con mayor exactitud, cuantos documentos aportarán información significativa para la investigación. De esta exhaustiva búsqueda se tiene como resultado que, solo 35 de los 56 documentos que se tenían contemplado como resultado inicial para la investigación aportan información de manera significativa. Esto confirma el carácter incipiente del tema en Latinoamérica.

Por otra parte, es importante resaltar que, de la lectura realizada de cada uno de los 56 documentos de la selección preliminar se encontraron 6 documentos que también aportan información destacada a la investigación. Estos documentos se hallaron revisando también la bibliografía de cada artículo leído con el fin de encontrar más información que pudiera aportar a la investigación, además de la hallada en la búsqueda realizada con la ecuación planteada. Esto genera un aumento importante a 41 documentos que se consideraron para el presente trabajo de grado y que representan una cantidad significativa para la calidad y cantidad de información encontrada para la investigación (Apéndice B).

Figura 8.

Proceso de búsqueda y selección.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8 se representa la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión en dos partes que se ilustran en la sección de búsqueda y en la sección de la selección preliminar.

La primera parte consiste en la aplicación de los criterios de inclusión. En esta parte, solo se tienen en cuenta los documentos publicados entre los años 2012 a 2023, aunque más adelante cuando se aplica el criterio de calidad se observa que los documentos publicados en el año 2023 son descartados debido a que no aportan información relevante para la investigación. También se consideran únicamente los documentos publicados en inglés y español, aun así, en los resultados iniciales todos los documentos estaban publicados en inglés, quizás por las características propias de la base de datos. Y finalmente, se consideraron aquellos documentos cuya publicación haya sido exclusivamente en países latinoamericanos.

La segunda parte consta de la aplicación de los criterios de exclusión. En esta parte se realiza la exclusión de los documentos que, a pesar de cumplir con los términos de búsqueda, no tienen relación directa con el tema. Además, se excluyen también aquellas publicaciones que exponen como centro del artículo otros tipos de cadenas de suministros y publicaciones cuya investigación solo involucra conceptos del tema y no contienen algún aporte relacionado con las cadenas de suministro en Latinoamérica.

Posteriormente, aplicando el criterio de calidad y revisando la bibliografía de la selección preliminar como se explicó anteriormente se llega al resultado de 41 publicaciones para el estudio de esta investigación. Es importante considerar que, los documentos hallados en la bibliografía de

las publicaciones de la selección preliminar también fueron estudiados para verificar que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión y fuera aceptada la información que contienen para hacer parte del conjunto de documentos que se tuvieron en cuenta en esta investigación.

4.2.5. Análisis de los resultados

Una vez realizada la búsqueda y aplicar los criterios descritos en la tabla 6, se procede a presentar un análisis bibliométrico con el interés de conocer información relevante para observar el comportamiento y las características de la búsqueda realizada.

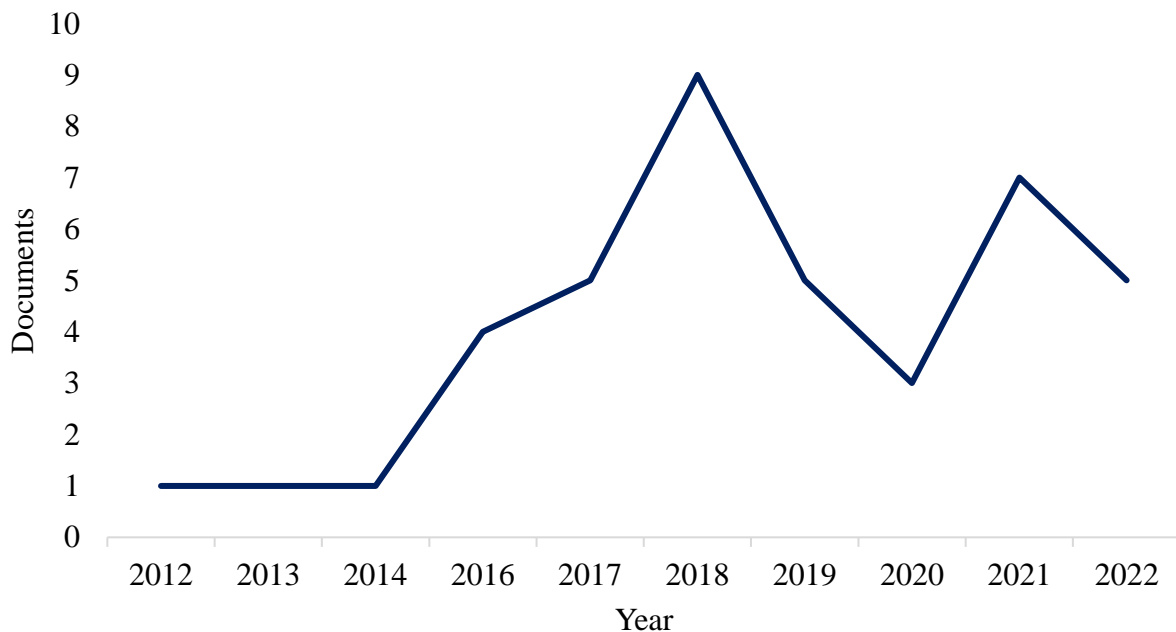
Se observa que, de los 41 documentos seleccionados, la mayoría se publicaron en el año 2018 y del año 2020 hasta 2022. En este último lapso se puede explicar debido a los eventos acontecidos por la pandemia del COVID 19 y la necesidad de las organizaciones y las empresas por buscar formas alternativas y sostenibles de reactivar la economía. Los países que más aportaron al tema de las cadenas de suministro de circuito cerrado fueron Brasil, México, Argentina y Colombia en el contexto latinoamericano, esta información es lógica, ya que son estos países quienes tienen las empresas más grandes en esta región de América. El 61% de los documentos publicados son artículos de investigación, un dato bastante relevante ya que agrega mucho valor a la revisión de literatura y para finalizar las áreas temáticas con más participación en las publicaciones son la ingeniería, las ciencias de la computación y los negocios, gestión y contabilidad. Los sectores minero-energético y las industrias de bebidas y alimentos son las más interesadas en las aplicaciones con las cadenas de suministro de circuito cerrado.

4.2.5.1. Documentos publicados por año.

En la figura 9 se puede apreciar que los documentos publicados por año referentes al tema aumentaron considerablemente hasta el año 2018 y para el año 2022 no se realizaron más de 5 publicaciones al respecto. Lo anterior puede indicar que el interés de la comunidad científica en las cadenas de suministro de circuito cerrado se mantiene, pero por razones de momento desconocidas, ha disminuido en el presente, siendo esta una de las interrogantes que se buscan responder en esta investigación.

Figura 9.

Cantidad de documentos publicados por año.



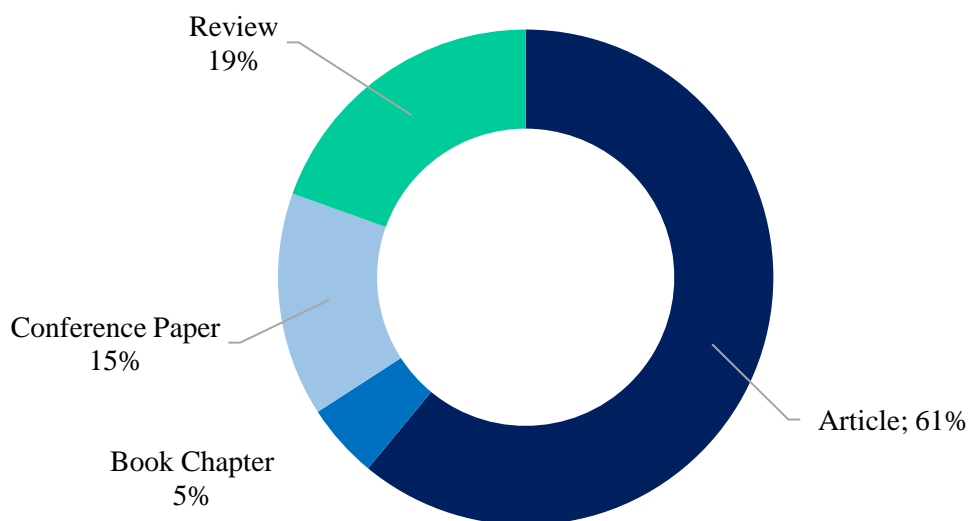
Fuente: Scopus.

4.2.5.2. Documentos publicados por tipo.

Se puede apreciar que de los tipos de documentos ilustrados en la figura 10, el 61% de los documentos son artículos científicos, lo que le agrega valor a la investigación ya que muchos de estos artículos mencionan la aplicación de la cadena de suministro de ciclo cerrado en diferentes sectores de la industria. El 15% de las publicaciones está relacionado con documentos de sesiones o conferencias académicas de investigación, en las cuales se resalta temas como, por ejemplo, la influencia del gobierno y las empresas en las cadenas de suministro de circuito cerrado para sectores y países específicos de Latinoamérica. Y las publicaciones restantes son revisiones de literatura y capítulos de libros.

Figura 10.

Cantidad de documentos según su tipo.



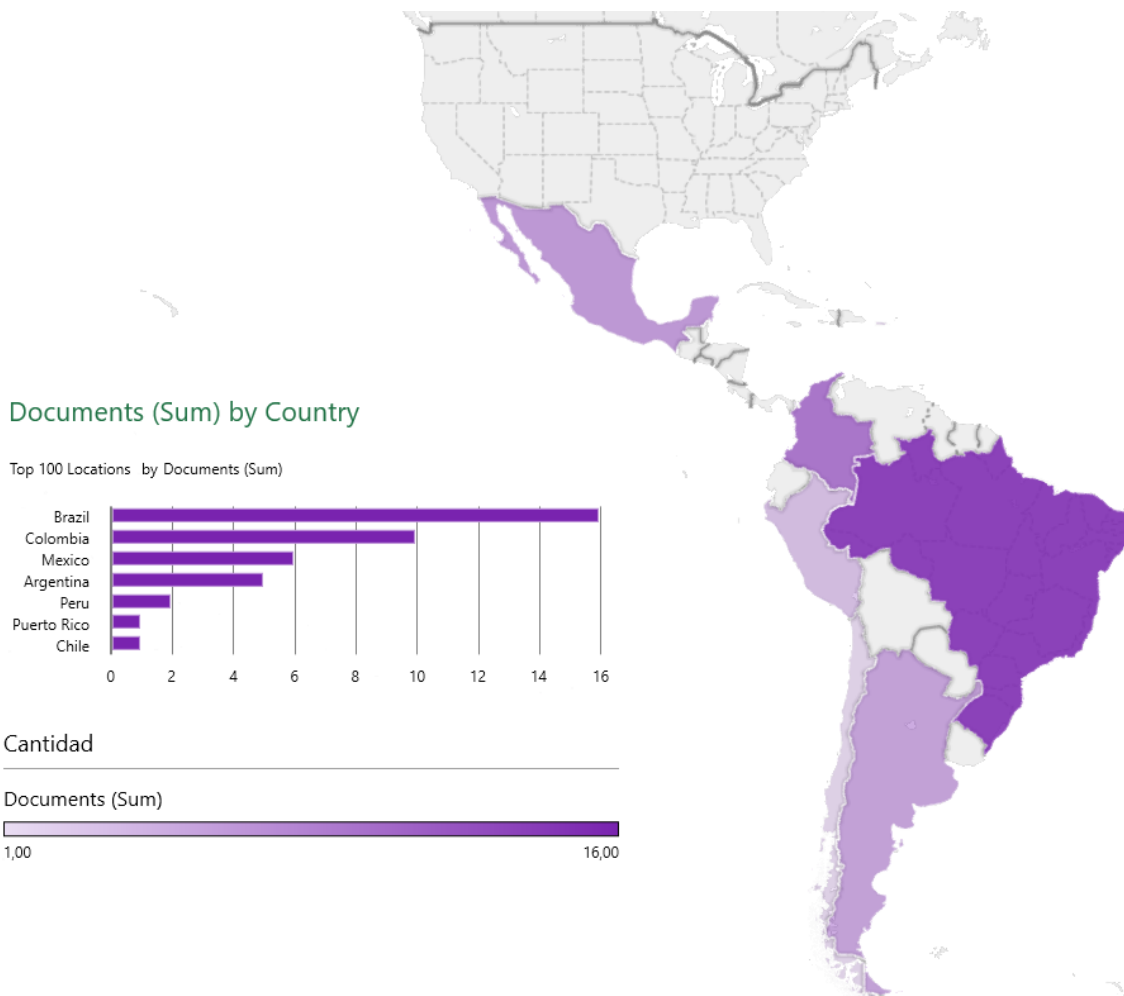
Fuente: Scopus.

4.2.5.3. Documentos publicados por país.

Es importante aclarar que en la figura 11, se busca visualizar la cantidad de publicaciones en las que se relaciona a cada país allí descritos resaltándolos de tal manera en la que se aprecie mejor su participación en la investigación.

Figura 11.

Cantidad de documentos publicados por país.



Fuente: Elaboración propia, © 2023 Microsoft TomTom OpenStreetMap GeoNames.

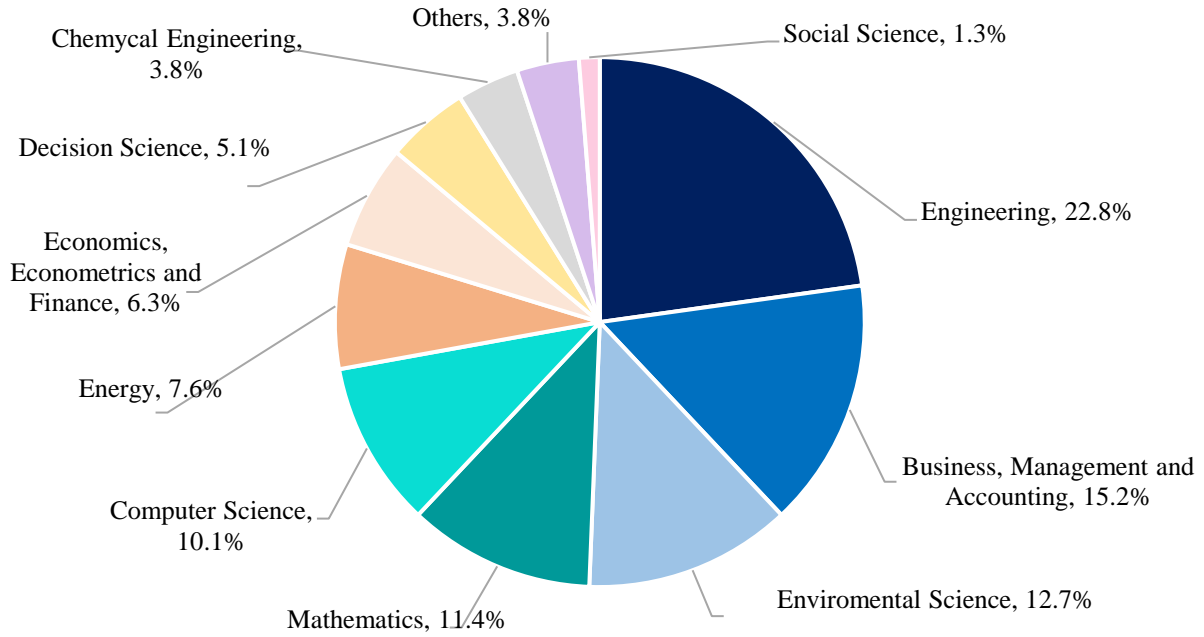
En los documentos hallados en la búsqueda se puede observar que el país con mayor relación de documentos publicados es Brasil, seguido de Colombia, México y Argentina. Estos países son los que más realizan documentos referentes al tema, debido principalmente a que es en estos países en donde se encuentran las empresas más grandes de Latinoamérica (Chung, 2022). Esto implica que existe mayor preocupación en estos países por implementar cadenas de suministro que sean más amigables con el medio ambiente y de esta manera agregar valor a sus productos y servicios.

4.2.5.4. Área temática de los documentos.

En la figura 10 se puede apreciar la cantidad de documentos publicados por área temática de interés. Sin embargo, es de aclarar que un documento puede tener más de un área temática relacionada. El área temática más relacionada en los documentos encontrados en esta investigación para las cadenas de suministros de ciclos cerrados es la ingeniería en un 22,8%. Las ciencias de la computación por otro lado también contribuyen relevantemente en 10,1% debido a los métodos tecnológicos y a nivel de software que aplican para mejorar las cadenas de suministro. Los negocios, gestión y la contabilidad, ejercen una participación importante del 15,2% como área debida principalmente al componente estratégico que enmarca el tema en las organizaciones. Sin embargo, los sectores de la industria que más estudios e investigaciones tienen relación con las cadenas de suministro en los resultados hallados en la búsqueda son principalmente las industrias minero-energéticas y las industrias de alimentos y bebidas.

Figura 12.

Documentos relacionados por áreas temáticas.



Fuente: Scopus.

5. Trayectoria de la cadena de suministro de ciclo cerrado

Como contribución a futuras investigaciones en el tema y con el ánimo de que este proyecto aporte a el desarrollo de la información que hay en el contexto latinoamericano, se realiza un análisis del trayecto que ha tenido este modelo de cadena de suministro en esta región de América ya que, de manera general, solo se encuentra la evolución o recorrido histórico de la cadena de suministro de ciclo cerrado en el ámbito global.

