

# Scientia et PRAXIS

Vol.04.No.08. Jul-Dic (2024): 28-62

<https://doi.org/10.55965/setp.4.08.a2>

eISSN: 2954-4041

## La Mediación de Impulsores y Prácticas para Superar las Barreras a la Economía Circular

## The Mediation of Drivers and Practices to Overcome Barriers to the Circular Economy

**Víctor Manuel Molina-Morejón.** ORCID [0000-0001-9124-0840](https://orcid.org/0000-0001-9124-0840)

Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible e Innovación Empresarial

Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)

Coahuila de Zaragoza, México

e-mail: [victormolina@uadec.edu.mx](mailto:victormolina@uadec.edu.mx)

**Gonzalo Maldonado-Guzmán.** ORCID [0000-0001-8814-6415](https://orcid.org/0000-0001-8814-6415)

Centro de Ciencias Económicas y Administrativas

Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA)

Aguascalientes, México

e-mail: [gonzalo.maldonado@edu.uaa.mx](mailto:gonzalo.maldonado@edu.uaa.mx)

**Laura Fernández-Contreras.** ORCID [0000-0003-1595-9452](https://orcid.org/0000-0003-1595-9452)

Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible e Innovación Empresarial

Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)

Coahuila de Zaragoza, México

e-mail: [laura.fernandez@uadec.edu.mx](mailto:laura.fernandez@uadec.edu.mx)

**Palabras Clave:** capacidades de la economía circular, diseño circular; PyME, mediación, PLS-SEM

**Keywords:** circular economy capabilities, circular design, SMEs, mediator, PLS-SEM

**Recibido:** 13-Abr-2024; **Aceptado:** 24-Ago-2024

---

## RESUMEN

**Contexto.** La economía circular (EC) ha ganado relevancia global por su potencial para promover la sostenibilidad en la producción y consumo, aunque todavía hay pocas investigaciones sobre las barreras, impulsores y prácticas actuales en este ámbito. Este estudio analiza estos factores en las PyME manufactureras de Coahuila, caracterizadas por su alta demanda de mano de obra y bajo consumo de recursos

**Propósito.** Se busca investigar cómo la mediación de impulsores y prácticas puede ayudar a las PyME a desarrollar capacidades en economía circular (CEC), superando barreras económicas, tecnológicas y culturales. Estas empresas, con una tradición de reacondicionamiento y reducción de residuos, están bien posicionadas para alinearse con la EC y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), aunque no siempre están familiarizadas con estos conceptos.

**Problema.** El desafío central de la EC es superar barreras que dificultan la transición desde un modelo lineal. El estudio se enfoca en cómo los impulsores y prácticas pueden facilitar que las PyME desarrollen CEC

**Metodología.** Inició con una investigación cualitativa consultando estudios teóricos y expertos, y continuó con una investigación cuantitativa, aplicando el método PLS-SEM para analizar datos de 124 respuestas a un cuestionario enviado a 300 empresas. Se identificaron barreras y se validaron impulsores y prácticas clave para la EC.

**Hallazgos.** El hallazgo clave fue que la teoría de la mediación validó la relación entre barreras y capacidad de economía circular, basada en la adaptación de competencias a entornos cambiantes.

**Conclusiones y limitaciones.** Se confirmó el efecto innovador de la mediación en la EC, aunque se reconocen limitaciones en la respuesta y el enfoque en barreras internas.

## **ABSTRACT**

**Context.** This study focuses on the manufacturing industry in Coahuila, particularly micro and small businesses known for their labor intensity and minimal input use. These businesses have significant potential to integrate into the circular economy by reducing natural resource and energy consumption through open innovation.

**Problem.** The main challenge in adopting a circular economy is overcoming barriers to shifting from a linear model. This research aims to identify the drivers and practices that facilitate this transition. Specifically, it investigates how these drivers and practices enable **SMEs** to develop circular economy capabilities and overcome existing barriers.

**Purpose.** The study's objective is to explore and implement the drivers and practices that address circular economy barriers and contribute to achieving the Sustainable Development Goals within an open innovation framework and using a multidisciplinary approach.

**Methodology.** Initially, qualitative research involving entrepreneurs, academics, and researchers identified barriers and drivers. This was followed by quantitative research, including a survey conducted in April and May 2023 with 124 responses. Nine out of ten hypotheses were supported, and **SMART PLS** was used for hypothesis testing, managing multiple statistical criteria.

**Theoretical and Practical Findings.** The study's primary finding was the role of innovative actions in mediation theory. Practically, it validated the relationships between barriers and the capabilities of the circular economy concept.

**Originality from a multidisciplinary and sustainable innovation point of view.** This research innovatively and multidisciplinary addressed circular economy challenges within the framework of sustainable development goals.

**Conclusions and limitations.** The hypotheses and predictive values validated the innovative impact of mediating drivers and practices on circular economy capabilities. Limitations included potential biases in sample selection.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Este estudio integra diversas disciplinas para abordar el problema desde una perspectiva multidisciplinaria, enfocándose en las **PyME** manufactureras y la economía circular (**EC**). Comienza analizando las barreras de la **EC**, que incluyen aspectos tecnológicos, económicos, culturales, sociales, de gestión, de mercado y gubernamentales. La innovación abierta y la eco-innovación identifican impulsores y prácticas, dentro del concepto de mediación, destacando la importancia del papel mediador en la innovación abierta (Naruetharadhol et al., 2022). Estos pasos iniciales de identificación de barreras y mediadores buscan ampliar la capacidad de la economía circular (**CEC**), sustentada en el concepto de capacidades dinámicas de Teece et al. (1997), que describe éstas como la habilidad de una empresa para adaptar competencias internas y externas a entornos cambiantes.

Demirel y Kesidou (2019) distinguen entre capacidades de eco-innovación genéricas y específicas, identificando las específicas como capacidades de economía circular (**CEC**). Fernández de Arroyabe et al. (2021) valoran que las capacidades relacionadas con la **EC** tienen un efecto importante en el desarrollo de sus procesos, integrando recursos para desarrollar diversas tareas en la empresa que son adquiridas mediante desarrollo, aprendizaje e intercambio de conocimientos. Pinzón-Castro y Maldonado-Guzmán (2023) evidencian que la innovación abierta impacta de manera positiva y significativa en el desempeño de las empresas; en el contexto de esta investigación el desempeño positivo de la empresa se refleja cuando se alcanza la **CEC** (Fernando et al., 2022)

Las **PyME** deben identificar recursos útiles para implementar la **EC** a través de estrategias empresariales ambientales que construyan una ventaja competitiva (Del Río et al., 2016), lograr este esquema es atractivo y ayuda a competir con éxito en el mercado, mejorando prestigio y ganancias, busca que las **PyME** desarrollen capacidades en **EC** para superar barreras y generar beneficios ambientales y económicos mediante la recuperación de activos, reduciendo presión sobre recursos naturales y sociales, costos y aumentando eficiencia y productividad, en un marco de multidisciplinaria y de innovación abierta. Popa et al. (2015) consideran que la deliberación, experimentación social, aprendizaje e innovación abierta contribuyen a construir una orientación

compartida para la investigación multidisciplinaria, abordando problemas entrelazados con soluciones técnicas e innovaciones políticas.

Cano y Londoño (2020) analizan que las áreas temáticas más relevantes de la sostenibilidad en el largo, mediano y corto plazo corresponden a las ciencias ambientales, ciencias sociales, ingeniería, energía, negocios, gestión y contabilidad, y ciencias biológicas y agrícolas, lo que indica que la sostenibilidad representa un enfoque multidisciplinario, que incluye el triple resultado para satisfacer las necesidades actuales y futuras de la sociedad. A partir de la reflexión anterior la pregunta de investigación se formula: ¿Cómo puede la mediación teórica de impulsores y prácticas facilitar que las **PyME** desarrollen capacidades en EC para superar barreras y generar beneficios ambientales y económicos a través de la recuperación de activos?

La presentación del documento continúa con la revisión de la literatura que ofrece un amplio marco teórico, sustentando las diez hipótesis de investigación y su modelo conceptual, seguido de la metodología y el procedimiento de **PLS**. Los resultados confirman la validación de nueve de las diez hipótesis; en la discusión se valoran tanto los análisis teóricos como los prácticos, y finaliza con las conclusiones. La investigación es valiosa porque no solo describe, sino que plantea soluciones a uno de los problemas más comunes en la actualidad que es superar las barreras que impiden transitar hacia la **EC**.

## **2. CONTEXTUALIZACIÓN**

Lieder y Rashid (2016) realiza una revisión integral en el contexto de la industria manufacturera y aclara que no está vinculada a una estrategia de una región geográfica particular, en ese contexto, la gestión de devolución de productos, las operaciones de remanufactura y la recomercialización de productos remanufacturados han sido de interés inmediato y base para modelos de investigación de operaciones que brinden apoyo a las decisiones de la industria. En cuanto a beneficios económicos, cada empresa individual se esfuerza por obtenerlos para asegurar la rentabilidad y una ventaja competitiva. Otro tema clave es la escasez de recursos muy vinculada a la prosperidad social pues depende de los suministros finitos de recursos del planeta Tierra, lo que hace que el uso regenerativo de los recursos sea obligatorio para la realización de la **EC**.

Finalmente, Lieder et al. (2016) prioriza en su análisis contextual general que una sociedad con impactos ambientales mínimos es un estado deseable para las naciones, los organismos gubernamentales y los individuos de todo el mundo.

En América Latina, las empresas enfrentan desafíos en productividad por deficiencias tecnológicas y organizativas. En México, las **PyME** carecen de un análisis detallado de su impacto económico y enfrentan obstáculos para expandirse, aunque su alta intensidad laboral y bajo uso de insumos reducen el uso de recursos naturales y energía. (Weller, 2020; Vence y López, 2022)

En México, el concepto de economía circular (**EC**) es relativamente nuevo y tanto las políticas públicas como la investigación en esta área están creciendo. El marco legal actual aborda algunos elementos relevantes para la **EC**, apoyado por la cooperación entre agencias gubernamentales e internacionales, así como organizaciones no gubernamentales. (Munoz-Melendez, 2023).

