



CAPÍTULO I

Estado de la Ciencia de la Economía Circular

1.1 Fundamentos conceptuales de la economía circular

La economía circular (EC) no es un concepto reciente en el ámbito académico (Winans et al., 2017); sin embargo, su importancia ha crecido de forma considerable en la última década, especialmente por parte de empresas (Murray et al., 2017) y responsables de políticas públicas (Brennan et al., 2015). Este creciente interés ha favorecido la expansión del análisis académico enfocado al estudio y la comprensión del paradigma de la EC (Elia et al., 2017); una de las razones que da explicación a la definición y difusión de este enfoque es que permite articular y conectar diferentes estrategias de diversas corrientes teóricas (Matus et al., 2012), lo que ha dado lugar a la economía circular como forma estratégica para adaptar los sistemas de producción y consumo a las demandas de los principios de sostenibilidad ambiental.

En lo que se refiere a la producción científica sobre la economía circular, se precisa, de hecho, que ésta aún es escasa en comparación con otros paradigmas consolidados. Globalmente, el marco teórico y metodológico de la EC puede agruparse en dos dimensiones fundamentales: el paradigma teórico, por una parte, y el paradigma práctico, por otra (Prieto-Sandoval et al., 2018). El primero se interesa en la construcción conceptual, enfatizando, por ejemplo, los fines, los límites y las definiciones de la economía circular (Korhonen et al., 2018a). El segundo aspecto se centra en las variables de implementación y las

intervenciones que presentan los estudios (Elia et al., 2017; Kalmykova et al., 2018), así como los instrumentos de evaluación que servirán para analizar el rendimiento de los sistemas mediante un enfoque circular (Herva et al., 2011; Geng et al., 2012; Park y Chertow, 2014; Di Maio y Rem, 2015; Ellen MacArthur Foundation, 2015a; Elia et al., 2017).

Sin embargo, la literatura existente ha puesto de manifiesto diversas lagunas teóricas que impiden la aplicabilidad práctica del modelo, como la ausencia de una delimitación clara y de consenso para el marco operativo de la EC (Kirchherr et al., 2018; Prieto-Sandoval et al., 2018). En esa medida, hay autores que consideran que la EC ha de incluir expresamente los dos objetivos de la DS: los económicos, así como los ecológicos (Sauvé et al., 2016, Geissdoerfer et al., 2017). Por otro lado, existen aquellos que consideran que también deben incluirse las dimensiones sociales en el mismo (Kirchherr et al., 2017; Murray et al., 2017).

Esta variedad ha derivado en una gran heterogeneidad con respecto a las aproximaciones teóricas que han dificultado dar una definición de la EC que sea aceptada por la comunidad académica (Bocken et al, 2016) y, por tanto, en la construcción de un marco que permita avanzar en la elaboración de acciones concretas y efectivas, o bien justificaciones teóricas (Kalmykova et al, 2018; Korhonen et al, 2018b). A pesar de que existen experiencias relevantes en la actualidad que muestran aplicaciones de sistemas circulares (Geng & Doberstein, 2008), es necesario seguir tratando de una manera más coherente aquellos principios y objetivos que los sustentan para que puedan traducirse a la práctica (Pauliuk, 2018).

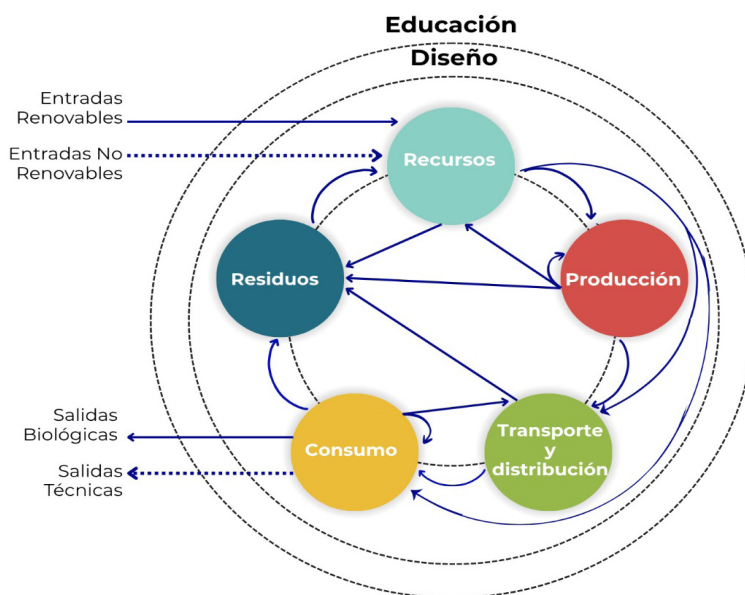
Es en este sentido que la definición elaborada por Suárez (2021) es integrativa, pues pretende exponer cómo los diferentes niveles de implementación, y los objetivos de la economía circular sostenible (ECS), permiten el avance conceptual de este paradigma y su aplicación en escenarios diversos y complejos:

la economía circular, sostenible es un modelo de producción-consumo que busca mantener las tasas de extracción de recursos y de generación de residuos y emisiones en valores compatibles con la sostenibilidad ambiental, a través de cerrar el sistema, reducir su tamaño y mantener

el valor de los recursos dentro el mayor tiempo posible, movido intrínsecamente por el diseño y la educación, y con capacidad de ser implementada a cualquier nivel (p. 106).

Por otro lado, el modelo conceptual de la ECS debería dar visibilidad tanto a los objetivos como a los principios operativos a la vez que debería ser válido para todos los niveles de implementación. El modelo conceptual que presenta la Comisión Europea (CE, 2014) considera la ECS como un sistema que tiene cinco procesos a ser monitorizados: i) entradas de materiales, ii) diseño, iii) producción y distribución, iv) consumo, y v) tratamiento del final del ciclo de vida (Elia et al., 2017). El modelo que presenta la Ellen MacArthur Foundation (2015c) incorpora la diferenciación de ciclos biológicos y ciclos tecnológicos. A la luz de todo ello, Suárez (2021) presenta el modelo conceptual de la figura 1.

Figura 1 Modelo conceptual de la economía circular y sostenible.



Fuente: Elaboración propia a partir de *Integración de la economía circular en el marco del desarrollo sostenible: Marco teórico e implementación práctica*, Suárez (2021).

Como se puede observar, Suárez (2021) esboza su propuesta de representación sistémica de la economía circular ha desarrollado un modelo conceptual en el que confluyen de forma efectiva las diferentes variables que constituyen el sistema de producción y consumo. Este esquema explora una estructura dinámica que considera seguir de forma articulada hasta a nueve variables: entradas de recursos, salidas de residuos, aprovisionamiento de materias primas, proceso de producción, transporte y distribución, fases de consumo, gestión de residuos, actividades de diseño y, finalmente, procesos educativos. Cada una de estas variables representa un nodo fundamental dentro del ciclo de un recurso, en el interior del sistema socioeconómico, con los cuales establece lazos, físicos y lógicos a la vez, uniendo entre sí esos nodos mediante los flujos de recursos, representados con flechas.

En la mesa de flujo del sistema, las entradas al sistema, renovables o no renovables, tienen como finalidad producir bienes y servicios; las salidas, que no tienen un desarrollo biológico o técnico, son los residuos o las emisiones que son devueltos al medio natural. En opinión de Suárez (2021), para facilitar la lectura del modelo y así reducir su complejidad, las entradas y las salidas se limitan conceptualmente a un único punto correspondiente, siendo la etapa de gestión de residuos la responsable de estas permanentes liberaciones al medio natural. Así, todo tipo de material generador de residuos a lo largo de la vida del producto es conducido a esta, la que hace el papel de filtro final del sistema.

En el interior de este sistema conceptual, los principios operativos de la ECS se entienden en función de las relaciones funcionales entre las diferentes etapas del modelo. El principio de “cerrar el sistema” es paradigmático mediante la relación de la gestión de residuos con la adquisición de recursos, que simboliza la introducción nuevamente de materiales al ciclo de producción; de igual manera, el principio de “mantener el valor de los recursos” es observable a través de las diferentes relaciones que conectan las etapas intermedias, por ejemplo, la producción, el consumo o la distribución, que favorecen mantener la “vida” de los materiales dentro del sistema. La capacidad de existencia de los recursos, en este sentido, puede ser medida por el tiempo que permanecen en el propio sistema de producción antes de ser finalmente eliminados. El principio de disminuir “el tamaño del sistema” está relacionado, al mismo tiempo, con la

reducción del tamaño de la escala de los flujos materiales, que viene representado graficado por el tamaño de los circuitos de producción (Suárez, 2021).

Además, estos principios transversales, diseño para la circularidad, educación para la sostenibilidad, no están relacionados con una fase propia del modelo, sino que circulan por el sistema de producción-consumo como una suerte de ejes estructurales que posibilitan la transformación total del modelo. Para Suárez (2021), el principal valor de esta representación es que permite visualizar con claridad y en términos cuantificables las trayectorias físicas de los recursos, brindando con ello una herramienta analítica potente para evaluar el desempeño circular. La representación ayuda a medir los flujos internos y también sirve para comprobar los objetivos que ha de cumplir la ECS: reducir insumos no renovables, aprovechar de forma eficiente los recursos y minimizar los impactos ambientales asociados a las salidas del sistema.

2.2 Economía circular y desarrollo sostenible

La relación que se establece entre la economía circular y el desarrollo sostenible es una cuestión ampliamente debatida en la literatura académica desde hace años, especialmente entre aquellos que abogan por una convergencia conceptual que, aunque no deja de matizarse, confirma la idea de que ambas concepciones se encuentran provistas de un sustrato común que proporciona la máxima expresión de la idea de la sostenibilidad intergeneracional. Desde este punto de vista, la economía circular da cabida implícitamente a principios de equidad en el uso de los recursos naturales entre generaciones, lo que la coloca muy cercana al concepto ético que articula el desarrollo sostenible (Xia & Yang, 2017; Geissdoerfer et al., 2017).

A pesar de ello, la relación que terminan estableciendo la economía circular y el desarrollo sostenible ha dado lugar a diferentes visiones, por un lado, el enfoque que avala que la economía circular es el resultado de una respuesta innovadora a las limitaciones que presenta el potencial transformador que contiene el desarrollo sostenible, que ha gestionado erróneamente bajo esquemas de pensamiento lineal y, por otro lado, la postilla que considera que la economía circular se comporta como una herramienta que tributa al desarrollo

sostenible y que contribuye de forma directa a alcanzar sus objetivos (Sauvé et al., 2016).

Este mismo debate se estructura en las diferentes formas de entenderlo. Hay quienes opinan que la EC supone una superación del DS, en tanto que pone en práctica mecanismos concretos de rediseño de los sistemas de producción y de consumo. Por el contrario, existe un mayor consenso entendido como una posición más positiva de la misma, ya que la EC no sólo es compatible con el DS, sino que es considerada como una herramienta de apoyo a su implementación (Geissdoerfer et al., 2017). En esa línea, Sauvé et al. (2016) destacan tres tipos de relación que pueden establecerse entre la EC y el DS: la primera entiende a la EC como condición necesaria para alcanzar el DS, la segunda como un aspecto positivo para la consecución de este objetivo y la tercera como una relación de complementariedad entre ambas propuestas, donde cada una de ellas cubre aspectos que la otra no aborda explícitamente.