Los sucesos más relevantes del tema ocurrieron en eventos que tuvieron cabida trascendental en la historia como la segunda guerra mundial, en donde se presenta el concepto de logística en el ejército para ser implementado en las provisiones, armamento y demás víveres definiendo un flujo logístico (Rojas, 2014). Esto, desde la década de los 50's hasta finales de los años 90's, donde surge la denominada logística inversa haciendo énfasis en el reciclaje (Cabeza, 2012). Todo esto sin mencionar, eventos relevantes en el tema como la incorporación del concepto "Supply Chain Management" y la ideología de desarrollo sustentable en 1987, la expansión y globalización en 1990 y la incorporación de la logística inversa en 1995 con el nacimiento de Amazon (Bustamante, 2022). Estos solo son algunos hitos importantes de la cadena de suministro, que, además, tuvieron cabida en países como Estados Unidos, Japón y algunos países europeos. Hay muy pocos eventos relevantes a nivel de sustentabilidad en Latinoamérica, como la incorporación del modelo de compras verdes que surgió por primera vez en Brasil en la cumbre de Rio de Janeiro de 1992 realizado por las Organización de las Naciones Unidas (Pinzón, 2013). Y que, por cierto, tiene muy poca relación con la cadena de suministro de ciclo cerrado.

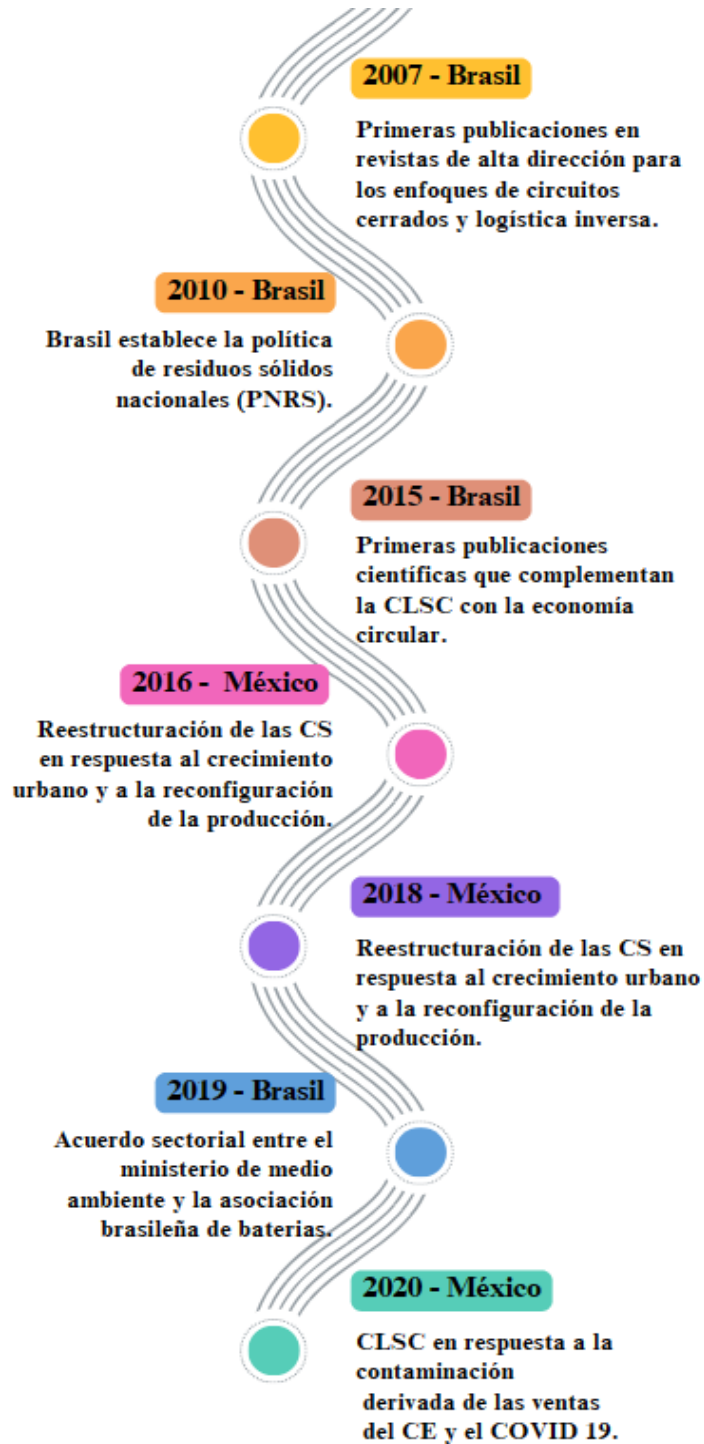
La evolución de la cadena de suministro a acelerado debido a las necesidades creadas por la tecnología en el siglo XXI (Pineda, y otros, 2018). Sin embargo, no existe en la literatura alguna huella que se haya marcado en Latinoamérica sobre este elemento estratégico tan importante en la sostenibilidad de las organizaciones futuras. Colombia, por ejemplo, tiene mucho trabajo por delante en cuanto a la implementación del modelo cerrado en sus organizaciones ya que el bajo interés de los eslabones de la cadena aguas arriba y aguas abajo, además de la falta de confianza en la tecnología, hacen que la cadena de suministro de ciclo cerrado no sea tan fuerte ni competitiva en el país. (Pineda, y otros, 2018).

Como un aspecto a considerar en este trayecto se tiene en cuenta el interés de los ámbitos profesionales y académicos y sus esfuerzos por dirigir el modelo cerrado en la gestión de la cadena de suministro hacia los logros de los objetivos de desarrollo sostenible. Ya que, aun con los avances realizados en materia de investigación, continua el consumo de materias primas en grandes cantidades, crece la contaminación del medio ambiente y sigue el aumento de las temperaturas globales (Gómez, 2018).

Para formar el análisis de este trayecto se tendrán en cuenta factores temáticos como, la conciencia social, política y organizacional, el interés de la comunidad académica para desarrollar investigación en este tema, pero en el contexto latinoamericano y su comportamiento en la emergencia sanitaria del Covid-19.

Figura 13.

Trayectoria latinoamericana de la cadena de suministro de circuito cerrado.



Fuente: Elaboración propia.

5.1. Conciencia social, política y organizacional

A pesar de que la conciencia social, política y organizacional se muestra más interesada en la generación actual de los residuos, las incidencias relacionadas con la sostenibilidad siguen sin solución y los impactos al medio ambiente siguen aumentando al igual que el efecto invernadero, la pobreza y la pérdida de la biodiversidad, estos últimos se han agravado aún más desde 1987 (Baumgartner, 2011). La Global Reporting Initiative (2015), menciona que las organizaciones más grandes divulgan ahora más que nunca sus obras ambientales y sociales, pero, aun así, su consumo de materia prima crece en grandes volúmenes que se traduce en contaminación (GRI, 2015). El hecho de realizar todas estas buenas obras por parte de las organizaciones en pro de la sociedad también se debe a las regulaciones decretadas por cada país. Algunas de estas estrategias no solo abarcan el ámbito social, sino también el ambiental y el económico.

Las estrategias de sostenibilidad de las organizaciones que son implementadas por regulaciones repercuten directamente en cada eslabón de la cadena de suministro (Herrera, Vargas, & Contento, 2018), esto lleva a la convergencia de acciones y relaciones entre cada actor de la cadena de suministro afectando las variables de cada una de las ámbitos o dimensiones de la sostenibilidad antes mencionados (Scur, Mattos, Hilsdorf, & Armelin, 2022). Con respecto a Latinoamérica, pocos países como Brasil, Chile, han adquirido mayor conciencia normalizando la recuperación de materiales y reciclaje como base del modelo cerrado de la cadena de suministro para impulsar la recuperación de materia prima por parte de la última milla de la cadena (Suazo-Paéz, 2017, p. 20). En el caso de Brasil, uno de los países más desarrollados de Suramérica y en

donde se evalúan regulaciones desde diferentes perspectivas dependiendo del producto y la obtención de su materia prima, muestra evidencia de tomar conciencia en las acciones de algunas de las empresas más grandes. Lo anterior decretando normativas que permiten regular la cadena de suministro de estas organizaciones para tomar acción frente a la transición hacia una economía circular.

En 2010, Brasil reglamentó la política nacional de residuos sólidos (PNRS) un hito legislativo muy relevante en su esfuerzo por avanzar hacia la circularidad. Esta reglamentación fue lanzada con el fin de regular la gestión medioambiental y la responsabilidad social o ampliada del fabricante (EPR) para que cada productor, importador, distribuidor y proveedor de baterías estructuraran e implementarán el modelo cerrado en sus cadenas de suministros. Para fortalecer la reglamentación aplicada a la cadena de suministro de ciclo cerrado, en 2019 el ministerio de medio ambiente firmó un acuerdo sectorial con la Asociación Brasileña de Baterías Automotrices e Industriales con el objetivo de comprometer a las organizaciones más grandes del sector de baterías de plomo ácido en la implementación de sistemas de cadena de suministro de ciclo cerrado. El acuerdo establece objetivos y responsabilidades para fabricantes, distribuidores, importadores, comercializadores y demás actores de cada eslabón de la cadena de suministro que va desde la recolección (recicladores) de los productos al final de su vida útil, el empaque, transporte, el reciclaje y por supuesto su disposición final (Scur et. al, 2022).

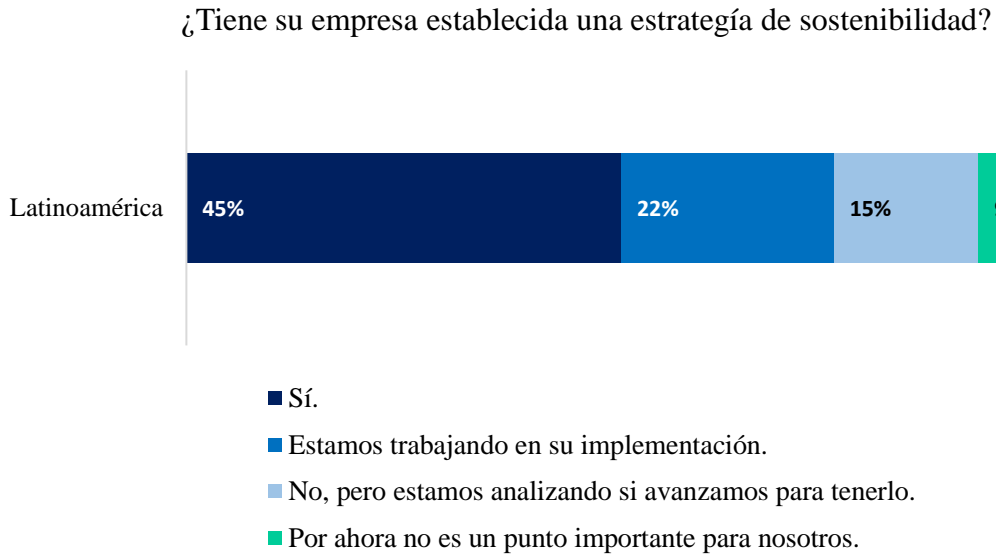
El 12 de enero de 2022, el gobierno federal actualizó la política nacional de residuos sólidos con un nuevo decreto, el cual busca hacer más eficiente y modernizar la forma en como el país gestiona los residuos sólidos exigiendo a los sectores público y privado mayor transparencia con

el trato dado a los residuos generados por cada operación (Enel Américas, 2022). Con estas regulaciones, Brasil busca realizar una transición de una economía lineal a una economía circular, lo que implica reducción y sustitución de energías no renovables y materiales, el mantenimiento de productos y materiales durante toda su vida útil y la promoción de los mismos (Mohamad, Shekarian, & Vejrum, 2021). Sin embargo, las cadenas de suministros de circuito cerrado han tenido un lento desarrollo en las organizaciones latinoamericanas en comparación con los países desarrollados de América, Asia y Europa.

Una encuesta de (CarbonoNEWS, 2021) menciona que, “El 60% de las empresas latinoamericanas apuesta por la sostenibilidad”. El 45% de los líderes de Argentina, Brasil, Colombia y México dijeron que ya cuentan con una estrategia de sostenibilidad en sus organizaciones lo que permite visualizar una conciencia progresiva respecto a la economía circular, la sostenibilidad empresarial, la disminución de residuos y emisiones de carbono y por consecuente conlleva a que las empresas con estas prácticas sostenibles conserven el talento joven que llega a sus organizaciones, a aumentar su rentabilidad, a generar valor en la marca y ser preferentes por los usuarios respecto a otras organizaciones (Bacovis & Borchat, 2021).

Figura 14.

Empresas establecidas con estrategias sostenibles en Latinoamérica

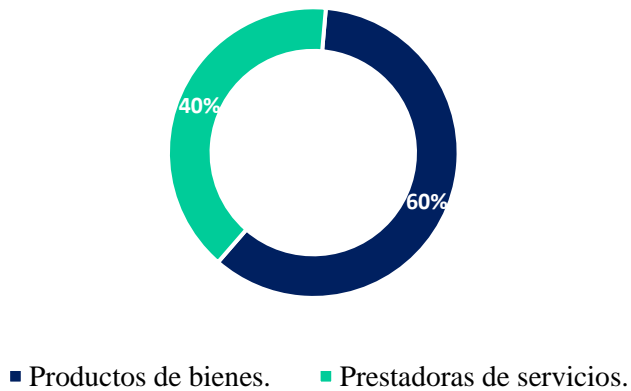


Fuente: SAP

Figura 15.

Empresas con estrategia sostenible según actividad en Latinoamérica

Empresas con estrategia de sostenibilidad establecida, según tipo de actividad.



Fuente: SAP

Sin embargo, la conciencia progresiva de las organizaciones y sus esfuerzos por ser cada vez más sustentables y reducir sus residuos y emisiones de carbono, no implica necesariamente que usen cadenas de suministro de circuito cerrado como elemento clave de su estrategia de sostenibilidad.

Inicialmente, las cadenas de suministros surgen debido que gran parte de la población de un país se encuentran en las grandes ciudades. En Latinoamérica, esta densidad poblacional alcanza hasta un 80% (Carrión Mena, 2016). En México, por ejemplo, para el año 2012, de las más de 384 ciudades que contienen más de 15 mil habitantes, el 72.3% constituía el sistema urbano nacional, lo que hacía que el país fuera en su mayoría urbano (SEDESOL, 2012). En la zona central del país, el crecimiento de la población urbana forma un proceso que integra municipios y provoca nuevas limitaciones en la frontera metropolitana. Además, la transformación socioeconómica y el crecimiento demográfico de los municipios se suma al proceso y esto lleva como consecuencia la afectación de la movilidad peatonal y el comercio, en especial su aprovisionamiento (Sánchez, 2016).

Debido a lo anterior, las organizaciones se vieron obligados a reestructurar la cadena de suministro de circuito cerrado para abordar elementos que antes no se tenían en cuenta como las limitaciones fronterizas de las zonas urbanas metropolitanas y la necesidad de aumentar la capacidad vial ya que era necesario abarcar más zonas de recolección, entrega y espacios de almacenajes y transferencias de bienes bidireccionales (Sánchez, 2016).

5.2. Publicaciones académicas y científicas

Desde el ámbito científico, las investigaciones respecto a la cadena de suministro de ciclo cerrado han crecido. La comunidad académica refleja su preocupación por la sociedad y el sector productivo referente a las prácticas que perjudican el medio ambiente y el poco compromiso social (Knemeyer & Winter, 2013).

En los últimos diez años, la publicación de los modelos sostenibles en las empresas ha ido aumentando de igual manera que la información necesaria para entes reguladores, bolsas de valores, consumidores, agencias de calificación, organizaciones civiles e inversores que exigen divulgar y medir en un marco de sostenibilidad el desempeño empresarial (Hassini & Tajbaksh, 2015). De igual manera, el interés de los profesionales y académicos también despierta y se constituye como un gran desafío debido a las pocas publicaciones sobre el modelo de ciclo cerrado en la región (Stefan, Jens, & Grosvold, 2014). Aunque algunos autores como Vázquez et al. (2019), consideran que las publicaciones científicas relacionadas con las cadenas de suministro de ciclo cerrado y algunas otras enfocadas solo a la logística inversa se vienen dando desde el 2007 y se complementaron tiempo después con el modelo de economía circular posteriormente con las primeras publicaciones del tema en Latinoamérica a partir del año 2015.

Otros autores como Moreno et al., (2019) encuentran en su investigación que este aumento en las publicaciones se da aproximadamente a partir de 2009. También, el modelo de ciclo cerrado se relaciona no solo con la economía circular, sino que, además, algunas revisiones de literatura

las involucra con modelos denominados economía reabastecida cuyo resultado resulta en la circularidad de los materiales por medio de actividades en secuencia extendidas al final de la vida útil del producto (Tavares, Barbastefano, Scavarda, Goncalves dos reis, & Castro, 2020). Las publicaciones científicas, en su mayoría, modelos matemáticos de cadenas de suministro de ciclo cerrado, han sido publicados principalmente por países con mayor interés como México, Brasil y Argentina. Sin embargo, otros países como Colombia y Chile también han contribuido para ampliar el conocimiento de este tema en la región.

