

5

Economía circular: prácticas e impacto en el desempeño de la sostenibilidad en las cadenas de suministro

.....

***Circular economy: practices
and impact on sustainability
performance in supply chains***

Bertha Lucía Santos Hernández
Doctora en Ciencias Administrativas
Universidad Vizcaya de las Américas, México
lucy_santoshdz@yahoo.com.mx; santoshernandez.2011@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6336-3413>

Ma. Loecelia Ruvalcaba Sánchez
Doctora en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro
Centro de Investigación en Ciencias de Información
Geoespacial (CentroGeo), México
lruvalcaba@centrogeo.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-4225-9032>



Resumen

Los efectos del calentamiento global han ido en aumento, lo cual ha enfatizado la gran preocupación en el ámbito mundial por frenar su avance. Ante esta situación las empresas cada vez son más conscientes y adoptan prácticas sostenibles y de economía circular en sus cadenas de valor; por tanto, el objetivo de esta investigación es determinar el efecto de las prácticas de economía circular en el desempeño de la gestión de la sostenibilidad dentro de la cadena de suministro en sus dimensiones ambiental y financiera; se utilizó el método multivariado, modelo de ecuaciones estructurales SEM con cuadrados mínimos parciales para probar la hipótesis; la muestra se integró con 200 empresas que pertenecen al sector de manufactura ubicadas en Aguascalientes, México. Los resultados reflejan el compromiso con la gestión ambiental por parte de los directivos de las empresas estudiadas y destacan las estrategias consistentes en la creación de procesos diseñados para la minimización de desechos, así como la venta de materiales usados, lo cual ha impactado principalmente en el desempeño ambiental; sin embargo, aún falta mucho por hacer, en especial en cuanto a sistemas de reciclaje. Se evidenció la confiabilidad y validez, se probó la hipótesis, con lo que se puede concluir que existe evidencia empírica y estadística suficiente que avala la relación, directa y positiva, entre las prácticas de economía circular y el desempeño de la gestión de la sostenibilidad de la cadena de suministro en sus dimensiones ambiental y financiera.

Palabras claves: Cadena de suministro; sostenibilidad; economía circular; industria; manufactura.

Abstract

The effects of global warming have been increasing, which has emphasized the concern at the worldwide level of curbing its advance. Given this situation, companies are becoming increasingly aware and adopting sustainable and circular economy practices in their value chains; therefore, the objective of this research is to determine the effect of circular economy practices on the performance of sustainability management at the supply chain level in its environmental and financial dimensions; the multivariate method, SEM structural equation model with partial least squares, was used to test the hypothesis; the sample was integrated with 200 companies belonging to the manufacturing sector located in Aguascalientes, Mexico. The results reflect the commitment to environmental management on the part of the managers of the companies studied, highlighting strategies consisting of the design of processes designed to minimize waste, as well as the sale of used materials, which has had a major impact on environmental performance; however, there is still much to be done, especially in terms of recycling systems. Reliability and validity were evidenced, the hypothesis was tested and it can be concluded that there is sufficient empirical and statistical evidence that supports the direct and positive relationship between circular economy practices and the performance of supply chain sustainability management in its environmental and financial dimensions.

Keyword: Supply chain; sustainability; circular economy; industry; manufacturing.

Introducción

La esperanza de vida está aumentando y, a pesar de la disminución de la tasa de natalidad, se prevé que para finales del siglo habrá 11.000 millones de personas en todo el mundo. En América Latina y el Caribe se estima que para el año 2058 haya 768 millones de habitantes (ONU, 2023). La población crece junto con la demanda de bienes y servicios, lo que resulta, a su vez, en una mayor demanda de recursos naturales y una mayor carga ambiental. Por lo tanto, el futuro consumo de recursos y la contaminación amenazan la sostenibilidad (UNEP, 2011).

En la actualidad, a 2023, al menos 8000 millones de personas en el mundo tendrán necesidades de espacio, vivienda, comida, transporte y ropa. Para satisfacer estas necesidades se consumen alrededor de 100.000 millones de toneladas de materiales. Más del 90 % de la pérdida total de biodiversidad mundial se debe a su extracción, manejo y uso. Ello también está relacionado con el 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, cuyo aumento ha generado la mayor parte del impacto ambiental en los últimos 100 años (Circle Economy, 2021).

En este sentido, el modelo de negocios lineal que ha prevalecido durante décadas se caracteriza por el uso de materias primas como insumos en los procesos productivos, las cuales se transforman en productos que se venden, se utilizan, llegan al final de su vida útil y son dejados como desechos o quemados. Sin embargo, este modelo no es adecuado para la sostenibilidad ambiental y la eficiencia de los recursos, por lo que no puede seguir siendo aplicado (Stahel, 2010).

Al respecto, Naciones Unidas (ONU, 2023a), en su informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), señala que los planes para su aceleración deben incluir la producción y consumo responsable e insistir en prácticas sostenibles que optimicen el uso de los recursos sin afectar el crecimiento económico, especialmente en los países en vías de desarrollo (en alusión a la cuarta esfera prioritaria de medidas urgentes). En consecuencia, se considera necesario transitar de una economía en la cual se hace uso intensivo de los recursos a un sistema de producción y consumo cuya utilización resulte más eficiente y eficaz, como lo propone la economía circular (Van Hoof *et al.*, 2023).