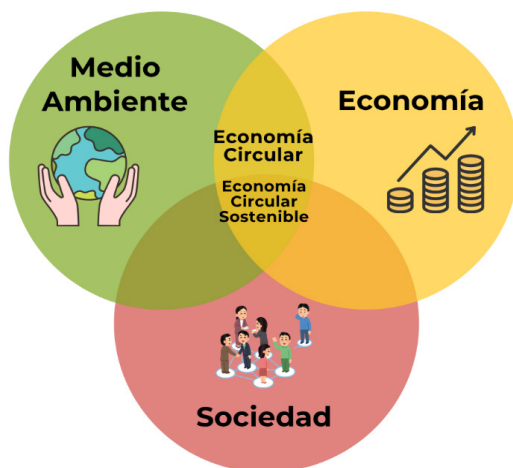
Desde esta óptica, se puede establecer que la EC no sustituye al DS, sino que lo completa, dotando de soluciones operativas a problemas estructurales, para ir más allá de las causas manifestadas como consecuencias por el DS (Bonciu, 2014; Genovese et al., 2017). Efectivamente, el DS establece un conjunto de metas que se deben alcanzar, mientras que la EC puede concebirse como un procedimiento estratégico para abordar los factores que obstaculizan la consecución de esas metas. Esta diferencia es determinante para aclarar la función instrumental de la EC enmarcada dentro del DS.

Uno de los elementos centrales en el debate de la construcción teórica de la EC se encuentra en el establecimiento de cuáles dimensiones del desarrollo sostenible deberían encontrarse incluidas de manera explícita en su formulación. En este sentido, Sauvé et al. (2016) afirman que la EC debería integrar, al menos, las dimensiones económica y ecológica, puesto que son las dos dimensiones que fundamentan la funcionalidad de la aplicación de las estrategias de circularidad, las cuales están orientadas a la eficiencia en el uso de los recursos y la rentabilidad de los modelos de producción. La idea se representa gráficamente en la parte de intersección de las dimensiones económica y ecológica y se considera el espacio más natural para la aplicación de la EC.

Sin embargo, investigadores como Kirchherr et al. (2017) o Murray et al. (2017) establecen esta idea más allá e indican que la dimensión social también tiene un lugar en el paradigma circular. Lo anterior responde a la necesidad de asumir que las transiciones a un sistema sostenible deben alcanzar la eficiencia económica y el equilibrio ambiental, al igual que la justicia social, la implicación del público y la equidad en la distribución de los beneficios. Desde esta óptica la EC no puede limitarse a gestionar materiales o flujos de energía, sino que debe incluir el bienestar social como una variable estructural en su lógica de aplicación.

Así pues, y desde la argumentación de Birat (2015) la inclusión de la dimensión social a la EC es obligada, siempre que se asuma que el logro de los objetivos del DS (en sus tres dimensiones que conforman esta triada) es una cuestión que debe ser íntegra y simultánea. Esta lógica de interdependencia plantea que la EC debería ubicarse en la intersección de las dimensiones económica, ecológica y social, tal como se representa en los modelos gráficos contemporáneos donde se conceptualiza la sostenibilidad como una superficie de contacto entre esas tres esferas. Desde este marco interpretativo, la EC se desnaturaliza de ser un enfoque puramente técnico para pasar a ser una estrategia sistémica que permite rediseñar las estructuras de la producción y del consumo, tal como se conciben bajo los términos de equidad, de eficiencia y de resiliencia.

Figura 2. Relación entre el desarrollo sostenible y la economía circular



Fuente: Elaboración propia a partir de *Integración de la economía circular en el marco del desarrollo sostenible: Marco teórico e implementación práctica*, Suárez (2021).

Recientemente en el desarrollo de marcos teóricos de economía circular (EC) ha quedado claro que existe una distinción conceptual de la economía circular en el sentido amplio versus la economía circular sostenible (ECS). Por otro lado, la Economía Circular es entendida como el modelo operativo que busca reducir los impactos ambientales y que se basa en el diseño de medidas que mejoren la eficiencia en el uso de recursos desde una visión casi exclusivamente económica y centrada en la búsqueda de alternativas frente la tradicional forma de economía lineal, donde se emplean estrategias de reciclaje, reutilización, remanufactura, etc., que buscan reducir la presión sobre los sistemas naturales, todavía sin cuestionar los fundamentos del crecimiento económico.

Por el contrario, la ECS asume explícitamente los principios del desarrollo sostenible (DS) como su marco orientador y, por este motivo, se debe considerar no sólo la eficiencia técnica o económica de toda medida circular adoptada, sino también su contribución a cumplir los objetivos sociales, ecológicos y económicos del paradigma sostenible. De este modo, para avanzar en reflexionar estructuralmente sobre los objetivos de un determinado sistema basado en la ECS, parte de la comprensión del sistema de producción y consumo entendido,

como el mecanismo de interacción entre el sistema económico-social y el sistema natural en el marco de dicho, donde el sistema socioeconómico extrae del entorno natural, sea este renovable o no renovable, y devuelve emisiones, residuos y productos secundarios, etc. Esas interacciones provocan presiones ambientales en el medio que se intensifican, al mismo tiempo que requieren una demanda continua de servicios ecosistémicos necesarios para realizar la actividad del sistema económico y social.

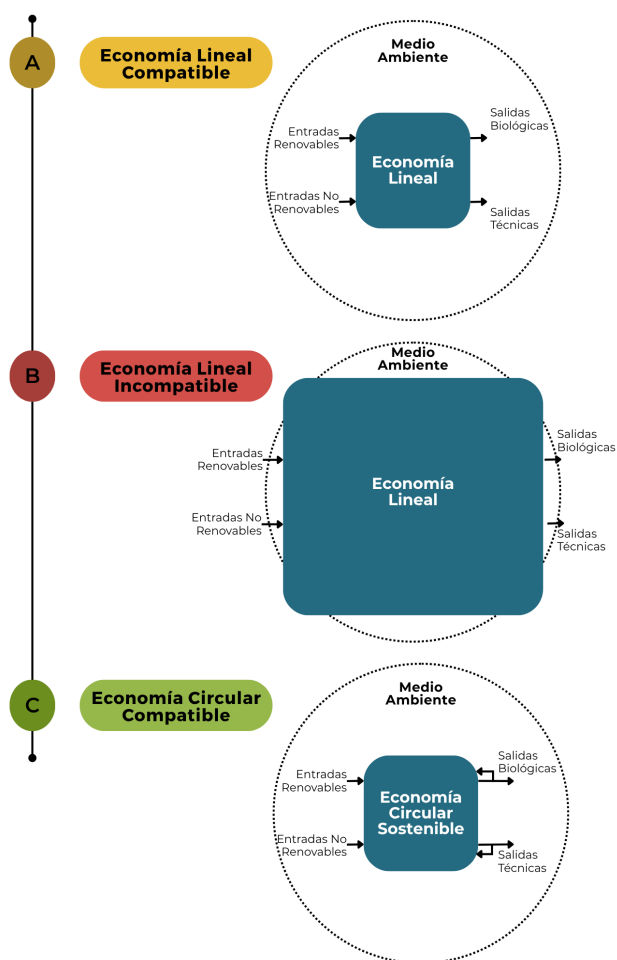
Desde la idea de la sostenibilidad ambiental, el principal reto consiste en mantener estas presiones dentro de los límites de las capacidades ecológicas, y asegurar a la vez que la oferta de los servicios ecosistémicos sea adecuada para mantener la actividad humana. Esta relación entre ambos sistemas evidencia que, históricamente, la capacidad del entorno natural (biocapacidad) era superior al tamaño del sistema de producción y consumo, tal como se observa en la representación conceptual, inspirada en distintos aportes de Goodland et al. (1991) y la Global Footprint Network (GFN, 2013). En la actualidad, el sistema socioeconómico ha sobrepasado la biocapacidad del planeta, debido a la aplicación del modelo lineal que prima en nuestras sociedades, tanto en la extracción de materiales como en la capacidad de absorción de residuos.

En relación con dicho desbalance, la ECS promueve la configuración del sistema producción-consumo de manera que la escala de su funcionamiento debe ser inferior a la capacidad de carga del sistema natural. Esto precisa, entre otras consideraciones, modificar los flujos de materiales, energía e información que circulan entre las diferentes etapas del ciclo de vida de los productos y de los materiales en la lógica de cerrar los ciclos y de disminuir la presión ambiental.

En este sentido, los objetivos generales que se pueden atribuir a la EC y que son profundizados en el marco de la ECS se clasifican entre dos ejes fundamentales: la desacoplar el desarrollo económico del uso intensivo de los recursos naturales, lo cual exige promover un crecimiento cualitativo que se base en la eficiencia, la innovación y la circularidad; y minimizar residuos y emisiones, lo cual supone no sólo tecnologías limpias y procesos de valorización de residuos, sino también una transformación estructural de los patrones dominantes de consumo y producción.

De esta manera, la ECS no se limita a la aplicación de principios de eficiencia, sino que busca alinear el funcionamiento del sistema socioeconómico con los límites planetarios y con los objetivos integrales que se objetivan en el desarrollo sostenible. Esta reorientación demanda hacer una mirada sistémica y estratégica para avanzar hacia una economía regenerativa, resiliente y socialmente justa, que funcione dentro de las capacidades ecológicas del planeta y que no haga comprometer las necesidades de las generaciones venideras.

Figura 3. Relación entre la economía circular y la biocapacidad del sistema natural.



Fuente: Tomado de *Integración de la economía circular en el marco del desarrollo sostenible: Marco teórico e implementación práctica*, Suárez (2021).

En el desarrollo del marco teórico de la sostenibilidad y el alcance de los principios de la economía circular sostenible (ECS), la gestión de los recursos naturales —tanto renovables como no renovables— forma parte de los elementos clave. A este respecto, los criterios que se establecen en Daly (1990) representan la primera aproximación semi-cuantitativa a unas bases que se pueden aplicar como parámetros de referencia de cómo consumir las riendas de forma racional. En el caso de los recursos renovables, se establece que su tasa de extracción no debe ser superior a los límites que imponga la capacidad de regeneración del sistema natural que los provee, es decir, que su utilización sea permanente dentro de unas condiciones ecológicamente viables, lo que permite que se mantenga la estabilidad de los ciclos ecológicos y se mantenga el recurso a largo plazo.

En cuanto a los recursos no renovables, por el contrario, este tipo de limitaciones sería aún más estricta. Conforme a Daly (1990), la explotación debe llevarse a cabo a menor ritmo que el de la aparición de sustitutos renovables que puedan sustituirlos funcionalmente. Desde esta lógica, incluso en el caso de que los recursos no renovables se lleguen a agotar íntegramente, el reemplazo por insumos renovables habrá garantizado la posibilidad de continuidad de los sistemas productivos. Esta idea también fue abordada por Turner (1988), que propuso una idea menos estricta y aditamento, al considerar que la explotación de los recursos no renovables habrá de hacerse con el mínimo de consumo y deberíamos intentar siempre que podamos la utilización de fuentes renovables. En ambos casos existirá la idea general de una progresión en la sustitución de los materiales no renovables como principio estratégico de la sostenibilidad.