Los documentos publicados que se basan en modelos matemáticos, son propuestas diseñadas con diferentes tipologías de programación, ya sea utilizando programación lineal entera mixta (Zeballos, 2021) (Guerrero, Sotelo, & Romero, 2018), programación no lineal entera mixta (Polo, Numar, Muñoz, Cañon, & Escobar, 2019), estocástica (Rayas & Serrato, 2017), (Rios, Hernandez, Ozdemir, & Litvinchev, 2014), multietapa con multiproducto (Zeballos, Méndez, & Barbosa, 2016a), (Zeballos, Méndez, & Barbosa, 2016b), (Zeballos, Méndez, & Barbosa, 2016c) programación lineal integrada mixta (Sepulveda & Benitez, 2016), algoritmos metaheurístico, algoritmos heurísticos híbridos, entre otras metodologías de resolución de problemas que involucren muchas variables, circunstancias de certidumbre y otros factores a considerar en la cadena de suministro de ciclo cerrado. Los autores Santos & Machado (2021) encontraron que los métodos estocásticos son los más usados en los estudios que se relacionan con la optimización de la cadena de suministro de ciclo cerrado. Las metodologías mencionadas anteriormente se usan con el fin de resolver una cadena de suministro de ciclo cerrado específica, es decir, que difiere en país, empresa o producto, pero todas con el objetivo común de diseñar una cadena de suministro de ciclo cerrado que disminuya costos, sea sostenible y ayude a resolver un problema social.

Un caso muy particular ocurrió en Brasil, en el estado de Goiás, medio oeste de Brasil. Un estudio publicado por Pereira et al., (2018), identificó las variables que influyen en el retorno de los neumáticos desechados, el volumen de devolución de neumáticos y el tiempo de retorno. Lo anterior con el fin de facilitar la gestión de los neumáticos con una cadena de suministro de ciclo cerrado como solución estratégica a la problemática. Se consideró el modelo de circuito cerrado debido al crecimiento del parque vehicular en el estado de Goiás entre 2000 y 2014, el cual fue de 359% según el departamento de tránsito de Brasil. Lo anterior, por causa del aumento en el poder adquisitivo de las clases sociales en Brasil (Pereira, Machado, Silvio, & Pereira, 2018).

Figura 16.

Entes académicos que realizan más publicaciones en Latinoamérica.



Fuente: Scopus

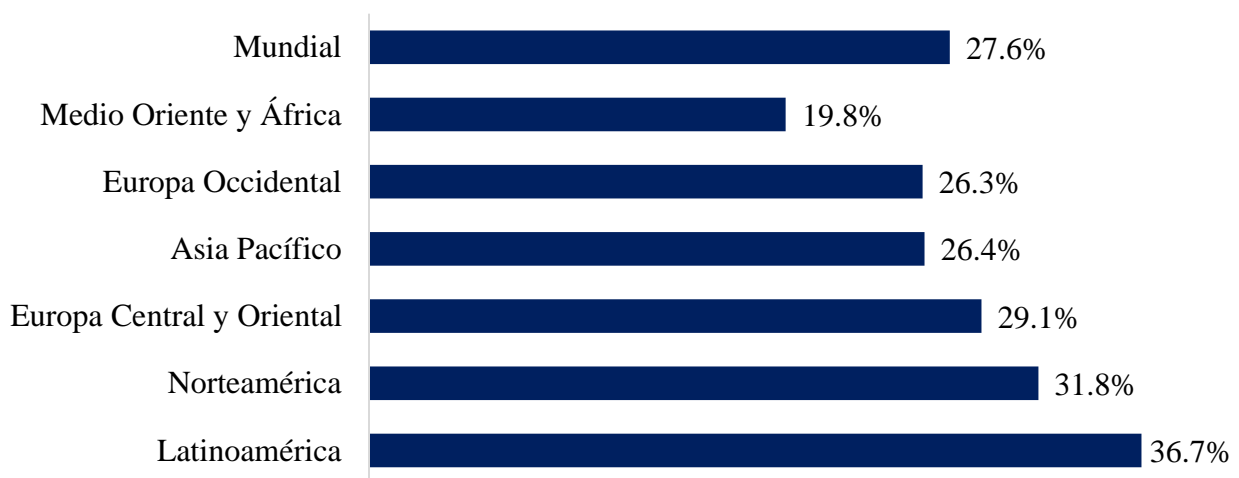
Nota: En la gráfica solo se tuvieron en cuenta las entidades académicas latinoamericanas.

5.3. Emergencia sanitaria del Covid-19

Hay varios factores externos que se han destacado en los últimos cinco años, factores como el internet de las cosas y su relación en las actividades cotidianas, la revolución industrial 4.0 y el confinamiento obligado por la pandemia que llevó a la crisis sanitaria del COVID-19.

Figura 17.

Aumento mundial de compras de comercio electrónico en 2020 por región.



Fuente: eMarket, traído de BNamericas.

Nota: Las cifras del estudio incluyen compras por productos, destinos del comercio realizado o servicios solicitados usando internet, sin tener en cuenta el medio de pago o forma de distribución; se excluyen servicios como pagos de cuentas, entradas a eventos y viajes, transferencias de dinero o impuestos, otros servicios suntuarios o apuestas y ventas de servicios de bebidas y alimentos.

Todos estos factores externos contribuyeron a un aumento descontrolado en las actividades financieras del comercio electrónico, en especial de las compras en línea, esto afectó a la cadena de suministro provocando cambios inesperados en las operaciones, los procesos y las diferentes actividades involucradas en los sistemas logísticos (Palacio & Libreros, 2017).

Para comienzos del año 2020, se evidenció un crecimiento descomunal en el comercio electrónico en los países latinoamericanos según un estudio de eMarket que se visualiza en la figura 17. La empresa de investigación de mercados realiza este estudio en donde se puede observar el crecimiento de las compras en línea en Latinoamérica con respecto a las demás regiones o continentes del mundo. La crisis sanitaria del Coronavirus marco un antes y un después para el comercio electrónico producto del confinamiento. Solo en Latinoamérica, se obtuvo un aumento del 36.70 % de las compras en línea para el año 2020 según (BNamericas, 2021), de las cuales Brasil y Argentina son los únicos dos países latinoamericanos en el top 10 de los 32 países evaluados por eMarketer. Este crecimiento descontrolado en el comercio electrónico, trajo después varios problemas ambientales que desencadenó en acciones por parte de las organizaciones, combinando muchas de sus operaciones logísticas en flujos inversos que, junto con factores de sostenibilidad en los eslabones de la cadena, terminaron en convertirse en cadenas de suministro de circuito cerrado como respuesta a la grave afectación ambiental producida por las compras en línea (Bustamante, 2022). Desde esta perspectiva, la evolución de las cadenas de suministro de circuito cerrado y su uso de aplicación, tiene como origen de despliegue el uso de las tecnologías emergentes y la necesidad de hacer productos y servicios más amigables con el medio ambiente,

ya que éstos fueron quienes generaron cambios ineludibles en la manera de consumir de los clientes.

5.4. Evaluación de la sostenibilidad

Como se menciona en la sección 5.2, las publicaciones de cadenas de suministro de circuito cerrado están en crecimiento. Estudios previos demuestran que la investigación respecto a la cadena de suministro de ciclo cerrado es un tema bastante nuevo e incipiente dentro de la remanufactura (Moroni, 2021). Pero, parece que su intercepción con el desarrollo sostenible es natural, es decir, que poco a poco hay más investigaciones de sostenibilidad relacionadas con la cadena de suministro (Knemeyer & Winter, 2013). Para autores como Gómez (2018), la revisión de la literatura relaciona un mayor esfuerzo en los esquemas de cadena de suministro de ciclo cerrado hacia los temas de sostenibilidad, la reintegración de materiales y energía en la cadena de suministro. “Toda trayectoria de desarrollo que conduzca a una reducción de éste deja de ser sostenible, aunque aumenten otras formas de capital” (Gómez, 2018, pág. 46). El autor considera que, la cadena de suministro de algunas organizaciones que se hacen llamar sostenibles, no lo son del todo, por lo cual propone un marco para evaluar la sustentabilidad en la cadena de suministro bajo el enfoque de eficiencia, coherencia y suficiencia. Evaluar la sustentabilidad será una actividad frecuente en la cadena de suministro por lo que es importante tener marcos propicios para normalizar los procesos de evaluación y valorar eficazmente los impactos que son negativos en el entorno de cada eslabón de la cadena (Gómez, 2018).

Tabla 7.*Enfoques de evaluación de una cadena de suministro.*

	Descripción
Eficiencia	Este enfoque se instruye bajo el principio de valor económico para disminuir los impactos negativos a las dimensiones de medio ambiente y sociedad (Burrit & Schaltegger, 2014). El objetivo de este enfoque es reducir los desperdicios y el consumo de recursos para contribuir al retorno de artículos que se usaran después como nueva materia prima.
Coherencia	Este enfoque implica sustituir los materiales por materiales amigables con el medio ambiente, por ejemplo, materiales biodegradables (Burrit & Schaltegger, 2014). El impacto de la cadena de suministros de ciclo cerrado pierde impulso con este enfoque, ya que se asume que los materiales de los productos son inofensivos con el ecosistema.
Suficiencia	La idea principal de este enfoque es que el producto que no tenga que ser necesariamente producido, no causara daño. Disminuir el consumo o sustituirlos por servicios son elementos de este enfoque. También enfatiza en la eliminación, es decir, disminuir la cantidad de piezas, tamaños y pasos en un producto haciendo poco uso del Downcycling ¹ (Burrit & Schaltegger, 2014).

Fuente: (Gómez, 2018).

Gómez (2018) en su investigación también encontró que hay muy pocos métodos para gestionar y medir el desempeño de una cadena de suministro con relación a la sustentabilidad, en especial si se trata de una cadena de suministro de circuito cerrado (Burrit & Schaltegger, 2014). En su mayoría, basan su medida en el análisis monodisciplinario.

¹ Downcycling consiste en desensamblar un elemento reciclado para proceder con la reutilización de cada componente de ser posible, en la fabricación de un nuevo producto (Rouse, 2012).

Tabla 8.

Objetivos de la evaluación aplicada a la cadena de suministro.

		Descripción
Producto		Medir la sustentabilidad del producto con la cantidad de entradas y salidas de este en el sistema y hallando la diferencia entre sus valores netos (Hall & Matos, 2007).
Sistema	Intra	Evaluar el estado del sistema enfatizando en su desempeño y concentrándose en el enfoque organizacional de la empresa. Además, se tienen en cuenta en la evaluación iniciativas como la reducción de costos y la gestión de residuos (Stefan, Jens, & Grosvold, 2014).
	Inter	Relacionar entre eslabones de la cadena e individuos la forma en que cooperan, la influencia entre ellos y su estímulo. La red puede evaluarse en cadena, en red de empresas o pares (Johnsen, Macquet, & Miemczyk, 2012).
Sistema/ Entorno		Evaluar la relación y el impacto de la cadena de suministro que tiene la organización con las dimensiones de la sostenibilidad. Dimensión económica, medioambiental y social (Astier, Galván-Miyoshi, & Speelman, 2009).

Fuente: (Gómez, 2018).

Como parte importante de la evaluación, se considera el producto/servicio, es decir, las salidas que tiene el sistema de la cadena de suministro (Gómez, 2018). Las conexiones que existe entre los componentes del sistema cerrado de la cadena de suministro definen las interacciones que hay entre cada eslabón y determinan el desempeño y funcionamiento general del sistema. El objetivo número que menciona el sistema intra-organizacional, revela también un análisis del desempeño del sistema con énfasis en el enfoque de la organización en su razón social. Por último, Evaluar el impacto de la cadena de suministro en este modelo cerrado en las dimensiones de la sustentabilidad permite determinar su status y contribución a los objetivos de desarrollo sostenibles

(Gómez, 2018). Otros autores como Ocio (2021) también menciona la importancia de evaluar la cadena de suministro de ciclo cerrado de manera continua para que el diseño pueda mejorarse, ya que, cuando se haya una mejor alternativa es necesaria evaluarla para medir que tan positivo es el impacto que genera este nuevo cambio en la cadena de suministro respecto a las dimensiones económicas, ambientales y sociales. Concluyó que la importancia de la mejora continua es uno de los principales resultados de su investigación y que solo de esa manera se puede obtener mayor sostenibilidad en todo el ciclo cerrado (Ocio, 2021).

Un ejemplo de evaluación de la sostenibilidad se dio en el distrito de Paraná, Brasil en el año 2018. El diseño de la investigación estableció puntos de criterios distribuidos específicamente en un marco de dimensiones estudiadas como primera medida en donde el tomador de decisiones, encargado de la cadena de suministro de ciclo cerrado, tiene un papel vital en el proceso de evaluación. En segunda instancia, se inició un proceso de búsqueda en el cual se determinaban las preocupaciones y objetivos inherentes del caso a evaluar que nuevamente requiere de la participación del tomador de decisiones y se realiza por medio de entrevistas. Y finalmente, se incorporan indicadores consolidados, algunos se establecieron como resultado de la investigación y otros como sugerencias por parte de expertos en la problemática del distrito en cual se realiza la evaluación de la sostenibilidad de la cadena de suministro. De los indicadores propuestos, algunos abarcaban temas relacionados con: Inversiones, presupuestos, costos, interés social, asistencia a la población, Recogida selectiva, reflexiones sobre la actividad y tratamiento de residuos (Rodríguez, Fernandes, Bortoluzzi, Costa, & Lima, 2018). Es evidente concluir que, evaluar la sostenibilidad de la gestión de la cadena de suministro de ciclo cerrado en su tratamiento de residuos sólidos, es

un elemento relevante para garantizar el cumplimiento y desarrollar mejores planes estratégicos de sostenibilidad.

6. Aplicaciones de la cadena de suministro de ciclo cerrado

La cadena de suministro de ciclo cerrado es tomada en cuenta como uno de los modelos de cadena de suministro más importantes en relación con la sostenibilidad. Además, es fundamental para garantizar la logística necesaria desde la introducción de la materia prima hasta la disposición o recuperación del producto al final de su vida útil en la economía circular (Scur et al. , 2022, pág. 1). Este modelo es una red que tiene como propósito generar el máximo valor agregado en el producto trabajando con flujos directos e inversos. (Soleímani, Kannan, & Govindan, 2015).

En la actualidad, hay muchos estudios que se han puesto en marcha de este modelo de ciclo cerrado en una gran variedad de productos como, por ejemplo, aceite de motor (Babaveisi, Paydar, & Safaei, 2017), agujas y jeringas médicas (Razmi, Torabi, & Pishvae, 2014), cítricos (Paydar, Hajiaghaei-Keshteli, & Cheraghalipour, 2018), champiñones (Kanellopoulos, Claassen, Banasik, Van der Vorst, & Bloemhof-Ruwaard, 2016), botellas de vidrio para productos de bebidas (Amin & Babbar, 2018), automóviles (Esmaeili, Gholami-Zanjani, & Govindan, 2020), Smartphones (Amin & Ahmadi, 2019), (Flores, Morales, Tejeida, Badillo, & Mejia, 2012), inventarios, (Silviano, 2017), entre otros. Esto quiere decir que, la cadena de suministro de circuito cerrado se puede usar para productos perecederos e imperecederos sin importar el sector, esto incluye los servicios, las industrias y por supuesto la agricultura. Aun así, hay sectores de la industria que emplean con mayor frecuencia este modelo de cadena de suministro en sus empresas. Los sectores

que más destacan en la práctica de la cadena de suministro de ciclo cerrado son el sector transporte y el de bebidas y alimentos (Romero & Carvajalino, 2020).

Actualmente, en Perú se aplica este modelo en el sector de bebidas con la reutilización de vidrio y de envases retornables, en el sector textil hay innovaciones con respecto al uso de fibras que provienen directamente del reciclaje, en el sector automotriz también hay empresas que aplican el modelo de ciclo cerrado para la materia prima de neumáticos y baterías e incluso en el sector de la agricultura hay aprovechamiento de desperdicios orgánicos para generar bioenergía mediante la implementación del modelo de ciclo cerrado de la cadena de suministro (Universidad de Piura, 2020). Algunos de los productos mencionados se ilustran en este proyecto a manera de ejemplo de aplicación de la cadena de suministro de ciclo cerrado que se han podido implementar en Latinoamérica. No en todos los países de esta región de América se ha operado con éxito o al menos tenido en cuenta en las operaciones de las empresas por diversos motivos que se mencionan en el apartado 7.

La apreciación de las aplicaciones de la cadena de suministro de ciclo cerrado se realiza en este proyecto relacionándola con un sector y subdivisión en específico y se entiende de manera implícita que todos los casos de aplicación expuestos en este documento están operando en Latinoamérica. Es importante tener en cuenta que la clasificación de la industria puede variar según diferentes sistemas de clasificación y enfoques utilizados en cada país o contexto específico. Por lo tanto, la clasificación para organizar los casos de aplicación a mencionar se hace en este proyecto de acuerdo con la revisión más reciente de la clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas adaptada para Colombia (DANE, 2020).

Esta sección contempla la transformación física o química de materiales, componentes o sustancias en productos nuevos, aunque esa no puede ser la única definición universal para la descripción de las industrias de manufacturas. Los materiales, componentes o sustancias que son transformados en materias primas provienen de la agricultura, la silvicultura, la ganadería, la explotación de minas y canteras y la pesca, así como resultados de otras actividades manufactureras. La renovación, la alteración o la reconstrucción de productos se consideran de manera general actividades manufactureras (DANE, 2020, pág. 174).