Dicho modelo, es decir, el de economía circular, enfatiza acciones ambientales mediante la fabricación de productos con una vida útil más larga (Stahel, 2010) y el diseño de procesos productivos que utilicen racionalmente los recursos naturales para evitar su agotamiento y degradación ambiental a través de la cooperación entre proveedores, empresas y consumidores que cuando se integra con otras prácticas asume relevancia económica y política (Ioppolo *et al.*, 2014). Por lo que se considera un vehículo importante para dar cumplimiento a las metas de descarbonización y permite avanzar hacia el logro de los ODS como parte de la agenda 2030 (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Sin embargo, para avanzar hacia la economía circular, es necesario tener en cuenta aspectos como la generación de valor, la evaluación de riesgos, las perspectivas a largo plazo, la colaboración y los mecanismos de evaluación de proyectos para asegurar la previsibilidad y

la transparencia. Por lo tanto, se espera que los modelos de negocios integren los principios de la economía circular y el marco de las 9R en sus procesos de toma de decisiones, y que encuentren la manera de entregar productos y servicios a la sociedad que sean rentables, y que al mismo tiempo sea posible mitigar las crisis planetarias actuales, como los efectos del cambio climático (UNEP, 2023b).

Ante esta situación, las empresas han desarrollado una mayor conciencia sobre el cuidado del medioambiente, y su trabajo en red, en cadenas de suministro, para proporcionar productos o servicios ha ganado popularidad tanto por su importancia como por los beneficios que se pueden obtener en términos de costos (Lai & Cheng, 2009). La preocupación compartida entre las empresas que integran la cadena de suministro desencadena acciones o prácticas donde la colaboración es relevante para alcanzar objetivos ambientales y de productividad (Georgiadis & Besiou, 2008).

En este orden, es preocupante la situación en América Latina y el Caribe, ya que la mayoría de estos países tienen una participación desigual en las cadenas de valor, siendo muchos de ellos proveedores de materias primas y productos de manufactura básicos. La industria manufacturera y sus exportaciones se basan principalmente en la transformación de recursos naturales, lo que representa al menos el 75 % de las exportaciones en Sudamérica, en tanto el 5 % de las de Centroamérica y el Caribe dependen de productos primarios y de manufactura basada en recursos naturales (Cepal, 2020).

Es importante considerar que América Latina y el Caribe albergan el 40 % de la biodiversidad mundial, el 10 % de los arrecifes de coral, el 12 % de los bosques de manglares y una gran cantidad de humedales, todos los cuales son cruciales para los ecosistemas naturales (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2021). Como resultado, las cadenas de suministro manufactureras latinoamericanas están expuestas a los efectos del cambio climático, especialmente en lo que respecta a los productos primarios y de fabricación basada en recursos naturales, por lo que sus actividades impactan significativamente en el logro de los objetivos ambientales, como la economía circular y su vínculo con actividades como la gestión de residuos y del agua, particularmente en sectores cuya infraestructura de recolección y reciclaje resulta inadecuada (UNEP, 2023a).

A pesar de todo, en los últimos cinco años ha habido una disminución en la circularidad, pasando del 9,1 % al 7,2 %. Esto significa que solo el 7,2 % de los materiales regresan a la economía global, lo que indica que no circula al mismo ritmo de consumo. Como resultado, mientras no se logre reducir la utilización de materiales, el indicador que sirve para medir la circularidad seguirá disminuyendo. En esta situación, la participación de la industria manufacturera es vital. Ante esta situación surge la duda respecto a los motivos que influyen en su disminución, y entre los cuestionamientos realizados se tiene el siguiente: ¿cuál es el impacto de las prácticas de economía circular en su desempeño financiero y ambiental (desempeño sostenible) en cadenas de suministro manufactureras?

Objetivos e hipótesis

Dado lo expuesto anteriormente, más el evidente interés que ha despertado el tema de la economía circular y el hecho de que en la revisión de la literatura no se encontraron investigaciones previas que describan, dimensionen y relacionen las prácticas de economía circular y su efecto en el desempeño sostenible de manera similar a esta, el presente estudio planteó como objetivo general, objetivo específico e hipótesis lo que sigue:

El objetivo general es determinar el impacto de las prácticas de economía circular en el desempeño de sostenibilidad en sus dimensiones ambiental y financiera dentro de las cadenas de suministro en el sector de la industria de manufactura, en el contexto de una economía emergente latinoamericana. Como objetivo específico se busca describir el estado de las prácticas de economía circular de las cadenas de suministro en las dimensiones y contexto señalados.

Con alcance explicativo, diseño no experimental, transversal y correlacional causal se tienen las siguientes hipótesis de carácter correlacional, las cuales resultan congruentes con el diseño de investigación descrito:

H1: Las prácticas de economía circular tienen un efecto directo y significativo en el desempeño sostenible de la cadena de suministro en su dimensión ambiental.

H2: Las prácticas de economía circular tienen un efecto directo y significativo en el desempeño financiero de la cadena de suministro.

Aunado a lo anterior, es pertinente señalar que la economía circular se encuentra en etapas preliminares de implementación, en especial en economías emergentes, por lo que la presente investigación pretende contribuir con evidencia empírica a dicho contexto. Además, la investigación contribuye a la brecha reconocida por Ahmad *et al.* (2023), quienes en su revisión de literatura señalan la necesidad de contar con evidencia empírica sobre la sostenibilidad, el desempeño y las implicaciones, así como la resiliencia de cadenas de suministro circulares, lo cual se ubica en una de las seis corrientes identificadas en la literatura en torno a la investigación sobre economía circular: cadenas de suministro e implementación de economía circular.