Coahuila, situado en el norte de México, comparte una frontera de 512 km con el estado de Texas en Estados Unidos. **INEGI**, (2023) destaca que, durante el tercer trimestre de 2023, los estados que más contribuyeron al valor total de las exportaciones fueron: Coahuila de Zaragoza (12.8 %), Chihuahua (12.1 %), Baja California (10.6 %), Nuevo León (10.5 %) y Tamaulipas (6.2 %), sumando entre todos un 52.1 %. El subsector de Fabricación de equipo de transporte destacó con una participación del 40.9 % en el valor total de las exportaciones. Los estados que más aportaron en este rubro fueron: Coahuila de Zaragoza (21.5 %), Guanajuato (9.9 %), Nuevo León (8.9 %), Chihuahua (8.6 %) y Puebla (8.2 %), concentrando el 57.1 % del valor. Las exportaciones totales de las tres principales entidades fueron: Coahuila de Zaragoza (12.8 %), Chihuahua (12.1 %) y Baja California (10.6 %). **IMCO** (2023) subraya como datos generales de Coahuila: “**PIB** per cápita \$289,875.78. Inversión por Persona Económicamente Activa, **PEA** (miles de pesos): **MXN** \$125.04 y Talento (Porcentaje de la población de 25 años y más que cuenta con educación superior, normal o técnica): 29.8%”. Respecto al Índice de Competitividad, el **IMCO** (2023) indica que los cinco estados mejor posicionados fueron Ciudad de México, Querétaro, Nuevo León, Coahuila y Baja California Sur.

### **3. REVISION DE LA LITERATURA**

Esta revisión abarcó los principios teóricos que sustentaron las diez hipótesis planteadas de forma secuencial, comenzando con las barreras, seguido de los impulsores y las prácticas, para concluir con la capacidad de la economía circular.

Estos vínculos destacan cómo los Objetivos de Desarrollo Sostenible 9 y 12 (**ODS 9** y **ODS 12**) proporcionan un marco global para apoyar e impulsar los principios y prácticas de la economía circular a nivel industrial y de consumo (Kirchherr et al., 2017).

#### **3.1 Objetivos de desarrollo sostenible**

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (**ODS**) son una estrategia interconectada para la promoción de prácticas y soluciones sostenibles que aborda los principales problemas que enfrenta nuestra sociedad. Al mismo tiempo, el tema está ganando interés actualmente debido a su potencial para implementar cambios sistemáticos y contribuir al logro de los **ODS**: la Economía Circular (**EC**) (Schroeder et al., 2019).

El **ODS 9**, "Industria, Innovación e Infraestructura", y el **ODS 12**, "Producción y consumo responsables", están intrínsecamente vinculados en la promoción de la **EC**. Esta sección revisa la literatura relevante para comprender cómo se relacionan estos objetivos y qué impulsores y prácticas pueden superar las barreras a una economía circular.

El **ODS 9** se centra en la industria, la innovación y la infraestructura. Según el Programa de Naciones Unidas para el desarrollo **PNUD** (2024) este objetivo busca construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación. La economía circular es un modelo económico orientado a minimizar el desperdicio y maximizar el aprovechamiento de los recursos a través de la reutilización, reciclaje y regeneración de materiales y productos. El **ODS 9** se vincula con este enfoque, promoviendo prácticas industriales sostenibles que disminuyen la huella ambiental mediante la optimización de recursos y la reducción de residuos. Según el informe de la **ONU** (2021), desarrollar nuevas tecnologías y métodos para reciclar, reutilizar y regenerar materiales es esencial para avanzar en la **EC**, y esto está directamente relacionado con la promoción de la innovación que aboga dicho **ODS**. También el desarrollo de infraestructuras sistemas de gestión de residuos, redes de transporte eficientes para materiales

reciclables y plantas de reciclaje avanzadas es una parte clave de este **ODS 9** (Banco Mundial, 2023).

El **ODS 12** "Producción y consumo responsables" está alineado con las directrices de la Economía Circular (**EC**). La Unión Europea publicó un plan de acción que promueve la **EC** como solución para fomentar el consumo y producción sostenibles, contribuyendo al logro de las metas de este **ODS** (Rodríguez-Antón et al., 2019). Prácticas de **EC** como la reutilización, reciclaje y prevención de residuos son clave para el **ODS 12** (Priyadarshini y Abhilash, 2023). En este marco, el uso de recursos y la generación de desechos se minimizan mediante la recopilación de datos, convergiendo con los principios de la **EC** (Amirudin et al., 2023).

La **EC** no solo se enfoca en la producción sostenible, sino también en el consumo responsable, destacándose los modelos de negocio circulares basados en la digitalización y el Producto como Servicio o en inglés Product as a Service (**PaaS**) (Geissdoerfer et al., 2018). En **PaaS**, los consumidores pagan por servicios sin poseer el producto, fomentando la economía colaborativa y reduciendo el uso de materias primas (Lopes de Sousa Jabbour, et. al., 2019). Tecnologías como Sistemas Ciber físicos (**CPS**), Internet de las Cosas (**IoT**), Blockchain y la Inteligencia Artificial (**AI**) son empleadas por startups y grandes corporaciones en nuevos mercados. (Almadani y Mostafa, 2021). La sinergia entre el **ODS 9** y el **ODS 12** es crucial para avanzar hacia una economía circular.

El **ODS 9**, centrado en la innovación y la infraestructura, actúa como motor para desarrollar procesos y tecnologías industriales sostenibles que apoyen la producción y el consumo responsables, que son el foco del **ODS 12**. Por ejemplo, la construcción de infraestructura para el reciclaje y la gestión de residuos, así como el desarrollo de tecnologías que optimicen el uso de los recursos, son pasos esenciales para cerrar el ciclo de los materiales y reducir el impacto ambiental. Combinar infraestructura e innovación con prácticas de producción y consumo responsables crea un entorno en el que los recursos se utilizan de manera más eficiente y sostenible.

### **3.2. Barreras:** La influencia de las barreras en este estudio

Reconocer las barreras permite identificar los desafíos específicos que deben ser abordados de manera multidisciplinar para implementar prácticas circulares efectivas. Conociendo las barreras,



los esfuerzos pueden ser dirigidos de manera más eficiente hacia las áreas que requieren más atención y recursos, desde luego con una visión de innovación abierta dada la cantidad de disciplinas que deben ponerse en práctica para superar las barreras y emigrar hacia la **EC**. Al entender las barreras se puede impulsar la innovación y el desarrollo de soluciones que superen estos obstáculos.

Los altos costos de implementación pueden mitigarse creando incentivos financieros y subsidios para apoyar a las empresas en la transición. La resistencia al cambio en hábitos de consumo puede superarse con campañas de educación y sensibilización para cambiar las percepciones públicas sobre la economía circular. Las barreras a la economía circular son cruciales porque determinan la efectividad de las prácticas sostenibles. Superarlas es esencial para cumplir con los **ODS**, facilitando una transición fluida hacia un modelo económico más sostenible y resiliente. Identificar, comprender y abordar estas barreras es un paso fundamental para lograr un desarrollo sostenible global.

En Govindan y Hasanagic (2018) se presenta un estudio que ha sido fundamental para esta investigación, ya que no solo examina las barreras, sino que también identifica impulsores y prácticas que actúan como catalizadores para superarlas. Basado en este enfoque, el modelo conceptual de esta investigación comienza con las barreras (en este caso, solo tres), cuya superación incrementaría la capacidad de la economía circular (**CEC**). Sin embargo, esto no es posible sin la intervención de un grupo de variables mediadoras que actúan como catalizadores, motores o palancas, mediando la trayectoria entre las barreras y la (**CEC**). También son parte integrante e importante los diversos estudios analizados y referenciados, solo sobre barreras a la **EC** como son los de: Shahbazi, et al. (2016); Mont, et al. (2017); Pheifer, (2017); Ritzén, y Ölundh-Sandström (2017); Darko, et al. (2018); De Jesus y Mendonça (2018); Kirchherr, et al. (2018); Luttikhuis, (2020); van Keulen y Kirchherr, (2021); AlJaber et al. (2023); Awana, et al. (2023); Mhatre et al.(2023); Munaro y Tavares (2023); Souza et al. (2024).

**Taxonomía de barreras.** La taxonomía en el contexto de las barreras a la economía circular clasifica y categoriza los diferentes obstáculos que impiden la implementación efectiva de este modelo económico. Por ejemplo: Las empresas pueden superar barreras económicas creando relaciones fuertes con proveedores ecológicos, colaborando para reducir costos y mejorando la eficiencia energética. Las tecnologías de reciclaje avanzado y productos reutilizables impulsan la

economía circular. Para superar barreras sociales y culturales, es clave educar sobre los beneficios y promover una nueva narrativa sobre productos reacondicionados.

**Barreras de cuestiones económicas.** Incluyen barreras financieras y económicas relacionadas con poner en marcha la EC en una cadena de suministro, que da como resultado el rediseño del taller y la unidad de producción, incluido el personal capacitado, la construcción, la tecnología, etc. Este proceso inicial parece un trabajo duro para las PyME (Geng et al., 2009) valoran que los altos costos y los bajos beneficios económicos a corto plazo son problemas para las empresas. Lopes de Sousa, et. al., (2019), plantea que adoptar EC permite reducir costos relacionados con el consumo de materias primas, aumentar la eficiencia de los recursos y recuperar activos. Simões et al. (2013) evalúan que los costos de los materiales reciclados suelen ser más caros que los materiales vírgenes, Según Lopes de Sousa, et. al., (2019), una EC pretende preservar la eficiencia de la circulación de bienes, materiales, energía y componentes para agregar valor para la sostenibilidad empresarial.

**Barreras de cuestiones tecnológicas.** Estas evalúan las limitaciones tecnológicas, la gestión de la incertidumbre en la fase final de vida de los productos y la gestión de la calidad del producto durante su ciclo de vida (Govindan et al., 2018). Por su parte (Shahbazi et al., 2016; Pringle, et al., 2016) afirman que hay limitaciones tecnológicas para rastrear materiales reciclados. Es difícil gestionar la calidad de los productos manufacturados con material reutilizado, señalan (Singh y Ordoñez, 2016). La información precisa no está disponible para los tomadores de decisiones o no se proporciona de manera oportuna. (Su et al., 2013). Maier y Oliveira (2014) valoran que las tecnologías con un enfoque de CEC, disminuyen el uso de recursos, optimizan la eficiencia económica y avanzan el bienestar humano.

**Barreras de cultura y cuestiones sociales:** se refieren a la percepción del consumidor hacia los productos reutilizados y la emoción de comprar un producto nuevo en lugar de uno recuperado. Estas barreras, Bicket (2020) concuerdan con la aceptación limitada del consumidor y Ranta et al. (2018), menciona la preferencia por productos nuevos. Pheifer (2017) encuentra que la EC no está integrada en la estrategia, misión, visión, objetivos e indicadores clave de desempeño, lo que sugiere que las empresas aún no han incorporado el concepto de evaluar la EC.

Según Suarez-Eiroa, et al. (2019), si la EC se entiende como una herramienta para alcanzar objetivos de desarrollo sostenible, una transferencia de una cierta responsabilidad de los objetivos

sociales a esta es inevitable y su logro resulta inherente a la consecución de objetivos ecológicos y económicos.