El segundo objetivo estructural identificado en la literatura científica sobre economía circular es la minimización de residuos, el cual ha sido corroborado de forma recurrente por los estudios revisados (EC, 2014; Ellen MacArthur Foundation, 2015b; Haas et al., 2015; de Jesús & Mendoça, 2018; Kalmykova et al., 2017). Este objetivo requiere para la identificación de dos tipos de salidas del sistema: residuos biológicos y residuos técnicos. Los residuos biológicos son flujos de materiales biodegradables que cuando son destruidos devuelven los materiales a los ciclos biogeoquímicos, teniendo la facultad además de regenerar capital natural por medio de procesos ecológicos. En términos de sostenibilidad, la emisión de residuos biológicos debe limitarse en esa producción de residuos

biológicos sin superar la capacidad de los ecosistemas para digerirlos y asimilarlos (Daly, 1990).

Por el contrario, los residuos técnicos son aquellos residuos que no son biodegradables y, por lo tanto, no pueden devolverse a la naturaleza de forma espontánea. Los residuos técnicos si no son gestionados suponen presiones sobre el entorno y, una vez más, representan un factor de riesgo para la salud de los sistemas naturales y sociales. Por lo tanto, son las fuentes consultadas las que una vez más coinciden en el afán de que la estrategia más deseable en cuanto a los residuos técnicos es su mínima producción, incluso la eliminación de los mismos, siempre que sea posible mediante procesos de recuperación, rediseño o sustitución de materiales (Riechmann et al., 1995; Ellen MacArthur Foundation, 2015b).

2.3 Principales enfoques y estrategias para la implementación de la economía circular

El concepto de economía circular se produjo por vez primera en 1989, cuando Pearce y Turner publicaron la obra “Economía de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente”, donde ya incluían en el capítulo 2 una conversación sobre la idea de economía circular correspondiente a una ideología económica, empresarial, política y social que fue progresando rápidamente hasta llegar a convertirse en la actualidad en una corriente económica muy reconocida (Cerdá y Khalilova, 2016). Pero mucho antes de aparecer la economía circular ya existían muchas escuelas de pensamiento que habían ido aportando elementos para la economía circular. Ejemplo de ello, Roland Clift, decía “Ecología industrial” y el término se refiere a una forma en la que se pueda reutilizar un residuo de una empresa en otra empresa, según cada modelo de producción limpia, o de cierre de ciclos materiales o de creación y diseño de parques industriales ecológicos.

Por su parte, McDonough y Braungart subrayan la recirculación de materia y el uso de energías renovables sobre el concepto de eco-efectividad, instando a las empresas a que usen materiales seguros a través de lenguaje de ciclos tanto técnicos como biológicos en su modelo llamado “Diseño *cradle to cradle*”. Walter Stahel propone la “Economía de la Funcionalidad” en busca de

poder crear una concienciación sobre la importancia de extender la longevidad de los productos convirtiéndolos en servicios e innovando dentro de modelos de negocio, finalmente Gunter Pauli acuñó el concepto de “Economía Azul” invitando al impulso de las economías locales -en las cuales la oferta se mide bajo crescendo de la utilización de recursos disponibles (Colombia Productiva, 2018).

Hasta hace relativamente poco, la atención hacía el modelo repetido y clásico de la línea del consumo, entendido como la explotación masiva y a bajo precio de recursos y materiales, de modo que facilitara que el consumidor tirara aquellos productos que no le sirven (Steffen et al., 2015). De aquí surge la necesidad de establecer un modelo alternativo capaz de permitir maximizar el uso de los recursos. La economía circular supone un cambio de paradigma de los sistemas de producción y consumo. Y, además, promueve la cohesión social y el crecimiento económico, la creación de nuevas plazas de trabajo... Se convierte en un mecanismo para reducir el impacto al medioambiente, al clima, a la naturaleza, a la salud humana, producido por la contaminación (Moreno, 2018).

Figura 4. Modelo de Economía Lineal



Fuente: Tomado de Colombia Productiva (2018).

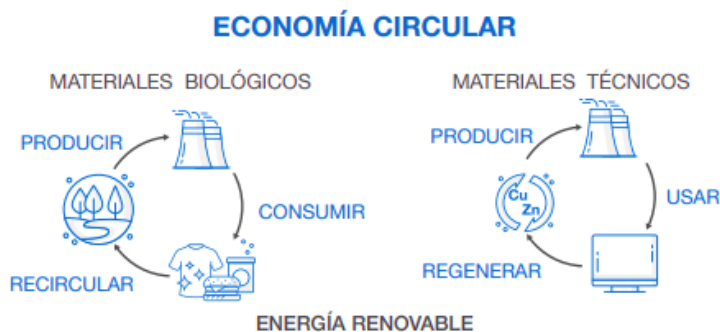
De igual manera, Cerdá & Khalilova (2016) plantean que la economía

circular es “reconstituyente, regenerativa por naturaleza”. Y es que hay que tener a bien mantener siempre los productos, componentes y materiales en uso el máximo posible de tiempo. Con ello, y por tanto, promueve la búsqueda de un aumento de recursos, la disminución de los riesgos de sostener flujos renovables e inventarios limitados a una situación económica eficaz, sea cual sea su escala.

El modelo económico lineal es el modelo de máximas explotaciones de recursos naturales que contribuyen a la modificación climática a través de combustibles fósiles y generación excesiva de residuos contaminantes a fuentes hídricas, atmosféricas y terreno; frente a esto la economía circular sensibiliza e implanta cambios en los hábitos de consumo desechando la obsolescencia programada y estimando productos de alta durabilidad; así por tanto combina técnicas ancestrales para poder maximizar el uso de recursos sin excluir nuevas tecnologías y prácticas de innovación asociadas a la economía colaborativa (CEID, 2020).

El modelo económico lineal enfrenta diversos desafíos, entre ellos la escasez creciente de recursos naturales y la volatilidad en los precios de las materias primas. También depende de fuentes energéticas finitas cuya disponibilidad futura es incierta. Este sistema se caracteriza por una generación excesiva de desperdicios, siendo comunes los productos de corta duración diseñados para ser desechables. Asimismo, continuamente surgen nuevos impactos ambientales derivados de este modelo enfocado únicamente en extracción, producción y eliminación (Colombia Productiva, 2018).

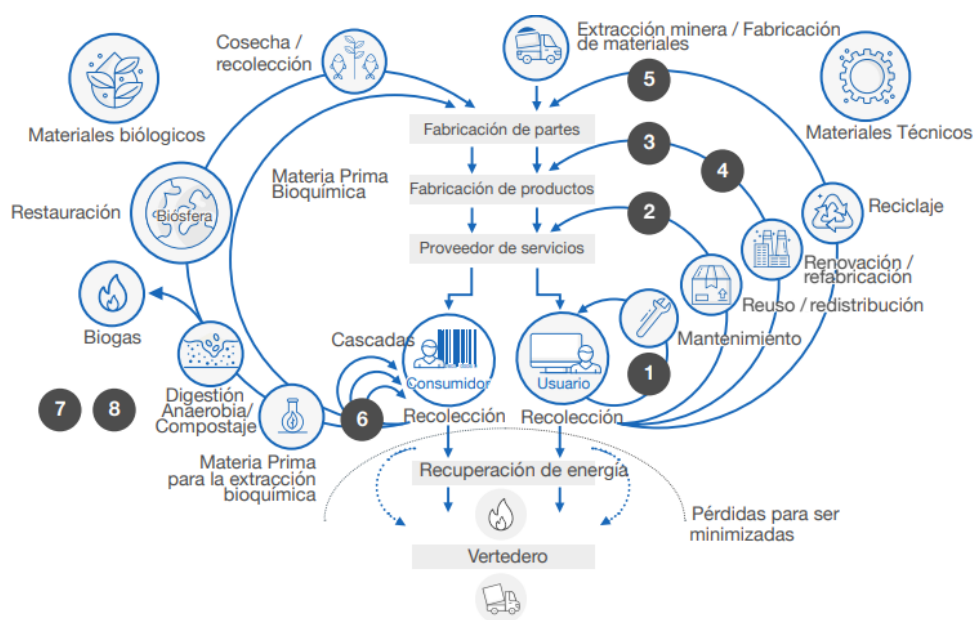
Figura 5. Modelo de Economía Circular



Fuente: Tomado de Colombia Productiva (2018).

El modelo económico lineal se enfrenta a múltiples dificultades, tal como es la creciente escasez de los recursos naturales, y su volatilidad en los precios de las materias primas. Al mismo tiempo, depende de fuentes energéticas que son limitadas y cuya disponibilidad para el futuro no se puede anticipar. Además, este sistema provoca la generación excesiva de residuos, el cual se traduce en productos de corta duración que son fáciles de desechar. De igual modo, continúan apareciendo nuevos impactos medioambientales como consecuencia de este modelo económico que sólo se enfoca en la extracción, la producción y la eliminación de residuos (Colombia Productiva, 2018).

Figura 6. Fases del modelo de Economía Circular



Fuente: Modelo de producción de Economía Circular propuesto por Ellen McArthur Foundation. Tomado de Colombia Productiva (2018).

La Fundación Ellen MacArthur ha definido hasta cinco estrategias importantes que forman parte de esta llegada de la economía circular, y en donde se representan en un diagrama conocido como la mariposa que ilustra parte del modelo de economía circular, con algunos que se observa en la figura 6. Así mismo, reporta beneficios como generación de ahorros, incremento de la

eficiencia de costos y aumento de los ingresos. Todo ello gracias a una buena gestión de materias primas y residuos, pero además, abre opciones para nuevos negocios. No obstante, esta estrategia se adentra más allá de la recolección de residuos. Implica el diseño de modelos de negocio, productos/servicios innovadores que, más allá de la rentabilidad de la empresa, fomenten cadenas de valor en donde la recirculación de materiales prime (Colombia Productiva, 2018).

Desde esta perspectiva, la EC sugiere la necesidad de un cambio de un flujo orientado a materias primas a un flujo orientado a datos e información, con el objetivo de obtener más valor agregado usando menos recursos. Esta nueva propuesta tiene que estar soportada por las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) con miras a construir modelos sostenibles que puedan funcionar en un óptimo aprovechamiento de recursos, siendo la -ecología circular- un planteamiento basado, según Cerdà y Khalilova (2016) en tres principios:

Conservación y mejora del capital natural: Escoger tecnologías y procesos que utilicen recursos renovables o recursos de alta eficiencia. Se generan las condiciones para la regeneración de suelos y el aumento de flujo de nutrientes.

Aprovechamiento máximo de recursos: Recursos reelaborados, renovados y reciclados promoviendo el tránsito de componentes en la economía, manteniendo la energía que había sido incorporada en ellos.

Fomento de ser más eficientes: Lleva a reducir los daños (salud, alimentación, movilidad, educación y vivienda), poniendo atención a la contaminación medioambiental, emanaciones tóxicas, cambio climatológico, entre otros.