Economía circular, conceptualización

La economía circular, que permitiría alcanzar objetivos económicos y ambientales, surgió en 1988 como una alternativa a problemas como la degradación ambiental y el agotamiento de recursos (Yuan *et al.*, 2006). El enfoque implica la organización de las prácticas económicas de tal manera que se retroalimenten; es decir, las materias primas se transforman en productos y subproductos que pueden ser utilizados como insumos en otras industrias (Geng & Doberstein, 2009); así, el desarrollo económico se logra sin poner en peligro los recursos naturales, a lo que se suma la capacidad de aprovechar los desechos que pueden ser utilizados como insumos en otras industrias.

Se caracteriza por la reducción o eliminación de desperdicios mediante la conservación de recursos gracias al diseño adecuado de procesos productivos y a la selección de materiales,

lo que permite la conservación de materia prima y energía durante todo el proceso. Esto alarga el ciclo de vida del producto y lo convierte en un insumo para otros procesos con ciclos de materiales inversos que a la postre mejoran la eficiencia de la organización. Los procesos productivos pueden recuperar material y energía, mejorando así la vida útil y el ciclo económico del producto (Ghisellini *et al.*, 2016).

El propósito de esta idea fue reducir la sobrecarga de recursos naturales en el medioambiente. Esto puede aplicarse en un nivel macro, en ecorregiones; meso, en parques ecoindustriales, y micro, en empresas ecológicas (Yuan *et al.*, 2006). Los actores empresariales, la autorregulación de la industria, la participación pública, las políticas y los fundamentos técnicos han sido identificados en este nivel de investigación (Du *et al.*, 2009). Las dimensiones macro, meso y micro se denominan de acuerdo con Van Hoof *et al.* (2023) y se relacionan con mecanismos que afectan la toma de decisiones de los gerentes y empresarios para crear las condiciones adecuadas a fin de transitar hacia una economía circular (**Figura 5.1**).



Fuente: Elaboración propia con información de Van Hoof *et al.* (2023).

Cada dimensión funciona en diferentes niveles, y se complementan de manera sistémica. El diseño se basó en estudios de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) y de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), además de revisiones de literatura y la consideración de la complementariedad de niveles de empresas, cadenas de valor y contexto empresarial, para exponer información sobre la viabilidad asociada al escalamiento de la estrategia (Van Hoof *et al.*, 2023).

En resumen, la economía circular es una perspectiva donde se transforma la función de los recursos: de ser un residuo en una fábrica, un recurso pasa a ser un insumo en otro proceso, y así los productos no se pierden, sino que pueden repensarse, reutilizarse, repararse,

restaurarse, remanufacturarse, reducirse, reproponerse, reciclarse y recuperarse (Potting *et al.*, 2017). En la economía circular se elimina el uso de productos tóxicos, ya que pone en riesgo su reutilización; se utiliza energía renovable; se alarga el ciclo de vida gracias a la restauración y se eliminan los residuos mediante el diseño de materiales, productos, sistemas y modelos de negocio (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

Sostenibilidad y cadenas de suministro

El concepto de *gestión de la sostenibilidad de la cadena de suministro* surgió, precisamente, de la interacción entre la sostenibilidad y las cadenas de suministro. Inicialmente se pensó como una combinación del desarrollo sostenible y la gestión de la cadena (Dyllick & Hockerts, 2002). Es importante recordar que el *Informe Brundtland*, de 1987, introdujo el concepto de *desarrollo sostenible*, en el cual se destacan tres aspectos: social, económico y ambiental (Elkington, 1997; Sacaluga *et al.*, 2011).

Posteriormente se definió como la gestión del flujo de materiales, información y capital, además de la gestión de la sostenibilidad de la cadena de suministro y la cooperación entre las empresas de esta, tomando en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible, así como la integración estratégica y el logro de los objetivos de una organización a través de un conjunto de operaciones que mejoran la mencionada cadena (Carter & Rogers, 2008; Seuring & Müller, 2008).

Sus principios incluyen la eliminación de desechos y contaminación por diseño, el mantenimiento de materiales y productos en uso y la regeneración de sistemas naturales (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Estos principios fomentan el pensamiento circular, lo que significa que los productos usados se pueden reutilizar eficientemente para evitar nuevas corrientes de diseño y preservar el medioambiente (Kapsalis *et al.*, 2019).

Economía circular y sostenibilidad

Los ODS establecidos en la Agenda 2030 pasan por asegurar estándares de producción y consumo sostenibles, donde la gestión sostenible, el uso eficiente de los recursos naturales, la mitigación de la contaminación y su impacto pugnan por la implementación de prácticas que eviten la generación de residuos, y garanticen la priorización de la reutilización y el establecimiento de procesos de reciclaje (Asamblea General de la Organización de Naciones Unidas, 2015). Al respecto, es conveniente el abordaje de políticas públicas dirigidas a sectores como la manufactura industrial, el compromiso del sector empresarial con la sostenibilidad y la adopción de nuevos enfoques que puedan alinearse con otros modelos de negocios (Cepal, 2016).

En este sentido, las prácticas de economía circular, en conjunto con los modelos de negocio, contribuyen al logro de los ODS, particularmente aquellos que promueven el crecimiento económico y el empleo, la eliminación de la pobreza, el fin del hambre y la producción sostenible de alimentos. La propuesta de economía circular consiste en reducir el impacto ambiental, al tiempo que se promueve el crecimiento económico a través del desarrollo empresarial, para de esta manera generar más fuentes de ingresos (Kalmykova *et al.*, 2018),

así como la disminución de las emisiones, los residuos, los materiales y la energía, a fin de contribuir a la sostenibilidad (Geissdoerfer *et al.*, 2017).