**Consideraciones finales acerca de estos tres constructos:** Las empresas pueden superar barreras económicas estableciendo relaciones sólidas con proveedores de materiales ecológicos, colaborando en mejoras continuas y compartiendo recursos para reducir costos. La eficiencia energética y la reducción de desperdicios también mejoran la competitividad. Tecnológicamente, se puede mejorar la economía circular con tecnologías de seguimiento, reciclaje avanzado y diseño de productos reutilizables. Para superar barreras sociales y culturales, se deben realizar actividades de educación y concientización sobre los beneficios de la economía circular, promover una nueva narrativa cultural sobre los productos reacondicionados y colaborar en diseños circulares. Las hipótesis que se proponen para luego continuar con el efecto de los impulsores y prácticas son las que siguen:

**H1:** “Las barreras cuestiones económicas tiene una relación positiva y significativa en la **CEC**.”

**H2:** “Las barreras cuestiones tecnológicas tienen una relación positiva y significativa en la **CEC**.”

**H3:** “Las barreras culturales y de cuestiones sociales tienen un efecto positivo y significativo en la **CEC**.”

### 3.3. Los Impulsores y prácticas

Existen una serie de impulsores y prácticas, a saber:

**Los impulsores y prácticas en el diseño para la circularidad:** Se orientan a la colaboración en cadenas y redes pues facilita la reparación, mantenimiento y reutilización, señala **EMF** (2015) y Vence y López, (2022) cuando ejemplifican que el diseño de un modelo económico circular proporciona utilidad para todos y ayudan a cambiar la forma en que la humanidad hace negocios. En el caso de México, los autores consideran que, aunque la Estrategia Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 aboga por el reúso, reparación y diseño duradero como medios para lograr el objetivo de producción y consumo responsable, aún falta un plan de acción concreto.

**Los impulsores y prácticas de eco innovación y ecoeficiencia.** McDonough, y Braungart, (2010) destacan que su estudio es único al emplear el modelo de las **5R** de la economía circular como variables independientes y predictores clave para lograr un escenario de triple resultado en cascada que proporcionan un enfoque innovador y holístico sobre cómo reducir el impacto

ambiental de los productos a través de principios que alinean con las **5R**, donde incluyen: recircular (mantener productos en uso), reacondicionar (reparar para prolongar su vida útil), recuperar (extraer materiales útiles), remanufacturar (reconstruir productos con componentes recuperados) y reciclar (convertir materiales en nuevos productos). Nurjanah y Ardyan (2022) indican que la eco innovación mejora el desempeño de las **PyME** en entornos inciertos, mediada por la innovación ecológica. Naruetharadhol et al. (2022) presentaron un modelo de eco innovación abierta y gestión verde. Van de Vrande et al. (2009) señalan que las **PyME** aplican la innovación abierta por motivos de mercado, enfrentando desafíos organizativos y culturales. La eco innovación desarrolla soluciones sostenibles, promoviendo la eficiencia de recursos y reduciendo el impacto ambiental.

**Los impulsores y prácticas en el marco de la educación.** Este cambio hacia una economía más sostenible está teniendo un impacto también en el sistema educativo presentando temas sobre reciclaje, remanufactura y reutilización. A medida que se destaca el valor de la educación para el desarrollo sostenible y la sostenibilidad, las habilidades están aumentando (Carlotta y Drășuț, 2022). Kirchherr y Piscicelli (2018) presentan un curso que puede impulsar la educación en **EC** basado en los principios pedagógicos de alineación constructiva y aprendizaje basado en problemas, así como la interactividad, el no dogmatismo y la reciprocidad.

**Consideraciones finales acerca de estos tres constructos.** Chesbrough y Appleyard (2007) señala que la mediación se ubica en el marco de la innovación abierta (**IA**), y Alzoubi y Aziz (2021) exploran la relación entre la inteligencia emocional de los altos directivos y la calidad de sus decisiones estratégicas, considerando el papel mediador de la innovación abierta en sistemas de información inteligentes (*Information intelligent Systems*). Señalan que la innovación abierta en sistemas de información inteligentes mejora la calidad de las decisiones y destacan que su investigación aporta a la literatura teórica, dado que pocos estudios han examinado este papel mediador. Los factores y enfoques relacionados con el diseño para la circularidad se centran en la colaboración dentro de las cadenas y redes, ya que esto facilita la reparación, el mantenimiento y la reutilización. El diseño de un modelo económico circular beneficia a todos y contribuye a transformar la forma en que la humanidad lleva a cabo sus negocios. Además, en el contexto de la eco innovación y ecoeficiencia, adoptar prácticas más limpias y la integración de los principios de las **5R** puede aumentar la eficiencia ambiental en la producción. Asimismo, en el ámbito educativo,

un enfoque sostenible sirve como herramienta para educar y concienciar a todos los que intervienen en la cadena de suministro. A partir de todo lo anterior, las hipótesis que se proponen son:

**H4:** *“Las barreras económicas tiene una relación positiva y significativa con los impulsores y prácticas.”*

**H5:** *“Las barreras tecnológicas tiene una relación positiva y significativa con los impulsores y prácticas.”*

**H6:** *“Las barreras culturales y sociales tiene una relación positiva y significativa con los impulsores y prácticas.”*

### **3.4. Acción de los impulsores y prácticas en la CEC. La mediación**

El análisis de los efectos mediadores y moderadores ha ganado popularidad en psicología. Inicialmente, las variables intermedias se consideraban teóricas y no observables, mientras que las variables mediadoras se percibían como observables y mensurables. La idea de mediación surgió en la década de 1920, centrándose en mecanismos mentales no observables (Roe, 2011).

Las variables mediadoras y prácticas favorecen la economía circular (EC) al promover modelos de negocio y estrategias que optimizan el uso de recursos, reducen residuos y fomentan la reutilización y el reciclaje. La innovación abierta (IA) y la eco-innovación identifican impulsores y prácticas relevantes, destacando la importancia de su papel mediador en la innovación abierta, que tiene un impacto positivo y significativo en el desempeño de las empresas (Naruetharadhol et al., 2022; Pinzón-Castro y Maldonado-Guzmán, 2023).

Estas prácticas, como el diseño para la circularidad y la colaboración en cadenas de suministro, facilitan la reparación y el mantenimiento, reducen costos, mejoran la eco innovación y ecoeficiencia y promueven la educación en técnicas de reparación y reciclaje. Las actividades de reparación y mantenimiento se consideran cruciales para la transición hacia una economía circular, debido a su relevancia económica y social, así como a su papel en la extensión de la vida útil de los productos, disminuyendo el consumo de recursos nuevos y la generación de residuos. (Fernando et al., 2022; Vence y López, 2022). Prácticas como el diseño de productos duraderos y la adopción de procesos de producción sostenibles ayudan a la transición hacia una economía más circular, reduciendo la contaminación y la sobreexplotación de recursos, creando oportunidades económicas

y mejorando la competitividad en un mercado enfocado en la sostenibilidad (Bag et al., 2021). Basado en lo anterior se formula la hipótesis:

**H7:** “*Los impulsores y prácticas tienen un efecto positivo y significativo en la CEC.*”

### **3.5. Barreras, efecto mediador y CEC**

La economía circular (EC) puede tener un impacto significativo al superar obstáculos económicos y tecnológicos, como los altos costos de transporte y materiales reciclados, y la competencia con productos nuevos. Las políticas de EC pueden influir en las industrias primarias y secundarias, así como en los sectores domésticos, al promover la reutilización y el reciclaje de recursos. Las estrategias de diseño circular, eficiencia en la fabricación y educación a través de programas de formación pueden mejorar la capacidad de la EC al prolongar la vida útil de los productos y optimizar la eficiencia en su mantenimiento y reparación. El potencial económico de las políticas de EC que reciclan y reutilizan, impactan las industrias primarias y secundarias y pueden proporcionar una visión integral de la estructura económica incluso en los sectores domésticos primario, secundario y terciario (Fernandez de Arroyabe et al., 2021; Fernando et al., 2022)

Asimismo, superar barreras tecnológicas, como mantener la calidad de productos elaborados con materiales recuperados, es crucial para el avance de la EC. La preocupación por mejorar la productividad en América Latina se relaciona con deficiencias tecnológicas, organizativas y de conectividad (De Jesus y Mendonça, 2018). Prácticas como el diseño circular, la eco innovación y ecoeficiencia en la producción y la educación basada en capacitación pueden aumentar la capacidad de la EC al simplificar los procedimientos de reutilización y reciclaje. Las CEC son claves para el desarrollo económico, la investigación del potencial de la EC para diferentes tipos de economías, incluidas las ganancias económicas y sociales, pueden impulsar el crecimiento del empleo (Kalmykova et al., 2018).

Se han logrado avances significativos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y en la CEC. Esta última impulsa la producción sostenible, fomenta la innovación y promueve el desarrollo de infraestructuras resilientes, contribuyendo a la implementación del ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura a nivel local. Además, la CEC impulsa el uso eficiente de recursos,

la reducción de residuos y prácticas de consumo y producción responsables con el medio ambiente, alineándose con los principios del **ODS 12** Producción y Consumo Responsables. La **EC** es fundamental para el desarrollo económico y puede impulsar el crecimiento del empleo. Así, se plantean las siguientes hipótesis de efecto mediador:

**H8:** “Los impulsores y prácticas en diseño para la circularidad median la relación entre las barreras económicas y la **CEC**.”

**H9:** Los impulsores y prácticas en el marco de la ecoeficiencia median la relación entre las barreras tecnológicas y la **CEC**.”

**H10:** “Los impulsores y prácticas en el marco de la educación median la relación entre las barreras de cultura y la **CEC**.”

### **3.6. Diseño del instrumento de medición y/o materiales.**

El modelo final es una adaptación de los modelos originales publicados por Fernando et al. (2022). El respaldo teórico de las diez hipótesis fundamenta este diseño, donde las barreras económicas se representan mediante el constructo **F1**, las barreras tecnológicas con el constructo **F2** y las barreras culturales y sociales con el constructo **F3**. El efecto mediador de los impulsores y las prácticas se refleja en el constructo **F4**, y la capacidad de la economía circular (**CEC**) se simboliza con el constructo **F5**.

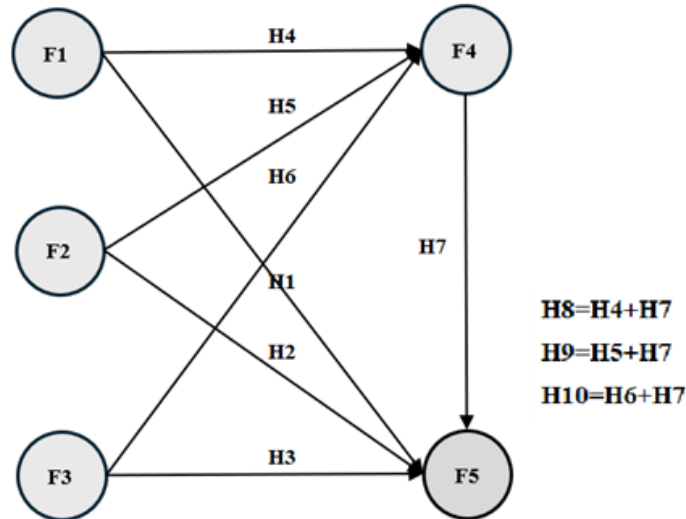
### **3.7. Modelo Conceptual/Modelo Experimental.**

Para estructurar el modelo conceptual final, **Figura 1**, primero se diseñan las trayectorias entre los constructos. Luego, se identifican las relaciones hipotéticas que tienen las barreras económicas, tecnológicas, culturales y sociales (**F1**, **F2** y **F3**) con el constructo **F5** capacidad de la economía circular (**CEC**), formulando así las hipótesis **H1** a **H3**. A continuación, se analizan las relaciones entre **F1**, **F2** y **F3** con el constructo **F4** que agrupa las variables mediadoras para establecer las hipótesis **H4** a **H6**.

