

ECONOMÍA CIRCULAR: METODOLOGÍA PARA EVALUAR SU IMPLEMENTACIÓN EN PYMES

CIRCULAR ECONOMY: METHODOLOGY FOR ASSESSING ITS IMPLEMENTATION IN PYMES

Juan Bautista Abello-Romero*

Camilo Céspedes Palmieri**

Camila Díaz Díaz***

RESUMEN

Dada la importancia que tiene la Economía Circular para lograr una mayor sostenibilidad en las empresas, existe la necesidad de evaluar y comparar las estrategias a nivel de procesos. Además, como gran parte de las iniciativas para su implementación están fuera de alcance para las pequeñas y medianas empresas, surge el interés en diseñar una propuesta metodológica que permita evaluar la implementación de la Economía Circular en pymes.

La metodología PymeCircular es una herramienta útil para determinar la viabilidad de diversas estrategias circulares a nivel operativo, a través de un modelo de toma de decisiones multicriterio (MCDM). La determinación de criterios e indicadores, desde el punto de vista de la sostenibilidad, permitió cuantificar los elementos que influyen en la evaluación de estrategias, ayudando así a los dueños a visualizar la factibilidad de alternativas que apoyarán la toma de decisiones.

Palabras claves: economía circular, sostenibilidad, sustentabilidad, metodología, pymes, MCDM

ABSTRACT

Because of the importance of the Circular Economy to achieve greater sustainability in companies, it is necessary to evaluate and compare strategies at process level. In addition, as most of the initiatives for its implementation are out of reach of small and medium enterprises, there is an interest in designing a methodological proposal to evaluate the implementation of the Circular Economy in SMEs. The PymeCircular methodology is a useful tool to determine the viability of various circular strategies at the operational level through a multi-criteria decision making model (MCDM). The determination of criteria and indicators from a sustainability point of view made it possible to quantify the elements that influence the evaluation of strategies, helping owners to visualize the feasibility of alternatives that will support decision making.

Key words: circular economy, sustainability, methodology, SMEs, MCDM

Códigos JEL: F20, E61, O54

Fecha de recepción: 16 de mayo 2023

Fecha de aceptación: 7 de junio 2023

* Doctor en Ciencias de la Administración, Universidad de Santiago de Chile. Filiación Institucional: Departamento de Contabilidad y auditoría, Facultad de administración y economía de la Universidad de Santiago de Chile. <https://orcid.org/0000-0003-3064-3456> Correo electrónico: juan.abello@usach.cl

** Contador Público y Auditor, Universidad de Santiago de Chile. Filiación Institucional: Investigador Independiente. <https://orcid.org/0009-0008-1307-1744> Correo electrónico: camilo.cesped@usach.cl

*** Contador Público y Auditor, Universidad de Santiago de Chile. Filiación Institucional: Investigador Independiente. <https://orcid.org/0009-0005-5216-540X> Correo electrónico: camila.diaz.di@usach.cl



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Economía Circular es un concepto que cada vez toma más relevancia en la fabricación y/o generación de productos y servicios. Esto empieza a verse reflejado en la normativa legal chilena. Un ejemplo de esto es la Ley 20.920 o Ley REP (Responsabilidad Extendida del Productor), promulgada en 2016 por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y que establece el marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje.

Tanto el reciclaje como el cuidado ambiental, en un marco económico, empiezan a cambiar las formas de trabajo en las empresas de gran tamaño; sin embargo, estas iniciativas dejan a la deriva a las pequeñas y medianas empresas. Por lo que, la integración de estrategias sostenibles en estas, por ahora, dependen exclusivamente de sus dueños y de la importancia que ellos les otorgan. Es por esta razón que surge la necesidad de crear herramientas para que fomenten estrategias circulares en pequeñas y medianas empresas.

Las estrategias sostenibles dan lugar a una reducción sustancial de la carga medioambiental, donde se invierte en mejorar la eficiencia del consumo y se minimizan los residuos generados tanto en la cadena de suministro como en el diseño del producto. Además, se consideran los impactos sociales y se evalúa la dimensión económica, a través del crecimiento del negocio y la mayor productividad. La implementación de estas prácticas también requiere la evaluación de factores externos, como la política pública y las condiciones del mercado, ya que pueden ser insuficientemente desarrolladas, encontrando dificultades en adquirir insumos ecológicos o una demanda indispuesta a adaptar sus preferencias.

Bajo este contexto, el presente artículo tiene por objetivo desarrollar una metodología pertinente a las pequeñas y medianas empresas tomando como referencia los aspectos teóricos desarrollados sobre la ecología industrial y la economía del rendimiento,

como también las experiencias obtenidas a partir de los resultados de las entrevistas a pymes que poseen prácticas sustentables y/o sostenibles.

De esta forma, el orden de los contenidos de este texto comienza con los enfoques teóricos que dan sustento a la Economía Circular, como sus distintas perspectivas, herramientas y su aplicación en pymes. Acto seguido, se presentan los materiales y métodos de la investigación, para dar paso a los resultados alcanzados y, finalmente, exponer las conclusiones respectivas.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Los enfoques teóricos que se presentan a continuación permiten comprender las distintas aristas que tiene un modelo de metodología para evaluar la aplicación de la economía circular en pymes. Para efecto de un análisis más específico se confrontan los enfoques teóricos en la Tabla 1: capitalismo natural, ecología industrial, economía del rendimiento y diseño regenerativo, considerando las categorías que son relevantes en el análisis de la implementación de la economía circular en una pyme. Es así como la ecoeficiencia y uso de recursos, el ecodiseño, las energías renovables no convencionales, la sustitución de materiales, reciclaje, reutilización y residuo cero son categorías deseables en la implementación de la economía circular.

Tabla 1. Comparativa de perspectivas

Categoría	Capitalismo Natural (Hawken, P. et al., 2000)	Ecología Industrial (Erkman, S., 2001)	Economía del Rendimiento (Stahel, W., 1976)	Diseño Regenerativo (Lyle, J., 1970)
Ecoeficiencia y uso de recursos	Aumento de productividad en el uso de recursos.	Promueve ecoeficiencia, disminuyendo <i>input</i> de materia prima.	Reduce el flujo de material requerido para crear y mantener inventario.	Su foco principal no radica en la ecoeficiencia.
Ecodiseño	No promueve el ecodiseño.	Está contemplada dentro de su modelo.	Considera el ecodiseño para prevenir residuos.	No promueve el ecodiseño.
Energías renovables no convencionales	Promueve el uso de recursos naturales.	Considera la descarbonización como un desafío de utilización de energías renovables no convencionales.	No promueve el uso de energías renovables no convencionales.	Considera en la regeneración las fuentes de energía utilizados.
Sustitución de materiales	No promueve la sustitución de materiales.	Considera la sustitución de materiales a través de procesos ambientales o industriales.	No promueve la sustitución de materiales, pero sí considera la recuperación de materiales.	Considera la sustitución de materiales a través de la regeneración y renovación de materiales utilizados.
Reciclaje	Promueve el reciclaje en la adopción de modelos de producción de ciclo cerrado.	Considera el reciclaje en su modelo teórico.	Considera el reciclaje en el pilar de Producción de Recursos.	Considera el reciclaje dentro de sus principios.
Reutilización	Está contemplada dentro de las prácticas de aumento en la productividad.	Promueve la reutilización dentro del flujo cíclico de materiales.	La reutilización es un componente clave para mantener la calidad del inventario.	Se contempla dentro de sus principios.
Residuo cero	Contempla la eliminación de residuo en la práctica de modelos de producción de ciclo cerrado.	Promueve modelos de negocios asociados con el residuo cero.	Promueve la prevención de los residuos en todas las etapas del ciclo de un producto.	Promueve el concepto dentro de sus principios.