Es decir, tales principios implican el uso de procesos regenerativos, la máxima explotación de modos materiales en recirculación, e incluso la reducción de impactos negativos en el medio ambiente y las tres esferas de la sostenibilidad.

Figura 7. Articulación de la Estrategia Nacional con los ODS



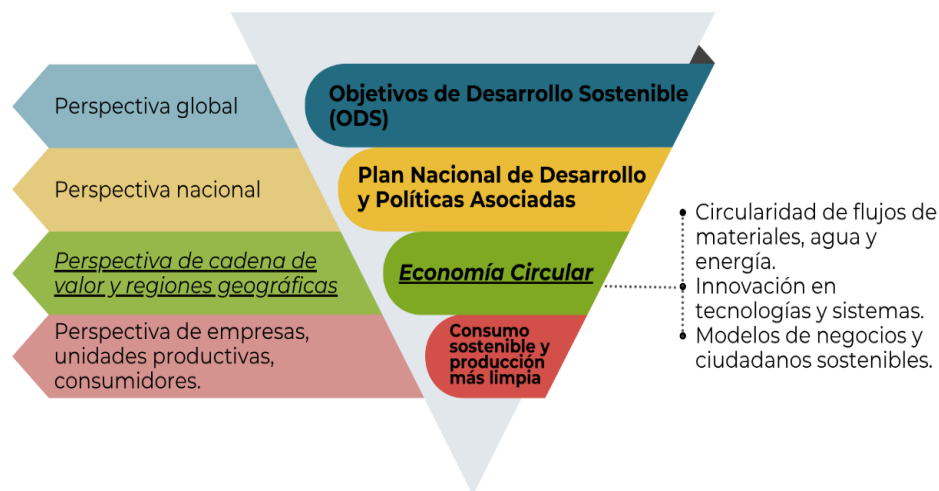
Fuente: Tomado de la Estrategia Nacional de Economía Circular, Gobierno Nacional (2019).

Como acto de contribuir con el tránsito a la economía circular, el Gobierno de la nación ha integrado a programa de actuación cinco (5) de los Objetivos de Desarrollo Sostenible vinculados, como se aprecia en la figura 7. En el presente caso, estos objetivos se sientan en promover el fortalecimiento de las cadenas de valor que permiten la implementación de políticas para fomentar la sostenibilidad a nivel nacional.

Considerando este marco oficial que se propone, es posible establecer el vínculo con la sostenibilidad a partir del fomento del consumo consciente y de un uso de los procesos productivos más sostenibles. Así, estos se convierten en guías para el ejercicio de la metodología ReSolve (Aprovechar, reciclar, reutilizar y reducir) logrando así que el sistema sea más eficiente en el aprovechamiento de los recursos de que dispone. Si bien conllevan un ensayo por añadiendo prácticas más acordes con el medio ambiente, también se significan como útiles

para hacerse cargo de los recursos y sean conductas que tiendan a avanzar en la sostenibilidad en diferentes ámbitos de la actividad humana.

Figura 8. Perspectivas y Lineamientos del Desarrollo Sostenible



Fuente: Elaboración propia a partir de la Estrategia Nacional de Economía Circular, Gobierno Nacional (2019).

La figura 8 resalta la Economía Circular desde diferentes perspectivas de políticas públicas que defienden el desarrollo sostenible en el ámbito nacional y permite enfatizar en la Estrategia Nacional de Economía Circular, que se centra en la optimización de las cadenas productivas, priorizando añadir valor a los materiales, y a la elaboración de nuevos modelos empresariales que consideran los aspectos de solidaridad y repartición de funciones como pilares de las interrelaciones que les caracterizan.

Cabe señalar que la OCDE, como organización interna y comprometida con el desarrollo sostenible mundial, ha alcanzado, entre otras cosas, establecer indicadores que ayuden a supervisar el desarrollo de los países respecto del rendimiento que obtienen en el ámbito ambiental. Estos indicadores permiten llevar a cabo una evaluación de los diferentes aspectos relacionados con las emisiones de CO₂ por habitante, el aprovechamiento de residuos o reciclaje eficiente, la huella ecológica por habitante y por hectárea, la tasa de reutilización

del agua, el nivel de consumo de materiales e intensidad energética, así como el aprovechamiento de energía a partir de biomasa (OCDE & CEPAL, 2014).

En este contexto, este proceso ha venido incorporándose progresivamente a un conjunto de iniciativas a nivel global, que cada vez adquieren mayor peso. Con ello, se trata de corregir la tendencia humana a obtener el mayor beneficio de los recursos naturales pero sin realizar esfuerzos relevantes para asegurar su conservación. Los países pioneros en Economía Circular son, entre otros, China, Escocia, Canadá, Corea y Japón, todos ellos, preparando estrategias orientadas a reforzar la cultura sostenible en sus regiones. Una vez se identifican los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en adelante, ODS) que pueden canalizarse hacia el modelo de Economía Circular, resulta necesario conectar a los públicos objetivos vinculados al sector empresarial que es foco de estudio. Entre ellos destacan diferentes entidades o actores, entre las que se citan las siguientes:

Consumidores de productos y servicios: Con un rol primordial en la adopción de prácticas sostenibles, la conciencia y las preferencias de los consumidores influirán directamente sobre la demanda de productos circulares.

Gremios empresariales: Los gremios empresariales agrupan la asociación y la cooperación entre los diferentes actores del sector, ayudando así a la asociación y colaboración para la puesta en marcha de prácticas circulares y sostenibles.

Instituciones de educación e investigación: Centros empresariales y entidades generadoras del conocimiento en el ámbito de la investigación e innovación tecnológica en Economía Circular, impulsando el desarrollo de nuevas soluciones.

Entidades del ámbito político: Las entidades políticas a escala nacional, regional y local, que se encuentran comprometidas con el crecimiento verde, tienen un destacado protagonismo en la creación de políticas y regulaciones que favorezcan la Economía Circular. Cámaras de comercio, organismos ambientales y corporaciones autónomas regionales: Desempeñan un rol clave cuando se

articula la Economía Circular a escala local mediante acciones que contribuyan a la sostenibilidad ambiental.

Personas y/o grupos recicladores: Actores fundamentales para implementar el proceso de cierre de ciclos, por contribuir activamente con el proceso de reciclaje y reutilización de materiales.

Empresarios, desarrolladores de Startups y empresas centradas en TICs e innovación: Éstos son los actores que activan herramientas tecnológicas hacia la Economía Circular a partir de la adopción de soluciones innovadoras y sostenibles.

La Economía Circular puede actuar como un vehículo articulador, y tener un efecto en cubrir un alto porcentaje del Producto Interno No Bruto (PIB) y, con ello influir en los flujos y en las dinámicas de fuentes de energía no convencionales adaptadas al medio ambiente. Siguiendo la Estrategia Nacional de Economía Circular, cada uno de los actores ha de seguir transformando sus hábitos y prácticas en lo referente a la reducción, reutilización, separación en la fuente, reciclaje y aprovechamiento de materiales, agua y energía (p. 16). Un hecho que se entiende como necesario para operar el cambio hacia un modelo económico alternativo, más sostenible y circular.

Una vez identificado la disposición de los actores que pueden influir en el desarrollo de la economía circular (EC), resulta necesario analizar las ventajas y desventajas que presenta la misma, a la luz del objetivo u objetivo de desarrollo de un modelo de la economía circular. José Luis Samaniego, director de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL, explica que las economías verdes no se traducen directamente en un aumento del PIB de un país, a pesar de ello favorecen la competitividad, el bienestar social y las condiciones de vida (Nava & Abreu, 2015). Las organizaciones obtienen beneficios económicos significativos, como los derivados de la implementación de la reutilización del residuo y el aprovechamiento del valor añadido (Nedelea et al., 2018). La EC, en el ámbito empresarial, ayuda a lograr una reducción de costes en los recursos energéticos, en la eliminación de residuos y en la descontaminación, lo que, en última instancia, deriva en un incremento de la rentabilidad y de la competitividad (Nava & Abreu, 2015).

Por otra parte, el incremento de la demanda de productos ecológicos por parte de los consumidores provoca un incremento de las ventas y de las utilidades para las empresas (Amaya, 2019); aunque las desventajas o costes, se producen en cuanto a los obstáculos legales, como son las definiciones legales que para la remanufacturación no existen, obstaculizando así el aumento de la venta de productos remanufacturados (Hopkinson et al., 2018, citado en Amaya, 2019). Las dificultades de la implementación de la EC son de naturaleza técnica, logística y organizativa, muy complejas, y requieren de un apoyo financiero e institucional muy fuerte para su implementación (Kunz et al., 2018).

Bajo esa óptica, la cultura dominante, especialmente en países occidentales en los que el consumismo y el capitalismo marcan la capacidad de gasto de las personas, puede suponer un obstáculo de cara a la adopción de prácticas circulares de economía (Amaya, 2019). Existen diversos métodos de promoción de la EC, desde la construcción de productos duraderos para el consumidor hasta el hecho de proporcionar los servicios en vez de vender productos, las cadenas de suministro circulares y las certificaciones ambientales (Amaya, 2019).

La transición hacia la EC, debe depender de la iniciativa tanto de los consumidores como del gobierno y de las empresas, siendo así que no existe una fórmula mágica. En el mismo sentido, Esposito et al. (2018) enfatizan la necesidad de tecnologías y modelos de negocio disruptivos apalancados en ciertas premisas, tales como la longevidad y durabilidad, la reutilización y la desmaterialización. En un contexto así, no debe perderse de vista que no solo los beneficios económicos que pueden resultar del proceso de EC sino, por otro lado, también considerar cuáles son las desventajas que puedan presentarse las mismas. La Economía Circular (EC) implica nuevos procesos organizativos que permitan cumplir con esas exigencias, y a esos requisitos se les tiene que conceder su particular importancia, ya sea en aspectos favorables o retadores.

Por otro lado, se tendrán que descubrir y adoptar modelos específicos de EC que abarque un conjunto diferente de ingredientes, que van a incluir, por ejemplo, la construcción de un producto duradero, la prestación de servicios en vez de la venta de productos, las cadenas de suministro circulares, certificaciones ecológicas como la FSC, etc. (Amaya, 2019). Con este enfoque

variado, se aplica una mejora práctica de la EC tal y como podía implementarse para llegar a tus objetivos específicos y las necesidades concretas de cada uno de los contextos. En ese sentido, han ido surgiendo diferentes modelos o técnicas relacionadas con la economía circular que citan Cerdà y Khalilova (2016) que como continuación se describen: un Sistema Producto-Servicio que acaba siendo una abordaje nuevo y diferente de satisfacer las necesidades del consumidor que une productos materiales, productos tangibles y servicios intangibles, centrados en la funcionalidad que va buscando el usuario y no en un deseo por poseer un producto.