Economía circular y cadenas de suministro

De acuerdo con diversos autores, entre ellos Córdova y González-Pérez (2019), para alcanzar los objetivos de la economía circular se precisa la participación de todos los involucrados en las cadenas de suministro, desde el proveedor hasta el responsable de la disposición final del producto; asimismo se pretende garantizar la sostenibilidad en toda organización. Como puede advertirse, tal transformación ha de ser impulsada por los líderes de cada una de las organizaciones implicadas en las cadenas de suministro; sin embargo, no resulta sencillo alinear tan variadas pretensiones de quienes además deben estar convencidos de los beneficios que de aquella se desprenden. Se debe considerar que nuestros países latinoamericanos se enfrentan a diversos problemas, como la falta de recursos económicos, infraestructura y tecnología, principalmente en pequeñas empresas, las cuales, por cierto, predominan en nuestro país.

Al respecto, Moreno-Luzon *et al.* (2019) proponen una integración avanzada con proveedores de pequeñas y medianas empresas para alcanzar la circularidad de la cadena de suministro, lo que implica compartir conocimientos con ellos y reconfigurar los recursos para fomentar la innovación. La innovación en términos de sostenibilidad es posible al asumir el compromiso de implementar prácticas ambientales, económicas y sociales, de forma que se logre un equilibrio entre las dimensiones de la sostenibilidad. Finalmente, la comunidad académica busca contribuir con la generación de conocimiento que se desprende de investigaciones científicas, con rigor científico, sobre la integración de prácticas sostenibles que pueden tener un impacto positivo tanto en la sociedad como en el medioambiente (Mejía & Ayala, 2023).

Metodología

Para lograr el objetivo de investigación (determinar el impacto de las prácticas de economía circular en el desempeño de sostenibilidad en sus dimensiones ambiental y financiera dentro de las cadenas de suministro en el sector de la industria de manufactura, en el contexto de una economía emergente latinoamericana) se propuso una investigación empírica con enfoque cuantitativo, el cual se caracteriza por partir de la teoría para plantear hipótesis, más la recolección de información empírica, medible, operacionalizada como una aproximación de la realidad y al objeto de estudio (Monje, 2011). Es una investigación no experimental, debido a que no se manipularon deliberadamente las variables, y transversal, puesto que las mediciones fueron hechas en un momento del tiempo; asimismo, se denominó *correlacional causal*, ya que se buscó describir la relación entre las variables de estudio, así como llevar a cabo un análisis de la relación de causalidad entre estas (Hernández *et al.*, 2014).

Se utilizó como instrumento de recolección de datos un cuestionario compuesto por ítems que miden las prácticas de economía circular propuestas en la escala de Zhu *et al.* (2010), en la cual se aplica una escala de Likert de cinco puntos para evaluar cada una de las prácticas dentro de la industria manufacturera, que se interpreta de la siguiente manera: (1) no se considera, (2) planea considerarla, (3) se considera actualmente, (4) se va a iniciar

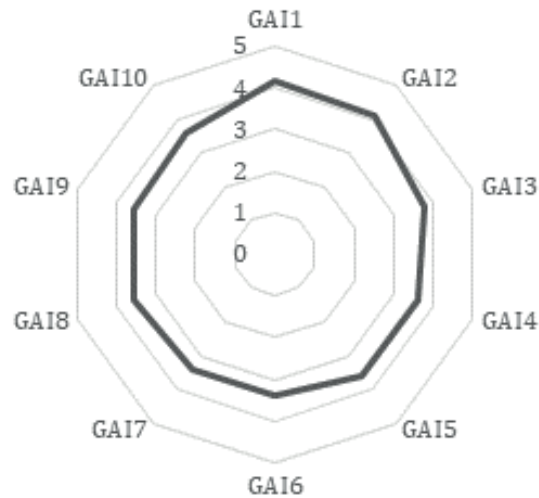
su implementación, (5) se está implementando exitosamente. En cuanto a la medición del desempeño ambiental se utilizó la escala Das (2017) con una escala de Likert de cinco puntos para medir la adopción de prácticas de gestión de la sostenibilidad dentro de la cadena de suministro, donde se expresa si la organización ha logrado cada una de las aseveraciones al respecto, y se interpreta (1) nada cierto, (2) poco cierto, (3) algo cierto, (4) considerablemente cierto, (5) absolutamente cierto. Con respecto al desempeño financiero, la escala de Leonidou *et al.* (2013) se ajustó también a una escala Likert de cinco puntos.

Las unidades de análisis de las cuales se recolectó la información se determinaron a partir de la pregunta de investigación; para este caso se refieren a las unidades económicas manufactureras pequeñas, medianas y grandes establecidas en la ciudad de Aguascalientes y Jesús María, Ags.; en ambas se encuentra más del 85 % de las unidades económicas con los rasgos señalados en todo el estado. Para establecer el tamaño de la muestra se consideró lo señalado por Barret (2007), Hair *et al.* (1999) y Kline (1998), quienes señalan como apropiada la cantidad de 200 para realizar ecuaciones estructurales. El instrumento de recolección de datos se administró de manera presencial a gerentes, subgerentes generales, de producción, logística o calidad de pequeñas, medianas y grandes empresas de la industria manufacturera ubicadas en Aguascalientes, a quienes se les cuestionó sobre las variables latentes señaladas (la economía circular se midió a través de prácticas definidas para dicho constructo).