Fuente: elaboración propia basado en Lovins et al., 2006; Belda, 2018; (Jelinski et al., 1992); Stahel (2016); Carrillo (2009), Erkman (2001), Stahel y Clift (2016), Hart et al., (2005); Stahel (2010); Cole (2012); Cortés (2020); Kadar y Kadar, 2020 y Lares y Henríquez, 2021.

De acuerdo con el análisis anterior, la perspectiva de la ecología industrial cumple con la totalidad de las categorías establecidas y, como explica Erkman (2001), el principal desafío es reorganizar el sistema industrial en profundidad, para ayudar al sistema a evolucionar hacia un modo de operación sostenible a largo plazo compatible con la biosfera. En términos concretos, se deben enfrentar cuatro desafíos: desmaterialización, descarbonización, valorización y la concentración.

2.1. Estrategias circulares

Luego de exponer diferentes enfoques, paradigmas y perspectivas circulares, se abordarán estrategias para la transición desde la estructura lineal de producción hacia la Economía Circular, lo que implica considerar diferentes estrategias para ayudar a las empresas a ser sostenibles. Considerando la importancia y ventajas que posee para una organización que adquiera estrategias circulares y, de acuerdo con Alarcón et al. (2020), estos son los cursos de acción relacionados con estrategias de producción:

- **Diseño:** considera características de larga duración, junto con el uso de materiales reutilizables.
- **Fabricación:** contempla la eficiencia en uso de materias primas y energía, refabricación, reacondicionamiento, reciclaje, etc.
- **Mantenimiento:** considera reparación y reutilización.
- **Logística:** contempla procesos de logística inversa y decisión de disposición.

Bajo la referencia de los autores Ormazabal et al. (2020) se consideran los siguientes cursos de acción:

- **Tomar:** considera tomar recursos como la energía y materias primas del medio ambiente.
- **Transformar:** considera la transformación en productos y servicios.
- **Distribuir:** considera distribuir los productos a los clientes, ya sean empresas o personas naturales, de forma directa o a través de un servicio logístico externo.
- **Utilizar:** considera el uso del producto o servicio en el mercado.
- **Recuperar:** considera recuperar energía y/o materiales valiosos de los residuos o bienes usados, a través del procesamiento industrial o del medio ambiente, como alternativa a la eliminación.
- **Simbiosis industrial:** los diferentes actores industriales pueden integrarse en una relación simbiótica considerando sus flujos de recursos residuales, lo que implica el intercambio físico de materiales, energía, agua y subproductos.

Estos corresponden además a componentes de la cadena de suministro de circuito cerrado, cuyas funciones anteriormente nombradas contribuyen a transformar el flujo de suministro de las pymes de un modelo lineal a uno circular (Kumar et al., 2022), Tal como mencionan Sudhakar et al. (2022), una Economía Circular es un cambio de paradigma en la creación de un ecosistema de circuito cerrado para el consumo adecuado y la utilización de los recursos.

Cabe destacar que, según los autores Geissdoerfer et al. (2018), la incorporación de un sistema de flujos circulares no es intrínsecamente más sostenible, debido a que las prácticas de Economía Circular en gran parte se pueden centrar en el cuidado del medio ambiente y no siempre en los otros dos aspectos de la sostenibilidad: lo económico y lo social.

2.2. Economía Circular en pymes

Dichas estrategias en pymes que adoptan Economía Circular presentan varios beneficios y oportunidades, como es la reputación y distinción de la marca, la reducción de costos, el crecimiento del negocio, la mayor productividad, la recuperación del medio ambiente a través de la reducción de emisiones de CO₂, lo que genera una mayor sostenibilidad (Kumar et al., 2022).

Por otra parte, Malesios et al. (2020) se refieren a que, debido a la intensa competencia y la falta de apoyo de las autoridades reguladoras y los clientes, las pymes suelen priorizar la rentabilidad sobre los compromisos ambientales y sociales.

Además se señala que la implementación exitosa de la Economía Circular depende de varios factores organizativos externos e internos. Los factores externos incluyen la política pública, las condiciones del mercado, el desarrollo tecnológico y las acciones de las partes interesadas, mientras que los factores internos son los recursos, capacidades y competencias de la empresa (Prieto-Sandoval et al., 2018).

2.3. Obstáculos para implementar Economía Circular

Sin embargo, existen diversos obstáculos para adoptar medidas medioambientales dentro de las pymes; por ejemplo, la falta de tecnología adecuada, los recursos técnicos y financieros propios, el apoyo de las instituciones públicas, el interés de los consumidores en el medio ambiente y profesionales cualificados en materia de gestión medioambiental. Además de la ausencia de compromiso de la alta dirección, en conjunto, produce una adopción más lenta de la Economía Circular hacia este tipo de organizaciones (Kumar et al., 2022).

Según la investigación de estudios de casos de pymes de GreenEcoNet, realizada por Rizos et al. (2016), más de la mitad de las estudiadas mencionan que la principal barrera en la transición hacia una Economía Circular es la falta de apoyo en la red de oferta y demanda. Por el lado de la oferta, las pymes necesitan apoyo de insumos ecológicos que, en la mayoría de los casos, están ausentes en los mercados o insuficientemente desarrollados en la cadena de suministro. Mientras que, por el lado de la demanda, remarcaron la necesidad de proporcionar cifras precisas y pruebas de los beneficios relacionados con productos y servicios ecológicos, como también la necesidad de convencer a los clientes de que la Economía Circular es el camino que se debe seguir, y de corregir la errónea percepción de que los productos o servicios ecológicos son de menor calidad que los tradicionales.

2.4. Metodologías de evaluación de Economía Circular

En esta sección se abordaron diferentes metodologías para evaluar la Economía Circular, considerando modelos y herramientas para determinar impactos en los ámbitos de la sostenibilidad y las distintas alternativas y/o cursos de acción para su implementación.

2.4.1. Evaluación del Ciclo de Vida (LCA)

Tal como es descrita por los autores Sassanelli et al. (2019), la metodología más común es la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA, por su sigla en inglés: *Life Cycle Assessment*). Esta metodología, que se puede aplicar a pymes, propone indicadores cuantitativos de Economía Circular basados en el Análisis de Flujo de Materiales, Contabilidad de Costos del Flujo de Materiales y Evaluación del Ciclo de Vida, con el objetivo de evaluar el desempeño de la Economía Circular en las empresas.

Esta metodología consiste en evaluar el impacto económico, ambiental o social de un producto o proyecto determinado durante todo su ciclo de vida, abarcando tres métodos de evaluación principales (Hamdar et al., 2016): Análisis del Costo del Ciclo de Vida (LCCA), Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) y Evaluación del Ciclo de Vida Social.