Es posible distinguir distintos tipos como la oferta de productos, la de uso y la de resultado. El Red-HotPlan de Vodafone ejemplifica la oferta de teléfonos móviles mediante un sistema de alquiler y con un cambio anual que promueve relaciones con la clientela de largo recorrido. La segunda vida de materiales y productos queda de manifiesto en el caso Tata Motors Assured, que elige ciertos automóviles de segunda mano, los renueva y los reconvierte en un segundo ingreso. Un caso emblemático de la transformación de productos es el de BMW, quien mantiene vigente la idea de que un material puede ser transformado dos veces al reelaborarse de nuevo como un producto distinto. El reciclaje 2.0 que representa Starbucks puede también ejemplificarse por la innovación tecnológica mediante la transformación de residuos en productos útiles.

El consumo colaborativo, fruto de las interrelaciones sociales, tecnológicas y medioambientales, queda también reflejado en las plataformas del tipo Airbnb, ThredUP, Peerby a partir de las cuales se interrelacionan las personas que comparten recursos. El Eco-diseño y el Diseño para la Sostenibilidad son enfoques imprescindibles para promover el desarrollo de productos respetuosos con el medio y natural. La economía circular da respuesta a la necesidad de aumentar el tiempo de vida de los productos, recurriendo a estrategias de fabricar para durar, de reacondicionamiento, de actualización y de reparación, por ejemplo. Ejemplos como AFRA en la empresa aeroespacial y Proyecto Ara de Google en la electrónica ayudan a ilustrar cómo la reutilización puede ser introducida adecuadamente en los modelos de negocio, impulsando la sostenibilidad y evitando la producción de residuos.

Por otro lado, la CEPAL propuso una metodología para el proceso de transición de la Economía Circular para todos los sectores de producción de los países de América Latina y el Caribe, prestando especialmente atención a la propuesta de indicadores que permitan medir los avances del modelo en cada uno de los eslabones de la cadena de valor (Van Hoof, et al., 2022). La metodología que se presenta en esta investigación parte del propio y concreto reconocimiento de la región sobre la que se realiza la transición hacia la economía circular, donde se busca marcar algunos avances iniciales que sean capaces de visualizarse y escalarse. Así, se trabaja en distintas escalas que oscilan desde un municipio hasta una región completa, sin perder de vista aspectos como los flujos de recursos, de energía y los impactos ambientales, así como las actividades productivas y el desarrollo económico.

La Coalición para la Economía Circular en América Latina y el Caribe (CECALC) avalada por el Banco Interamericano de Desarrollo, el programa de Medio Ambiente de Naciones Unidas, la Fundación Ellen MacArthur y la Konrad Adenauer Stiftung también tiene una visión estratégica. En su análisis consideran sectores relevantes como la agricultura, minería y construcción que son grandes demandantes de recursos naturales en la zona, y resaltan la necesidad de abordar problemáticas ambientales relevantes como la pérdida de biodiversidad, la deforestación, la gestión de residuos y aguas residuales. La visión de CECALC también destaca la cadena de valor del turismo y de las pequeñas y medianas empresas como actores imprescindibles para el desarrollo regional. Esta perspectiva integral y estratégica establece prioridades y oportunidades en diferentes escalas y plantea una trayectoria para la transición de una economía circular en América Latina y el Caribe (Van Hoof, et al., 2022).

Figura 9. Etapas de la transición a la EC



Fuente: Elaboración propia a partir de Van Hoof et al. (2022).

La metodología formulada para la evaluación de los avances en cadenas de valor prioritarias en la detección de oportunidades de economía circular se fundamenta en una lógica integral y pragmática que consta de tres importantes pasos que se definen en la figura 9, con la intención de avanzar en la estrategia de transición a Economía Circular:

Paso 1: Identificación de las Cadenas con Potencial de Transformación. Con esta opción, se trata de identificar las cadenas con potencial de transformación de la región, tomando criterios pragmáticos con la intención de contribuir en las economías locales de América Latina y el Caribe (ALC). Las cadenas productivas a priorizar, cumplen con los criterios siguientes:

Desarrollo local integral: La cadena productiva está desarrollada localmente, desde el diseño del producto o servicio, la extracción de materia

prima, el procesado, la distribución, el consumo y hasta el fin de la vida del mismo.

Importancia regional: La producción de esta cadena es relevante en la economía de la región (se supone que la cadena productiva en la región tiene un peso importante), tiene un consumo importante de recursos y es importante para las políticas públicas locales.

Participación de las pymes: La producción de la cadena incluye pymes, que son una prioridad en la salida de la crisis pandémica.

Paso 2: marco de análisis y evaluación de avances. La segunda actividad presenta el marco de análisis y evaluación de avances en economía circular de la cadena productiva elegida. Se intenta identificar oportunidades clave en su desarrollo sostenible.

Paso 3: formulación de recomendaciones de política pública. La tercera actividad consiste en la formulación de recomendaciones de política pública para acelerar el paso de la cadena productiva a la economía circular prioritaria; las recomendaciones son una línea de trabajo identificada en los resultados de las dos actividades anteriores de cambio por un desarrollo positivo, sostenible en la región. El abordaje secuencial y estructurado permite que la implementación de estrategias de economía circular sea ágil, a partir de la preparación de una guía explícita y orientada hacia resultados concretos; una explicación gráfica de estos pasos podría ser el diagramas que acompaña a dichos pasos en el primer lugar en el que se espera que surjan tales oportunidades, la evaluación del avance en la respuesta a las necesidades de las partes interesadas y la formulación de políticas para avanzar hacia la economía circular en las cadenas productivas de mayor relevancia (Van Hoof et al., 2022).

La Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo (2022) refiere la definición más utilizada sobre “sostenibilidad”, la frase “satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas” (p. 16). El propósito del triple resultado final, propuesto por Elkington (como se evidenció en Wiegand y Wynn, 2023), es que una organización, para el caso de ser realmente sostenible a largo plazo, tiene que tener en cuenta no solo

sus resultados financieros, sino también sus impactos sociales y ambientales; esto es, además de su rentabilidad económica, las empresas tienen que tener en cuenta su huella ecológica y su contribución al bienestar social.

El Triple Bottom Line propone por parte de Elkington (1998), alusión a tres dimensiones principales que sustentan la sostenibilidad: social, económica y ambiental. Este último corresponde también a las personas, planeta y ganancias, respectivamente. Tal como indicaron Wiegand y Wynn (2023), la dimensión económica se centra principalmente en la eficiencia en el uso de recursos a través de garantizar la viabilidad y la competitividad a largo plazo y la obtención de beneficios; la ecológica, que se dirige a la gestión y conservación de los recursos naturales y medioambientales; y la que es social que se enfoca prioritariamente en el bienestar humano, las relaciones sociales y la justicia.

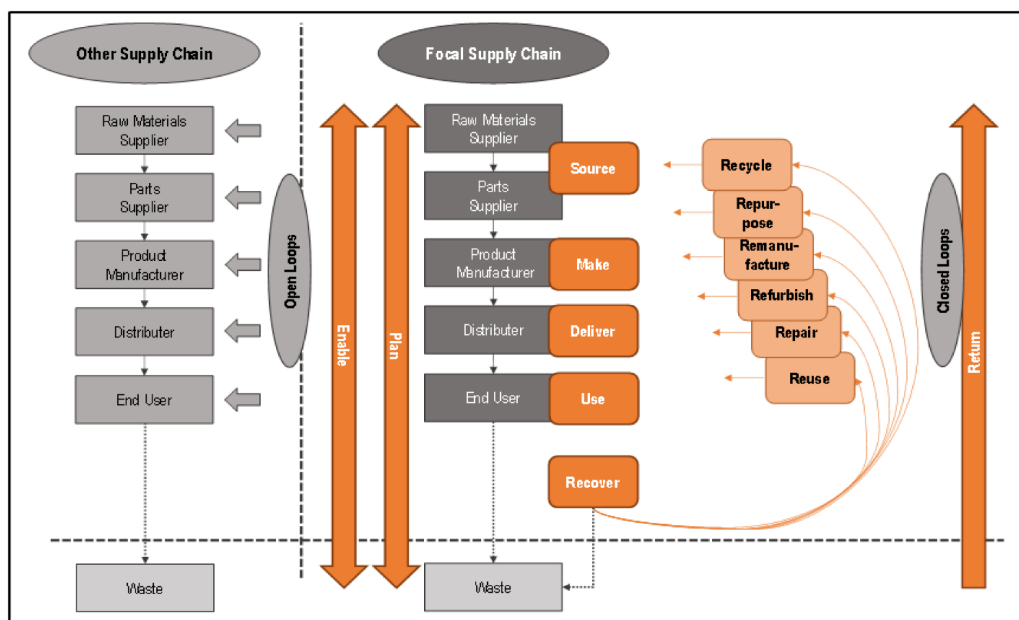
Así pues, la sostenibilidad necesita tener una mirada holística que forme parte de la estrategia corporativa y que se vea reflejada en el modelo de negocio, en la cultura organizacional, en los procesos y en las actividades de la empresa. Al evaluar la sostenibilidad de la organización en la cadena de valor de una organización se puede hacer con una revisión más completa que incluya toda la red de suministro y los procesos que existen por arriba y por debajo de la cadena de suministro, respectivamente, es decir, cómo se producen, distribuyen, sirven, utilizan y eliminan los productos y, al mismo tiempo, analizar cómo se administran los recursos existentes y cómo son gestionados los impactos socioambientales en cada una de las etapas (Amini y Bienstock, 2014).

Y la Economía Circular (EC) se considera como una herramienta muy importante para poder avanzar hacia un futuro más sostenible, siendo un asunto de interés tanto para académicos como para profesionales. En su sentido más sencillo, la economía circular busca equilibrar el desarrollo económico con la protección del medio ambiente y los recursos, teniendo como base el querer mantener los productos, componentes y materiales en uso y valor el máximo tiempo posible al mismo tiempo que se intenta minimizar la generación de los residuos (EMF, 2015).

Para una economía circular (EC) sostenible existen estrategias y prácticas que se deben coordinar en los anclajes de las redes de la cadena de

suministro (Nußholz, 2017). Las relaciones bien definidas y la cooperación efectiva son condiciones necesarias para una innovación orientada hacia la circularidad (Brown, et al., 2021). Con respecto a Geissdoerfer et al. (2018), especifican que la infraestructura de red y las capacidades en la cadena de suministro son un pre-requisito para lograr la existencia de modelos de negocio circulares, por la habilidad que poseen en realizar el acoplamiento de la circularidad y la gestión de la cadena de suministro.

Figura 10. Marco de referencia para una cadena de suministro circular



Fuente: Tomado de Montag y Pettau (2021).

Desde el punto de vista de Montag y Pettau (2022), para avanzar hacia una cadena de suministro circular se tiene que dar el paso a un cambio del paradigma organizativo, de manera que la economía circular sea vista como un elemento estratégico a largo plazo y una anticipación a todas las acciones que se necesitan para su implementación, por lo que proponen el marco referencial de la cadena de suministro que se observa en la figura 10. A nivel táctico se precisa implementar cambios en todas las fases del ciclo de vida del producto, desde el desarrollo del producto, su avance a un uso, su paso al desecho hasta

el reciclado del mismo. A nivel de procesos, hay que rediseñar y cambiar muchos de los procesos SCOR (*Supply Chain Operations Reference*) para cerrar los bucles de material y productos.