La hipótesis **H7** se formula para comprobar si las variables mediadoras (**F4**) tienen una relación positiva y significativa con la **CEC** (**F5**). Las últimas tres hipótesis (**H8**, **H9** y **H10**) cierran el ciclo barreras-impulsores-**CEC**, determinando si la mediación de los impulsores y prácticas al superar las barreras potencia la capacidad de la economía circular **CEC**.

En la **Figura 1** se muestra el modelo conceptual con sus cinco constructos y las relaciones que identifican las diez hipótesis.

**Figura 1 Modelo teórico conceptual.**



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de PLS-SEM

La **Figura 1** es una adecuación a nuestro contexto tomada de los originales publicados por (Danks, 2021 y Fernando et al., 2022).

#### 4. METODOLOGÍA

El estudio empírico se centró en analizar y discutir los efectos de barreras, impulsores y prácticas en la EC mediante la técnica estadística de mínimos cuadrados parciales en modelos de ecuaciones estructurales, (PLS-SEM). Tras revisar el directorio estadístico nacional de unidades económicas DENUE-INEGI (2022) del Estado de Coahuila para el año 2022, se identificó una población de 665 PyME, con una plantilla de entre 11 y 100 empleados, pertenecientes a los códigos de los subsectores 32 y 33 de la industria manufacturera los cuales son esenciales para la economía de Coahuila, ya que contribuyen con el 84% del valor del sector secundario y el 47% del PIB estatal.



Se aplicó una muestra aleatoria estratificada, calculada según el método propuesto por Cochran (1963), con un margen de error de  $\pm 5\%$ , implicando obtener 250 respuestas en este caso. Se enviaron por medio electrónicos cuestionarios a 300 empresas, solicitando a sus propietarios y gerentes que lo evaluaran en el marco de la EC. La encuesta se realizó entre abril y mayo de 2023 y se recibieron respuestas de 124 empresas, lo que refleja 50 %.

La escala de Likert se empleó para evaluar los elementos del cuestionario, estableciendo 1 como total desacuerdo y 5 como total acuerdo, esta escala ofrece un balance entre la complejidad percibida por el encuestado y el análisis de los datos (Hair et al., 2017).

#### **4.1 Desarrollo de medidas**

El desarrollo de medidas para diseñar un instrumento de investigación o encuesta implica una serie de pasos estructurados que garantizan la validez y fiabilidad del instrumento. Comenzó con una investigación cualitativa en el que participaron como expertos cuatro empresarios de **PyME** manufactureras del norte de México, tres catedráticos-investigadores en gestión e innovación, y tres estudiantes de doctorado enfocados en economía circular. Las barreras se clasifican en entornos internos y externos, y cada una está relacionado con una o más partes interesadas. El nivel interno identifica lo que se debe hacer dentro de la empresa; el nivel externo describe lo que se debe hacer fuera para que pueda adoptarse en la cadena de suministro, en este estudio solo se consideran los niveles internos, publicados por Govindan et al. (2018) y las de (Kirchherr et al., 2018; Darko et al., 2018 y Luttikhuis, (2020). La intención del ejercicio fue seleccionar de todas las barreras publicadas aquellas que tuvieran el mayor impacto en el contexto de esta investigación.

Los expertos aceptaron las barreras relacionadas con cuestiones económicas, tecnológicas, culturales y sociales al ser más representativas en las limitaciones que tienen las PyME en el contexto de este estudio. Con igual enfoque hacia las **PyME**, para la selección de los impulsores y prácticas los expertos seleccionaron tres ítems: diseño para la circularidad, ecoeficiencia en producción y educación basada en programas de capacitación propuestas por Govindan et al. (2018); De Jesus y Mendonca (2018); Lopes de Sousa et. al. (2019), Bag et al. (2021) y Ting et al. (2023).

En cuanto a la **CEC** hubo consenso entre expertos para aceptar cinco ítems que de manera abreviada son: conocimientos y habilidades, recuperar activos, negocios circulares; reducir presión sobre el ambiente y desarrollar valores de las **5R** (Zeng et al., 2017; Van Caneghem et al., 2019; Fernández de Arroyabe et al., 2021; Fernando et al., 2022 y Dragan et al., 2023).

Finalmente, se hicieron pequeños ajustes en términos de traducción, estilo de escritura y apariencia. Este tipo de estudios piloto, como señalan Hair et al. (2017), son fundamentales para garantizar la validez cuando se utilizan cuestionarios autoadministrados o escalas desarrolladas específicamente para el estudio. Realizar un estudio da la posibilidad de identificar incompreensión de las preguntas, la claridad de las instrucciones y la adecuación de las escalas de medición, lo que ayuda a mejorar la calidad de los datos recopilados en el estudio principal.

El cuestionario enviado a los directivos y encargados de las **PyME** participantes, como se muestra en la **Tabla 1**, les solicitó que calificaran sus respuestas de la siguiente manera: un 5 indicaba total acuerdo con lo descrito, un 4 significaba estar casi totalmente de acuerdo, un 3 expresaba acuerdo, un 2 mostraba estar casi totalmente en desacuerdo y un 1 indicaba total desacuerdo.

**Tabla 1. Cuestionario final con cinco factores y 19 ítems**

Items	Cuestionario final sometido a la consideración de las PyME manufactureras	Carga externa	p valor
<b>B-Ec1</b>	Falta la internalización de costos externos del transporte por proveedor	0.744	0.000
<b>B-Ec2</b>	Los materiales reciclados suelen ser más caros que materiales vírgenes	0.843	0.000
<b>B-Ec3</b>	Son altos los costos de materiales respetuosos con el medio ambiente	0.804	0.000
<b>B-Ec4</b>	Los costos de producción aumentan cada año	0.687	0.000
<b>B-Tec1</b>	Difícil asegurar la calidad del producto para todo su ciclo de vida	0.712	0.000
<b>B-Tec2</b>	Complejo lograr calidad de productos de materiales recuperados	0.770	0.000
<b>B-Tec3</b>	Son difíciles los retos de diseño para reutilizar y recuperar de productos	0.855	0.000
<b>B-Tec4</b>	Seria dificultad para asegurar el retorno seguro de residuos a la biosfera.	0.727	0.000
<b>B-Tec5</b>	Son complejas las decisiones en cadena de suministro eficiente en EC	0.733	0.000
<b>B-C.Soc1</b>	La percepción negativa de componentes reutilizados dificulta la EC	0.908	0.000
<b>B-C.Soc2</b>	Comprar productos reacondicionados no genera emoción.	0.885	0.000
<b>IMP-PRC1</b>	El diseño para la circularidad facilitará el reciclaje y la reutilización.	0.667	0.000
<b>IMP-PRC2</b>	La eco innovación favorecerá el desarrollo de soluciones sostenibles.	0.887	0.000
<b>IMP-PRC3</b>	Correcto educar en EC con programas de formación y capacitación	0.853	0.000
<b>C EC1</b>	Implementando EC se desarrollan conocimientos y habilidades sostenibles.	0.763	0.000

<b>C EC2</b>	Implementando la EC se amplía la capacidad de recuperar activos	0.734	0.000
<b>C EC3</b>	El desarrollo de un modelo de negocio circular facilitará emigrar a EC	0.862	0.000
<b>C EC4</b>	Implementando la EC se reduce presión ambiental	0.824	0.000
<b>C EC5</b>	La capacidad de la EC facilita el desarrollo de valores sobre las 5R	0.819	0.000

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de **PLS-SEM**

#### 4.2. Fiabilidad y Validez de las Escalas de Medida

La **Tabla 2** muestra que todos los valores del índice de confiabilidad compuesta (**IFC**) y **rho** de Dijkstra-Henseler están por encima de 0.7, estableciendo así la fiabilidad de las medidas (Hair et al., 2017). Para establecer la validez convergente (**VC**), las evaluaciones se basaron en el índice de la varianza promedio extraída (**IVE**) y las cargas externas (Hair et al., 2017). Con respecto a la misma **Tabla 2**, el **IVE** para cada constructo reemplaza el umbral mínimo de 0.5, mientras que el valor de carga factorial de cada elemento de medición está por encima de 0.7 (Loh et al., 2022); por lo tanto, la prueba de **VC** corrobora la validez del resultado. Para ampliar más detalles acerca de los valores antes referidos, puede consultar (Colunga et al., 2018).

**Tabla 2. Consistencia interna y validez convergente del modelo teórico**

Constructos	Indicadores	Carga factorial	t valor	alfa de Cronbach	Dijkstra-Henseler rho_A	índice de fiabilidad compuesta IFC	índice de Varianza extraída IVE
F1 Barreras cuestiones económicas	<b>B-Ec1</b>	0.744	9.86	0.776	0.797	0.854	0.596
	<b>B-Ec2</b>	0.843	19.308				
	<b>B-Ec3</b>	0.804	24.572				
	<b>B-Ec4</b>	0.687	9.688				
F2 Barreras cuestiones tecnológicas	<b>B-Tec1</b>	0.712	14,403	0.817	0.822	0.873	0.58
	<b>B-Tec2</b>	0.77	18.572				
	<b>B-Tec3</b>	0.855	24.856				
	<b>B-Tec4</b>	0.727	11.062				
	<b>B-Tec5</b>	0.733	8.4				
F3 Barreras culturales sociales	<b>B-C.Soc1</b>	0.908	52.564	0.756	0.762	0.891	0.804
	<b>B-C.Soc2</b>	0.885	32.104				
F4 Impulsores y prácticas	<b>IMP-PRC1</b>	0.667	7.815	0.729	0.763	0.848	0.653
	<b>IMP-PRC2</b>	0.887	41.775				
	<b>IMP-PRC3</b>	0.853	27.253				
	<b>CEC-1</b>	0.763	12.198	0.86	0.862	0.9	0.643

F5 Capacidad de la economía circular	<b>CEC-2</b>	0.734	12.729				
	<b>CEC-3</b>	0.862	29.114				
	<b>CEC-4</b>	0.824	28.642				
	<b>CEC-5</b>	0.819	23.775				

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de **PLS-SEM**

La **Tabla 3** muestra el análisis de validez discriminante, que asegura que un constructo no mide otros constructos. Se utilizó el criterio de Fornell y Larcker (1981), que establece que la raíz cuadrada del **AVE** de cada constructo debe ser mayor que su correlación con otros constructos. O sea: los valores en la diagonal en negritas deben ser superiores a los valores asociados, criterio que se cumple.