2.4.2. Enfoque multicriterio y lógica difusa (MCDM)

Por otra parte, se tiene el enfoque multicriterio y lógica difusa (MCDM, por su sigla en inglés: *Multi Criteria Decision Method*). Esta metodología es aplicable a pymes. Además diversos autores la adoptaron para la evaluación un marco de toma de decisiones que combina el análisis multicriterio y el modelado de procesos para evaluar el desempeño de la Economía Circular de sistemas seleccionados (Ng y Martínez Hernández, 2016). Este método fue introducido por Bellman y Zadeh en 1970, quienes fueron los primeros en estudiar este problema. Otros autores utilizaron un enfoque multicriterio difuso para evaluar el rendimiento de la cadena de suministro, pudiendo fortalecer la comprensión y razonabilidad del proceso de toma de decisiones (Shen et al., 2013). Al respecto Zimon et al. (2019) mencionan que las empresas pueden desarrollar modelos de varios niveles para crear asociaciones con proveedores en sus cadenas de suministro y también mejorar la ecoeficiencia.

2.4.3. Data Envelopment Analysis (DEA) y el modelo híbrido con Balance Score Card

Otros autores aplicaron modelos basados en *Input-Output*, como el llamado DEA. Este modelo, denominado Análisis Envoltante de Datos, es un enfoque aplicable a todo tipo de empresas, que está *orientado a datos* para evaluar el rendimiento de un conjunto de entidades pares denominadas Unidades de Toma de Decisiones (DMU), que convierten múltiples entradas en múltiples salidas (Cooper et al., 2011). Estos autores indican que el modelo DEA presenta gran variedad de aplicaciones en diferentes tipos de entidades involucradas en variadas actividades de muchos contextos, en diferentes países.

Este modelo está orientado a los datos para evaluar la eficacia relativa de un conjunto de entidades comparables. Algunos combinaron este enfoque DEA junto con el Input-Output y el MFA (sigla en inglés para: *Material Flow Analysis*), para proponer un enfoque que evalúe la ecoeficiencia (Sassanelli et al., 2019). También los autores Motevali Haghghi et al. (2016) construyeron un marco híbrido de Balance Score Card y DEA para evaluar el desempeño en cadenas de suministro sostenibles, considerando indicadores de sostenibilidad, aplicando el enfoque de BSC para clasificar dichos indicadores en cuatro perspectivas, para luego identificar las entradas y las salidas deseables e indeseables.

Referente a los mismos autores, los indicadores según cada uno de los aspectos sostenibles son los siguientes:

- Aspecto Económico: el rendimiento financiero, la capacidad de respuesta, la flexibilidad, la confiabilidad y la calidad.
- Aspecto Ambiental: el consumo de recursos, el cambio climático, los materiales peligrosos y la contaminación.
- Aspecto Social: la salud, la seguridad, los criterios laborales, la riqueza y las condiciones de trabajo.

2.4.4. Metodología para la toma de decisiones sobre la Sostenibilidad y la Decisión de Disposición de la Economía Circular (M-SCE-DD)

A continuación se referirá a la metodología propuesta por los autores Alarcón et al. (2020), denominada M-SCE-DD (por su sigla en inglés: *Methodology for Sustainable and CE Disposition Decision-Making*), que sí es aplicable a pymes. La decisión de disposición es un concepto tratado que consiste en decidir cómo tratar un producto recuperado. La propuesta consiste en comparar cuantitativamente la alternativa de disposición más sostenible considerando el impacto medioambiental, permitiendo conocer cómo aumenta o disminuye la rentabilidad económica y considerando en ello su impacto social, con el objetivo de decidir y evaluar políticas de Economía Circular. Esto se realiza a través de un modelo matemático basado en la programación lineal, cuyas variables de decisión representan un conjunto cerrado de posibles alternativas de disposición.

2.4.5. Guía para diagnosticar y planificar la implementación de la Economía Circular

La siguiente metodología de evaluación de Economía Circular se consideró la desarrollada por Ormazábal et al. (2020), denominada: Guía para diagnosticar y planificar la implementación de la Economía Circular. Esta metodología es aplicable a pymes y considera a los Campos de Acción como ejes centrales. Consiste en tres pasos:

1. Diagnóstico de la situación de la empresa: esta etapa tiene como objetivo comprender el estado inicial de la empresa según los ámbitos de la Economía Circular, sus procesos, su relación con las partes interesadas, además de las oportunidades y limitantes que intervienen en su actividad.
2. Análisis de las oportunidades derivadas de la aplicación de la Economía Circular: esta etapa considera un análisis del contexto de la empresa, una evaluación de la ventaja competitiva y de pro-

puesta de valor, identifica las actividades clave, entre otras que permitirán facilitar el análisis de oportunidades.

3. Plan de implementación de Economía Circular: este último paso comprende diferentes tareas definidas, las que incluyen proposiciones de acciones y estrategias para cada etapa de la EC a partir de las oportunidades previas, la elección de aspectos por mejorar, selección de responsables por área y propuestas de integración de agentes para facilitar la simbiosis industrial con universidades, centros de investigación o empresas vecinas, promoviendo así la integración de la Economía Circular.

2.4.6. Método Dmaic (evaluación RSU en tiendas minoristas)

Para finalizar, el sector minorista ha construido su gestión de residuos sobre la base de un sistema económico lineal, mientras que un sistema circular es más sostenible y produce cantidades significativas de RSU (Residuos Sólidos Urbanos) en un espacio limitado y relativamente pequeño. La metodología Dmaic permite optimizar la gestión de residuos y evaluar el rendimiento de tiendas minoristas y así identificar procesos sostenibles y circulares. Adicionalmente se utiliza la herramienta Huella de Carbono para estimar el impacto medioambiental en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. Dicha metodología consta de cinco fases (Marrucci et al., 2020):

1. Definir: identificar el objetivo.
2. Medir: recoger datos.
3. Analizar: identificar problemas críticos.
4. Mejorar: nueva estrategia/propuesta.
5. Controlar: segunda sesión de medición para evaluar los beneficios de la propuesta.

La Tabla 2 presenta un análisis a través de la realización de un cuadro sinóptico, en el que se identificaron aquellos aspectos que más se adecuaron a la propuesta metodológica.