Los dos primeros niveles de cambio ponen el foco en la empresa y su gestión, y en cómo deben ser conjugados la estrategia, el modelo de negocio y la cartera de productos/servicios con los principios de la economía circular. Ello conlleva que las decisiones estratégicas y tácticas internas de la empresa deben servir como motor para llevar a cabo cambios en los procesos y en la cadena de aprovisionamiento (Wiegand y Wynn, 2023). Montag y Pettau tomaron el modelo SCOR de cadenas de aprovisionamiento para adaptarlo a las cadenas de aprovisionamiento circulares (CSC) y proponen un conjunto integral de indicadores para poder evaluar el desempeño de la cadena de aprovisionamiento desde una perspectiva económica, medioambiental, social y circular.

Dicho marco incluye las tres dimensiones tradicionales de la sostenibilidad (económica, medioambiental y social) y la perspectiva circular con la que se pretende mantener en circulación el mayor tiempo posible, con el mayor valor posible, los productos, componentes y materiales a través de la reutilización y el reciclaje. En su investigación, Montag y Pettau (2022) reconocen las diferentes perspectivas entre la ambiental y circular como fácticamente dispares. Para la economía circular los materiales deben estar en uso, pero la sostenibilidad ambiental se preocupa por evitar el daño al sistema de la Tierra a través de la reducción de residuos y de emisiones de CO₂. El marco que proponen trata de incluir horizontalmente las medidas de desempeño para poder dar cuenta de un desempeño del CSC de forma holística, pero también clarifica la relación circularidad-sostenibilidad.

Por otro lado, Bressanelli et al. (2019) también han estudiado el papel que puedan jugar tecnologías tales como el Internet de las cosas (IoT), el big data y el data analysis en la transición hacia la economía circular. Identificaron ocho funciones concretas que consideraron relevantes en este sentido:

Mejorar el diseño del producto: Emplear los datos en la toma de decisiones y en la optimización de los diseños de los productos para hacerlos más durables, reparables y reciclables.

Tener el target en cuenta: Usar los datos para una comprensión más precisa de los gustos y de las necesidades de los clientes, de forma tal que ofrezcan productos ajustados a estas.

Monitorear y rastrear la actividad del producto: Usar sensores para hacer un seguimiento de la actividad y de la ubicación del uso del producto durante su vida útil.

Ofrecer soporte técnico: Emplear los datos en la prestación de soporte técnico personalizado para acceder a la experiencia del cliente.

Ofrecer mantenimiento preventivo y predictivo: Usar los datos para predecir cuándo un producto está en el momento de mantenerlo, manteniéndolo antes de que ocurra la falla.

Optimizar el uso del producto: Usar los datos en la búsqueda por mejorar la eficiencia y el rendimiento del producto durante el uso.

Actualizar el producto: Usar datos para actualizar los productos ya existentes en su vida útil.

Mejorar la actividad de reciclaje y fin de vida: Usar los datos para hacer más fácil el desmantelamiento, reutilización y reciclado de productos en su fin de vida.

Estas funcionalidades pueden ayudar a las empresas a administrar de mejor manera el ciclo de vida de sus productos, maximizando su valor, minimizando su impacto. Con esa visión, Bressanelli et al. (2019) proponen un marco que establece cómo las tecnologías digitales asimilar con las estrategias y prácticas circulares, a la vez que éstas pueden verse influenciadas por el desempeño de la sostenibilidad. Proponen que la digitalización lleva a un rediseño integral de productos, modelos de negocio y cadenas de valor, y que el impacto abarca todas las fases del ciclo de vida del producto. El foco es reducir el consumo de materiales y energía, facilitar la reutilización de productos, la remanufactura de componentes y el reciclaje de materiales.

2.4 Principios de la EC

El significado del término “principio” en el Cambridge Dictionary (2021) puede definirse como la idea básica o fundamental que establece o describe las reglas que determinan cómo ocurre o funciona un determinado fenómeno. Asimismo, el término “principio operativo” puede definirse como una descripción más precisa que define cómo se estructura la forma de funcionamiento de un sistema determinado. En otras palabras, en lugar de ser solamente una afirmación normativa o conceptual, señala la lógica funcional del sistema en cuestión.

Cuando dicho enfoque es trasladado al ámbito de la economía circular sostenible (ECS), la noción de principio operativo adquiere unas características particulares. En este sentido, podría estipularse como la definición sistémica mediante la cual la forma en la que los distintos fragmentos del sistema interaccionan para abordar los objetivos estructurales del sistema tecnológico en tanto que tal (Frenken, 2006). A partir de este esquema, los principios operativos no solamente son directrices teóricas, sino que son elementos articuladores que permiten abordar las formas de cómo se ejecutan las estrategias de sostenibilidad y circularidad; en otras palabras, no solamente permite identificar cómo debería funcionar el sistema a partir de la teoría, sino que explica la forma en la que se estructura el funcionamiento en términos de aplicabilidad y operatividad.

Por ende, en el contexto de la ECS, el término “principio operativo” se utiliza para referirse a aquellas estrategias básicas que permiten entender el funcionamiento interno del sistema a partir de una lógica sistémica. Es más, estas entran a trabajar dentro de los objetivos del sistema y van en paralelo con la acción; es decir, con los mecanismos mediante la cual se llevan a la práctica los objetivos de sostenibilidad. Por este motivo, una densa discusión de ello es la base para la construcción, evaluación y re-diseño de políticas, modelos de negocio o incluso procesos de producción que conviertan en una práctica coherente con los principios de una economía circular verdaderamente sostenible.

Figura 11. Principios operativos para una economía circular, sostenible y resiliente.



Fuente: Elaboración propia a partir *Integración de la economía circular en el marco del desarrollo sostenible: Marco teórico e implementación práctica*, Suárez (2021).

Siguiendo a Suárez (2021), la clasificación de las diferentes acciones para el hecho de que son suyas respecto a un principio operativo u otro, se establece en función de la meta de la acción. En efecto, aumentar la eficiencia energética tiene su meta en la necesidad de conseguir reducir el total de recursos que son utilizados para conseguir determinada cantidad de energía y, con ello, facilitar la adecuación entre la tasa de extracción de los recursos y la tasa natural de regeneración que el sistema natural tiene. Si de esta manera mejorar la eficiencia energética, involucra indirectamente una disminución de las emisiones, pero la meta principal en este último caso sería reducir las entradas al sistema. Es decir, aunque una determinada estrategia reduzca entra y salga, puede ser clasificada sólo según un principio operativo, a partir de la meta establecida. De todas maneras, el caso importante es conseguir abarcar todas las actuaciones, pues son sistemas complejos donde muchas de las acciones estarán, en definitiva, interrelacionadas y realimentadas (Suárez, 2021).

Los principios operativos de la economía circular sostenible (ECS) constituyen el hilo conductor, que da continuidad a los planteamientos teóricos del paradigma y su implementación. Incluso los principios operativos se pueden encontrar repartidos en tres categorías básicas: principios operativos identificadores, los principios esenciales y los principios transversales. Cada uno de ellos constituyen un conjunto de estrategias que permiten transformar la representación teórica de la circularidad concreta hacia la plena sostenibilidad del sistema productivo y del consumo (Suárez, 2021).

2.4.1 ***Los principios operativos identificadores***

Los principios operativos identificadores encuentran su raíz en los fines teóricos de la ECS y son el espacio de articulación de las vías adecuadas para enlazar las interacciones del sistema socioeconómico con los límites condicionantes biofísicos del planeta. El primero de los principios identifica que las entradas de recursos en el sistema productivo y de consumo deben ser en armonía con la capacidad de regeneración del sistema natural, lo que implica la necesidad de hacer esta distinción entre insumos renovables y no renovables. De esta manera, se tiende a aplicar estrategias fiscales relacionadas con la reducción de los materiales no renovables, así como un uso responsable de los recursos renovables respetando tasas de uso que sean compatibles con la sostenibilidad ambiental (Elia et al., 2017). Estrategias recurrentes incluye: mejorar la ecoeficiencia (Comisión Europea [EC], 2014, 2015; Su et al., 2013); el desacoplamiento entre crecimiento económico y presión ambiental (Ness, 2010), la reducción de la demanda de servicios ecosistémicos por unidad de producción (Figge et al., 2014), la promoción del uso de energías renovables como principal medida para reducir las externalidades del sistema (Ellen MacArthur Foundation, 2013; Elia et al., 2017).

En paralelo, el desprecio sobre los flujos de salida del sistema natural y el ajuste de las salidas del sistema a la capacidad de absorción del medio natural, constituye el segundo principio operativo objetivo. Este principio establece una clara separación entre residuos biológicos y técnicos, sugiriendo así su minimización o eliminación dependiendo de su compatibilidad con los ciclos naturales. La reducción de emisiones y residuos, a partir de las mejoras

en la ecoeficiencia, es una de las principales estrategias dentro de este enfoque (Elia et al., 2017; EC, 2014, 2015).

2.4.2 ***Principios núcleo operativos***

Los principios núcleo no son una derivación directa de los objetivos teóricos, pero dejan claro que son imprescindibles para alcanzarlos ya que estructuran bucles internos en el sistema. El principio de cerrar el sistema, intenta conectar la etapa de la disposición final con la etapa de obtención de recursos, recuperando el clásico ciclo de 3R (reducción, reutilización y reciclaje). La Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo en la gestión de residuos determina una jerarquía de éstas, de donde se puede deducir que la preferencia es para la prevención, seguida de la preparación para la reutilización, de reciclaje, de valorización energética y finalmente, de la etapa de disposición final en vertederos (EU 2008/98/EC). En este sentido, la utilización y el reciclaje se posicionan como estrategias prioritarias, ya que permiten reintegrar materiales al sistema productivo reduciendo la extracción de recursos vírgenes Park y Chertow (2014); Castellani et al. (2015); Birat (2015).

Un principio importante es el mantenimiento del valor de los recursos en el sistema el mayor tiempo posible, consecuencia de aumentar la durabilidad de los productos y de la recirculación de recursos a lo largo de su ciclo de vida. La obsolescencia, sobre todo en el sector electrónico, supone un obstáculo para este principio (Guiltinan, 2009). Las estrategias vinculadas a este principio son la reutilización, la reparación, la refabricación, el reacondicionamiento y la simbiosis industrial y favorecen la eficiencia del sistema al reducir los bucles de retroalimentación (Stahel, 2013; Kalmykova et al., 2017; Korhonen et al., 2018a; Elia et al., 2017).

El tercer principio núcleo es la reducción del tamaño del sistema, definido como la disminución del total de los recursos que transitan por el sistema socioeconómico. Ello quiere decir que se apuntará a disminuir el consumo absoluto de recursos y alentar prácticas de producción y consumo sostenibles. En este punto se hace énfasis en el impulso de modelos colaborativos o de tipo servicio que ponen en entredicho la propiedad individual como barrera estructural para la circularidad (EESC, 2014; Tukker, 2015), junto a la transparencia en la

producción y la coparticipación de todos los actores involucrados, también los consumidores, como aspectos fundamentalmente constitutivos para avanzar hacia una mayor eficiencia equitativa (Connett et al., 2011; Su et al., 2013).