**Tabla 3. Validez discriminante. Criterio de Fornell-Larcker**

Constructos	F1 Barreras cuestiones económicas	F2 Barreras cuestiones tecnológicas	F3 Barreras cultura y cuestiones sociales	F4 Impulsores y prácticas	F5 Capacidad de la economía circular (CEC)
F1 Barreras cuestiones económicas	<b>0.772</b>				
F2 Barreras cuestiones tecnológicas	0.760	<b>0.761</b>			
F3 Barreras cultura y cuestiones sociales	0.551	0.630	<b>0.896</b>		
F4 Impulsores y prácticas	0.662	0.697	0.607	<b>0.808</b>	
F5 Capacidad de la economía circular	0.728	0.691	0.576	0.770	<b>0.802</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de **PLS-SEM**

## 5. RESULTADOS

La técnica estadística empleada para evaluar las hipótesis es el Modelo de Ecuaciones Estructurales (**PLS-SEM**) mediante el uso del software **SmartPLS 3.3.8**.

En la **Tabla 4**, se presenta las 10 hipótesis y las diferentes comprobaciones para su aceptación o negación. Las trayectorias identifican el sentido y dirección en que se diseñan las hipótesis, puede ser trayectoria directa o indirecta, esta última cuando una variable mediadora interviene entre ambos constructos, en este caso (**IP**), hipótesis **H8**, **H9** y **H10**.

**Tabla 4. Resultados de los constructos exógenas.**

Hipótesis	Trayectoria directa	Coeficiente estandarizado $\beta$ (valor t) (valor p)	Intervalo de confianza 95%	Tamaño del efecto $f^2$		Soporte
				$f^2 \leq 0.02$ $f^2 \geq 0.15$ $f^2 \geq 0.35$	Efecto (pequeño; medio; grande)	
H1	BCE → CEC	0.328 (5.667; 0.000)	(0.299) - (0.595)	0.13	Pequeño	SI
H2	BCT → CEC	0.083 (2.373; 0.018)	(0.049) - (0.429)	0.01	Sin efecto	SI
H3	BCCS → CEC	0.067 (1.749; 0.081)	(-0.041) - (0.359)	0.01	Sin efecto	NO
H4	BCE → IP	0.271 (2.664; 0.008)	(0.083) - (0.464)	0.069	Pequeño	SI
H5	BCT → IP	0.336 (3.37; 0.001)	(0.147) - (0.523)	0.092	Pequeño	SI
H6	BCCS → IP	0.247 (2.727; 0.007)	(0.062) - (0.404)	0.08	Pequeño	SI
H7	IF → CEC	0.454 (5.027; 0.000)	(0.274) - (0.643)	0.29	Medio	SI
Hipótesis	Trayectoria indirecta	Coeficiente estandarizado $\beta$ (valor t) (valor p)	Intervalo de confianza 95%	Varianza contabilizada VAF		Soporte
				Valores del VAF en %	Mediación total, parcial o no mediación	
H8	BCE → IP → CEC	0.271 (2.048; 0.041)	(0.022) – (0.278)	0.21	Parcial	SI
H9	BCT → IP → CEC	0.336 (3.037; 0.003)	(0.069) – (0.274)	0.92	Total	SI
H10	BCCS → IP → CEC	0.247 (2.403; 0.017)	(0.022) – (0.209)	0.91	Total	SI

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de **PLS-SEM**

**Notas:**

**Coeficiente estandarizado** El coeficiente estandarizado presenta valores de betha ( $\beta$ ) que identifican el valor de la trayectoria (path) entre constructos y los valores de **p** y **t** estadísticos para comprobar hipótesis.

**Intervalo de confianza (IC)** del 95% es una herramienta estadística que proporciona un rango de valores dentro del cual se espera que se encuentre el parámetro poblacional con una confianza del 95%. (Henseler, Ringle, y Sinkovics, 2009)

$f^2$  En el contexto del modelado de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales (**PLS-SEM**), el  $f^2$  es una medida de tamaño del efecto que se utiliza para evaluar la relevancia predictiva de las relaciones estructurales en el modelo. (Cohen, 1988)

**VAF (Variance Accounted For)** La **VAF** indica la proporción de la varianza de la variable dependiente que es explicada por la variable mediadora (Nitzl et al., 2016)

La **Tabla 5** valora los resultados de los constructos endógenos, con un análisis de la relevancia predictiva y los resultados del ajuste del modelo.

**Tabla 5. Análisis de los constructos endógenos**

Constructo endógeno	R <sup>2</sup> ajustado	Intervalo de confianza (2.5% - 97,5%)	Q <sup>2</sup>	Modelo ajustado	Valor de la media de la muestra	HI <sub>99</sub>
				SRMR	0.062	0.076
F4 Impulsores y prácticas <b>IMP-PRC</b>	0.563	0.403 - 0.644	0.353	<b>dG</b>	0.427	0.604
F5 Capacidad de EC <b>CEC</b>	0.684	0.541 - 0.740	0.427	<b>dULS</b>	0.742	1.14

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de **PLS-SEM**

**Nota:** En este estudio,  $R^2 = 0.563$  indica que impulsores y prácticas explican el 56% de la varianza de las barreras, y  $R^2 = 0.684$  muestra que las capacidades de la EC explican el 68% de la varianza de las barreras, impulsores y prácticas.

A continuación, en la **Tabla 6** se amplían estos resultados al presentar los valores  $Q^2$  de las variables dependientes de los dos constructos endógenos.

**Tabla 6. Análisis de las variables dependientes de los dos constructos endógenos**

Constructos endógenos y sus variables dependientes	Q <sup>2</sup>
<b>F4 Impulsores y prácticas IMP-PRC</b>	0.353
<b>IMP-PRC1</b>	0.225
<b>IMP-PRC2</b>	0.352
<b>IMP-PRC3</b>	0.380
<b>F5 Capacidad de la EC C EC</b>	0.427
<b>C EC1</b>	0.401
<b>C EC4</b>	0.460
<b>C EC5</b>	0.349
<b>C EC2</b>	0.314
<b>C EC3</b>	0.344

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de **PLS-SEM**

**Notas:**

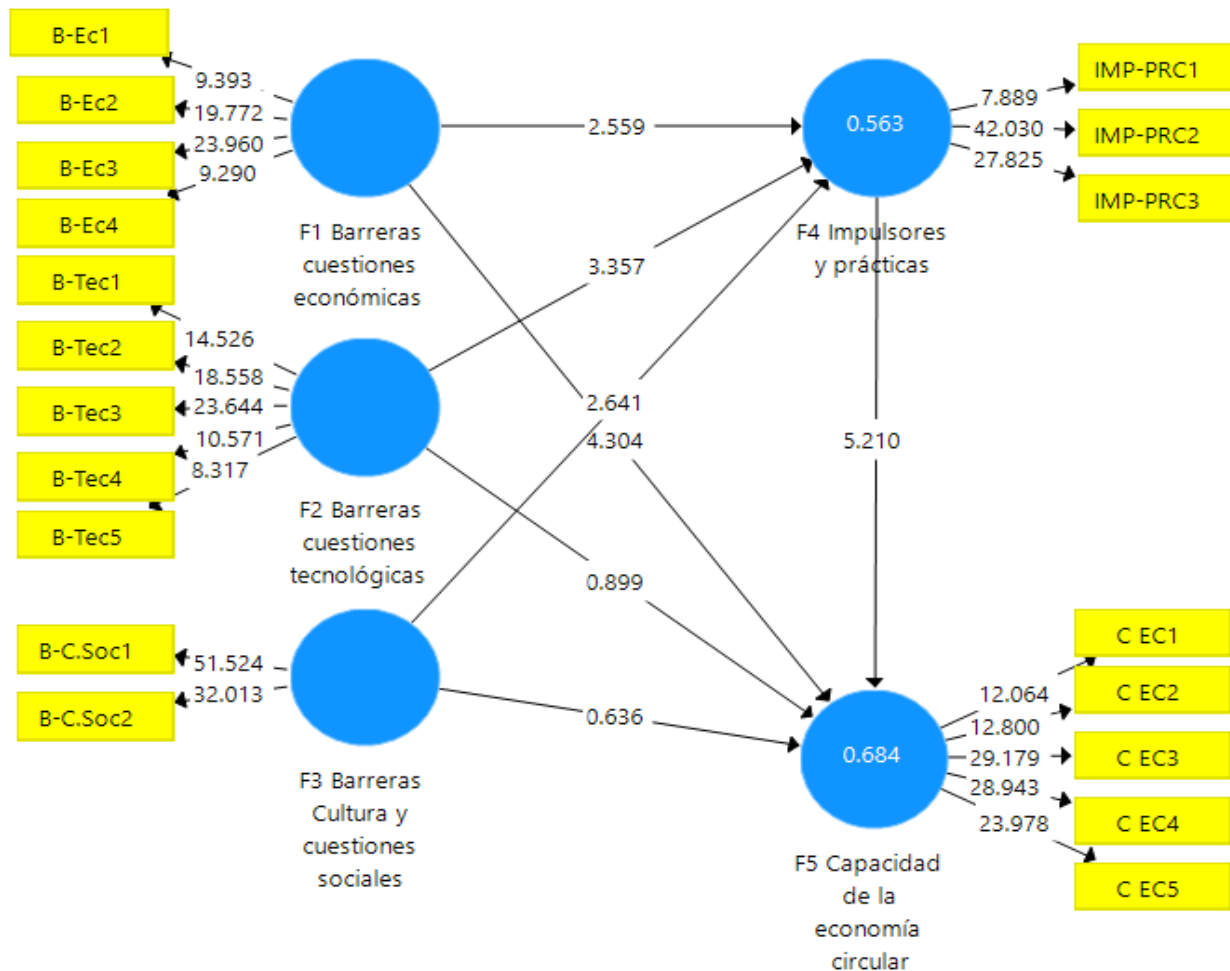
**R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación.** **Tabla 5** Representa el porcentaje de la varianza de la variable dependiente que es explicada por las variables independientes. (Hair et al., 2019)

**Q<sup>2</sup> relevancia predictiva** (predictive relevance) es una medida utilizada para evaluar la capacidad predictiva del modelo. A diferencia del **R<sup>2</sup>**, que mide la varianza explicada por el modelo, el **Q<sup>2</sup>** es fundamental para evaluar la validez predictiva de un modelo complejo

**SRMR**: raíz cuadrática media estandarizada del residuo por debajo de su valor límite de 0.08 indican (Hair, Sarstedt y Ringle, 2019). Discrepancias **dULS**: discrepancia de mínimos cuadrados no ponderada; **dG**: discrepancia geodésica, todos calculados con las 5000 submuestras de Bootstrap (*remuestreo*), y todos inferiores a **HI99**, con percentiles del 99%, que indica que el modelo teórico tiene un buen ajuste de los datos, (Liu, et al., 2024; Maldonado et al., 2024)

La **Figura 2** muestra los resultados del modelo conceptual luego de la corrida final de **PLS-SEM**.