Tabla 2. Comparación de Metodologías

Categoría	LCA (ISO 14040, 1997)	MCDM (Bellman y Zadeh, 1970)	DEA (Charnes et al., 1978)	M-SCE-DD (Alarcón et al., 2020)	Guía de EC (Ormazábal et al., 2020)	Método DMAIC (Marrucci et al., 2020)
Aplicable a pymes	Sí es aplicable.	Sí es aplicable.	Sí es aplicable.	Sí es aplicable.	Sí es aplicable.	Sí es aplicable.
Evalúa indicadores medioambientales	Sí los evalúa, a través de uno de sus métodos (LCA).	No los evalúa.	Sí los evalúa, a través del aspecto ambiental del modelo híbrido con BSC.	Sí los evalúa, a través de indicadores ambientales.	No los evalúa.	Sí los evalúa. Mide el impacto en términos de CO ₂ -eq.
Análisis Costo-Beneficio	Sí lo aplica, a través del análisis del costo del ciclo de vida.	No lo aplica, pero el análisis costo-beneficio se puede utilizar junto a este método.	Sí lo puede aplicar, a través de la modificación o derivación hacia un modelo Costo Beneficio.	No lo aplica.	No lo aplica.	Sí lo aplica, en la fase cinco, denominada <i>Controlar</i> , donde se evalúa por segunda vez para obtener los beneficios de la propuesta versus los costos asociados.
Análisis de Gestión de Residuos	Sí lo contempla, especificada en la ISO 14040.	Sí lo contempla, pero en el análisis de criterios en la selección de proveedores ecológicos.	No considera la gestión de residuos.	Sí lo contempla, en la fase 1.1., utilizando diversas alternativas de eliminación.	Sí lo contempla, dentro del paso n.º 2, en el ámbito de recuperación.	Sí lo contempla, en la primera fase, cuando se separa la cantidad de residuos indiferenciados (UW) y residuos separados (SW).
Ecodiseño de productos	No lo contempla como tal; sin embargo, en la LCCA, paso n.º 1, establece las alternativas de diseño.	Sí lo contempla, en el análisis de criterios, en la selección de proveedores ecológicos.	Sí lo contempla; sin embargo, el análisis es derivado del aspecto económico, como un indicador de inversión en diseño ecológico.	No lo aplica.	No lo aplica.	No lo aplica.
Evaluación cadena de suministro ecológica	Sí lo contempla, a través de la evaluación del costo del ciclo de vida	Sí lo contempla, a través de la evaluación de su rendimiento.	Sí lo contempla, a través del modelo híbrido con BSC, evalúa su desempeño.	Sí lo contempla, ya que al determinar la disposición del producto mejorará la sostenibilidad de la cadena de suministro.	Sí lo contempla, a través de los seis campos de acción que fundamentan esta metodología, contribuyen a la sostenibilidad de la cadena de suministro.	No lo contempla.

Fuente: elaboración propia.

3. MATERIALES Y MÉTODO

El enfoque de esta investigación es cualitativo; es decir, considera exclusivamente este tipo de información, en el que se realizó una descripción del concepto en estudio, que en este caso son las metodologías de evaluación de la Economía Circular en pymes, para entender la importancia de su uso en la época actual para dichas empresas.

El análisis se realizará sobre la base de la teoría y la observación en pequeñas empresas que realicen prácticas sustentables y/o sostenibles. La fuente primaria de información fueron las entrevistas a los fundadores de seis empresas sustentables ubicadas en la Región Metropolitana y la Región de Magallanes, empresas con funcionamiento virtual y presencial. La fuente secundaria constó de las bases de datos bibliográficos, páginas web y memorias, de dichas pymes. Adicionalmente se obtiene una retroalimentación de tres expertos en Economía Circular, que permitió entregar mayor validez a la metodología.

Para obtener datos de fuentes de información primaria, se confeccionó una entrevista semiestructurada con preguntas enfocadas en las diferentes áreas de la Economía Circular, que fue aplicada a los dueños de las empresas sustentables elegidas. Respecto de las fuentes de información secundarias, es preciso indicar que se realizó una revisión de diversos documentos, provenientes de libros, investigaciones, artículos y tesis de forma virtual. Por último, se confeccionó un cuestionario hacia los expertos con preguntas abiertas pero enfocadas en cada etapa de la metodología diseñada.

Para el análisis de los resultados de las entrevistas se realizó una categorización y codificación de las respuestas. Adicionalmente se realizaron tipologías para realizar una comparación entre las respuestas. Para el análisis de la fuente de información secundaria se realizó un cuadro comparativo de las diferentes herramientas/metodologías de evaluación estudiadas.

4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

4.1. Análisis de entrevistas a empresas sustentables

Para dar a conocer los resultados de las entrevistas se expondrá el análisis de cada uno de los puntos claves de estas.

En primer lugar, se encuentra que cada una de las empresas realizó una evaluación de la incorporación de materiales sustentables, incluyendo estudios sobre su uso y su impacto en el medio ambiente. Mostrando una clara sintonía en la fase (3), evaluación de impacto, de la metodología de la Evaluación del Ciclo de Vida (ISO,1997).

Igualmente, la mayoría de los entrevistados informo que, tanto en sus productos como en su mobiliario, se seleccionaron materiales reciclados, en su mayoría vidrio y plástico.

Es importante destacar que más de la mitad de los entrevistados cuenta con un punto limpio donde se reciclan cartón, papel, plástico y residuos orgánicos. Mientras tanto, la otra mitad ha evaluado tenerlo, y de igual manera, reciclan y reutilizan todos los residuos que se generan a partir de sus procesos operativos. De esta forma se corrobora de forma práctica la perspectiva de Ecología Industrial propuesta por Erkman, S. (2001), que concuerda con las mencionadas actividades de gestión de residuos. Así se ha evidenciado en la empresa Ecosuper, dado que prácticamente no generan basura al gestionar el 90% de sus residuos. Lo anterior reafirma lo que menciona Belda (2018) respecto del concepto de *residuo cero* de la Ecología Industrial.

Por otro lado, respecto de las energías renovables no convencionales, ninguna de las seis empresas estudiadas implementa actualmente este tipo de energías; sin embargo, algunas de ellas han evaluado su uso y han llegado a la conclusión de no hacerlo, dado ciertos

factores que dificultarían su desarrollo. Entre estos encontramos: el bajo nivel de captación solar para el caso de paneles fotovoltaicos, alto nivel de consumo energético o el alto costo de implementación.

En cuanto a la simbiosis industrial, sólo la mitad de los entrevistados posee algún tipo de relación simbiótica, en la que dos empresas reciben productos en desuso, se envían a emprendedores que los transforman y se vuelven a vender en las tiendas.

Cabe destacar que la mayoría de las empresas incorporaron prácticas circulares en gran parte centradas en el cuidado del medio ambiente, y medianamente en lo social y económico, corroborando lo planteado por Geissdoerfer et al. (2018).

4.2. Encuesta a expertos

Para entregar mayor validez a la metodología se desarrolló un cuestionario dirigido a expertos con conocimientos acabados sobre Economía Circular, gestión ambiental y procesos productivos.

Cabe mencionar que se desarrollaron diferentes preguntas por cada una de las fases de la metodología PymeCircular, obteniendo así una perspectiva profesional más certera sobre el tema, que contribuyó a la mejora de aquellos aspectos que se apreciaban como incompletos y/o insuficientes.