6.1. Sector Agroindustrial

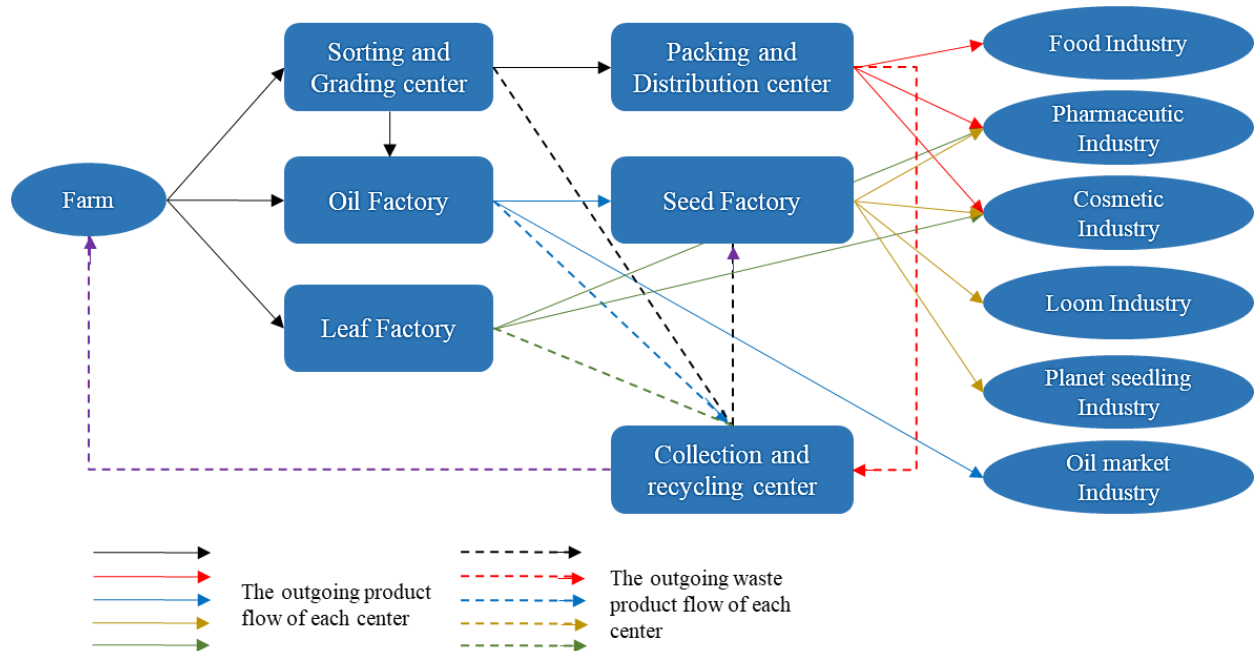
Un ejemplo de aplicación a un caso de estudio es este tipo de publicación científica en Latinoamérica que no solo se enfoca en diseñar una cadena de suministro de ciclo cerrado para reducir costos y agregar valor de carácter sostenible, sino que además pretende resolver un dilema social, es el modelo propuesto por los autores Rodríguez, Salehi, Zahedi, Gholian, & Hajiaghahi (2022) de la Universidad Tecnológica de Monterrey en Puebla, México.

En el año 2022, estos autores propusieron un diseño para una cadena de suministro de ciclo cerrado en la ciudad de Puebla para resolver 2 problemas específicos, el primero era rediseñar la cadena de suministro tradicional que tenía el sector agrícola con la producción y comercialización del aguacate para las diferentes industrias de la región como lo son la industria alimenticia, cosmética, farmacéutica, textil y de aceite natural. El segundo problema está relacionado con un dilema social de la región en los jóvenes mexicanos de Puebla, el desempleo. (Rodríguez et al.,

2022). Estas dos circunstancias llevaron a este grupo de investigadores a modelar una función biobjetivo considerando los costos del sector y el factor social mencionado. Mediante el uso del Software GAMS se encontraron las mejores soluciones óptimas y se determinaron las mejores ubicaciones para las diferentes instalaciones en el caso de estudio. La posible aplicación de la cadena de suministro propuesta se verificó con varios análisis de sensibilidad que abordaron los parámetros más relevantes del problema. En parte de los resultados obtenidos se halló que, el mayor punto de impacto está en la demanda y que una disminución del 25% de la misma, tiene un efecto alarmante de aumentar el costo de producción en un 40%. Además, la cadena tiene la ventaja de aumentar la eficiencia laboral alrededor del 30% de manera simultánea (Rodríguez et al., 2022).

Figura 18.

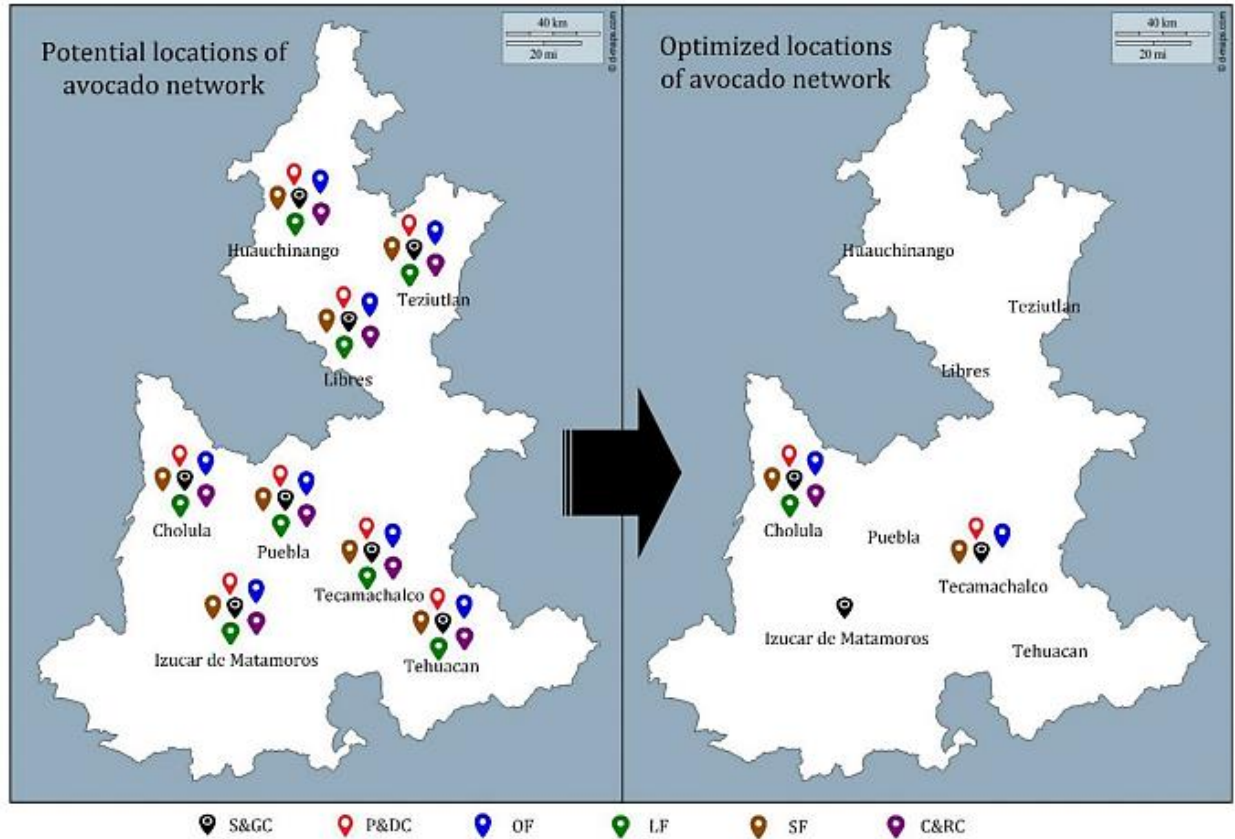
Estructura propuesta de la cadena de suministro del caso de estudio.



Fuente: (Rodríguez, Amirhossein, Ali, Fatemeh, & Mostafa, 2022).

Figura 19.

Estructura propuesta de la cadena de suministro del aguacate.



Fuente: (Rodríguez, Amirhossein, Ali, Fatemeh, & Mostafa, 2022).

La figura ilustra las ubicaciones óptimas de cada eslabón de la nueva cadena de suministro de ciclo de ciclo cerrado, esto considerando los dos objetivos del estudio relacionado con los costos del sector y el factor social.

La nueva cadena de suministro determina que los centros de clasificación (S&GC) deben estar ubicados en las provincias de Cholula, Izucar de matamoros y Tecamachalco. Los centros de

distribución y empaquetado (P&DC) deben ubicarse en Cholula y Tecamachalco, al igual que escoger las fábricas de aceite (OF) ubicadas allí, la procesadora de hojas (LF), de semillas (SF) y el centro de recolección y reciclaje (C&RC).

Otro ejemplo de aplicación de la cadena de suministro de ciclo cerrado en el sector agroindustrial se propuso en Colombia con la industria de aceite de Palma por los autores Alfonso, Montoya & Gutiérrez (2013) de la universidad de la Sabana en Chía, Cundinamarca. En su investigación, propusieron un modelo matemático para representar su relación e interacciones dinámicas entre los flujos de los materiales. En este modelo, la función objetivo tiene en cuenta factores como energía, costos y beneficios económicos. Para determinar la mejor forma de estructurar la cadena de ciclo cerrado, los autores proponen 3 escenarios diferentes en los cuales sería posible implementar el proceso de logística inversa y así, con el modelo, definir la estructura óptima para implementar el modelo de ciclo cerrado.

Como primer escenario, el retorno de desarrollo fuera de la planta identifica el flujo de la cadena verde. En este, los racimos vacíos son admitidos en la etapa de Mechanical crushing para ser empleados como compostaje, el cual puede usarse como fertilizante.

En un segundo escenario, la opción es recuperar de la quema de los racimos vacíos previamente triturados para obtener compostaje adicional que actuará como fertilizante, aunque con mayor cantidad de nutrientes que en el primer escenario.

Como escenario final, implementar la cadena con mercados alternativos. Los flujos aparecen al momento justo después de usar los racimos vacíos para que puedan ser empleados en diferentes industrias como, por ejemplo: los empaques de palma de fibra, las artesanías, los concentrados para animales, algunos empaques biodegradables, para diseño de autopartes, etc.

Para su producción, la palma aceitera se planta de manera triangular a una distancia aproximada de 9 metros separadas entre sí. Las palmas se plantan en línea recta y sus cultivos en ocasiones pueden cubrir hasta miles de hectáreas. En Colombia, los cultivos de palma se establecen sin la necesidad de talar bosque nativo, sino que se cultivan en áreas que alguna vez tuvieron otro tipo de cultivo (Alfonso et al., 2013).

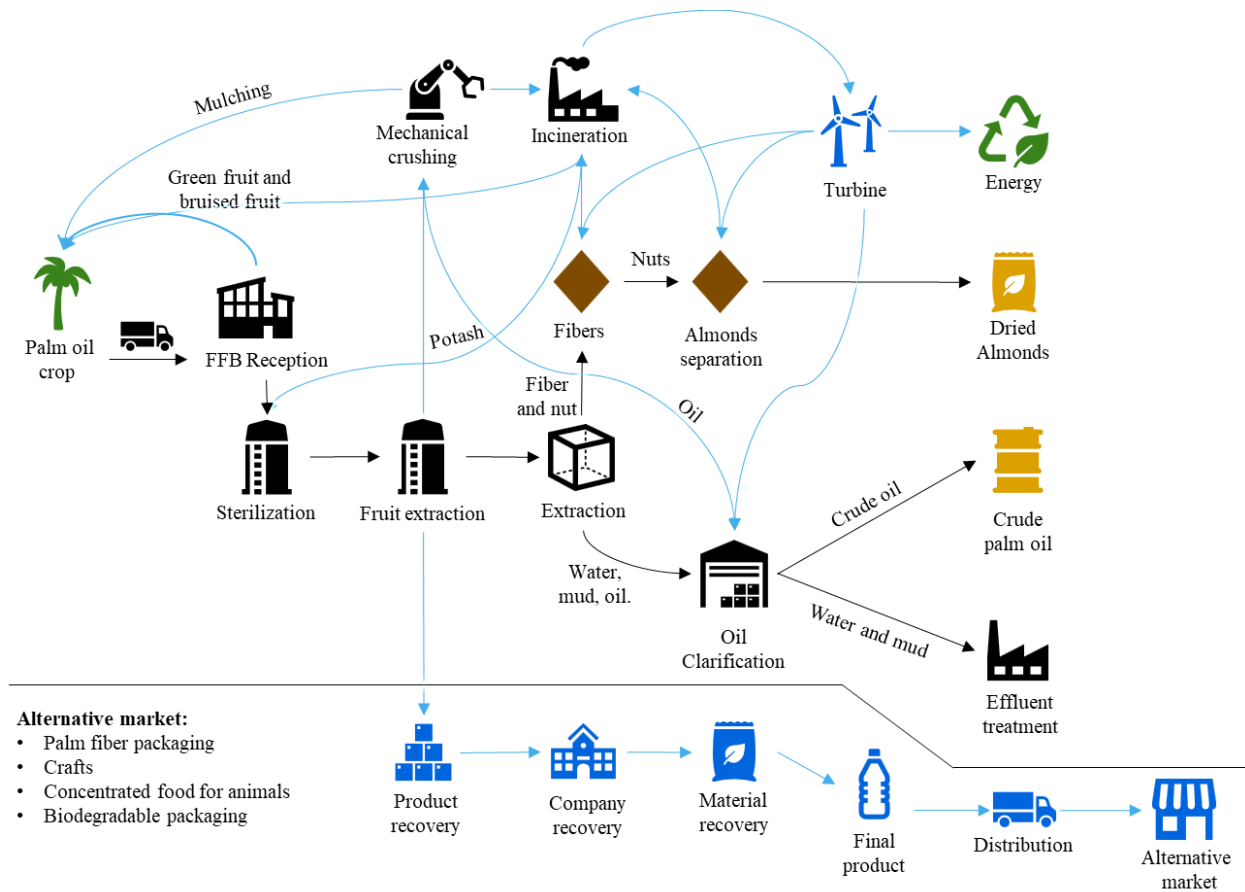
La figura 20 ilustra los flujos del proceso de producción a lo largo de la cadena de suministro al igual que ilustra los posibles flujos inversos. Esta imagen también representa las etapas que van desde la plantación de la palma, su proceso de producción en planta y la entrega al consumidor final (Alfonso et al., 2013).

Las figuras y líneas de color azul denotan el flujo inverso de la cadena de suministro de ciclo cerrado propuesto por los autores, las líneas que denotan el flujo de color negro, es el flujo tradicional que tiene la cadena de suministro de la palma de aceite en Colombia. En el proceso, las etapas de producción inician con la plantación de la palma, la recolección de los racimos de fruta seca (FFB), la esterilización, luego la recolección de la fruta, su extracción, la extracción de fibra, el aceite clarificador, la separación de almendras y al final su envasado. Algunos de los productos

del proceso de producción son las almendras secas, el aceite de palma en crudo y algunos efluentes (Alfonso, Montoya, & Gutierrez, 2013).

Figura 20.

Cadena de suministro de la palma de aceite (Propuesta por los autores).



Fuente: (Alfonso, Montoya, & Gutierrez, 2013)

Como solución al modelo, en términos de energía, costos y beneficios, el primer escenario, el cual integra prácticamente las actividades asociadas a la implementación de todos los flujos aguas arriba y abajo, proporciona beneficios significativos en comparación a la cadena de suministro tradicional (Alfonso, Montoya, & Gutierrez, 2013).

6.2. Sector Oil & Gas

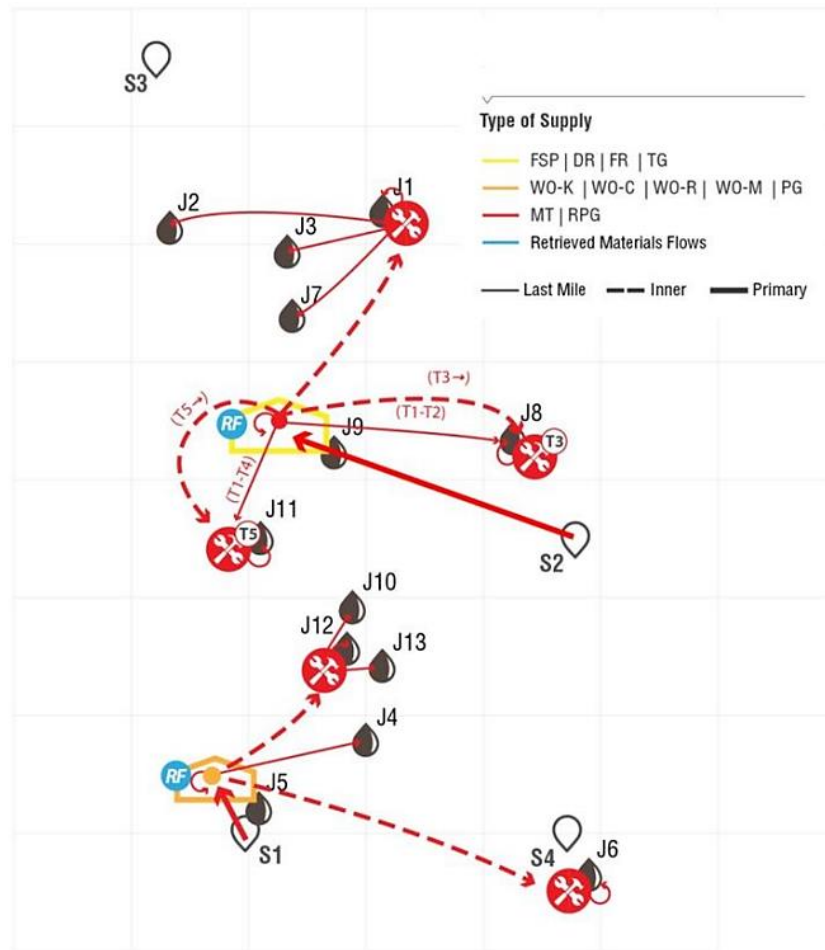
Otra publicación científica en la que se aplicó un modelo propuesto en un caso de estudio se realizó en Argentina por los autores Montagna & Cafaro (2019) en el cual plantearon el modelo matemático para diseñar una cadena de suministro de ciclo cerrado para la recuperación de materiales, implementos tubulares y el agua usada para la fracturación y estimulación de los pozos de hidrocarburo y gas. En primera instancia, los materiales y tubos implementados en el proceso se reacondicionan en tiendas predeterminadas de una manera específica y luego se ubican en instalaciones o centros de almacenamiento para utilizar posteriormente. Con respecto a el agua, este se recupera por medio de un flujo de retorno que luego es tratado por métodos químicos, físicos y biológicos para que finalmente se reutilice en el proceso con algunos estímulos adicionales. La complejidad del tipo de cadena de suministro para recuperar estos recursos a provocado un lento desarrollo en las mejoras del diseño y complica la creación de valor del proceso (Montagna & Cafaro, 2019). El modelo propuesto por los autores se verifica mediante la simulación de un caso de estudio de una compañía argentina del sector Oil & Gas que presta servicios de operaciones Upstream en el cual se rediseña la cadena de suministro tradicional. Esta compañía satisface la demanda de las operaciones de un poco más de 3000 pozos activos que se agrupan en 110 sitios de producción. Además, comprende la necesidad de ubicar 8 instalaciones de almacenamiento con diferentes capacidades (Montagna & Cafaro, 2019).