**Figura 2.** Resultados alcanzados en el marco del modelo conceptual



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de **PLS-SEM**

## 6. DISCUSIÓN

La discusión está basada en implicaciones teóricas e implicaciones prácticas siguiendo el procedimiento estructurado en (Mejía-Mancilla y Mejía-Trejo, 2024).

### 6.1. Implicaciones teóricas

Desde una perspectiva teórica, esta investigación toma como base los conceptos fundamentales relacionados con el trabajo de Govindan et al. (2018), investigador que ocupa el 6to lugar de los 10 autores más citados según estudios de Díaz-Duarte et al. (2024), y es uno de los principales exponentes en la facilitación de la superación de barreras en la economía circular a través de variables mediadoras. En este estudio, se implementa la economía circular como objeto de estudio y las **PyME** manufactureras como sujeto de estudio. Así, se tiene:

- Se aceptaron nueve de las diez hipótesis propuestas. El marco empírico final sobre "la mediación de impulsores y prácticas para superar las barreras a la economía circular" demuestra ser un modelo altamente predictivo, respaldado por sus valores de  $Q^2$ . Según Hair et al. (2019), un valor de  $Q^2$  superior a 0, 0.25 y 0.50 indica una relevancia predictiva pequeña, mediana y grande, respectivamente. Esto se puede observar en la **Tabla 5**, que analiza los constructos endógenos, y en la **Tabla 6**, que examina las variables dependientes de los dos constructos endógenos.
- El resultado del rechazo fue para la hipótesis **H3**: "*Las barreras culturales y de cuestiones sociales tienen un efecto positivo y significativo en la CEC*". La hipótesis no se cumple al ser  $t < 1.965$  y  $p > 0,05$ , así como valores muy bajos de relevancia predictiva  $f^2 < 0.02$ , debido a varios factores:
  - a. En el caso de constructos intangibles, como "barreras culturales y sociales", es comprensible que este tema sea más controvertido en comparación con barreras tangibles, como las económicas y tecnológicas, que son más fáciles de evaluar.
  - b. Valores bajos de  $f^2$  indican que el predictor tiene un efecto pequeño en el constructo endógeno, lo cual puede ser una razón adicional para rechazar la hipótesis, ya que su contribución al modelo es mínima.



- c. Otros resultados que afectan **H3** son el bajo valor del coeficiente de trayectoria ( $\beta=0.067$ ) y un valor de **1** en su intervalo de confianza.
- d. Las dos preguntas que se realizan acerca de las *barreras culturales y sociales* se relacionan con dos de los temas más controvertidos en la **EC** como son:
  - i. La percepción de los consumidores hacia los componentes reutilizados es negativa y dificulta aceptar la **EC**.
  - ii. Comprar productos reacondicionado en lugar de uno nuevo no genera emoción

En relación con el punto (**d**) Ellen MacArthur Foundation (EMF,2013) ha expresado su preocupación por la baja aceptación de productos reacondicionados, una situación que representa un desafío significativo para la economía circular. En diversas declaraciones y publicaciones, MacArthur ha destacado que muchos consumidores aún desconfían de la calidad y durabilidad de los productos reacondicionados, prefiriendo optar por productos nuevos. Cuanto más cerrado sea el ciclo de reutilización, renovación y remanufactura de un producto, y cuanto más rápido se vuelva a utilizar, mayores serán los ahorros potenciales en materiales, mano de obra, energía y capital. Además, se reducirán las externalidades asociadas, como las emisiones de gases de efecto invernadero (**GEI**), el consumo de agua y la toxicidad.

- Otros resultados destacados son los contrastados con las hipótesis (**H8 a H10**), en las cuales se aplicó la mediación de impulsores y prácticas. Los resultados confirman la aceptación de las tres hipótesis. Se resalta que, aunque la hipótesis **H3** (**BCCS** → **CEC**) no se comprobó, cuando interviene el constructo mediador, se genera la hipótesis **H10** (**BCCS** → **IP** → **CEC**), que sí se comprueba, reflejando el papel crucial de una variable mediadora en situaciones donde esta es necesaria. Con este mismo análisis se puede valorar que las hipótesis **H1** y **H2** una vez mediadas con **IP**, sus valores de  $\beta$  y  $f^2$  mejoran.
- Siguiendo a Nitzl et al. (2016), en casos de mediación parcial, se recomienda calcular la varianza contabilizada (**VAF**) para obtener más información sobre la parte mediada. El **VAF** mide cuánto del proceso de mediación explica la varianza de la variable dependiente. Un valor superior al 80% indica mediación total, entre 20% y 80% indica mediación parcial, y menos del 20% significa que no hay mediación. En esta investigación, al aplicar por primera vez este procedimiento, los tres constructos mediados (**H8**, **H9** y **H10**) tienen valores superiores al

20%, explicando respectivamente el 21%, 92% y 91% de las variables dependientes, confirmando así el uso de la mediación.

- La Capacidad de la Economía Circular **CEC**, constructo **F5** que tiene su base en los conceptos de recursos y capacidades pretenden transmitir las habilidades necesarias para aprovechar las oportunidades en la **EC**; prolongar la vida útil de los productos y componentes, sin daño ambiental y recuperar activos; garantizar cuota de mercado, beneficios medioambientales y nuevas relaciones con negocios basados la circularidad, generar menor presión sobre recursos naturales y energía dado el bajo uso de insumos e intensidad en mano de obra, reducir costos y aumentar la eficiencia en el mantenimiento y la reparación.

## **6.2. Implicaciones prácticas**

La integración de la economía circular en las pequeñas empresas manufactureras fomenta el desarrollo sostenible y mejora la eficiencia en la recuperación de activos, una actividad fundamental en los procesos de estas **PyME**, basados en los conceptos de reducir y recuperar. Además, la economía circular está en armonía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (**ODS**), especialmente los **ODS 9** y **12**. Sin embargo, aún no se dispone de un plan de acción que desarrolle esos objetivos o líneas concretas para impulsar las actividades de reparación y reúso.

¿Cómo y con qué objetivo desde el punto de vista práctico se utilizaron los impulsores y prácticas como variables mediadoras para transitar hacia la **EC** y ampliar las capacidades de la economía circular?

**a) Ideas para las PyME manufacturera.** Desde una perspectiva práctica, los hallazgos de este estudio proporcionan información valiosa a las **PyME** manufactureras en su transición hacia la **EC** mediante: Negocios circulares (**CEC3**) basados preferentemente en el diseño para la circularidad (**IMP-PRC1**) y el empleo de materiales reciclables o biodegradables. La ecoeficiencia en la producción (**IMP-PRC2**) y la eco innovación reducirían la presión ambiental (**CEC4**). Los impulsores y prácticas mediante la educación a través de programas de formación y capacitación (**IMP-PRC2**) desarrollarían conocimientos y habilidades sostenibles (**CEC1**) y valores en el tema de las **5R** (**CEC5**); sería importante convocar a colaboradores para que también se adiestren y preparen en estos programas.

**b) Barreras culturales y sociales.** Los impulsores y prácticas mediante la educación y programas de formación y capacitación (**IMP-PRC2**) también pueden abordar temas relacionados con la percepción errónea del cliente sobre el uso de componentes reutilizados (**B-CSoc1**) o la pérdida de entusiasmo al comprar un producto reacondicionado (**B-CSoc2**), percepciones que pueden mitigarse al enfatizar la protección del medio ambiente.

**c) Barreras económicas:** La falta de internalización de los costos externos del transporte (**B-EC1**) se puede mitigar dentro de un marco de negocio circular (**CEC3**) que incluya reglas para proveedores y distribuidores. Esto es posible si se fomentan relaciones estrechas y colaborativas para identificar y reducir costos innecesarios. Los programas de formación y capacitación (**IMP-PRC3**) deberían abordar soluciones para los altos costos de materiales respetuosos con el medio ambiente (**B-Ec3**), lo cual puede lograrse mediante la creación de alianzas estratégicas con proveedores o la compra en volumen para reducir costos. Además, (**IMP-PRC3**) debería incluir en sus programas cómo mantener la calidad de los productos durante su ciclo de vida (**B-Tec1**) al utilizar materiales recuperados (**B.Tec2**).

**d) Contribución Metodológica:** La aplicación de una revisión bibliográfica para diseñar el instrumento de investigación dirigido a 124 **PyME** manufactureras del norte de México aporta una contribución metodológica. Este enfoque garantiza que los instrumentos de investigación sean culturalmente relevantes y específicos al contexto, mejorando así la validez y confiabilidad del estudio. La metodología de investigación descrita ofrece contribuciones prácticas destacables con implicaciones tangibles para diversos interesados

Desde una perspectiva práctica, las **PyME** estudiadas priorizan un enfoque económico mediante la recuperación de activos (**CEC 2**) y fomentan el desarrollo de valores relacionados con la reutilización, el reciclaje, la reducción y la recuperación (**CEC 5**). Coinciden en que la implementación de la economía circular incrementa la capacidad de recuperar activos y demuestra cómo la **CEC** facilita el desarrollo de valores asociados a las **5R**.

Abordar barreras culturales y sociales (**B-CSoc1** y **B-CSoc2**) aumentaría la conciencia y el conocimiento sobre los beneficios de la economía circular y fomentaría una cultura de innovación y sostenibilidad en las organizaciones. Además, permitiría enseñar y aprender nuevas habilidades, como papel clave en la transición a la economía verde.

## **7. CONCLUSIÓN**

Consensuar cuáles son las vías o procedimientos correctos para que las **PyME** manufactureras de Coahuila avancen hacia la **EC** es algo complejo de lograr en el contexto en el que se desarrollan estas empresas, por eso es interés de los autores que este documento sirva como guía para poder superar las barreras económicas, tecnológicas y sociales que los limitan. Al utilizar el modelo **PLS-SEM**, se abarca la multidisciplinariedad al incluir temas económicos, tecnológicos, culturales y sociales.

La técnica del estudio puede replicarse en otras organizaciones, demostrando que el efecto mediador de los impulsores y políticas es adecuado para superar barreras, adaptándose al contexto específico.