2.4.3 ***Principios de operación transversales***

Los principios transversales son habilitadores que permiten maximizar la eficiencia de los anteriores y reforzar el marco de la ECS. Uno de ellos es el de diseño con finalidad circular. Este planteamiento defiende que hay que considerar el ecodiseño y la eco-innovación en las primeras fases de los procesos productivos a fin de que los productos puedan ser reciclables, reparables o reutilizables (Kalmykova et al., 2017; Korhonen et al., 2018a; Sauvé et al., 2016; Elia et al., 2017). La eco-innovación, según Kemp y Pearson (2007), alude a la creación o la adopción de soluciones innovadoras que reduzcan los impactos negativos a lo largo de todos los ciclos de vida de los productos.

El segundo principio transversal es la educación, pensada como un eje estructurante de la transición de paradigma. La formación en valores, habilidades y conocimientos orientados a la circularidad deben calar en los productores y en los consumidores (De los Ríos & Charnley, 2017; Ghisellini et al., 2016; EEA, 2016). La necesidad de crear una nueva cultura de consumo en torno a la idea de ser suficiente y limitar la acumulación innecesaria es ampliamente reconocida (Yang et al., 2011, Kirchherr et al., 2018). En definitiva, la educación es descrita como un principio habilitador clave que es capaz de traducir transformaciones estructurales en las formas de producir, consumir y relacionarse con los bienes naturales (Bonciu, 2014, Elia et al., 2017).

2.5 **Barreras, obstáculos y condiciones de éxito**

Pese a los conocidos beneficios de la economía circular en el ámbito medioambiental, económico y social, la aplicabilidad de la misma se enfrenta a un gran número de barreras. Destacando en primer lugar su capacidad para reducir las emisiones, gestionar los recursos de forma racional, cuidar los ecosistemas y producir empleo a través de modelos económicos sostenibles (Kalmykova, Sadagopan & Rosado, 2018; Kalverkamp & Raabe, 2018). La EC también permite garantizar el suministro de materias primas, favorece la innovación tecnológica y ayuda a avanzar hacia una economía menos dependiente de

los recursos escasos (Simon, 2019; Urbinati, Chiaroni & Chiesa, 2017; Velte, Scheller & Steinhilper, 2018).

En cambio, el tránsito hacia el nuevo paradigma no está exento de obstáculos, tal y como identifican Kirchherr et al. (2018), quienes encuentran cuatro tipos de barreras: las culturales, las de mercado, las normativas y las tecnológicas. Las culturales contemplan la resistencia al cambio por parte de consumidores y empresas, la conformidad del modelo lineal y la falta de colaboración en las cadenas de valor. Las barreras de mercado están relacionadas con los costes bajos de los materiales vírgenes y de financiación escasa para los modelos circulares de producción. Las barreras normativas se encuentran en la ausencia de políticas claras y la escasa estandarización. Por último, las barreras tecnológicas hablan de los defectos en los diseños circulares, la falta de datos y las dificultades para escalar soluciones innovadoras (Medjdoub, 2020).

El análisis DAFO realizado por Medjdoub (2020) evidencia que la economía circular significa ventajas en términos de costes, estabilidad frente a la volatilidad del precio, así como la producción de componentes más duraderos. Al mismo tiempo, la economía circular también enfrenta debilidades institucionales, falta de regulaciones y una escasa percepción pública (Sariatli, 2017). Por lo que entender la transición circular debe articular esfuerzos estratégicos desde todos los ámbitos (académico, político, corporativo, social) encaminados a constituir una economía regenerativa, resiliente y competitiva en el largo plazo.

Tabla 1. Análisis FODA de la EC aplicada a los negocios

FORTALEZAS	DEBILIDADES
- Nuevas fuentes de ganancias - Optimización del sistema - Cambio radical e innovación del sistema	- Complejidad en la organización y gestión - Confidencialidad, confianza, beneficios mutuos, dependencia, etc. - Necesidad de información - Apego emocional y valores intangibles - Costos de transacción - Prima de riesgo (control)
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Amenazas del modelo lineal: - Riesgo en el suministro de recursos - Mayor intervención gubernamental - Legitimidad Tendencias sociales: - Contratación circular - Consumo colaborativo - Creación de valor múltiple - Co-creación de propuestas de valor	- Competencia de los modelos lineales - Materias primas baratas - Sustitutos de materiales escasos - Necesidad de transición del sistema - Costes iniciales elevados - Largo plazo para la recuperación de ingresos - Corto horizonte temporal de muchos accionistas - Conciencia y urgencia limitadas en la sociedad y los negocios

La adopción del modelo de economía lineal basado en el trío «extraer-fabricar-desechar» ha hecho que exista la elevada proporción de residuos, contaminación y agotamiento de los recursos que ha empujado a muchos especialistas a la búsqueda de soluciones adecuadas para proteger el medio ambiente, siendo la más importante de ellas la economía circular, que es una economía vital que intenta transformar nuestra forma de vivir aprovechando al máximo los productos mediante el reciclaje y la reproducción en nuevas formas y usos para servir tanto a la economía como al medio ambiente (Medjdoub, 2020).

2.6 Sector industria en Colombia

Según el Censo Económico de Colombia para el sector industria realizado por el DANE (2021), el concepto de industria se encuentra estandarizado y hace alusión a “las actividades de unidades estadísticas que se dedican a la transformación física o química de materiales, sustancias y componentes en productos nuevos, el trabajo se puede realizar con máquinas o a mano, y en una fábrica o a domicilio” (p. 13). En esa medida, la Clasificación Internacional Uniforme – CIIU en su cuarta revisión adaptada para Colombia también citada en el documento DANE (2021), establece que la industria manufacturera es el compendio de materiales, componentes o sustancias que son transformadas y se derivan de actividades como “la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la pesca y la explotación de minas y canteras, así como productos de otras actividades manufactureras” (p. 14). En consonancia con lo anterior, el DANE (2021) establece las siguientes definiciones aclaratorias:

Empresa Industrial: es una unidad económica o combinación más pequeña de unidades productivas que abarca y controla, directa o indirectamente, todas las funciones necesarias para realizar actividades de producción de bienes manufacturados. Tiene capacidad, por derecho propio, de poseer activos, contraer pasivos y realizar actividades económicas y transacciones con otras entidades. Una empresa puede realizar una o varias actividades productivas².

Establecimiento industrial: combinación de actividades y recursos que, de manera independiente, realiza una empresa o parte de una empresa para la producción del grupo más homogéneo posible de bienes manufacturados, en un emplazamiento o desde un emplazamiento o zona geográfica, y de la cual se llevan registros independientes sobre materiales, mano de obra y demás recursos físicos que se utilizan en el proceso de producción y en las actividades auxiliares o complementarias (p. 14).

Bajo esa perspectiva, la clasificación CIIU no se limita a la agrupación de datos estadísticos de la industrial sino que se convierte en un mecanismo para brindar información a los diferentes usuarios o entidades interesadas en

la información empresarial de acuerdo a las distintas actividades económicas. En ese sentido, en la siguiente tabla se enuncian las actividades económicas clasificadas en la sección C referente a la industria manufacturera en Colombia.

Tabla 2
Clasificación CIIU para las actividades de la industria manufactura en Colombia

División	Descripción de la actividad económica
10	Elaboración de productos alimenticios
11	Elaboración de bebidas
12	Elaboración de productos de tabaco
13	Fabricación de productos textiles
14	Confección de prendas de vestir
15	Curtido y recurtido de cueros; fabricación de calzado; fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y artículos similares; artículos de talabartería y guarnicionería; adobo y teñido de pieles
16	Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de cestería y espartería
17	Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón
18	Actividades de impresión y producción de copias a partir de las grabaciones originales
19	Coquización, fabricación de productos de la refinanciación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles
20	Fabricación de sustancias y productos químicos
21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéuticos
22	Fabricación de productos de caucho y plástico
23	Fabricación de otros minerales no metálicos
24	Fabricación de productos metalúrgicos básicos
25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo
26	Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos

División	Descripción de la actividad económica
27	Fabricación de aparatos y equipo electrónico
28	Fabricación de maquinaria y equipo N.C.P.
29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques
30	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte
31	Fabricación de muebles, colchones y somieres
32	Otras industrias manufactureras
33	Instalación, mantenimiento y reparación especializado de maquinaria y equipo

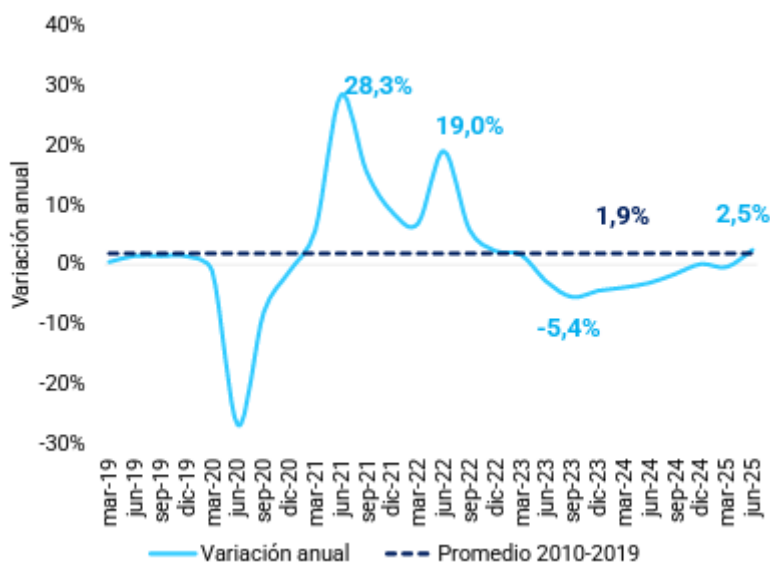
Fuente: Tomado de Censo Económico de Colombia, DANE (2021).

Partiendo de la información anterior, al analizar las cifras del sector industria o manufactura divulgadas por la Dirección de Sectores y Sostenibilidad de CorfiColombiana en su “Informe Trimestral de Dinámica Sectorial” para septiembre de 2025, se observa un crecimiento del 2,5%, representadas en 15 de las 25 actividades. Del mismo modo, 8 de los 14 departamentos que registran información ante la entidad demostraron crecimientos positivos con una representación más significativas de las empresas dedicadas a la producción de alimentos. En adición, el porcentaje de personas empleadas dentro del sector mostró un crecimiento del 4,2% en el primer semestre del año; indicando una recuperación del sector y una estimación de crecimiento proyectada para el fin de año de 1,7%.

Cómo se aprecia en la figura 12, la variación anual de la industria en Colombia en lo corrido de los años 2019 a 2025 ha reflejado una contracción económica del 25% relacionada directamente con la crisis presentada como resultado de la pandemia por Covid-19. Sin embargo, a partir del año 2021 se presenta un repunte positivo del 28,3% causado por la reapertura comercial. Así mismo, para el año 2022 se mantuvo una tendencia positiva obteniendo un 19% de crecimiento del sector industria en Colombia de forma moderada, indicando una pausada recuperación postpandemia. No obstante, a partir del año 2023 se observó una nueva caída en la variación del valor agregado del 5,4%, derivado del menor consumo interno, las condiciones internacionales para la exportación de productos del sector y el alza de los precios de producción. La dinámica del

sector ha ido mejorando de forma gradual, ya que durante lo corrido del año 2024 y la primera mitad del año 2025 se ha percibido una estabilización de la variación en el valor agregado generado por el sector de 1,9% y 2,5% respectivamente.