El objetivo del modelo es buscar la decisión óptima para ubicar las nuevas instalaciones de almacenamiento o determinar si alguna de las instalaciones existentes puede ser utilizadas

nuevamente, por supuesto, el modelo también determina la capacidad de la instalación y el tamaño que debe tener. Todo lo anterior con el fin de optimizar la ubicación de las instalaciones en la cadena de suministro de ciclo cerrado propuesta por los autores.

Figura 21.

Ejemplo ilustrativo de las nuevas ubicaciones del caso de estudio.



Fuente: (Montagna & Cafaro, 2019)

En la figura se ilustra las ubicaciones de las instalaciones determinadas por el modelo, la ubicación de los sitios de producción (J), los proveedores (S), el tamaño de las instalaciones y la ubicación de las instalaciones de almacenamiento grande (Amarillo), mediano (naranja) y las pequeñas (rojo) y las ubicaciones de las instalaciones de reacondicionamiento de los recursos a recuperar y en donde da inicio el flujo inverso de la cadena.

6.3. Sector industrial

La fabricación de baterías a base de ácido de plomo se clasifica en la CIU en la división número 27 que define la fabricación de aparatos y equipos eléctricos. Esta división contiene la clase número 2720 que describe la fabricación de pilas, baterías y acumuladores eléctricos (DANE, 2020, pág. 328).

En Brasil, debido al escaso volumen de plomo como materia prima (Braz & Marotti de Melo, Circular economy supply network management: A complex adaptive system, 2022) y con la creación nacional de residuos sólidos se logró comprometer a las organizaciones líderes en este sector industrial para reestructurar sus cadenas de suministro y contribuir a la recuperación del plomo, materia prima escasa en este país. La política estipula que, algunos componentes como llantas, aceites lubricantes y baterías, componentes utilizados en la fabricación de un vehículo automotor deben tener un destino ambientalmente correcto (Scur et al. , 2022, pág. 1).

El consejo nacional del medio ambiente no consiente que los residuos de las baterías a base de ácido de plomo se dispongan por ningún motivo en los rellenos sanitarios y mucho menos su incineración. Por lo tanto, las baterías deben, por completo, ser enviadas a espacios ambientalmente adecuados bajo la estricta responsabilidad del fabricante o importador. Este caso de aplicación se enfoca en la cadena de suministro de ciclo cerrado de la batería a base de ácido de plomo en Brasil. Cuando una batería de este tipo llega al estado de desuso, sus materiales se conservan en la economía para poder ser reutilizados y de esta manera crear valor en este producto.

La industria de las baterías a base de ácido de este elemento, desarrolla los productos de tal manera que su diseño tenga fines de eficiencia en su reciclaje anticipando su uso después de concluir su vida útil. Para esta industria, el sector automotriz es el mercado más amplio de aplicación, ya que los componentes de este producto se usan principalmente para fabricar baterías que inicien el arranque del motor, esto seguido de las baterías industriales que se utilizan para reservar energía o como fuerza motriz. Aproximadamente el 65% del peso de una batería corresponde a el plomo y este por supuesto puede recuperarse, de esta manera es posible disminuir los riesgos de contaminación y simultáneamente contribuir de forma económica con el ahorro en la compra de este elemento como materia prima. Sin embargo, se estima que el 4.5% de cada 9 kg de plomo promedio que contiene una batería se pierde en el proceso de reciclaje (Santos, Neto, & Silva, 2019).

En la cadena de suministro de ciclo cerrado adoptado para este producto, el cliente hace entrega de la batería cuando ya ha finalizado su vida útil. El cliente, más allá de realizar la

devolución por razones ambientales, también lo hace debido a que el fabricante fomenta la devolución de la batería con descuentos al momento de comprar una nueva batería (Santos et al. , 2019). Esta entrega la realiza directamente a un minorista o distribuidor certificado por el fabricante. En esta instancia, el minorista o distribuidor es considerado el punto de recogida inicial del producto a reciclar. Luego, el fabricante de la batería se encarga de gestionar la logística de devolución desde la tienda minorista o almacén, no sin antes realizar una consolidación de las baterías recogidas. Una vez realizada dicha consolidación se procede a transportar las baterías recogidas a los puntos de reciclaje autorizados en donde se separan y descomponen los principales materiales como el ácido, el plástico y el plomo. Ya en este punto, el rol del reciclador puede variar en sus funciones que van desde la separación del material hasta la transformación de este en materia prima, es decir, transformar el plástico en gránulos o el plomo en lingotes.

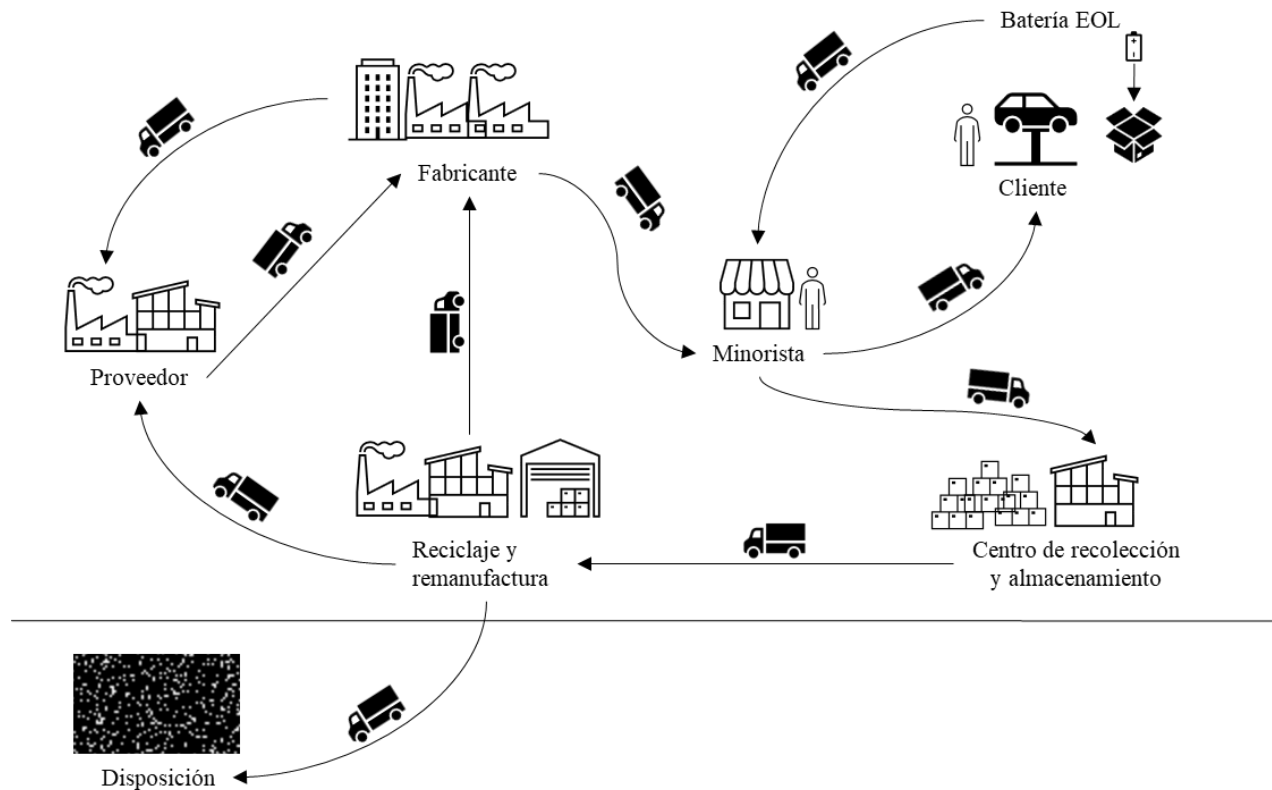
Después de este proceso de transformación las nuevas piezas se envían al fabricante como materia prima para la manufactura de nuevas baterías. (Scur et al. , 2022, pág. 4). De cada tonelada de chatarra de batería se puede recuperar al menos 650 kg de plomo, según lo estimado por May et al. (Como se citó en Scur, 2022). Esto hace que el proceso posea un buen desarrollo y logre altas eficiencias. (Kumar, Yang, & Singh, 2012).

Además de traer enormes beneficios a nivel económico y ambiental, es necesario realizar esfuerzos para seguir el modelo económico circular y usar la cadena de suministro de ciclo cerrado para gestionar de una mejor manera este tipo de residuos al final de su vida útil. Las baterías a base de ácido de plomo son peligrosas para los seres humanos y cualquier otro tipo de especie debido a que posee componentes tóxicos como el cadmio, el mercurio y el plomo. Si se desechan de manera

incorrecta o en rellenos sanitarios puede traer graves consecuencias de contaminación para el suelo y el agua. Por lo anterior, supervisar su eliminación es esencial.

Figura 22.

Cadena de suministro de la batería a base de plomo en Brasil



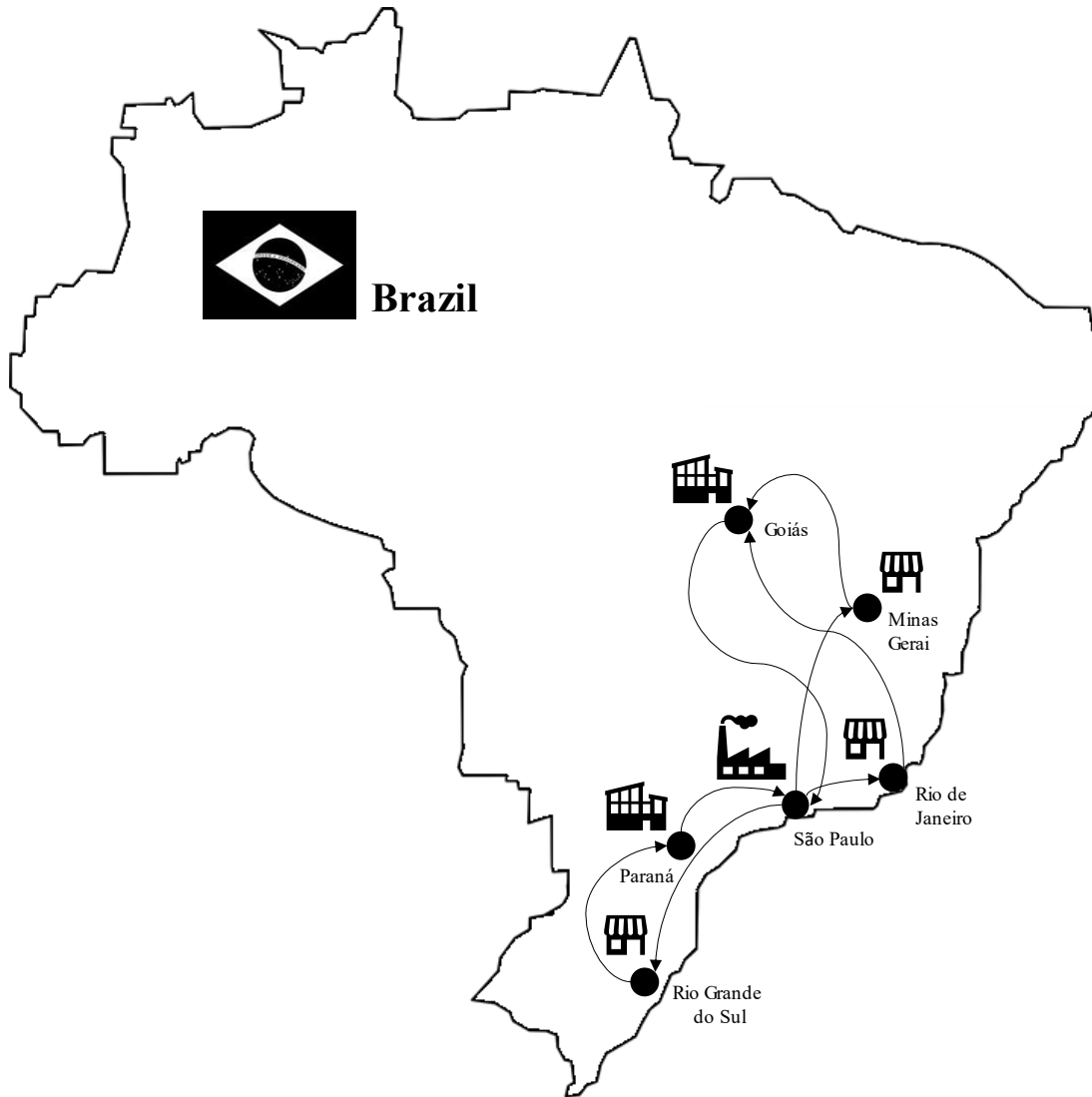
Fuente: Elaboración propia basado en el artículo Lead acid batteries (LAB's) closed-loop supply chain: The Brazilian case, (2022).

La relevancia del proceso de transformación en el reciclaje es más lógica cuando se padece de insuficiencia de fuentes para extraer el plomo. La materia prima de plomo secundaria, resultado del desarrollo de la cadena de suministro de ciclo cerrado, se convirtió en la principal fuente secundaria de materia prima en esta industria y representa aproximadamente el 85% del volumen

de plomo procesado en la fabricación de nuevas baterías según Li et al. (Como se citó en Scur, 2022).

Figura 23.

Panorama nacional de la cadena de suministro implementada en Brasil.



Fuente: Elaboración propia basada en el estudio realizado por Scur et al., (2022) en sus entrevistas.

Una planificación estratégica de las baterías a base de ácido de plomo al final de su vida útil permite una recuperación más adecuada de los componentes y acoge un modelo económico más amigable con el medio ambiente. Por lo tanto, la cadena de suministro de ciclo cerrado mantiene la responsabilidad extendida del fabricante, las normas de reciclaje y recolección y la responsabilidad que comparten los actores de la cadena para su cumplimiento y supervivencia.

6.4. Sector de alimentos

La fabricación de bebidas azucaradas se clasifica en la CIIU en la división número 10 que define la elaboración de productos alimenticios. Esta división contiene la clase número 1104 que describe la elaboración de bebidas no alcohólicas, la producción de aguas minerales entre otras aguas embotelladas (DANE, 2020, pág. 195).

Coca Cola FEMSA, es una de las embotelladoras más grande del mundo de Coca Cola Company, la cual cuenta con presencia en varios países Latinoamericanos como Guatemala, Costa Rica, Argentina, Chile, Brasil, Colombia, México, entre otros (FEMSA, 2023).

El Fomento Económico Mexicano se divide en varias unidades de negocio que a su vez se dividen en otras empresas como lo son el negocio de proximidad que lo constituyen Oxxo, Oxxo Gas y Valora. También se encuentran las unidades de negocio FEMSA Salud (Farmacias Cruz verde, y la farmacia yza), FEMSA Digital y la unidad de negocio más importante, Coca Cola FEMSA.