De esta forma, se optó por agregar en la metodología el alcance y los límites de aplicación, puesto que en un comienzo se pretendía abarcar la mayor cantidad de aspectos sostenibles y sustentables posibles; sin embargo, esto generaría una considerable dificultad en su aplicación, dado que el alcance podría abarcar una acotada información o fases de la pyme, como una cadena de fases de gran tamaño, que no necesariamente se utilizan o corresponden a una pequeña empresa. Junto con esto, se propuso en la fase 1 desarrollar aún

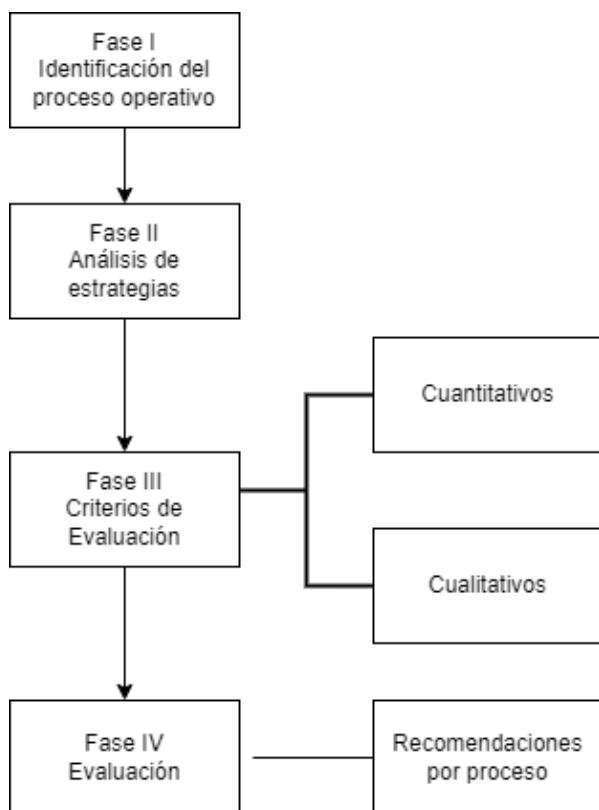
más los procesos operativos de la empresa a la que se aplicará la metodología, a través de un diagrama de flujo propio, en contraposición a la idea original, que fue detallar los procesos en una tabla con diferentes categorías.

Por otro lado, otro de los datos relevantes obtenidos por los expertos tuvo relación con qué persona (dueño, empleado, experto, etc.) deberá determinar el componente peso (*weight*) a través de la herramienta BWM en la Fase 4. Esto, ya que existía la opción de disponer la herramienta para que, quien aplique la metodología, sea quien determine el peso, tal como se observó en la teoría. Sin embargo, se optó por estandarizar y presentar una propuesta de criterios con su respectiva ponderación, ya que de esta forma se evita la subjetividad del usuario y la posible dificultad propia del uso de la herramienta BWM.

4.3. Diseño de la metodología PymeCircular

A continuación, se presenta el diseño de la metodología PymeCircular, que tiene como finalidad evaluar la implementación de la Economía Circular en pequeñas y medianas empresas.

Esta permite evaluar la implementación de la Economía Circular a través de un modelo que será aplicado de acuerdo con múltiples criterios con la herramienta BWM. Al mismo tiempo se trabajan indicadores normalizados de diferentes ámbitos que posibilitan la comparación de la estrategia vigente con estrategias circulares propuestas. Esta metodología consta de cuatro fases: 1. Identificación del proceso operativo. 2. Análisis de Estrategias. 3. Criterios de Evaluación. 4. Evaluación. Como se muestra en la Figura 1 y se describe en detalle en los puntos que se señalan posteriormente.



Fuente: elaboración propia.

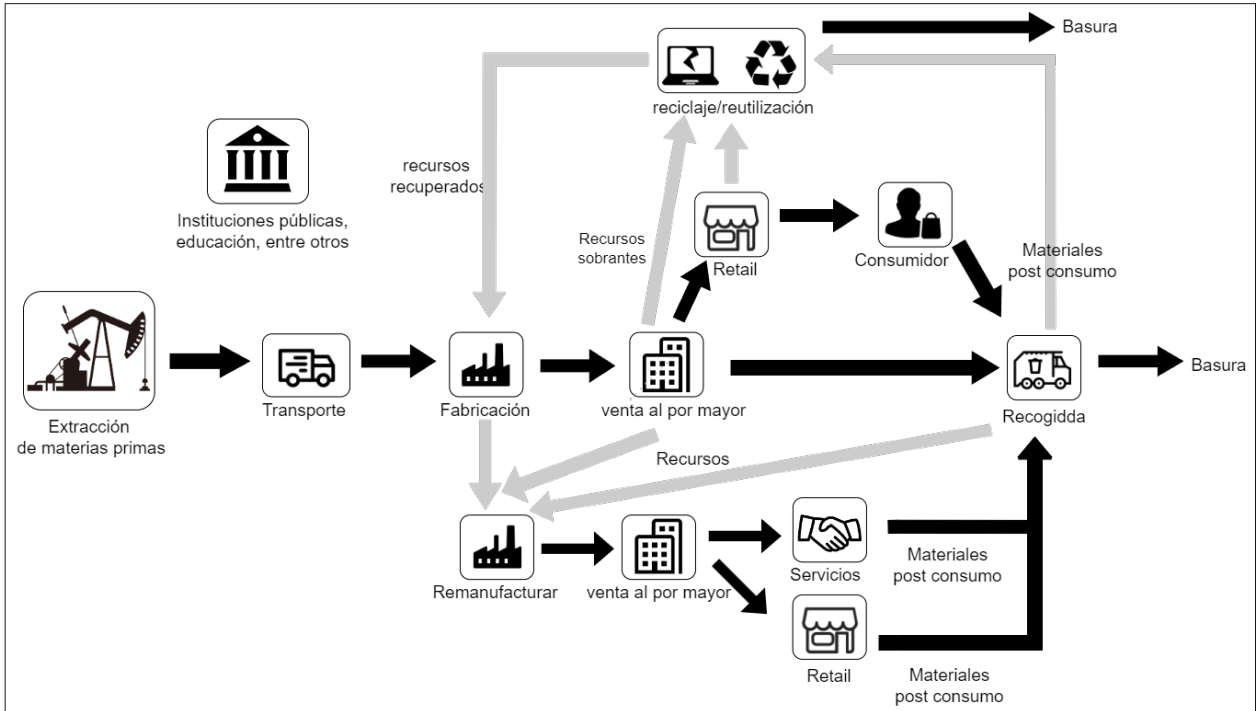
Fase 1: identificación del proceso operativo y determinación del alcance

Esta fase inicial de la metodología tiene como objetivo identificar los procesos de una pyme, donde se recopilará la información cuantitativa y cualitativa. Al mismo tiempo, se determinará el alcance de aplicación, para luego continuar a la siguiente etapa. Algunos ejemplos de recopilación de información pueden ser los siguientes:

- Visita a terreno, donde se inspeccionará de manera física los insumos y elementos que utiliza la pyme para su proceso de producción y/o ventas.
- Entrevista con propietarios y trabajadores.
- Revisión de inventarios.
- Revisión de balances contables, financieros y tributarios.
- Análisis de ventas.
- Análisis de producción.
- Análisis de marketing y estudios de mercados.
- Análisis de normativa legal aplicable.
- Recopilar información sobre generación y gestión de residuos.
- Análisis de consumos energéticos e hídricos.

Para guiar la aplicación de esta fase, se debe conocer la posición de la pyme dentro de la economía lineal en una escala global. Así, se comprende su contexto y la función de esta con el flujo de recursos en un modelo lineal de producción, permitiendo visualizar sus actividades claves dentro de su red de valor.