En cuanto a la estrategia de análisis de datos, se eligió la modelación de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales o PLS-SEM (*partial least squares-structural equation modeling*) para analizar las relaciones entre las variables latentes con SmartPLS (Ringle *et al.*, 2015). Esta técnica se utiliza con el fin de realizar un análisis causal predictivo cuyo procedimiento matemático y estadístico es considerado robusto, a pesar de que el modelo es flexible, de modo que no es necesario el cumplimiento de condiciones estrictas respecto a la distribución de datos ni al tamaño de la muestra. Dicha técnica implicó la realización de pruebas pertinentes tanto para el modelo estructural como para el modelo de medida (Hair *et al.*, 2016).

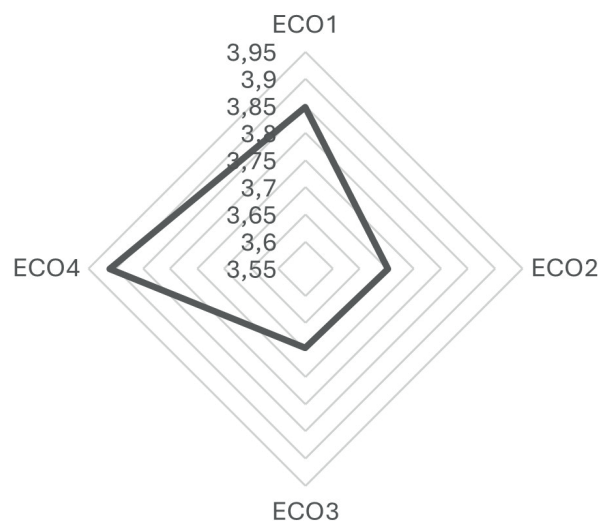
Resultados

Después del vaciado y limpieza de datos se procedió al análisis mediante estadística descriptiva, de donde se extrajeron las gráficas procesadas en Excel, como se muestra en la **Figura 5.2**, la **Figura 5.3**, la **Figura 5.4** y la **Figura 5.5**, para cumplir con los objetivos específicos, los cuales consisten en describir las prácticas de economía circular de las cadenas de suministro manufactureras en el contexto de una economía emergente latinoamericana:

Figura 5.2. Prácticas de economía circular en la dimensión gestión ambiental interna

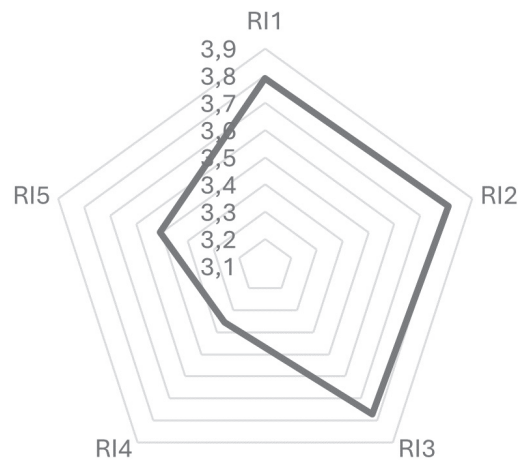
Fuente: Elaboración propia con base en los datos recolectados.

Los puntajes son similares entre sí; sin embargo, se aprecia el despunte en el ítem GAI1 ($\mu = 4,16$), el cual corresponde al compromiso de gestión ambiental por parte de la alta dirección para iniciar la implementación en su fase inicial. En el ítem GAI10 ($\mu = 3,18$), a su vez, hay un descenso muy ligero en el promedio, es decir, los primeros indicios de la generación de informes ambientales para la evaluación interna.

Figura 5.3. Prácticas de economía circular en la dimensión gestión ecodiseño

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recolectados.

En cuanto a la dimensión de ecodiseño, en términos generales las prácticas de economía circular no se implementan exitosamente aún; sin embargo, se encuentra considerada para su implementación en etapa inicial en cuanto ECO4, que corresponde al diseño de procesos para minimizar los residuos ($\mu = 3,9$), en contraposición al resto de los ítems, que corresponden al diseño de productos con puntaje ligeramente menor ($\mu = 3,6$).

Figura 5.4. Prácticas de economía circular en la dimensión recuperación de la inversión

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recolectados.

La práctica de economía circular con un puntaje mayor RI1 ($\mu = 3,81$) refiere la recuperación de la inversión a manera de la venta de excedentes de inventarios o materiales, al igual que RI2, que habla de la venta de chatarra y materiales usados; es posible advertir un puntaje marcadamente menor RI4 ($\mu = 3,0$) con relación al hecho de establecer sistemas de reciclaje de productos y materiales al final de su vida útil.

Figura 5.5. Desempeño ambiental y desempeño financiero

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recolectados.

En cuanto al desempeño ambiental se identificó con mayor puntaje DA4, que corresponde a la disminución de la frecuencia de accidentes, y con $\mu = 3,81$ DA5, que representa lo concerniente a la protección de la biodiversidad en el entorno. Con relación a la dimensión financiera, se refleja un puntaje de $\mu = 4,2$ sobre volumen de ventas correspondiente a DF6, y de $\mu = 3,1$ a DF8, que corresponde, a su vez, al flujo de fondos.

Respecto a la prueba de hipótesis y al cumplimiento del objetivo general de investigación planteado, se recurrió a la estadística inferencial; más concretamente, se analizaron los datos recolectados con el *software* SmartPLS (Ringle *et al.*, 2015). Como primer paso se procedió a obtener los cálculos de validez y confiabilidad, y después se probó la relación

estructural entre los factores de las prácticas de economía circular y el desempeño sustentable (ambiental y financiero).