Figura 24.*Presencia de Coca-Cola FEMSA a nivel global.***Fuente:** (Fomento Económico Mexicano S.A.B., 2023)

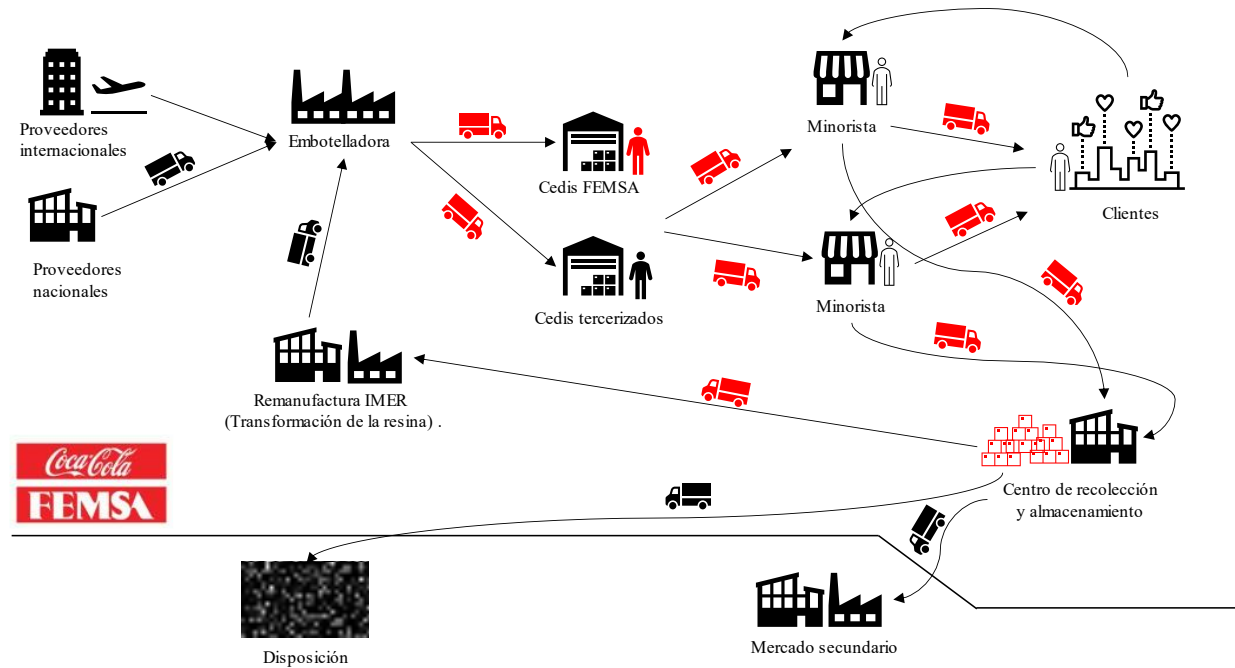
Coca Cola FEMSA es una organización que le apuesta a la sostenibilidad y tiene objetivos medio ambientales que van desde la disminución del consumo de energía eléctrica, la disminución de las emisiones de CO2 y por supuesto el uso de materia prima secundaria, específicamente para la fabricación de botellas PET. Para FEMSA, la optimización de residuos y reciclaje es crucial para sus operaciones, por lo que cuenta con plantas y proveedores de plástico PET que se contribuyen a la producción de botellas PET a partir de la optimización de residuos (FEMSA,

2023). Anualmente, Coca Cola FEMSA se plantea metas para utilizar al menos el 25% de materia prima de producción de botellas PET con materia prima secundaria producida del reciclaje y su cadena de suministro de ciclo cerrado. Para el 2017 ya cumplía con metas de hasta el 21% de uso de materiales reciclados (FEMSA, 2023).

El Know How de la empresa está compuesto principalmente por sus medios de transporte, esto se debe a la personalización dada por la empresa a su flota de remolques para los productos de Coca Cola. En México, hay 17 plantas embotelladoras, entre ellas, la planta de Toluca es la más grande con al menos 11 líneas PET y 1 línea en lata. Esta planta se encarga de distribuir todos los productos en lata producidos en México y además produce únicamente productos no retornables (Forbes México, 2018). El 100% del agua utilizada en producción para todas las plantas de México es tratada y reciclada. El proceso de reutilizar las botellas de plástico se nombra por su concepto organizacional como REF PET, es decir, los productos retornables. Este tipo de PET tiene la misma tipología de plástico con la única diferencia que se utiliza resina virgen para conservar su estructura. En esta cadena de suministro de ciclo cerrado, se destaca como punto crítico a los proveedores, en especial al proveedor de la resina reciclada, lo anterior debido al desempeño tan relevante dentro de la cadena y sumado a esto, la importancia en el nivel de integración que este eslabón tiene en la organización. Este proceso de recuperación se realiza en la planta de México D.F. La cadena de suministro de ciclo cerrado inicia en su flujo inverso con la recuperación de los envases retornables por parte del tendero, es decir, el vehículo entrega al minorista un lote y este recibe un descuento con el compromiso de devolver los envases vacíos, de igual manera, el consumidor del producto debe devolver la botella una vez consumido el producto al minorista para continuar con el proceso de devolución.

Figura 25.

Cadena de suministro de ciclo cerrado de Coca Cola FEMSA.



Fuente: Elaboración propia.

Los envases que no se pueden reutilizar se envían a reciclaje en donde se tiene un aliado para vender los materiales plásticos que ya no se pueden transformar en el proceso de remanufactura. Por ejemplo, envases contaminados con fluidos que ya no se pueden retirar, plásticos stretch y las etiquetas instaladas en los envases hot fill. En México, las botellas no retornables se identifican con tapas amarillas de aquellas que si pueden retornar (Vargas, 2020).

La industria mexicana de reciclaje S.A. de C.V. (IMER), se encarga de la transformación de plástico. Una vez que llega a las instalaciones se tritura y se convierte en resina para ser reutilizado en el proceso de producción nuevamente (Coca Cola Company, 2016). En promedio,

en México, se logra recolectar el 60% de los envases PET puestos en el mercado gracias a las estrategias de recolección que se realizan en FEMSA.

A manera de conclusión para esta sección, se presenta en la siguiente tabla una síntesis de las aplicaciones de la cadena de suministro a los diferentes sectores para dar una mayor observación de los principales hallazgos en cada caso.

Tabla 9.

Síntesis de las aplicaciones expuestas.

Sector	Principales hallazgos	Países	Autores
Agroindustrial	<ul style="list-style-type: none"> Resolución de un problema social. Transición a una cadena de suministro tradicional bidireccional. Reelección de proveedores. 	México	(Rodríguez, Amirhossein, Ali, Fatemeh, & Mostafa, 2022), (Alfonso, Montoya, & Gutierrez, 2013)
Oil & Gas	<ul style="list-style-type: none"> Recuperación de materiales, restauración de implementos tubulares y reutilización del agua. Reubicación de instalaciones para optimizar la cadena. 	Argentina	(Montagna & Cafaro, 2019).
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> Compensación al canal minorista para motivar la gestión de la devolución. Subsana la escasez de materia prima. Implementación debido a la presión de leyes. 	Brasil	(Scur, Mattos, Hilsdorf, & Armelin, 2022).
Alimentos	<ul style="list-style-type: none"> Implementación como estrategia de valor. Compensación al canal minorista para motivar la gestión de la devolución. Cadena de suministro estándar para cada país en donde tiene presencia. 	México	(Vargas, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

7. Limitaciones y barreras de la cadena de suministro de ciclo cerrado

Otro gran elemento que se halla muy poco en la literatura y que se quiere abordar en esta investigación, son las barreras que han limitado la evolución de la cadena de suministro de ciclo cerrado en Latinoamérica. Se ha mencionado en muchas ocasiones las ventajas económicas que se tiene de este modelo de circuito cerrado, su amplia relación con la sostenibilidad y sus ventajas competitivas para generar valor, pues en la actualidad, el consumidor considera los factores sostenibles como un beneficio y esto hace que el cliente lo tome como un elemento importante al momento de decidir que comprar, aumentando las ventas de la empresa y por ende impulsando las ganancias (Perez, al., Saucedo-Martinez, Salais-Fierro, & Marmolejo-Saucedo, 2016).

Existen algunas barreras para la cadena de suministro de ciclo cerrado que, debido a la percepción de los consumidores, la falta de conocimiento por parte de los profesionales del tema en cuestión, la desconfianza que muchas organizaciones tienen de la tecnología para desarrollar la reutilización del artículo a manipular y las pocas investigaciones del campo en la región, afectan directamente a la demanda de los productos refabricados con características sostenibles y la tasa de retorno de las inversiones que se desean realizar (Ocio, 2021).

En su investigación expone algunas barreras que posee la cadena de suministro de ciclo cerrado en su flujo inverso que se enfatizan en la percepción del cliente, la tecnología para desarrollar el reúso, el poco conocimiento de profesionales en el campo y la falta de programas de innovación e investigación para la cadena.

Tabla 10.*Barreras de evolución de la cadena de suministro de ciclo cerrado.*

Barrera	Principales hallazgos	Autores
Económica	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de incentivos económicos por parte del estado para apoyar a las empresas. • Limitaciones en la transición por temas de marca e imagen con las franquicias. • Aumento en los gastos por las regulaciones legales. 	(Ocio, 2021), (Vargas, 2020), (Scur et al., 2022).
Gestión	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades para controlar la cantidad de productos en el proceso de devolución. • Dificultades en la planeación y pronóstico en el flujo inverso de la cadena. • Fuerte influencia por parte de los Stakeholders. 	(Villamizar, 2012), (Vargas, 2020), (Ocio, 2021), (Regiani de Campos, Tavana, Schwengber ten Caten, Bouzon, & Carísio de Paula, 2021).
Tecnológica y de infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Desconfianza de las Pymes en la tecnología. • Falta de áreas especializadas en temas medio ambientales a nivel de infraestructura. • Desconfianza en las condiciones en las que se halla el producto devuelto para invertir en tecnología. 	(Ocio, 2021), (Vargas, 2020), (Díaz et al., 2004).
Intelectual	<ul style="list-style-type: none"> • Pocos profesionales especializados en el área. • Falta de información con los medios de devolución. • Falta de conciencia sobre las actividades que se atribuyen al flujo inverso de la cadena. 	(Ocio, 2021), (Vargas, 2020), (Braz & Marotti de Melo, 2022).
Política	<ul style="list-style-type: none"> • Pocas regulaciones para apoyar a las empresas. 	(Ocio, 2021), (Vargas, 2020), (Panda, Mohan, & Cárdenas, 2017), (Ribeiro, Ghisolfi, Lorena, & Helena, 2017), (Scur et al., 2022).
Mercado y competencia.	<ul style="list-style-type: none"> • los clientes no atribuyen aún mucho valor a estas prácticas sostenibles. • Las empresas perciben que los productos son de menor calidad. 	(Ocio, 2021), (Braz, Marotti de Melo, Vasconcelos, & Paulo, 2018), (Vicente-Bittar, 2018), (Departamento Nacional de Planeación, 2018)

Fuente: Elaboración propia.

Ocio (2021) encontró que estos factores son los que tienen un mayor impacto en la tasa de retorno y demanda en el flujo inverso de la cadena de suministro de ciclo cerrado. Como resultado de su investigación, las barreras agrupadas con los factores anteriormente mencionados fueron clasificadas en 6 diferentes tipos de barreras como se muestra en la tabla 10. Las barreras de evolución están directamente relacionadas con problemas económicos, serias dificultades con la gestión de la cadena de suministro, limitaciones de tecnología e infraestructura, escasos conocimientos del tema, circunstancias políticas y de dificultades de mercado y competencia.

7.1. Barrera económica

Según el autor, Ocio (2021), los factores relacionados con la economía son los primeros problemas para considerar ya que, el peso financiero de los impuestos, la falta de capital inicial, la incertidumbre de ROI y los fondos para monitorear el sistema de retorno, ocasiona que las organizaciones no transformen su cadena de suministro lineal, por una bidireccional.

También, el factor económico termina afectado en gran medida por temas de marca e imagen, esto debido a que las empresas que trabajan bajo franquicia deben acogerse a los derechos y normativas de la marca con la cual trabajan, esto hace que cuando la empresa desea expandir temas de sostenibilidad, debe hacerlo bajo el régimen de la marca (Vargas, 2020).

Dentro de la barrera económica, se puede considerar en adición a el efecto financiero causado en las organizaciones que desean implementar circuitos cerrados en sus cadenas de

suministro, pero que necesitan disminuir los impuestos y asignar subsidios a los recicladores que están regulados para contrarrestar el negocio informal del proceso de devolución. Los recicladores mencionan que los controles ambientales siguen en aumento y esto los obliga a gastar más para conservar y mejorar sus procesos de producción, esto los perjudica y se traduce en malos resultados financieros, lo al final repercute en desistir de aplicar cadenas de suministro de ciclo cerrado (Scur, Mattos, Hilsdorf, & Armelin, 2022).

7.2. Barrera de gestión

Con referencia a la gestión de la cadena de suministro, existen serias dificultades para gestionar este modelo de circuito cerrado, este dilema es real debido a que las organizaciones consideran que la cantidad de productos que retornan son imprevisibles y por lo general vienen mezclados (Ruiz, Mahmoodi, Ohmori, & Hlali, 2022). Es importante mencionar que la gestión referente a la sostenibilidad y la conservación de los recursos requieren iniciativas estratégicas también del gobierno (Regiani de Campos, Tavana, Schwengber ten Caten, Bouzon, & Carísio de Paula, 2021); además, las organizaciones sufren de obstáculos de planeación y pronóstico al momento de iniciar el flujo inverso de la cadena en la última milla debido al grado de diversidad de flujos y bienes. En adición, el poco apoyo de los eslabones distribuidores y minoristas con las actividades que apoyan el proceso inverso de la cadena es evidente y eso lleva como consecuencia que los artículos retornados sean de mala calidad (Ocio, 2021).

Otro de los elementos que actúan tanto como obstáculos o en ocasiones beneficios es la influencia de los actores involucrados en la cadena al momento de iniciar el flujo inverso de los

materiales. Una investigación de la Universidad Nacional de Colombia muestra evidencia de que los Stakeholders de cada eslabón de la cadena tienen una fuerte influencia en la gestión por parte de presiones gubernamentales, políticas, normatividades e incluso culturales. Aunque esta influencia en la gestión depende de que tanto este presente en las organizaciones (Villamizar, 2012).

En sectores industriales como por ejemplo el de bebidas, Vargas (2020) en su trabajo de investigación encontró que, empresas como Coca Cola FEMSA, tiene problemas en ámbitos de gestión y control con el manejo en la recolección del producto una vez consumido, esto debido a que existen tantos envases vacíos del producto que los consumidores en muchas ocasiones no saben cómo reciclar y por esto, muchos de los productos terminan en basureros e incluso pueden terminar depositados en fuentes hídricas y océanos.

7.3. Barrera tecnológica y de infraestructura

También hay problemas relacionados con la tecnología y la infraestructura interna de las instalaciones relacionados con la trazabilidad, el seguimiento de los productos retornados, el almacenamiento de esta nueva materia prima, procesos de remanufactura en las instalaciones y habilidades técnicas por parte de los colaboradores que deben poseer conocimientos del tema, en muchas ocasiones, de países desarrollados (Ocio, 2021).

En Colombia, por ejemplo, la escuela nacional de logística de 2018 menciona que, en el análisis de una encuesta realizada a 400 pequeñas y medianas empresas de diferentes sectores

económicos, se identificó que la falta de áreas especializadas en temas referentes al medio ambiente a nivel de infraestructura es uno de los problemas fundamentales en términos de la logística inversa dentro de las empresas (Vargas, 2020).

Aunque este tipo de limitación se interpreta también como los desacuerdos de las condiciones en las que se halla un producto y se desea devolver, el valor del producto y el proceso de la devolución (Díaz et al., 2004). Estos aspectos forman parte de las limitaciones que tienen las organizaciones al implementar tecnologías que podrían mejorar la cadena de suministro de ciclo de cerrado, agregar valor y gestionar de manera adecuada los residuos (Velez & Prada-Ospino, 2018).

7.4. Barrera intelectual

El conocimiento es otro de las dificultades, ya que como se acaba de mencionar, hay pocos profesionales especializados en el área de la cadena de suministros que aborden estos cargos en las organizaciones que quieren transformar su modelo lineal a uno bidireccional. Basado en lo anterior, el autor hace énfasis en tres barreras; el poco conocimiento tributario sobre el retorno de los artículos, que a su vez trae consigo una carga de costos debido a la planificación y procedimientos aduaneros, las demás barreras están relacionadas con la falta de información respecto a los medios de devolución y la conciencia sobre la importancia de realizar bien las actividades que se atribuyen al flujo inverso de la cadena (Ocio, 2021).

Los autores Braz et al., (2022) mencionan también que los profesionales deben conservar una estimulación intelectual que indique que el profesional especializado sea más innovador y creativo al momento de proponer ideas de mejoras para la cadena de suministro. Un rasgo transaccional basado en inspiración, mayor influencia, consideración y estimulación intelectual para tener la capacidad de conservar relaciones al largo plazo (Braz & Marotti de Melo, 2022).

En su estudio, encontraron que además es importante que el individuo posea habilidades de liderazgo. Habilidades basadas en dos tipos de liderazgo ellos clasificaron como: liderazgo transaccional y transformacional. En primer lugar, el liderazgo transaccional demuestra la recompensa contingente y se refiere a que los seguidores son recompensados por su trabajo y resultados o, por el contrario, castigados si no cumplen con las metas y objetivos propuestos y toman medidas de ser necesario. Por otro lado, el liderazgo transformacional define que el individuo inspira a sus seguidores, en línea con los objetivos organizacionales con el fin de lograr cumplir una misión y visión de un futuro deseable (Braz & Marotti de Melo, 2022).

7.5. Barrera política

La política es otro factor clave de obstáculo para el correcto funcionamiento de la cadena de suministro en las empresas de Latinoamérica. En muchos países de la región existe un mal uso de las regulaciones ambientales o adicional a esto, hay pocas normas que motiven a las organizaciones y a la comunidad a la conservación del medio ambiente. Además, por supuesto el

mal manejo de las practicas relacionados a la gestión de residuos por parte del consumidor (Ocio, 2021).