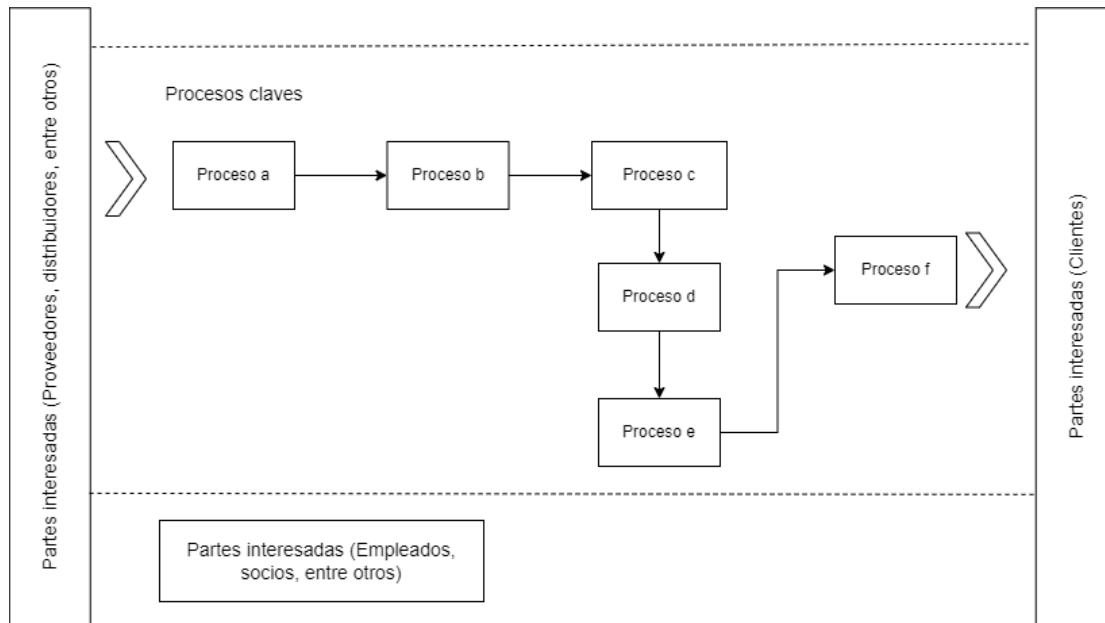
Para esto se recomienda a la pyme ubicar su posición en el Diagrama de Flujos de Recursos de la Figura 2, la que muestra el flujo de recursos representado por flechas negras y grises. Las primeras, representan la cadena de valor existente en la pyme y las segundas, indican los vínculos entre múltiples cadenas de valor (ISO, 2022).

Figura 2. Diagrama de Flujo de Recursos y Red de Valor

Fuente: adaptado de ISO (2022).

Una vez conocido el contexto organizacional de la pyme, esta deberá diagramar los procesos o actividades claves de empresa que permita obtener una visión detallada, incluyendo los actores tanto internos como externos. Un ejemplo de esto se representa en la Figura 3.

Figura 3. Ejemplo de diagrama de procesos



Fuente: elaboración propia.

Luego, se deberá definir el alcance y limitantes de aplicación. A continuación se presentan preguntas claves para facilitar esta etapa (Wbcsd, 2022).

¿Cuál es el nivel de negocio que se va a evaluar?

Puede abarcar una unidad de negocios, una línea de productos o considerar evaluar la empresa completa.

¿Cuáles son los límites de aplicación de la metodología?

Dado que la metodología está enfocada a pymes, se deben establecer los límites de esta para su correcta implementación; es decir, de acuerdo con los procesos definidos en la metodología, como:

- Entrega de proveedores; ventas y gestión de residuos. De esta forma, se deberá dimensionar el volumen de datos por obtener y las dificultades de recolección, como los datos no estructurados, entre otros. Finalmente, se realizará un cuadro resumen, donde se describirán:

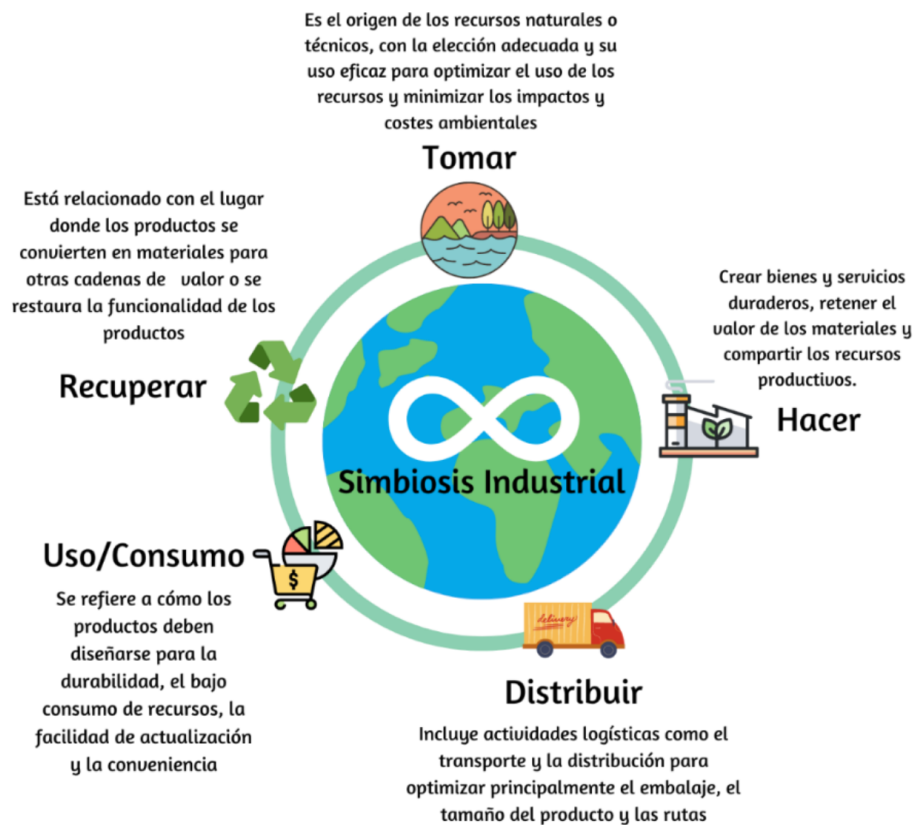
- **Procesos:** este primer elemento se considerará de acuerdo con el alcance definido previamente en la pyme que se estudiará y sus características.
- **Descripción:** en este segundo elemento se realizará una especificación de las operaciones de acuerdo con el elemento anterior, pudiendo tomar en cuenta pasos del tipo secuencial, dependiendo de la complejidad.
- **Observaciones:** este elemento complementará al anterior de una forma práctica, de acuerdo con la recolección de datos, pudiendo abarcar tanto observaciones cualitativas como cuantitativas, por ejemplo, establecer un rango, determinar cantidades y similares.

De forma que el resultado de esta tabla permita recopilar los antecedentes para conocer y dar cuenta de cómo opera la empresa.