Respecto a la evaluación de la validez de contenido, se examinaron las cargas factoriales del instrumento, frente a lo cual Bagozzi y Yi (1990) indican que estas deben ser superiores a 0,0 para demostrar validez convergente (**Tabla 1**) y valores t superiores a 2,54 (***), expuestos en la **Tabla 2**, por lo que dicho examen reveló validez convergente del modelo, con un nivel de confianza del 99 % (Hair *et al.*, 2006). Por otro lado, la confiabilidad del modelo teórico se examinó mediante la realización de una prueba alfa de Cronbach junto con el índice de confiabilidad compuesto (CR); los valores obtenidos fueron superiores a lo estipulado por Bagozzi y Yi (1990), por lo que se tiene evidencia de confiabilidad en las escalas empleadas en el modelo teórico (Nunnally & Bernstein, 1994). Los resultados se muestran en la **Tabla 5.1**.

Tabla 5.1. Consistencia convergente y validez interna del modelo teórico

	Cronbach's Alpha	rho_A	CR	AVE
ECO	0,8226113	0,8279937	0,8832912	0,6553054
EPR	0,8688604	0,8915818	0,9057155	0,6605414
FIP	0,9143849	0,9184797	0,9315998	0,6607625
IEM	0,9445873	0,9462739	0,9525518	0,6677644
IR	0,8542577	0,8676649	0,8967963	0,6373073

	Cronbach's Alpha	rho_A	CR	AVE
Ecodiseño	0,8226113	0,8279937	0,8832912	0,6553054
DA	0,8688604	0,8915818	0,9057155	0,6605414
DF	0,9143849	0,9184797	0,9315998	0,6607625
GAI	0,9445873	0,9462739	0,9525518	0,6677644
RI	0,8542577	0,8676649	0,8967963	0,6373073

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos analizados con PLS.

Por otro lado, la **Tabla 5.2** muestra los efectos de las prácticas de economía circular en el desempeño sustentable de la cadena de suministro (ambiental), la cual tiene un coeficiente estandarizado de 0,748 y un valor P menor de 0,001, por lo que la influencia es positiva y significativa; por tanto, no se puede rechazar la hipótesis; y el 74,8 % de los efectos sobre el desempeño sostenible de la cadena de suministro se interpreta como un efecto grande, de acuerdo con Cohen (1988), y el desempeño ambiental se explica en un 55,9 % por prácticas de economía circular ($R^2 = 0,559$). De la misma manera, la segunda hipótesis (las prácticas de economía circular tienen una influencia significativa en el desempeño financiero) sugiere que el 70,1 % de los resultados sobre el desempeño financiero están relacionados con prácticas de economía circular; el valor p es inferior a 0,001, por lo que es un efecto significativo; es un efecto grande (Cohen, 1988) y el desempeño financiero se explica en un 49,2 % (moderado, de acuerdo con Chin, 1998) por prácticas de economía circular. La segunda hipótesis no puede rechazarse.

Tabla 5.2. Resultados de la prueba de hipótesis utilizando el modelado de ecuaciones estructurales (SEM)

Hipótesis	Path	Standardized coefficient	t Value	R2	p value
H1: Las prácticas de economía circular tienen efecto directo y significativo en el desempeño de la sostenibilidad de la cadena de suministro (ambiental).	Prácticas de economía circular Desempeño de la sostenibilidad de la cadena de suministro (ambiental)	0,748	60,771	0,559	0,000***
H2: Las prácticas de economía circular tienen efecto directo y significativo en el desempeño de la sostenibilidad de la cadena de suministro (financiero).	Prácticas de economía circular Desempeño de la sostenibilidad de la cadena de suministro (financiero)	0,701	6,449	0,492	0,000***

NOTA: Significancia: *** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,05$
Tamaños del efecto: $> 0,02$ = Efecto pequeño; $> 0,15$ = Efecto medio; $> 0,35$ Efecto grande (Cohen, 1988).
Valores R2: $> 0,20$ = Débil; $> 0,33$ Moderado; $> 0,67$ = Sustancial (Chin, 1998).

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que existe evidencia empírica estadísticamente significativa del gran efecto de las prácticas de economía circular en el desempeño ambiental y financiero ($\beta = 0.748$ y $\beta = 0.701$), Por tanto, este tipo de prácticas pueden considerarse como un modelo por seguir en las cadenas de suministro de la industria manufacturera, dado que beneficiarán no solo a las empresas, sino también al planeta.

Los hallazgos son congruentes con los señalados por Zailani *et al.* (2012) y Redjeki *et al.* (2021), aunque la evaluación fue realizada en la empresa dentro de la dimensión ecológica. En cuanto a la relación con el desempeño que involucra las finanzas de las empresas (desempeño económico), se coincide aquí con el estudio de Yin *et al.* (2023), quienes resaltan que dicho desempeño abarca dos aspectos: la mejora en las ventas y la participación de mercado, con lo que se concluye que los resultados de su investigación, concerniente a la evidencia de que el impacto de las prácticas de economía circular tiene un efecto significativo en el desempeño corporativo, son significativos y positivos.