En América Latina, la implementación de normas para la protección del medio ambiente es supremamente relevante por causa de la gran biodiversidad regional y la gran cantidad de recursos que poseen la mayoría de los países. Implementar planes de acción en un enorme esfuerzo para mejorar la metodología de participación de los sectores público y privado en concordancia con las asociaciones que se pueden originar gracias al carácter de obligatoriedad de las normas (Govindan & Soleiman, 2016). Esto incurre en un impacto considerable por parte de las legislaciones a las organizaciones y depende en gran medida de la integración que haya en los eslabones de la cadena de valor y suministro (Vargas, 2020).

El autor Scur (Como se citó en Ayati et al., 2021) cree que una de las barreras de la cadena de suministro de ciclo cerrado es la falta de normas y reglamentos gubernamentales. En Brasil, se realizan esfuerzos a nivel legislativo para comprometer a las empresas líderes en el sector de fabricación de baterías automotrices e industriales a reestructurar sus cadenas de suministros lineales en cadenas de suministro bidireccionales. Una forma importante de apoyar esta transición se da mediante un sistema de recompensa/penalización con el fin de promover el proceso de devolución y disminuir los costos operativos. Este proceso en Brasil por lo general es complejo y suele involucrar diversos actores que lleva a crear incentivos que se traducen en ganancias económicas, mercadeo, promociones, etc. Aunque también incluye cláusulas de sanciones cuya tipología son multas, reducción de subvenciones y descuentos. Autores como Ribeiro et al., (2017) sostienen que los incentivos de carácter formal son esenciales para integrar a los recicladores de

una mejor manera en el proceso formal de reciclaje y recuperación de residuos. Sin embargo, esto no es suficiente ya que, sin el volumen considerable de artículos reciclados, la implementación de las políticas se vuelve inútiles.

La responsabilidad social empresarial también es un factor que se considera legalmente y que las organizaciones deben cargar ya que son estas las que son socialmente responsables por medio del reciclaje del artículo. Por lo general, el fabricante tiene la responsabilidad del producto que se recoge por medio del canal minorista en el proceso inverso y esto debería generar un beneficio más alto en las ganancias (Panda, Mohan, & Cárdenas, 2017).

La organización debe generar una política de tasa de precio/retorno como incentivo en el proceso inverso de la cadena para motivar a los recolectores y a las empresas minoristas (Giovanni, 2018), aunque estas empresas minoristas no tienen mayor supervisión por parte del estado, al realizar este ejercicio obtiene un beneficio del valor residual adquirido por las devoluciones y el reciclaje de los productos, esto les motiva a participar en el proceso inverso de la cadena. Por otra parte, el cobrador tiene un mayor beneficio con respecto al productor, ya que este último depende de la intensidad de los incentivos y sanciones y está relacionado directamente con la recaudación de impuestos. Por lo antes expuesto, el gobierno desempeña un rol fundamental en las empresas de manufactura para arraigar el concepto de cadena de suministro de ciclo cerrado en sus operaciones. (Scur et al., 2022).

7.6. Barrera del mercado y la competencia

Como último aspecto importante para tener en cuenta, aun con el valor agregado que se les atribuye a los productos que son refabricados con un modelo de ciclo cerrado, en Latinoamérica, los clientes no atribuyen aún mucho valor a estas prácticas sostenibles, lo que lleva a que las organizaciones perciban que los productos fabricados sean de menor calidad en comparación a las empresas que mantienen el modelo lineal en la cadena de suministro (Ocio, 2021). Aunque la conciencia del consumidor haya aumentado en los últimos años, autores como Vicente-Bittar (2018), considera que el proceso de remanufactura es un factor clave para la cadena de suministro de ciclo cerrado, menciona que el consumidor debe entender que es un producto manufacturado y porque es relevante para el medio ambiente para fortalecer la conciencia del consumidor como factor de compra. Aun así, en su investigación se encuentra que, el factor más relevante para el consumidor es el valor de la marca y el precio y recomienda que un producto remanufacturado debe ofrecer su valor a través de su marca y el nivel del precio en comparación de un producto nuevo (Vicente-Bittar, 2018).

Por otro lado, la logística de la materia prima secundaria también puede ser realizada por organizaciones terceras, es decir, tercerizar la logística inversa de estos artículos reciclados puede contribuir a aumentar la calidad de la materia prima con la cual se refabricarán los nuevos artículos y la percepción del cliente cambio por su observación en el proceso. Sin embargo, en algunos países en desarrollo como Colombia, existe un nivel bajo en la tercerización de este tipo de logística por parte de las empresas, solo el 2.9% de las empresas emplean sus operaciones de

logística inversa con terceros. Esta problemática se evidencia sobre todo en los servicios relacionados con la agropecuaria, uno de los sectores económicos que más contribuye con los efectos de gas invernadero (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

Otro elemento dentro de esta barrera está relacionado con el efecto látigo o también con la incertidumbre de la demanda del consumidor final al propagarse el efecto a través de toda la cadena de suministro. (Braz, Marotti de Melo, Vasconcelos, & Souza, 2018). Este fenómeno puede generar un impacto en el desempeño ambiental de cada eslabón por el aumento de los residuos, las emisiones de CO₂ y el consumo de recursos naturales. Aunque algunos consumidores perciben los productos fabricados de menos calidad, muchas de las investigaciones realizadas no consideran la calidad de los artículos devueltos en comparación con los artículos remanufacturados y esto genera variabilidad, ayudando a propagar el efecto látigo. Braz et al., (2018) también encontró en su investigación que el principal elemento atenuante está vinculado con el aumento en la tasa de devolución, lo que implica impactos positivos en el factor ambiental de la cadena. En la forma que la complejidad del modelo de ciclo cerrado es mayor, la variabilidad en la demanda también es mayor al igual de que la probabilidad de que un efecto látigo ocurra.

8. Análisis de resultados

En esta investigación, referente a la cadena de suministro de ciclo cerrado se halló que, conceptualmente se define de una manera similar sin diferir de país, continente o región en la cual se estudie o tenga aplicación. Términos como, costos, flujo de materiales, logística, planeación, sostenibilidad, entre otros, son conceptos que casi siempre se consideran al momento de definirlo. Por otro lado, se halló también que los beneficios de implementar este modelo de ciclo cerrado varían dependiendo de varios factores como por ejemplo, la influencia de los actores de cada eslabón dependiendo de que tan fuerte sea su presencia en dicho eslabón, también varia por las regulaciones legales que tenga dicho país, ya sea para apoyar a las empresas o forzarlas a implementar el modelo y por último, se debe considerar también que tantos beneficios puede tener la empresa teniendo en cuenta la formalidad o falta de ella en los procesos de cada eslabón de la cadena.

Al analizar la trayectoria que ha tenido la cadena de suministro de ciclo cerrado en esta región, los resultados demuestran que, en Latinoamérica, no hay hitos que contribuyan a la estructuración histórica de la cadena de suministro de ciclo cerrado, esto debido que los hitos más relevantes se dieron en Norte América y Europa. Sin embargo, existen hitos que enfatizan en la importancia de aplicar este modelo de circuito cerrado y que, a nivel de ejecución, Brasil y México, son los países que mayor aporte de aplicación han tenido en las estrategias de sus organizaciones. Esto debido principalmente a las regulaciones realizadas por cada respectivo país, en especial con Brasil, quién se ve forzado a realizarlo más por razones de escasas en los recursos industriales que

por causas ambientales. La trayectoria encontrada en la lectura de los artículos clasifica los sucesos en 4 categorías que comúnmente contenían acontecimientos que se encontraban con frecuencia y con fechas específicas, esto implica en cierta medida que la trayectoria del modelo de ciclo cerrado se ha destacado más en Latinoamérica por eventos legales, hitos en la historia de algunos países que le apuestan al cambio, además de eventos de reacción, producto de la estrategia a considerar frente a situaciones de emergencia global o nacional.

El caso de éxito expuesto en esta investigación, es decir, el caso de Coca Cola FEMSA se soporta bajo la extensa experiencia que ha tenido esta empresa que es una de las más grandes de Latinoamérica, y los demás casos se exponen bajo la implementación de propuestas de modelos matemáticos óptimos en casos de estudios reales que buscan ya sea, solucionar un problema social, económico o ambiental. Coincidentemente, estos problemas a solucionar en estos casos de estudio expuestos con la cadena de suministro de ciclo cerrado se conocen comúnmente como las dimensiones de la sostenibilidad según el marco de los objetivos de desarrollo sostenible que se establecieron por la Asamblea General de las Naciones Unidas en el 2015.

Con respecto a las limitaciones, la investigación encuentra que, de forma frecuente, las barreras económicas, de gestión, tecnológicas y de infraestructura, intelectuales, políticas y de mercado y competencia, son las limitaciones más frecuentes a nivel país para ejecutar la cadena de suministro de ciclo cerrado. De estas limitaciones, en los países subdesarrollados, las barreras tecnológicas y la falta de regulaciones que apoyen el modelo de circuito cerrado son las principales limitaciones para implementar cadena de suministro de ciclo cerrado en las organizaciones. En primera medida, porque las empresas, en especial las pymes, no conservan una relación de

confianza con la tecnología para el ejercicio de recuperar la materia prima de los artículos al final de su vida útil. Si se hace referencia a las barreras políticas, los resultados ilustran que hay múltiples eventualidades en el marco político, como por ejemplo el hecho de que las regulaciones contengan un carácter de obligatoriedad y fuerce a las organizaciones a la transición sin una preparación previa lo que termina en sobrecostos en sus operaciones, por otro lado, no hay regulaciones que inciten a implementar el modelo de ciclo cerrado con incentivos económicos para apoyar a las organizaciones, por el contrario, son las organizaciones quienes terminan cargando con estos costos y por consecuente los clientes.

Las demás barreras, aunque se mencionan un poco menos en los artículos, tienen un impacto significativo al momento en el que las organizaciones consideran el modelo de ciclo cerrado en su cadena de suministro. Barreras como la intelectual, por la escasez de profesionales especializados en el tema o barreras en el mercado por parte del consumidor son considerados en la estrategia de cada empresa ya que es fundamental dar a conocer el cambio en los procesos para que agreguen valor en su producto y repercuta en la conciencia del consumidor al momento de comprar. Pero, si tampoco hay profesionales que tengan el conocimiento para gestionar este tipo de cadena de suministro, difícilmente la organización podrá implementar una cadena de suministro de ciclo cerrado efectiva. Por lo cual, aun con todos los beneficios, económicos, sociales y ambientales, las empresas latinoamericanas no aplicaran este tipo de cadena de suministro si no aporta en los objetivos comunes y principales de cada organización, ganar dinero y sostenerse en el tiempo.

9. Conclusiones

La cadena de suministro de ciclo cerrado es un medio estratégico que aporta a la sostenibilidad económica de la organización, la responsabilidad social y el cuidado del medio ambiente, es decir, a las dimensiones de la sostenibilidad. En esta investigación se puede ilustrar no solo las ventajas que conlleva el modelo de circuito cerrado, ya sean de competencia, económica o medio ambiental y aunque los hitos más importantes que trascienden en la historia de la cadena de suministro de ciclo cerrado no ocurren en Latinoamérica, se puede apreciar los acontecimientos encontrados y su impacto en esta región, impacto que proporciona una visualización de los sucesos relevantes en la evolución del ciclo cerrado en Latinoamérica. Las aplicaciones expuestas en esta investigación son producto del esfuerzo de las organizaciones, los entes gubernamentales y la comunidad latina. Se ilustran con casos estudiados de la vida real en las organizaciones que demuestran la voluntad de aportar al planeta por un mejor futuro para las siguientes generaciones y se hace evidente las falencias por las cuales los actores principales de la cadena deben fortalecer para emprender una adecuada aplicación en los países en vía de desarrollo.

La trayectoria enmarcada en esta investigación se basa en los sucesos de México y Brasil específicamente, lo que demuestra que son estos dos países, los más desarrollados de los países en vía de desarrollo, quienes realizan esfuerzos notables para aplicar y forzar en sus organizaciones y actividades económicas el modelo de economía circular por medio de la cadena de suministro de ciclo cerrado.

Las aplicaciones de éxito que se describen en esta investigación se enfocan en el sector de equipos eléctricos y el sector de alimentos y bebidas. Esto debido a que son estas organizaciones quienes conservan la experiencia de aplicar la cadena de suministro de ciclo cerrado por 2 razones. En primera instancia, la escasez de materia prima, recurso indispensable en sus operaciones y como segunda medida por las regulaciones que las entidades gubernamentales desarrollan como un esfuerzo a realizar una transición para abordar un modelo económico circular.

En los artículos seleccionados para la presente investigación se encontraron de forma muy frecuente las mismas limitaciones y barreras que presenta la cadena de suministro de ciclo cerrado al momento de aplicarse en una organización en un país. En algunos artículos solo se presentaban algunas limitaciones y en otros artículos los demás elementos. Pero la conclusión de las limitaciones a nivel económico, de gestión, competente, tecnológico e infraestructura, político, social e intelectual, siempre fueron los mismos.

Así mismo, los resultados se sintetizaron en la elaboración de un artículo de investigación de carácter publicable con los principales hallazgos de acuerdo con las temáticas tratadas, esto con el fin de conservar el conocimiento consolidado en esta investigación y contribuir en las futuras investigaciones.

10. Recomendaciones

Es importante que las futuras investigaciones, continúen consolidando información de la trayectoria de la cadena de suministro en Latinoamérica para estudiar la trazabilidad de los aportes de la comunidad académica latina, los entes gubernamentales y preservar el conocimiento desarrollado en la región para que futuros medios observen y estudien las acciones que se han realizado por parte de los algunos países de esta región de América que desean contribuir al desarrollo de la sostenibilidad en sus organizaciones y en la cultura de su población.

Para las empresas latinoamericanas que deseen fomentar la implementación de la cadena de suministro de ciclo cerrado en sus operaciones como parte de la estrategia de sostenibilidad al momento de aumentar el valor agregado en sus productos. Deben realizar serias consideraciones de los elementos de recompensa para motivar la devolución del artículo en su estado post-consumo, es posible, como se menciona en algunos casos en esta investigación, alcanzar esos incentivos con ayuda del gobierno y generando alianzas con actores estratégicos (Proveedores y demás actores de la cadena).

Referencias bibliográficas

- Alfonso, E., Montoya, J., & Gutierrez, E. (2013). Modeling reverse logistics process in the agro-industrial sector: The case of the palm oil supply chain. *Applied Mathematical Modelling*, 9652-9664.
- Amin, S., & Ahmadi, S. (2019). An integrated chance-constrained stochastic model for a mobile phone closed-loop supply chain network design with supplier selection . *Journal of cleaner production*, 988-1003.
- Amin, S., & Babbar, C. (2018). A multi-objective mathematical model integrating environmental concerns for suppliers selection and order allocation based on fuzzy QFD in beverages industry . *Expert systems with applications*, 27-38.
- Astier, M., Galván-Miyoshi, & Speelman, E. (2009). Sistematización y análisis de los estudios de caso MESMIS: lecciones para el futuro.
- Babaveisi, V., Paydar, M., & Safaei, A. (2017). An engine oil closed loop supply chain design considering collection risk. *Computers and chemical engineering*, 38 - 55.
- Bacovis, & Borchat. (2021). Assessing the Influence of Circular Economy Practices in Companies that Orchestrate an Ecosystem of a Brazilian Industrial Cluster.
- Baumgartner, R. J. (2011). Critical Perspectives of Sustainable Development Research and Practice . *Utrecht*.
- Becerra, P., Mula, J., & Sanchis, R. (2021). *Green supply chain quantitative models for sustainable inventory management: A review*. Atacama: Universidad de Atacama.
- Belda, H. (2021). La economía circular, ¿Un modelo incuestionable? *Eco circular*.

- BNamericas. (01 de Enero de 2021). *Aumento mundial de ventas minoristas del comercio electrónico en 2020 por región*. Obtenido de Obtenido de BNamericas: <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/laperspectiva-optimista-para-el-comercio-electronico-en-latinoamerica>
- Bonciu, F. (2014). The european economy: From a linear to a circular economy. *Romanian journal of european affairs*, 78-91.
- Braz, A., & Marotti de Melo, A. (2022). Circular economy supply network management: A complex adaptive system. *International Journal of the production economics*, 4-5.
- Braz, A., Marotti de Melo, A., Vasconcelos, L., & Souza, P. (2018). The bullwhip effect in closed-loop supply chains: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 376-389.
- Burrit, R., & Schaltegger, S. (2014). Measuring and managing sustainability performance of supply chains. *Supply Chain Management: An International journal*, 232-241.
- Bustamante, J. (2022). Evolución de la cadena de suministro para el comercio electrónico y una última milla sustentable. *Universidad Nacional Autonoma de México*, 96-97.
- Cabeza, D. (2012). Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro. *Marge books*.
- CarbonoNEWS. (19 de Mayo de 2021). *El 60% de las empresas latinoamericanas apuesta por la sostenibilidad*. Obtenido de Carbono.NEWS: <https://www.carbono.news/economia/el-60-de-importantes-ceos-latinoamericanos-apuesta-por-la-sostenibilidad-segun-estudio/>
- Carrión Mena, F. (2016). El resto político del gobierno de la ciudad metropolitana . *Los desafíos de la ciudad del siglo XXI*, 25-41.

Chung, K. (2022). Expansión internacional en la planificación estratégica empresarial:

Análisis de las empresas más grandes de América del Sur en el año 2019.

Revista de Análisis y Difusión de Perspectivas Educativas y Empresariales-RADEE.

DANE. (2020). *Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades*

económicas adaptada para Colombia. Revisión 4 . Bogotá D.C.: Departamento

Administrativo Nacional de Estadística.