Fase 2: análisis de estrategias

En esta fase se determinarán estrategias circulares asociadas con los procesos identificados en la etapa anterior, describiendo además la estrategia actual de los mismos, con el objetivo de tener el contraste de la situación actual de cada proceso versus la estrategia circular asociada. La cantidad de estrategias propuestas dependerá de la factibilidad de alternativas que existan.

Cada estrategia debe considerar aspectos sostenibles, tales como, diseño, fabricación, entre otros, como se detalló en la Revisión de Literatura del presente estudio. También deberán tomar en cuenta los campos de acción de la Economía Circular. Los campos de acción según el autor Ormazábal et al. (2020) se representan en la Figura 4.



Fuente: elaboración propia sobre la base de Ormazabal et al. (2020).

Las estrategias circulares propuestas deberán ser presentadas a través de una tabla.

- Procesos: se considerarán los procesos identificados en la fase uno.
- Elementos: se definirá un elemento o componente propio del proceso sobre la base de la descripción y observación de la fase anterior.
- Estrategia actual: se identificará la estrategia actual que tiene la organización en referencia al proceso involucrado.
- Estrategia propuesta: se establecerán una o varias estrategias circulares para cada proceso operativo.

Cabe mencionar que este análisis de estrategias varía de acuerdo con el tamaño de la empresa en estudio, sus características, el nivel de ingreso, la localización, entre otros factores.

Fase 3: Criterios de evaluación

En esta fase se recomienda utilizar como guía para la determinación de los criterios, aquellos que se consideren necesarios para abarcar cada una de las estrategias establecidas en la etapa anterior. Para cada uno de los diferentes criterios se definirán subcriterios/indicadores, que medirán de forma cualitativa o cuantitativa las estrategias en la fase siguiente.

Para los subcriterios de carácter cualitativo se aplicarán valores, según corresponda, con parámetros basados en una escala, por ejemplo: 1. bajo, 2. medio, 3. alto, 4. muy alto. Obtenidos de una Escala Likert u otra herramienta para facilitar la medición de este subcriterio.

Luego de establecer los criterios y subcriterios que se utilizarán, se debe señalar para cada uno de ellos si el objetivo del indicador es maximizar o minimizar el resultado, identificando si este debe disminuir o aumentar para la estrategia circular; esto con el propósito de realizar una normalización y obtener una escala comparable de todas las estrategias.

A continuación, se presentan las ecuaciones (1) y (2) para normalizar los subcriterios (Alamerew et al., 2020):

$$\text{Para maximizar: } N = X_{ij} / X_{ij \max} \quad (1)$$

$$\text{Para minimizar: } N = X_{ij \min} / X_{ij} \quad (2)$$

Donde:

X_{ij} es el valor resultante de la estrategia i para el subcriterio j .

$X_{ij \max}$; $X_{ij \min}$ son el valor máximo y mínimo para la estrategia i para el subcriterio j respectivamente.

Como resultado de esta fase, se desarrollará una tabla, contemplando los criterios y subcriterios por utilizar, la unidad de medición y el objetivo del indicador (maximizar o minimizar).

Fase 4: Evaluación

La fase final de la metodología PymeCircular consiste en evaluar cada una de las estrategias definidas en la fase 2, tanto para la estrategia circular como para la estrategia actual, utilizando los diferentes criterios y subcriterios desarrollados en la fase anterior.

Para esto se deberá determinar el Peso (*Weight*) de cada uno de los criterios desarrollados en la fase 3, utilizando la herramienta BWM por cada proceso determinado en la fase 1. Por lo que, se tomará como referente en cada proceso el criterio más importante o deseable y el menos importante o deseable, de forma tal que, con base en ambas elecciones, se debe evaluar en una escala de 1 a 9, la importancia de los demás criterios con referencia al más deseable y con referencia al menos deseable. Se recomienda utilizar las ponderaciones realizadas para este caso en estudio (ver anexo 1). Dicho lo anterior, en el caso de aplicación a una pyme del rubro de venta al por menor de alimentos en comercios especializados, el criterio de diseño de productos tendrá mayor importancia para procesos de comercialización y no tanto para los de almacenamiento. Posteriormente se realizará el problema de optimización a través de la herramienta en Excel, lo que dará como resultado una ponderación distinta para cada criterio.

Luego, para poder realizar la evaluación, se determinará el valor $M(A_i)$ de la estrategia propuesta y el valor de la estrategia actual, el que permitirá realizar la comparación y análisis entre ambos escenarios. El valor de cada uno resultará de la aplicación del modelo MCDM, propuesto por el autor Alamerew et al. (2020) explicado en la siguiente fórmula:

Donde

$$M(A_i) = \sum W_j X_{ij}, j = 1, 2, \dots, m, i = 1, 2, \dots, n$$

W_j Es el peso del criterio j.

X_{ij} Es el valor normalizado de la estrategia i para el subcriterio j.

$M(A_i)$ Corresponde al valor específico de cada estrategia.

En síntesis, el componente (W_j) es el peso del criterio determinado con la herramienta BWM, mientras que el componente (X_{ij}) es determinado a través del cálculo del indicador del criterio para cada estrategia.

Una vez obtenidos los valores para la estrategia circular y estrategia actual, se realizarán las representaciones gráficas de los resultados con el objetivo de compararlos, como se ve reflejado en la Tabla 3, de forma tal que su análisis permita obtener las recomendaciones de la evaluación de la Economía Circular.

Tabla 3. Representación gráfica del modelo ACÄ

Criterio	Subcriterio (Indicador)	Weight (Peso)	Estrategia actual Proceso X	Estrategia circular Proceso X
Criterio 1	Indicador 1	W_j	X_{ij}	X_{ij}
Criterio 2	Indicador 2	W_j	X_{ij}	X_{ij}
Criterio 3	Indicador 3	W_j	X_{ij}	X_{ij}
Total			$\sum W_j X_{ij}$	$\sum W_j X_{ij}$

Fuente: elaboración propia con base en Alamerew et al. (2020).

CONCLUSIONES

Se confeccionó una metodología capaz de entregar un análisis de diversas estrategias acordes con la Economía Circular, comparadas con las estrategias actuales cuyo desarrollo de sus distintas fases permitirá otorgar un sustento práctico y fundamentado a aquellas personas dueñas de pymes que están dispuestas a comenzar a implementar la Economía Circular en los diferentes procesos de la entidad.

Se considera que la metodología PymeCircular traerá beneficios para las pymes que deseen aplicarla desde los puntos de vista ambiental, económico y social y también como un diagnóstico para detectar falencias en el negocio y sus limitantes, además de identificar y medir las estrategias aplicables a cada pyme para conocer la factibilidad de implementación.

De acuerdo con la investigación realizada, se logró identificar diversos factores que influyen en la transición hacia una Economía Circular para pequeñas y medianas empresas, a partir del estudio teórico. Estos factores corresponden principalmente a la falta de apoyo estatal, mercados insuficientemente desarrollados y el alto costo de implementar mecanismos sustentables y/o sostenibles. Esto se pudo constatar a través de las entrevistas, confirmando que aún la cadena de suministro sostenible está en desarrollo y que las pymes, en su mayoría, requieren de una alta

inversión para emplear estos mecanismos, como las energías renovables no convencionales. Sin embargo, se evidenció que sí existe apoyo estatal en Chile para facilitar la implementación, como las iniciativas de Sercotec y algunos subsidios.