Estos descubrimientos proporcionan conocimientos de gestión y políticas para guiar la formación de un marco de operaciones estratégicas y la asignación de recursos para las empresas que busquen incorporar prácticas de economía circular en sus cadenas de suministro. Sin duda, es precisa una reconfiguración de las estrategias comerciales, donde se involucren las cadenas de suministro (Ferasso *et al.*, 2020), en las cuales todos los miembros participen activamente (Berardi & De Brito, 2021), en conjunto con toda la sociedad, para poder transitar hacia la economía circular.

Se espera que, al promoverse una mayor conciencia sobre el cambio climático, sea posible suscitar cambios de actitud y patrones de consumo capaces de impulsar, a su vez, patrones de producción que deben ser atendidos por las cadenas de suministro que incluyan prácticas y tecnologías verdes y sostenibles; no obstante, se requieren asimismo importantes recursos e inversión. Tal inversión es necesaria dentro de prácticas como la economía circular, las cuales podrían garantizar la transición de un modelo lineal de producción hacia uno menos intensivo en el uso de recursos, y, en consecuencia, contribuir así a mitigar los efectos del cambio climático (UNEP, 2023a).

Para futuras líneas de investigación se propone profundizar en las áreas de oportunidad descritas en este documento; por ejemplo, diseñar un sistema de reciclaje que permita la reducción de residuos, en especial los que pudieran ser tóxicos o se denominen *peligrosos*. También se propone el estudio de la relación expuesta en esta investigación en diferentes contextos con la misma perspectiva holística; diseñar y validar escalas de investigación en el contexto latinoamericano con rigor científico sobre las variables señaladas. Finalmente, se sugiere replicar la investigación, pero estratificar las muestras por sector, tamaño de empresa y tipo de mercado para tener grupos que sirvan a la hora de comparar y obtener conclusiones más específicas.

Referencias

- Ahmad, F., Bask, A., Laari, S., & Robinson, C. V. (2023). Business management perspectives on the circular economy: Present state and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122182.
- Asamblea General de la Organización de Naciones Unidas. (2015). *Memoria del Secretario General sobre la labor de la Organización*. <https://undocs.org/es/A/70/1>.
- Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1990). Evaluación de la varianza del método en matrices de múltiples rasgos y múltiples métodos: El caso del afecto y las percepciones autoinformados en el trabajo. *Revista de Psicología Aplicada*, 75(5), 547.
- Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2021). *IDB Lab approves loan to increase digital access to credit for small and medium enterprises in the Caribbean*. <https://bidlab.org/en/news/1824/idb-lab-approves-loan-increase-digital-access-credit-small-and-medium-enterprises>
- Barrett, P. (2007). Structural equation modelling: Adjudging model fit. *Personality and Individual Differences*, 42(5), 815-824
- Berardi, P. C., & De Brito, R. P. (2021). Supply chain collaboration for a circular economy-From transition to continuous improvement. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129511.
- Carter, C. R. & Rogers, D. S. (2008). Un marco de gestión sostenible de la cadena de suministro: Avanzando hacia una nueva teoría. *Revista Internacional de Gestión de Distribución Física y Logística*, 38(5), 360-387.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal]. (2016). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los desafíos del financiamiento para el desarrollo*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal]. (2020). *Construir un nuevo futuro: Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad* (LC/SES.38/3-P/Rev.1).