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Nivel de tercerización de la logística inversa.

Observatorio nacional de logística.

El tiempo. (24 de Agosto de 2022). *El tiempo*. Obtenido de Cervezas de Bavaria que tomarán

los colombianos se producirán con energía solar:

<https://www.eltiempo.com/economia/empresas/que-llevo-a-bavaria-a-decidir->

[producir-sus-cervezas-con-energia-solar-](https://www.eltiempo.com/economia/empresas/que-llevo-a-bavaria-a-decidir-)

[697076#:~:text=La%20cervecera%20Bavaria%20firm%C3%B3%20con,en%20dife](https://www.eltiempo.com/economia/empresas/que-llevo-a-bavaria-a-decidir-)

[rentes%20ciudades%20del%20pa%C3%ADs.](https://www.eltiempo.com/economia/empresas/que-llevo-a-bavaria-a-decidir-)

Enel Américas. (11 de Febrero de 2022). *Reglamento de la Política Nacional de Residuos*

Sólidos (PNRS) y creación del Programa Nacional de Logística Inversa. Obtenido

de Economía circular en LATAM:

https://www.enelamericas.com/es/economia_circular_latam/articulos/reglamento-

[de-la-politica-nacional-de-residuos-solidos-PNRS-y-creacion-del-programa-](https://www.enelamericas.com/es/economia_circular_latam/articulos/reglamento-)

[nacional-de-logistica-i-](https://www.enelamericas.com/es/economia_circular_latam/articulos/reglamento-)

[nversa.html#:~:text=En%2012%20de%20enero%20de,transparencia%20en%20gest](https://www.enelamericas.com/es/economia_circular_latam/articulos/reglamento-)

[i%C3%B3n%20](https://www.enelamericas.com/es/economia_circular_latam/articulos/reglamento-)

- Esmaeili, A., Gholami-Zanjani, S., & Govindan, K. (2020). An integrated hybrid approach for circular supplier selection and closed-loop supply chain network design under uncertainty . *Journal of cleaner production*.
- FEMSA. (2023). *Fomento Económico Mexicano S.A.B.* Obtenido de Coca-Cola FEMSA: <https://www.femsa.com/es/acerca-de-femsa/quienes-somos/>
- Fink, A. (1998). *Conducting research literature reviews*. Obtenido de Sage thousand oaks.
- Flores, M., Morales, O., Tejeida, R., Badillo, I., & Mejia, J. d. (2012). The emergence of after-sales spare parts supply chain variability in a Telecom firm- A complex system approach. *World Scientific Publishing Company*, 1-16.
- Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink. (2017). The circular economy, A new sustainability paradigm? *Journal of cleaner production*, 757-768.
- Ghulam, A., Saira, A., Saman, N., & Sehrish, I. (2020). Antecedents and mechanism of employee well-being for social sustainability: A sequential mediation. *Business - Sustainable Production and Consumption*, 79-89.
- Giovanni, P. (2018). joint maximization incentive in closed-loop supply chains with competing retailers: The case of spent-battery recycling. *Eur. J. Oper.* , 128-147.
- Global Reporting Initiative. (19 de Mayo de 2015). *Sustainability and Reporting Trends in 2025 - Preparing for the future*. Obtenido de GRI Web site: <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/Sustainability-and-ReportingTrends-in-2025-1.pdf>
- Gómez, J. (2018). Las cadenas de suministro y el desarrollo sostenible: Una revisión de la literatura. *Universidad Nacional Autónoma de México*.

- Gonzales. (2019). La cadena de suministro verde: su importancia e integración en las organizaciones contemporáneas. *International journal of good conscience*, págs. 320-334.
- Gonzales, M., & Mogollon, S. (2019). *Diagnóstico del proceso de logística inversa para la gestión de residuos sólidos en PYMES del sector de restaurantes en Lima Metropolitana: Caso de estudio múltiple*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Govindan, K., & Soleiman, H. (2016). A review of Reverse Logistics and Closed-Loop Supply Chains: A Journal of Cleaner Production Focus. *Journal of Cleaner Production*.
- Guerrero, W., Sotelo, A., & Romero, E. (2018). Simulation-optimization techniques for closed-loop supply chain design with multiple objectives. *DYNA, Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín)*, 202-210.
- Hall, J., & Matos, S. (2007). Integrating sustainable development in the supply chain: The case of life cycle assessment in oil and gas and agricultural biotechnology. *Journal of operations management*, 1083-1102.
- Hart, C. (1998). *Doin a literature review*. London: SAGE Publications Ltd.
- Hassini, E., & Tajbaksh, A. (2015). A data envelopment analysis approach to evaluate sustainability in supply chain networks. *Journal of cleaner production*, 74-85.
- Haynes, Murray, & Skene. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*, 369-380.
- Hernandez, H. (2012). Análisis de la cadena de suministro de circuito cerrado mediante algoritmos genéticos. *Universidad de la Sabana*.

- Hernández, R., Baptista, P., Sampieri, R., & Fernández, C. (1991). Metodología de la investigación.
- Herrera, M., Vargas, L., & Contenido, D. (2018). Modeling the Traceability and Recovery Process in the Closed-Loop Supply Chain and Their Effects. En J. Figueroa, E. López, & J. Rodriguez, *Applied Computer Sciences in Engineering* (págs. 328-339). Bogotá D.C; Colombia: Communications in Computer and Information Science.
- Johns Hopkins University. (10 de 03 de 2023). *Covid-19 Dashboard*. Obtenido de Center for Systems Science and Engineering (CSSE): <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>
- Johnsen, T., Macquet, M., & Miemczyk, J. (2012). Sustainable purchasing and supply management: a structured literature review of definitions and measures at the dyad, chain and network levels. *Supply Chain Management: An International Journal*, 478-496.
- Kanellopoulos, A., Claassen, G., Banasik, A., Van der Vorst, J., & Bloemhof-Ruwaard, J. (2016). Closing loops in agricultural supply chains using multi-objective optimization: A case study of an industrial mushroom supply chain. *International journal of production economics* , 409-420.
- Knemeyer, & Winter. (2013). Exploring the integration of sustainability and supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 18-38.
- Kumar, R., Yang, J., & Singh, D. (2012). Combustion synthesis of PbO from lead carboxylate precursors relevant to developing a new method for recovering components from spent lead-acid batteries. *Journal Chemical Technology Biotechnology*, 1480-1488.

- Linares. (2021). Economía circular como ventaja competitiva empresarial en las organizaciones del siglo XXI. *Universidad Santo Tomás*.
- López, L. (2021). Estrategia de Economía Circular para incrementar la competitividad de la industria de la moda. *Pontificia Universidad Javeriana*, 11-12.
- Lorenzo, T. (2021). Economía circular y producción lean en la gestión de las cadenas de suministro: Un modelo de simulación. *Universidad de Oviedo*, 71-72.
- Martinez, H., Bravo, E., & Becerra, L. (2013). Gestión de la tecnología: estructura intelectual de las investigaciones de la última década. *Universidad Industrial de Santander*, 90-106.
- Mohamad, A., Shekarian, E., & Vejrum, B. (2021). Circular economy framework for automobiles: Closing energy and material loops. *Ind. Ecol*, 877-889.
- Montagna, A., & Cafaro, D. (2019). Supply chain networks servicing upstream operations in oil and gas fields after the shale revolution. *AIChE Journal*.
- Moreno, C., Montoya, J., Jaegler, A., & Gondran, N. (2019). Sustainability metrics for real case applications of the supply chain network design problem: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 600-618.
- Moreno, G. (2018). Economía circular: Crecimiento inteligente, sostenible e integrador. *Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales*.
- Moroni, L. (2021). An examination of competitive strategy in buyer-supplier relationships for remanufacturing. *Journal of Remanufacturing*, 147-174.
- Munguia, E. (2022). Factores de la economía circular en la empresa textil Mantari Sweater. *Universidad continental*.
- Ocio, A. (2021). *Revisión de la literatura de la logística inversa*. Lima, Perú.

- ONU. (16 de Septiembre de 2021). *Agencias de la ONU presentan los últimos datos científicos sobre el clima: los efectos se aceleran*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas: <https://unfccc.int/es/news/agencias-de-la-onu-presentan-los-ultimos-datos-cientificos-sobre-el-clima-los-efectos-se-aceleran#:~:text=Las%20concentraciones%20de%20gases%20de%20efecto%20invertido%20en,en%20la%20Ciencia%202021%2C%20elaborado%20por%20diversos>
- Ortiz, J. (2004). *Cadena de suministro de ciclo cerrado: Estructura conceptual y modelamiento*. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Palacio, F., & Libreros, Y. (2017). Análisis del crecimiento del comercio electrónico en Colombia. *Universidad católica Lumen Gentium - Unicatólica, Repositorio institucional*.
- Panda, S., Mohan, N., & Cárdenas, L. (2017). Coordinating a socially responsible closed-loop supply chain with product recycling. *Int. J. Production Economics*, 11-21.
- Paydar, M., Hajiaghaei-Keshteli, M., & Cheraghalipour, A. (2018). A bi-objective optimization for citrus closed-loop supply chain using pareto-based algorithms. *Applied soft computing* , 33-59.
- Pereira, M., Machado, R., Silvio, I., & Pereira, M. J. (2018). Forecasting scrap tires returns in closed-loop supply chains in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 741-750.
- Perez, L., al., e., Saucedo-Martinez, J., Salas-Fierro, T., & Marmolejo-Saucedo, J. (2016). Congreso internacional de logística y cadena de suministro . *Caracterización de modelos de negocio*.

- Pineda, L., al, e., Campo, W., Restrepo, P., Estrada, D., & Gómez, C. (2018). *SupplyChain, evolución desde la década de los 50's*. Ibagué: Universidad Abierta y a Distancia.
- Pinzón, E. (2013). *Universidad Libre*. Obtenido de Manual para la implementación de compras verdes : <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10603/Monografia%20compras%20verdes%20V5%20Final%20Final.pdf?sequence=1>
- Polo, A., Numar, P., Muñoz, D., Cañon, A., & Escobar, J. (2019). Robust design of a closed-loop supply chain under uncertainty conditions integrating financial criteria. *Omega*, 110-132.
- Rayas, V., & Serrato, M. (2017). A framework of the risk assessment for the supply chain of hazardous materials. *Netnomics*, 215-226.
- Razmi, J., Torabi, S., & Pishvae, M. (2014). An accelerated benders decomposition algorithm for sustainable supply chain network design under uncertainty: A case study of medical needle and syringe supply chain. *Transportation research part E: Logistics and transportation review*, 14-38.
- Regiani de Campos, E., Tavana, M., Schwengber ten Caten, M., Bouzon, M., & Carísio de Paula, I. (2021). A grey-DEMATEL approach for analyzing factors critical to the implementation of reverse logistics in the pharmaceutical care process. *Environmental Science and Pollution Research*, 14156-14176.
- Ribeiro, R., Ghisolfi, V., Lorena, G., & Helena, L. (2017). System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers. *Waste Management*, 14-31.
- Ricciardi, Storchi, & Crainic. (2009). Models for evaluation and planning city logistics systems. *Transportation science*, págs. 432-454.

- Rios, Hernandez, Ozdemir, & Litvinchev. (2014). Multiperiod and Stochastic Formulations for a Closed Loop Supply Chain with Incentives. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 201-211.
- RLG. (2020). Obtenido de Reverse Logistics Groups: <https://www.revlog.com/solutions>
- Rodríguez, E., Amirhossein, S.-A., Ali, Z., Fatemeh, G.-J., & Mostafa, H.-K. (2022). Designing a closed-loop supply chain network considering social factors: A case study on avocado industry. *Applied mathematical modelling*, 600-631.
- Rodriguez, Fernandes, Bortoluzzi, Costa, G. d., & Lima, P. d. (2018). Developing criteria for performance assessment in municipal solid waste management. *Journal of Cleaner Production*, 748-757.
- Rogers, & Tibben-Lembket. (2001). An examination of reverse logistics practices. *Journal of business logistics*, 129-148.
- Rojas, A. (2014). Operadores logísticos de clase mundial: marcha por un camino de excelencia. *Universidad Militar Nueva Granada. Repositorio institucional*.
- Romero, F., & Carvajalino, J. (2020). Impacto de la economía circular en los objetivos de desarrollo sostenible: análisis de organizaciones adheridas a Pacto Global Red Colombia de las Naciones Unidas. *ean University*.
- Rouse. (2012). Downcycling.
- Ruiz, A., Mahmoodi, F., Ohmori, S., & Hlali, A. (2022). Suppliers portfolio and returner incentive decisions in closed-loop remanufacturing systems under multiple stochastic scenarios. *International Journal of Sustainable Engineering*, 208-225.
- Sánchez, L. (2016). Los desafíos de la logística urbana: Una propuesta de planeación centrada en la mejora de la movilidad. *Congreso internacional de logística y cadena de suministro. Mérida, Yucatán. México*.

- Santos, L., & Machado, R. (2021). Application of optimization methods in the closed-loop supply chain: a literature review. *Journal of Combinatorial Optimization*, 357-400.
- Santos, M., Neto, C., & Silva, M. (2019). Forecasting model to assess the potential of secondary lead production from lead acid battery scrap. *Environ Science*, 5782-5793.
- Sariatli, F. (2017). Linear economy versus circular economy: A comparative and analyzer study for optimization of economy for sustainability. *Visegrad journal on bioeconomy and sustainable development*, 31-34.
- Scur, G., Mattos, C., Hilsdorf, W., & Armelin, M. (2022). Lead acid batteries (LAB's) closed-loop supply chain: The Brazilian case. *Department of production engineering, university center of FEI (Inaciana Educational Foundation), Sao Bernardo do campo, Brazil*.
- SEDESOL. (2012). Sistema Urbano Nacional. *Secretaria de Desarrollo Social*, 8.
- Sehmen, Vazquez, Farias, & Campos. (2019). Circular economy: benefits. *Supply Chain Management: An International Journal*, 784-804.
- Sepulveda, J., & Benitez, P. (2016). Coordination and return uncertainties in closed loop supply chains. *International Conference on Computers Communications and Control*, 188-195.
- Silviano, A. (2017). On an Optimal Production-Inventory Plan for a Closed Loop Supply Chain.
- Soleímani, H., Kannan, D., & Govindan, k. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of operational research*, 603 - 626.
- Stefan, Jens, & Grosvold. (2014). Squaring the circle supply chain management. *An international Journal*, 292-305.

Stephen, & Hosoda. (2017). *A unified theory of the dynamics of closed-loop supply*. United Kingdom: European Journal of Operational Research.

Suazo-Paéz, B. (2017). Economía circular en Chile: alcances, problemas y desafíos en la gestión de la ley REP .

Tavares, A., Barbastefano, R., Scavarda, L., Goncalves dos reis, J., & Castro, M. (2020). *Industrial Engineering and Operations Management Springer*. En B. Márcia, N.-e.-S. Daniel, & B. Míriam, *Framework Proposal to Organize Sustainability Strategies Towards a Transition to the Circular Economy* (págs. 257-272). Rio de Janeiro, Brazil, Federal University of Santa Catarina: Proceedings in Mathematics & Statistics 337.

Universidad de Piura. (9 de Julio de 2020). *Dirección de comunicación*. Obtenido de La logística inversa nos puede ayudar a limpiar el planeta: <http://udep.edu.pe/hoy/2020/la-logistica-inversa-nos-puede-ayudar-a-limpiar-elplaneta/>

Valenzuela, J., Pérez, E., & Alfaro, M. (2019). *Diseño de la cadena logística inversa para modelo de negocio de economía circular*. Obtenido de Scielo - Ingeniería Industrial: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362019000300306&lng=es&tlng=es.\)](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362019000300306&lng=es&tlng=es.)

Vargas, J. (2020). Procesos de logística inversa dentro de la cadena de suministro cerrada para las embotelladoras de plástico de Coca Cola Femsa México y Colombia. *Universidad del Rosario*.

Velez, P., & Prada-Ospino, R. (2018). Bibliographic analysis between the theory of the supply chain orientation with different interactions in the value network of small and

- medium-sized enterprises. *Handbook of Research on Intrapreneurship and Organizational Sustainability in SMEs*, 391-411.
- Vicente-Bittar, A. (2018). Selling remanufactured products: Does consumer environmental consciousness matter? *Journal of Cleaner Production*, 527-536.
- Villamizar, N. (2012). Estudio de la influencia de los stakeholders en la implementación . *Universidad Nacional de Colombia*.
- Wang, F., Huisman, J., Bakker, C., & Hollander, M. (2014). Products that go round: exploring products life extension through design. *Journal of cleaner production*, 10-16.
- Young, R. (2005). Vulnerabilidad de las cadenas de suministro.
- Zeballos, L. (2021). Approach for improving the life-cycle profit exploring remanufacturing conditions. *Computers & Industrial Engineering*, 152.
- Zeballos, L., Méndez, C., & Barbosa, A. (2016a). Design and Planning of Closed-Loop Supply Chains: A Risk-Averse Multistage Stochastic Approach. *I&EC research*, 6236-6249.
- Zeballos, L., Méndez, C., & Barbosa, A. (2016b). Managing Risk in the Design of Product and Closed-Loop Supply Chain Structure. *The 6th IESM Conference*.
- Zeballos, L., Méndez, C., & Barbosa, A. (2016c). Risk Measures in a Multi-stage Stochastic Supply Chain Approach. *The 6th IESM Conference*.