Por otro lado, se constató la existencia de herramientas aplicables a pymes, como las metodologías Dmaic, M-SCE-DD y la Guía de EC; no obstante, no se adecuan en su totalidad al contexto de las pymes chilenas

El desarrollo de esta metodología no estuvo exento de dificultades, una de estas corresponde a la decisión de evaluar la empresa completa debido a la dificultad de los flujos de recursos en la red de valor y de los procesos de cada entidad. En segundo lugar, en relación con los subcriterios cualitativos, estos podrían entenderse ambiguos, además de requerir una rigurosidad considerable en su formulación. Por último, la herramienta BWM resulta poco comprensible y añade una dificultad, por lo tanto, y en retroalimentación con la validación de expertos, se optó por estandarizar el peso de los criterios asociados con una pyme comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alamerew, Y. A. y Brissaud, D. (2019). Circular economy assessment tool for end of life product recovery strategies. *Jnl Remanufactur*, 9, 169-185. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13243-018-0064-8>
- Alamerew, Y. A.; Kambanou, M., Sakao, T. y Brissaud, D. (2020). A Multi-Criteria Evaluation Method of Product-Level Circularity Strategies. *Sustainability*, 12(12). doi:<https://doi.org/10.3390/su12125129>
- Alarcón, F.; Cortés-Pellicer, P., Pérez-Perales, D. y Sanchis, R. (2020). Sustainability vs. Circular Economy from a Layout Decision Perspective: A Methodology Proposal and an Applied Example in SM. *Sustainability, MDPI*, 12(23) 1-26. Recuperado de: <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v12y2020i23p10109-d455737.html>
- Belda Hériz, I. (2018). *Economía Circular: un nuevo modelo de producción y consumo sostenible*. Madrid, España: Tébar Flores.
- Carrillo González, G. (2009). *Una revisión de los principios de la ecología industrial*. México, D. F.: Argumentos.
- Cooper, W. W.; Seiford, L. M. y Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Springer.
- Cortés García, F. J. (2020). *La Economía Circular. Ideas claves para la comprensión de un nuevo modelo*. Santiago de Chile: Universidad Autónoma, Centro de Comunicación de las Ciencias. doi:<https://doi.org/10.32457/ISBN9789568454708692020-ED1>
- Erkman, S. (2001). Industrial ecology: A new perspective on the future of the industrial system. *Swiss medical weekly*. doi:<https://doi.org/10.4414/smw.2001.09845>
- European Commission (2022). Life Cycle Cost. Recuperado de: <https://ec.europa.eu/environment/>.
- Geissdoerfer, M.; Morioka, S., Monteiro de Carvalho, M. y Evans, S. (2018). Business models and supply chains for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 190, 712-721. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.159>
- Hamdar, Y.; Chehab, G. y Srour, I. (2016). Life-Cycle Evaluation of Pavements: A Critical Review. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 9(6)12-26. Recuperado de: <http://www.jestr.org/downloads/Volume9Issue6/fulltext2962016.pdf>
- Hart, A.; Clift, R., Riddlestone, S. y Buntin, J. (2005). Use of Life Cycle Assessment to Develop Industrial Ecologies - A Case Study: Graphics Paper. *Process Safety and Environmental Protection*. doi:<https://doi.org/10.1205/psep.04391>
- International Society on MCDM (2022). Multiple Criteria Decision Making. Recuperado de: mcdmsociety.org.
- Jelinski, L. W.; Graedel, T. E., Laudise, R. A., McCall, D. W. y Patel, C. K. (1992). Industrial Ecology: Concepts and Approaches. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. doi: 10.1073/pnas.89.3.793
- Kumar, P.; Malesios, C., Chowdhury, S., Saha, K., Budhwar, P. y De, D. (2022). Adoption of circular economy practices in small and medium-sized enterprises: Evidence from Europe. *International Journal of Production Economics*. doi <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108496>
- Malesios, C.; De, D., Moursellas, A. y Kumar, P. (2020). Sustainability Performance Analysis of Small and Medium Sized Enterprises: Criteria, Methods and Framework. *Socio-Economic Planning Sciences*. DOI: 10.1016/j.seps.2020.100993

Marrucci, L.; Marchi, M. y Daddi, T. (2020). Improving the carbon footprint of food and packaging waste management in a supermarket of the Italian retail sector. *Waste Management*, 594-603. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.002>

Motevali Haghighi, S.; Torabi, S. y Ghasemi, R. (2016). An integrated approach for performance evaluation in sustainable supply chain networks (with a case study). *Journal of Cleaner Production*, 137, 579-597. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.119>

Ng, K. S. y Martínez Hernández, E. (2016). A systematic framework for energetic, environmental and economic (3E) assessment and design of polygeneration systems. *Chemical Engineering Research and Design*, 106, 1-25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2015.11.017> Get rights and content

Ormazabal, M.; Prieto-Sandoval, V., Santos, J. y Jaca, C. (2020). Guiding SMEs towards the circular economy: a case study. En R. C. Salomone. *Industrial Symbiosis for the Circular Economy*. 27-41. Suiza: Springer, Cham. doi: [10.1007/978-3-030-36660-5_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36660-5_2)

Prieto-Sandoval, V.; Jaca, C. y Ormazábal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 179. 605-615 doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>

Rizos, V.; Behrens, A., van der Gaast, W., Hofman, E., Ioannou, A., Kafyke, T., Flamos, A., Rinaldi, R., Papatelis, S., Hirschnitz-Garbers, M., y Topi, C. (2016). Implementation of Circular Economy Business Models by Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): Barriers and Enablers. *Sustainability* 8, 1212. doi: <https://doi.org/10.3390/su811212>

Sassanelli, C.; Rosa, P., Rocca, R. y Terzi, S. (2019). Circular economy performance assessment methods: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 440-453. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.019>

Shen, L.; Olfat, L., Govindan, K., Khodaverdi, R. y Diabat, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 170-179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.006>

Stahel, W. (2010). *The performance economy* (2ª ed.). Palgrave-MacMillan.

Stahel, W. (2016). *The circular economy*. Londres, Reino Unido: Nature.

Stahel, W. R. y Clift, R. (2016). Stocks and flows in the performance economy. In *Taking stock of industrial ecology*. Recuperado de: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-20571-7_7

Sudhakar Nudurupati, S.; Budhwar, P., Phani Pappu, R., Chowdhury, S., Kondala, M., Chakraborty, A. y Kumar Ghosh, S. (2022). Transforming sustainability of Indian small and medium-sized enterprises through circular economy adoption. *Journal of Business Research*, 149, 250-269. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.036>

Wbcsd (2022). Circular Transition Indicators V3.0 Metrics for business, by business.

Zimon, D.; Tyan, J. y Sroufe, R. (2019). Implementing Sustainable Supply Chain Management: Reactive, Cooperative, and Dynamic Models. *Sustainability*. 11(24) doi: <https://doi.org/10.3390/su11247227>