- Circle Economy. (2021). *The circularity gap report 2021. Solutions for a linear world that consumes over 100 billion tonnes of materials and has warmed by 1-degree.*
- Circle Economy. (2023). *The circularity gap report 2023. A circular economy to live within the safe limits of the planet.*
- Cohen, J. (1988). *Análisis de poder estadístico para las ciencias del comportamiento.* Lawrence Erlbaum Associates.
- Córdova, M., & González-Pérez, M. A. (2019). *Los desafíos de la sostenibilidad en las cadenas de abastecimiento de América Latina.* Departamento Académico de Ciencias de la Gestión. Nota Académica- Miguel Córdova y Maria Alejandra Gonzalez-Perez (pucp.edu.pe)
- Chin, W. W. (1998). El enfoque de mínimos cuadrados parciales para el modelado de ecuaciones estructurales. *Métodos Modernos para la Investigación Empresarial*, 295(2), 295-336.
- Das, D. (2017). Desarrollo y validación de una escala para medir las prácticas y el desempeño de la Gestión Sostenible de la Cadena de Suministro. *Revista de Producción Más Limpia*, 164, 1344-1362.
- Du, H., Li, B., & Ding, H. (2009). Economía circular y desarrollo económico regional en la provincia de Zhejiang, sur de China. *Revista Internacional de Tecnología y Gestión Ambiental*, 11(4), 319-329.
- Dyllick, T., & Hockerts, K. (2002). Más allá del argumento empresarial a favor de la sostenibilidad corporativa. *Estrategia Empresarial y Medio Ambiente*, 11(2), 130-141.
- Elkington, J. (1997). The triple bottom line. En M. Russo, *Environmental management: Readings and cases* (pp. 49-66). Sage Pubns.
- Ellen MacArthur Foundation. (2014). *Hacia una economía circular* (Resumen ejecutivo). Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *City governments and their role in enabling a circular economy transition.* EMF.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). La economía circular: ¿Un nuevo paradigma de sostenibilidad? *Revista de Producción Más Limpia*, 143, 757-768.
- Geng, Y., Zhu, Q., Doberstein, B., & Fujita, T. (2009). Implementing China's circular economy concept at the regional level: A review of progress in Dalian, China. *Waste Management*, 29(2), 996-1002.
- Georgiadis, P., & Besiou, M. (2008). Sustainability in electrical and electronic equipment closed-loop supply chains: A system dynamics approach. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1665-1678.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32.
- Ferasso, M., Beliaeva, T., Kraus, S., Clauss, T., & Ribeiro-Soriano, D. (2020). Circular economy business models: The state of research and avenues ahead. *Business Strategy and the Environment*, 29(8), 3006-3024.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1999). *Análisis multivariante.* Pearson Prentice Hall.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (2006). *Multivariate data analysis.* Pearson Prentice Hall.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C., & Sarstedt, M. (2016). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM).* Sage.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*.
- Ioppolo, G., Cucurachi, S., Salomone, R., Saija, G., & Ciralo, L. (2014). Industrial ecology and environmental lean management: Lights and shadows. *Sustainability*. Sustainability | Free Full-Text | Industrial Ecology and Environmental Lean Management: Lights and Shadows (mdpi.com)
- Lai, K. H., & Cheng, T. C. E. (2009). *Logística justo a tiempo*. Gower.
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Economía circular: Desde una revisión de teorías y prácticas hasta el desarrollo de herramientas de implementación. *Recursos, Conservación y Reciclaje*, 135, 190-201.
- Kapsalis, V. C., Kyriakopoulos, G. L., & Aravossis, K. G. (2019). Investigation of ecosystem services and circular economy interactions under an inter-organizational framework. *Energies*, 12(9), 1734.
- Kline, R. B. (1998). Software review: Software programs for structural equation modeling: Amos, EQS, and LISREL. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 16(4), 343-364.
- Leonidou, L. C., Leonidou, C. N., Fotiadis, T. A., & Zeriti, A. (2013). Recursos y capacidades como impulsores de la estrategia de marketing ambiental hotelero: Implicaciones para la ventaja competitiva y el desempeño. *Gestión Turística*, 35, 94-110. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2012.06.003>
- Mejía, I., & Ayala, S. (2023). Revisión de literatura sobre gestión de cadenas de suministro sostenibles e innovaciones disruptivas en Pymes. *Universidad & Empresa*, 25(44). Revisión de literatura sobre gestión de cadenas de suministro sostenibles e innovaciones disruptivas en Pymes - Dialnet (unirioja.es)
- Mejías Sacaluga, A., García Arca, J., Prado Prado, J. C., Fernández González, A. F., & Comesaña Benavides, J. A. (2011). Modelo para la aplicación de la Responsabilidad Social Corporativa en la Gestión de la Cadena de Suministro. *Dirección y Organización*, (45), 20-31.
- Monje, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. *Universidad Surcolombiana*, 1-216. <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-lainvestigacion.pdf>.
- Moreno-Luzon, M. D., Escorcía-Caballero, J. P., & Chams-Anturi, O. (2019). The integration of the supply chain as a dynamic capability for sustainability: The case of an Innovative organic company. *Knowledge, Innovation and Sustainable Development in Organizations: A Dynamic Capabilities Perspective*, 97-111.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. (1994). *Teoría psicométrica*. McGraw-Hill.
- Organización de Naciones Unidas [ONU]. (2023a). *Informe sobre los objetivos de Desarrollo Sostenible 2023*. <https://mexico.un.org/es/239254-informe-sobre-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-2023-edici%C3%B3n-especial>.
- Organización de Naciones Unidas [ONU]. (2023b). La población mundial sigue en aumento, aunque sea cada vez más vieja. *Impacto Académico*. La población mundial sigue en aumento, aunque sea cada vez más vieja | Naciones Unidas.
- Potting, J., Hekkert, M. P., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). Circular economy: Measuring innovation in the product chain. *Planbureau voor de Leefomgeving*, (2544).

- Redjeki, F., Fauzi, H., & Priadana, S. (2021). Implementation of Appropriate Marketing and Sales Strategies in Improving Company Performance and Profits. *International Journal of Science and Society*, 3(2), 31-38. <https://doi.org/10.54783/ijssoc.v3i2.314>.
- Ringle, C. M., Wende, S., & Becker, J.-M. (2015). SmartPLS. <https://www.smartpls.com>
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710.
- Stahel, W. (2010). *The performance economy*. Springer.
- United Nations Environment Programme (UNEP) Resource Panel. (2011). *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth*. UNEP/Earthprint.
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2023a). *Common framework of sustainable finance taxonomies for Latin America and the Caribbean*.
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2023b). *Unlocking circular economy finance in Latin America and the Caribbean: The catalyst for a positive change-Findings and recommendations for Policymakers and the Financial Sector*.
- Van Hoof, B., Núñez, G., & De Miguel, C. (2023). *Escalamiento de las iniciativas de economía circular en América Latina y el Caribe* (Documentos de proyectos [LC/TS.2023/39]). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal).
- Yin, S., Jia, F., Chen, L., & Wang, Q. (2023). Circular economy practices and sustainable performance: A meta-analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106838.
- Yuan, Z., Bi, J., & Moriguichi, Y. (2006). La economía circular: Una nueva estrategia de desarrollo en China. *Revista de Ecología Industrial*, 10(1-2), 4-8.
- Zailani, S., Jeyaraman, K., Vengadasan, G., & Premkumar, R. (2012). Sustainable supply chain management (SSCM) in Malaysia: A survey. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 330-340. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.02.008>
- Zhu, Q., Geng, Y., & Lai, K. H. (2010). Las prácticas de economía circular entre los fabricantes chinos varían en la cooperación de la cadena de suministro orientada al medio ambiente y las implicaciones en el desempeño. *Revista de Gestión Ambiental*, 91(6), 1324-1331.