Figura 12. Variaciones del valor agregado de la industria manufacturera en 2025



Fuente: Tomado de Informe Trimestral de Dinámica Sectorial, Corficolombiana (2025).

En lo que respecta a las variaciones del valor agregado de acuerdo con los subsectores en que se clasifica la industria manufacturera en Colombia, la figura 13 expone un comparativo entre los resultados obtenidos en 2024 y 2025; dejando en evidencia que la fabricación de productos textiles tuvo una caída el año anterior de 4,8% y un repunte del 7% para el primer semestre del 2025. Del mismo modo ocurre con el subsector elaboración de productos alimenticios, que pasó de una caída del 3,2% en 2024 a un incremento del 5,5% en 2025. El subsector de fabricación muebles y otras industrias se han mantenido estables, con tasas de variación cercanas al 2,5% en lo corrido de los dos años objeto de análisis.

En contraste con lo anterior, los comportamientos más débiles del sector se observan en subsectores como el de coquización y fabricación de productos químicos que pasó de una caída del 4,2% en 2024 y un repunte leve del 1,4% en 2025, indicando una recuperación lenta y estancada relacionada con los altos costos de las materias primas y las restricciones a la demanda. De la misma forma, el fabricación de productos metalúrgicos básicos profundizó su contracción presentada en 2024 del -0,4% a -4,6% en lo corrido de 2025; demostrando la persistencia de dificultades asociadas a la importación dependiente de insumos y la demanda externa.

Figura 13. Variación del valor agregado clasificado en subsectores comparativo

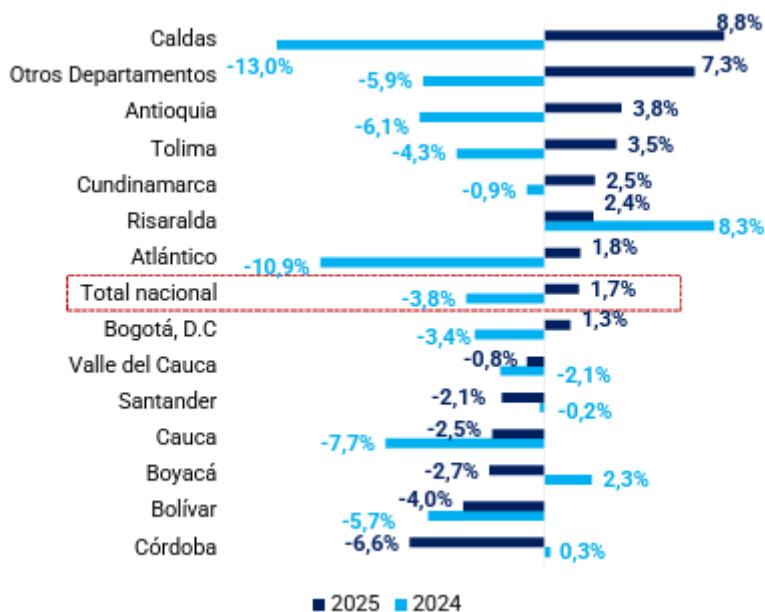


Fuente: Tomado de Informe Trimestral de Dinámica Sectorial, Corficolombiana (2025).

Al revisar los datos expuestos en la figura 14 con respecto a la variación anual comparada del sector a nivel departamental entre los años 2024 y 2025 se puede apreciar un cambio positivo que llevó de la contracción del -3,8% en 2024 al crecimiento de 1,7% para el año 2025 a nivel nacional. De otro modo, al analizar los comportamientos departamentales en producción real manufacturera se observa que en Caldas (8,8%), Risaralda (8,3%) y Atlántico (8,3%), se presentaron los repuntes más significativos del sector, superando el

promedio nacional. Aunado a lo anterior, departamentos como Tolima y Antioquia obtuvieron variaciones positivas del 3,5% y 3,8% respectivamente, que aunque inferiores se mantuvieron estables a lo largo de los dos años.

Figura 14. Variación comparativa de la producción real del sector



Fuente: Tomado de Informe Trimestral de Dinámica Sectorial, Corficolombiana (2025).

Por otra parte, como se aprecia en la figura 14, los principales índices de estancamiento industrial se presentaron en los departamentos de Valle del Cauca, Santander y Bogotá D.C.; este último que, pese a tener una gran importancia económica en el país apenas pudo presentar un crecimiento del -3,4% al 1,3% en el primer semestre de 2025. En esa medida, departamentos como Cauca, Córdoba y Bolívar mantienen cifras de crecimiento estancados cercanas al 0%, indicando una heterogénea recuperación del sector a nivel nacional.

Figura 15. Variación del valor agregado del sector por actividad económica comparativo



Fuente: Tomado de Informe Trimestral de Dinámica Sectorial, Corficolombiana (2025).

De acuerdo con los datos presentados en la figura 15, donde se aprecia el comparativo del segundo trimestre para los años 2024 y 2025 por actividad económica de la industria en Colombia, se aprecia que hubo un crecimiento del 2,5% agregado, después de la contracción económica del -3,0% presentado en el año 2024. En ese sentido, la mejora evidenciada se concentra en las actividades de fabricación de vehículos automotores, revirtiendo una caída del -20% hasta lograr un crecimiento del 14% en el segundo trimestre de 2025. Así mismo, las actividades relacionadas con la industria azucarera (12%), la producción de lácteos y sus derivados (11%) y producción/conservación de carne de res (9%); como resultado del consumo masivo de este tipo de productos de la canasta familiar. En una arista contraria, los sectores metalúrgica, producción cacao/chocolate, coquización y refinación de petróleo, industria maderera y elaboración de bebidas; también han presentado variaciones negativas en lo corrido del último año.

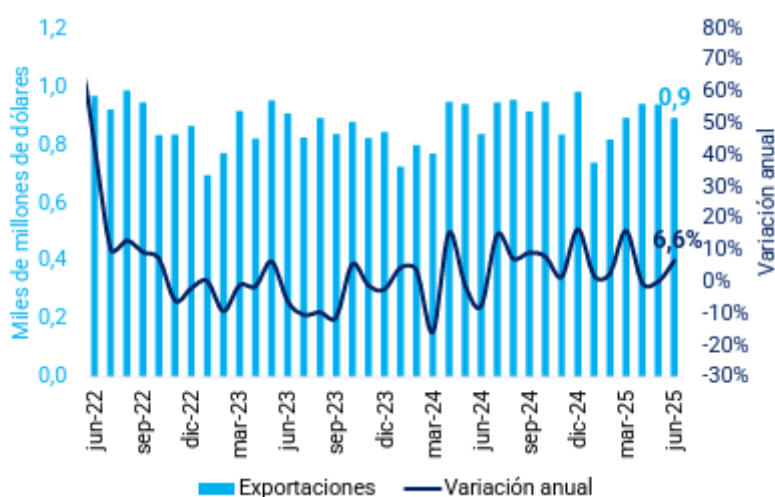
Figura 16. *Aporte de las actividades productivas del sector a la generación de empleo*



Fuente: Tomado de Informe Trimestral de Dinámica Sectorial, Corficolombiana (2025).

En la figura 16 se muestra la variación porcentual del aporte a la generación de empleo evidenciada en el sector industrial en Colombia para el año 2025, demostrando un crecimiento generalizado del 4,4% con respecto al año anterior. En esa medida, los principales aportes a la generación de puestos de trabajo para el segundo trimestre del año se vieron en los subsectores relacionados con la producción de alimentos, equivalente al 13%; seguido de la confección de prendas de vestir, con 1%; la fabricación de mobiliario, con 0,8%; las actividades de curtido y recurtido de cueros, con 0,6%; la fabricación de productos metalúrgicos, con 0,6% y la producción textil, con 0,3%. En contraste, las actividades que demostraron un aporte limitado al mercado laboral colombiano fueron los electrónicos, farmacéuticos, productos químicos y transporte con el 0,1%. Mientras que, actividades como la impresión, bebidas, tabaco y otras industrias no presentaron variación; sumado a las actividades metalúrgicas, de coquización y refinación de petróleo con un decrecimiento en su aporte del -0,4%.

Figura 17. Variación anual de las exportaciones del sector

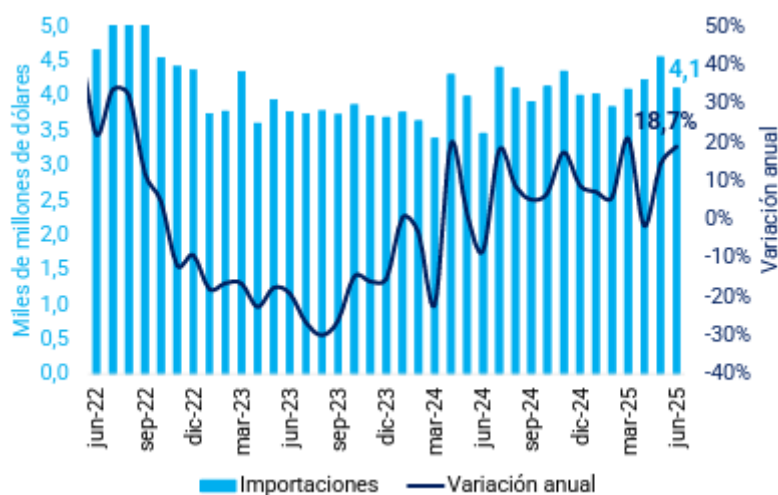


Fuente: Tomado de Informe Trimestral de Dinámica Sectorial, Corficolombiana (2025).

En cuanto al comportamiento exportador del sector manufacturero colombiano para el periodo de tiempo entre junio de 2022 y 2025, la figura

17 presenta una variación positiva durante el último año equivalente al 6,6%; rompiendo con el estancamiento presentado en marzo de 2024 del -20%. Bajo esa perspectiva, para la primera mitad del año 2025 las exportaciones del sector industria alcanzaron la cifra aproximada de mil millones de dólares, evidenciando un mejor crecimiento con respecto al mismo periodo del año 2024.

Figura 18. Variación anual de las importaciones del sector



Fuente: Tomado de Informe Trimestral de Dinámica Sectorial, Corficolombiana (2025).

Finalmente, en la figura 18 se observa que desde junio de 2022 a septiembre de 2023 se presentó en el sector industria un decrecimiento de las importaciones colombianas con una variación negativa del -30% llegando a su pico máximo en el periodo de análisis. Sin embargo, a partir de ese momento se dio paso a un repunte de las importaciones que a junio de 2025 alcanzó los 4,1 mil millones de dólares y una variación del 18,7%. Lo anterior, es indicativo de que la recuperación de las importaciones nacionales en materia de producción industrial requiere de una gran cantidad de insumos provenientes del extranjero pero que también, los niveles de competitividad y procesamiento se han incrementado