### **7.1. Como responder a la pregunta y explicar la hipótesis**

La pregunta de investigación: ¿Cómo puede la mediación teórica de impulsores y prácticas facilitar que las **PyME** desarrollen capacidades en economía circular para superar barreras y generar beneficios ambientales y económicos a través de la recuperación de activos?, aunque a lo largo del estudio se ha ido justificando y verificando, a continuación, se presenta un resumen conciso que destaca los puntos clave que responden a la pregunta y explican las hipótesis:

Este estudio resalta la importancia del diseño para la circularidad y la colaboración en cadenas y redes en la economía circular, mejorando la eficiencia ambiental mediante prácticas limpias y los principios de las **5R**. La educación en sostenibilidad sensibiliza a los actores en la cadena de suministro. La intervención del constructo mediador **IP** permite confirmar la hipótesis **H10**, subrayando la relevancia del efecto mediador.

Las **PyME** que superan obstáculos económicos como los costos de transporte y materiales reciclados pueden mejorar su capacidad en la economía circular con estrategias de diseño circular, eficiencia en la fabricación y programas de formación. Esto mejora productos deteriorados, extiende su vida útil y facilita la recuperación de activos, reduciendo costos, asegurando cuota de mercado y obteniendo beneficios ambientales.

El objetivo es que las **PyME** adquieran habilidades para aprovechar oportunidades, asegurar cuota de mercado, obtener beneficios ambientales y establecer relaciones comerciales basadas en

la circularidad. La eficiencia en la circulación de bienes y materiales agrega valor a la sostenibilidad empresarial, reduciendo residuos y estableciendo sistemas eficientes de gestión.

## **7.2. Hallazgos de la investigación**

Una cualidad fundamental de la metodología es su propuesta innovadora, que representa el principal hallazgo del trabajo ya que demuestra el efecto de la mediación teórica entre las barreras y la capacidad de la economía circular **CEC**, y no sólo como procedimiento estadístico, sino que la mediación es uno de los métodos analíticos más populares en psicología; inicialmente, las variables intermedias eran teóricas, mientras que las variables mediadoras eran observables y se originó en la investigación sobre mecanismos intervinientes en la década de 1920. Se formula que alcanzar la **CEC** fue la estrategia de este estudio y la táctica el efecto mediador, pero ya no sólo en el marco de la estadística sino como una herramienta que explica las relaciones entre variables independientes y dependientes.

Finalmente se valora el aporte a la solución de las barreras económica, tecnológicas, culturales y sociales y al medio ambiente porque la **EC** es uno de las principales estrategias para alcanzar los **ODS**.

Las **PyME** comienzan a integrarse en la economía circular una vez que superan las barreras tecnológicas. Estas barreras incluyen mantener la calidad de los productos fabricados con materiales recuperados, competir en precios con productos nuevos y vencer la desconfianza en los servicios de reparación. La técnica descrita puede ser replicada en otras organizaciones y contextos, ya que, al validar las hipótesis, quedó implícito que el efecto mediador de los impulsores y políticas es una adecuada opción para vencer las barreras, desde luego adaptándola al contexto donde se pretenda replicar.

Este resultado está limitado por la cantidad de respuestas logradas que pudo ser más amplia y representativa. Lo limita la posibilidad de que no todos reciban el instrumento, sino que tengan el tiempo y voluntad para responder; no obstante, la cantidad de respuestas obtenidas se hallan en el marco aceptado para aplicar **SmartPLS**.

Otra limitación fue solo tratar con barreras internas que son en la que las **PyME** pueden operar; las barreras externas dependen de los gobiernos y directivos y ahí la influencia de estas empresas estudiadas es mínima o nula.

## 8. REFERENCIAS

- AlJaber, A., Martinez-Vazquez, P. y Baniotopoulos, C. (2023). Barriers and enablers to the adoption of circular economy concept in the building sector: a systematic literature review. *Buildings*, 13(11), 27-78. <https://doi.org/10.3390/buildings13112778>
- Almadani, B., y Mostafa, S. M. (2021). IIoT Based Multimodal Communication Model for Agriculture and Agro-Industries. *IEEE Access*, 9, 10070–10088. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3050391>
- Alzoubi y Aziz, R. (2021). Does Emotional Intelligence Contribute to Quality of Strategic Decisions? The Mediating Role of Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(2), 130. <https://doi.org/10.3390/joitmc7020130>
- Amirudin, A., Inoue, C., & Grause, G. (2023). Assessment of factors influencing Indonesian residents' intention to use a deposit-refund scheme <https://doi.org/10.1016/j.cec.2023.100061>
- Awana, Swati; Chavan, Meena; Sedera, Darshana; Cheng, Zhi Ming y Ganzin, Max (2023). Unlocking circular start-ups: A model of barriers. *Business Strategy and the Environment*, 33, 1-32. <https://doi.org/10.1002/bse.3608>
- Bag, S., Pretorius, J. H. C., Gupta, S. y Dwivedi, Y. K. (2021). Role of institutional pressures and resources in the adoption of big data analytics powered artificial intelligence, sustainable manufacturing practices, and circular economy capabilities. *Technological Forecasting and Social Change*, 180(4), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120420>
- Banco Mundial (2023). Consultado el 12-Julio de 2024, de: <https://www.worldbank.org/en/home>
- Bicket, M. (2020). Complexity and the circular economy: Systems approaches for change. In *The Routledge Handbook of Waste, Resources and the Circular Economy* (pp. 142-152). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/978042934634716/complexitycircular-economy-martha-bicket>
- Cano, J. A., y Londoño-Pineda, A. (2020). Scientific literature analysis on sustainability with the implication of open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 162. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040162>
- Carlotta, M. y Draşutè, V. (2022). Economía Circular, educación para el desarrollo sostenible y habilidades verdes: T(h)REE elementos para un futuro mejor. eMundus. <https://conference.pixel-online.net/files/foe/ed0012/FP/7967-ESOC5674-FP-FOE12.pdf>
- Chesbrough, H. W. y Appleyard, M. M. (2007). Open Innovation and Strategy. *California Management Review*, 50(1), 57-76. <https://doi.org/10.2307/41166416>
- Cohen, J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Cochran, W. G. (1963). *Sampling Techniques*, 2nd Ed., New York: John Wiley and Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/bimj.19650070312>
- Colunga, A., Molina, V. y Díaz, E. (2018). Modelo de Gestión Innovadora en un Centro

- Tecnológico Mexicano de Investigación y Desarrollo. *Información tecnológica*, 29(3),121-132. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300121>
- Danks, Nicholas P. (2021). The piggy in the middle: The role of mediators in PLS-SEM-based prediction: A research note. *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, 52(SI), 24-42. <https://doi.org/10.1145/3505639.3505644>
- Darko, Amos; Chuen Chan, Albert Ping; Yang, Yang; Shan, Ming; He, Bao-Jie y Gou, Zhonghua (2018). Influences of barriers, drivers, and promotion strategies on green building technologies adoption in developing countries: The Ghanaian case. *Journal of Cleaner Production*, 200, 687-703. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.318>
- De Jesus, Ana, y Mendonça, Sandra (2018). *Lost in transition? Drivers and barriers in the eco-innovation road to the circular economy*. *Ecological Economics*, 145, 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.001>
- Del Río, Pablo; Carrillo-Hermosilla, Javier; Könnölä, Totti, y Bleda, Mercedes (2016). Resources, capabilities and competences for eco-innovation. *Technological and Economic Development of Economy*, 22, 274-292. <https://doi.org/10.3846/20294913.2015.1070301>
- Demirel, Pelin, y Kesidou, Effie (2019). Sustainability-oriented Capabilities for Eco-Innovation: Meeting the Regulatory, Technology, and Market Demands. *Business Strategy and the Environment*, 28, 847-857. <https://doi.org/10.1002/bse.2286>
- Directorio Estadístico Nacional De Unidades Económicas Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (DENUE-INEGI, 2022). Consultado el 2-Mar-2024, de: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/denue/denue2022.pdf>
- Díaz-Duarte, A., Purón-Cid, G., Sainz-Santamaria, J. y Rivera-Martínez, M. (2024). Circular economy in business, management, and accounting: A bibliometric study of the construct. *Scientia Et PRAXIS*, 4(07), 58–80. <https://doi.org/10.55965/setp.4.07.a3>
- Dragan, G. B., Ben Arfi, W., Tiberius, V., Ammari, A., & Ferasso, M. (2023). Acceptance of circular entrepreneurship: Employees' perceptions on organizations' transition to the circular economy. *Journal of Circular Economy*, 15(2), 123-145. <https://doi.org/10.1234/jce.2023.01502>
- Ellen MacArthur Foundation (EMF, 2013) "Towards The Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition" [https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport\\_McKinsey-Towards\\_A\\_Circular\\_Economy.pdf](https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport_McKinsey-Towards_A_Circular_Economy.pdf)
- Ellen MacArthur Foundation, & Granta Design. (EMF,2015). Material Circularity Indicator [Toolkit]. Consultado el 12-Feb-2024, de: [https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_PolicymakerToolkit.pdf](https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_PolicymakerToolkit.pdf)
- Fernández de Arroyabe, J.C.; Arranz, N.; Schumann, M. y Arroyabe, M. F. (2021). *The development of CE business models in firms: The role of circular economy capabilities*. *Technovation*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102292>
- Fernando, Y., Lang- Tseng, M., Aziz, N., Ridho Bramulya, I. y Ika Sari, Wahyuni-TD (2022). Waste-to-energy supply chain management on circular economy capability: An empirical study. *Sustainable Production and Consumption*, 31,26-38. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.032>
- Fornell, C. y Larcker, D. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18, 39-50. <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>

- Geissdoerfer, M., Morioka, S. N., de Carvalho, M. M., & Evans, S. (2018). Business models and supply chains for the circular economy. *Journal of cleaner production*, 190, 712-721. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.159>
- Geng, Y., Zhu, Q., Doberstein, B. y 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. <https://doi:10.1016/j.wasman.2008.06.036>
- Govindan, K. y Hasanagic, M. (2018). A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 278-311. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402141>
- Hair Jr, J. F.; Hult, G. T. M.; Ringle, C. y Sarstedt, M. (2017). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). (2nd ed.). *Sage Publications Inc.*, Thousand Oaks, CA. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7>
- Hair, J.F.; Sarstedt, M. y Ringle, C.M. (2019). "Rethinking some of the rethinking of partial least squares", *European Journal of Marketing*, 53(4), 566-584. <https://doi.org/10.1108/EJM-10-2018-0665>
- Henseler, J., Ringle, C. M. y Sinkovics, R. R. (Eds.). (2009). Advances in International Marketing. *Advances in International Marketing*. [https://doi:10.1108/s1474-7979\(2009\)0000020014](https://doi:10.1108/s1474-7979(2009)0000020014)
- Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO, 2023) *Índice de Competitividad Estatal 2023*. Consultado el 20-Abr-2024, de: <https://imco.org.mx/indices/indice-de-competitividad-estatal-2023/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023). Comunicado de prensa número 831/23 22 de diciembre de 2023 Página 1/13. Exportaciones Trimestrales por Entidad Federativa (ETEF) Tercer trimestre de 2023. Consultado el 20-Abr-2024, de: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/etef/etef2023\\_12.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/etef/etef2023_12.pdf)
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., y Rosado, L. (2018). Circular economy—From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, conservation and recycling*, 135, 190-201. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>
- Kirchherr, J., Reike, D., y Hekkert, M. (2017). The role of the Circular Economy in achieving the UN Sustainable Development Goals. *Resources, Conservation and Recycling*. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.048>
- Kirchherr, J., Piscicelli, I. Bour, R., Kostense-Smit, E.; Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A. y Hekkert, Marko (2018). Barriers to the circular Economy: Evidence from the European Union (EU). *Ecological Economics*, 150, 264–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>
- Lieder, M., y Rashid, A. (2016). Towards Circular Economy Implementation: A Comprehensive Review in Context of Manufacturing Industry. *Journal of Cleaner Production* 115, 36–51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- Liu, R., Benitez, J., Zhang, L., Shao, Z. y Mi, J. (2024). Exploring the influence of gamification-enabled customer experience on continuance intention towards digital platforms for e-government: An empirical investigation. *Information y Management*, 61(5), 103986. <https://doi.org/10.1016/j.im.2024.103986>
- Loh, Xiu Ming; Hsien Lee, Voon; Wei-Han Tan, Garry; Hew, Jun Jie y Boon Ooi, Keng (2022). Towards a cashless society: the imminent role of wearable technology. *Journal of Computer Information Systems*, 62(1), 39-49. <https://doi.org/10.1080/08874417.2019.1688733>



- Lopes de Sousa Jabbour, A. B., Rojas Luiz, J. V., Rojas Luiz, O., Jabbour, C. J. C., Ndubisi, N. O., Caldeira de Oliveira, J. H., & Junior, F. H. (2019). Circular economy business models and operations management. *Journal of Cleaner Production*, 235, 1525–1539. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.349>
- Luttikhuis, D.A.C (2020). Barriers faced and dynamic capabilities needed for a circular transition: evidence from the manufacturing industry in the Netherlands. Holanda: Universidad de Twente. Países Bajos. <https://essay.utwente.nl/83095/>
- Maier, S., y Oliveira, L. B. (2014). Economic feasibility of energy recovery from solid waste in the light of Brazil' s waste policy: The case of Rio de Janeiro. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 484-498. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.025>
- Maldonado, G., Juárez, R. y Molina, V, (2024) ¿Las prácticas Lean son la solución para mejorar el rendimiento empresarial en la industria manufacturera de México? *Multidiscip. Bus. Rev.* 17 (1), 33-48, <https://doi.org/10.35692/07183992.17.1.4>
- McDonough, W. y Braungart, M. (2010). Cradle to cradle: Remaking the way we make things. North point press. [https://books.google.com.mx/books/about/Cradle\\_to\\_Cradle.html?id=KFX5RprPGQ0C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.mx/books/about/Cradle_to_Cradle.html?id=KFX5RprPGQ0C&redir_esc=y)
- Mejía-Mancilla, J. y Mejía-Trejo, J. (2024). Technology Acceptance Model for Smartphone Use in Higher Education. *Scientia et PRAXIS*, 4(07), 113–158. <https://doi.org/10.55965/setp.4.07.a5>
- Mhatre, P., Gedam, V. V., Unnikrishnan, S. y Raut, R. D. (2023). Circular economy adoption barriers in built environment-a case of emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 392, 136-201. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136201>
- Mont, O., Plepys, A., Whalen, K., y Nußholz, JLK. (2017). Business model innovation for a Circular Economy: Drivers and barriers for the Swedish industry—the voice of REES companies. Suecia: *Mistra REES*, 19. <https://lup.lub.lu.se/record/833402ef-b4d4-4541-a10e-34d1e89d2146>
- Munaro, M. R. y Tavares, S. F. (2023). A review on barriers, drivers, and stakeholders towards the circular economy: The construction sector perspective. *Cleaner and Responsible Consumption*, 8, 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100107>
- Munoz-Melendez, G. (2023). Status of the Adoption and Practice of Circular Economy in Mexico. In: Ghosh, S.K., Ghosh, S.K. (eds) *Circular Economy Adoption*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-4803-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-99-4803-1_8)
- Naruetharadhol, P., Srisathan, W. A., Gebombut, N., Wongthahan, P. y Ketkaew, C. (2022). Industry 4.0 for Thai SMEs: Implementing open innovation as innovation capability management. *International Journal of Technology*, 13(1), 48-57. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i1.4746>
- Nitzl, Ch.; Roldan, J. y Cepeda, G. (2016). Mediation analysis in partial least squares path modeling: helping researchers discuss more sophisticated models. *Industrial Management y Data Systems*, 116, 9. <http://dx.doi.org/10.1108/IMDS-07-2015-0302>
- Nurjanah, A. y Ardyan, E. (2022). Open innovation strategies and SMEs' performance: the mediating role of eco-innovation in environmental uncertainty. *Management Systems in Production Engineering*, 30(3), 214-222. <https://doi.org/10.2478/mspe-2022-0027>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2021). Consultado el 3-Mar-2024, de:

<https://es.wiktionary.org/wiki/removido>

- Pheifer, A. G. (2017). Barriers y enablers to circular business models. Recuperado de: [www.circulairondernemen.nl/uploads/4f4995c266e00bee8f](http://www.circulairondernemen.nl/uploads/4f4995c266e00bee8f)
- Pinzón-Castro, S. Y. y Maldonado-Guzmán, G. (2023). Open Innovation Effects in Eco-innovation and Business Performance in Mexican Manufacturing Firms. *Scientia Et PRAXIS*, 3(06), 1–19. <https://doi.org/10.55965/setp.3.06.a1>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2024). Consultado el 2-Mar-2024, de: <https://www.undp.org/es>
- Popa, F., Guillermin, M., y Dedeurwaerdere, T. (2015). A pragmatist approach to trans disciplinarity in sustainability research: From complex systems theory to reflexive science. *Futures*, 65, pp 45-56. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.02.002>
- Priyadarshini, P., y Abhilash, P. C. (2023). An empirical analysis of resource efficiency and circularity within the agri-food sector of India. *Journal of Cleaner Production*, 385, 135660. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135660>
- Pringle, T; Barwood, M, y Rahimifard, S (2016). The Challenges in Achieving a Circular Economy within Leather Recycling. *Procedia CIRP*, 48, 544–549 <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.112>
- Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., y Mäkinen, S. (2018). Creating value in the circular economy: A structured multiple-case analysis of business models. *Journal of Cleaner Production*, 201, 988-1000. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.072>
- Ritzén, S., y Ölundh-Sandström, Gunilla (2017). Barriers to the Circular Economy—integration of perspectives and domains. *Procedia Cirp*, 64, 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005>
- Rodríguez-Antón, J. M., Rubio-Andrada, L., Celemín-Pedroche, M. S., & Ruíz-Peñalver, S. M. (2022). From the circular economy to the sustainable development goals in the European Union: An empirical comparison. *International environmental agreements: politics, law and economics*, 22(1), 67-95. <https://doi.org/10.1007/s10784-021-09553-4>
- Roe, R. (2011). What is wrong with mediators and moderators? 15th European Congress of Work y Organizational Psychology. Maastricht, Netherlands. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/230627055\\_What\\_is\\_wrong\\_with\\_mediators\\_and\\_moderators](https://www.researchgate.net/publication/230627055_What_is_wrong_with_mediators_and_moderators)
- Schroeder, P., Anggraeni, K., y Weber, U (2019). Linking the Circular Economy and Sustainable Development Goals: a framework and policy implications. *Journal of Environmental Planning and Management*. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1478885>
- Shahbazi, S., Wiktorsson, M., Kurdve, M., Jönsson, Ch., y Bjelkemyr, M. (2016). Material Efficiency in Manufacturing: Swedish Evidence on Potential, Barriers and Strategies. *Journal of Cleaner Production*, 127, 438–450. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.143>
- Simões, C. L., Pinto, L. M. C. y Bernardo, C. A. (2013). Environmental and economic assessment of a road safety product made with virgin and recycled HDPE: a comparative study. *Journal of environmental management*, 114, 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.001>
- Singh, J., y Ordoñez, I. (2016). Resource Recovery from Post-consumer Waste: Important Lessons for the Upcoming Circular Economy. *Journal of Cleaner Production*, 134, 342–353. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.020>

- Souza P. R., Vincenzi, T. B. D., Vazquez-Brust, D. A., Yakovleva, N., Bonsu, S. y Carvalho, M. M. D. (2024). Barriers toward circular economy transition: Exploring different stakeholders' perspectives. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 31(1), 153-168. <https://doi.org/10.1002/csr.2558>
- Su, B., A. Heshmati, Y. Geng, and X. Yu. 2013. "A Review of the Circular Economy in China: Moving from Rhetoric to Implementation." *Journal of Cleaner Production* 42, 215-227. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>
- Suarez-Eiroa, B., Fernández, E., Méndez-Martínez, G., y Soto-Oñate, D. (2019). Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice. *Journal of cleaner production*, 214, pp 952-961. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129071>
- Teece, D., Pisano, G., y Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18, 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:73.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:73.0.CO;2-Z)
- Ting, L.S., Zailani, S. y Sidek, N.Z.M. (2023) Motivators and barriers of circular economy business model adoption and its impact on sustainable production in Malaysia. *Environ Dev Sustain* 26, 17551–17578. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03350-6>
- Van Caneghem, Jo; Van Acker, Karel; De Greef, Johan; Wauters, Guido y Vandecasteele, Carlos (2019). La conversión de residuos en energía es compatible y complementaria con el reciclaje en la economía circular. *Política medioambiental de tecnología limpia*, 21, 925-939. <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01686-0>
- Van de Vrande, V., De Jong, J. P., Vanhaverbeke, W. y De Rochemont, M. (2009). Open innovation in SMEs: Trends, motives and management challenges. *Technovation*, 29(6-7), 423-437. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.10.001>
- Van Keulen, M. y Kirchherr, J. (2021). The implementation of the Circular Economy: Barriers and enablers in the coffee value chain. *Journal of Cleaner Production*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125033>
- Vence, X. y López, S. (2022) Economía Circular y Actividades de reparación y mantenimiento en México: Especificidades y heterogeneidad de su estructura productiva y laboral. *Nova econ.* 32 (1) <https://doi.org/10.1590/0103-6351/6498>
- Weller, J. (2020). Technological change and employment in Latin America: opportunities and challenges <https://hdl.handle.net/11362/45973>
- Zeng, H., Chen, X., Xiao, X. y Zhou, Z. (2017). Institutional pressures, sustainable supply chain management, and circular economy capability: Empirical evidence from Chinese eco industrial park firms. *Journal of cleaner production*, 155, pp 54-65. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.093>



This is an open access article distributed under the terms of the CC BY-NC license(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)