



ECONOMÍA CIRCULAR: una palanca regenerativa para el Desarrollo Sostenible

CIRCULAR ECONOMY: a regenerative lever for Sustainable Development

Sandra Guevara Quintero^{1*} 

¹Coordinadora del Máster en Economía Circular, Desarrollo Sostenible y Cultura Regenerativa de DUX Escuela de Gobierno, Av. Rómulo Betancourt 1304, 10114. Santo Domingo, República Dominicana. Profesora del Máster en Economía Circular de la Universidad Internacional de Valencia, Pintor Soroya, 21, 46002. Valencia, España.

*Correo electrónico: sandraguevaram@gmail.com

Recibido: 19-10-2025. Aceptado: 01-12-2025. Publicado: 29-12-2025.

Resumen

La economía circular (EC) está recibiendo creciente atención a nivel mundial por su potencial transformador para abordar retos fundamentales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad o el agotamiento de recursos críticos, entre otros; así como por su contribución al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La EC es hoy una realidad emergente, reflejada en diversas iniciativas públicas, privadas y no gubernamentales, incluyendo países y regiones. Sin embargo, la definición asumida de EC puede limitar su alcance y efectividad. Ante la existencia de una gran diversidad de interpretaciones, este artículo pretende aportar una visión integral basada en la economía ecológica y los principios regenerativos. Más allá del cierre de ciclos de materia y energía, este enfoque destaca su dimensión social y el carácter sistémico de las transformaciones que implica la EC. La interconexión socio-ecológica es crucial, ya que las personas constituyen la clave del cambio necesario. Cada uno, desde su rol, puede identificar, facilitar, impulsar, potenciar o recibir sus múltiples beneficios. Ampliar la comprensión de oportunidades y retos para avanzar en este proceso transformacional es esencial. Si bien se necesitan incentivos, innovación, inversión, y colaboración para poder implementar las estrategias de EC, la edu-

cación (formal e informal) emerge como factor primordial entre sus habilitadores. Una educación con visión ecosistémica, transdisciplinar y regenerativa permitiría la implicación efectiva de todos (colaborativa y cocreativamente) en la revitalización de las bases que hacen posible la vida, la coevolución y la resiliencia, así como el florecimiento de la humanidad.

Palabras clave: desarrollo sostenible, regeneración, educación, empresa, ecología, liderazgo.

Abstract

The circular economy (CE) is receiving increasing attention worldwide for its transformative potential to address fundamental challenges such as climate change, biodiversity loss, and the depletion of critical resources, among others, while contributing to the achievement of the Sustainable Development Goals. The CE is now an emerging reality, reflected in various public, private, and non-governmental initiatives, including countries and regions. However, the assumed definition of CE may limit its scope and effectiveness. Given the wide range of interpretations, this article aims to provide a comprehensive view based on ecological economics and regenerative principles. Beyond closing material and energy cycles, this approach highlights its social dimension and the systemic nature of the transforma-



tions that the CE implies. Socio-ecological interconnection is crucial, as people are the key for the change needed. Each person, from their own role, can identify, facilitate, promote or enhance the CE, or reap its multiple benefits. Broadening the understanding of opportunities and challenges to advance in this transformational process is essential. While incentives, innovation, investment, and collaboration are needed to implement CE strategies, education (formal and informal) emerges as a key enabler. An education with an ecosystemic, transdisciplinary, and regenerative vision would enable everyone to become effectively involved (collaboratively and co-creatively) in revitalizing the foundations that make life, coevolution, and resilience possible. It allows the flourishing of humanity.

Keywords: Sustainable development, economy, education, enterprise, optimization, leadership.

Introducción

Cada vez son más apremiantes los llamados a un cambio profundo en el funcionamiento del modelo económico predominante ante las crisis multidimensionales que confronta la humanidad. Si bien el progreso conseguido después de la Revolución Industrial ha permitido grandes avances socioeconómicos, también ha ocasionado serios problemas ambientales, sociales y de otro orden, que están poniendo en riesgo la base de generación de prosperidad, la estabilidad y, fundamentalmente, las condiciones que sustentan la vida y el bienestar integral en el planeta. Un ejemplo de ello es la crisis del agua. Un desafío sin precedentes que enfrenta el mundo y pone en peligro la vida, el trabajo, la seguridad alimentaria y energética de las personas (World Resource Institute [WRI], 2023). Esto no hace sino empeorar las situaciones de pobreza multidimensional que aquejan a una de cada seis personas en el mundo (United Nations Development Programme [UNDP], 2024), subrayando la importancia de la aprobación de la Agenda 2030 por parte de la Asamblea

General de las Naciones Unidas.

Este plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad tiene la intención de abordar esos desafíos críticos mencionados, tanto a nivel local como global. Entre sus objetivos, se aspira a cambiar el modelo de producción y consumo lineal, considerando que es la raíz de dichos problemas. De hecho, desde los años 60 se ha venido planteando la necesidad de conciliar economía y ecología, a fin de optimizar el uso de los recursos y servicios que nos aporta la naturaleza, y evitar muchos de los impactos negativos que generan las actividades productivas, los cuales terminan alterando los sistemas naturales y poniendo a la humanidad en riesgo. Esto ha derivado en el surgimiento de propuestas alternativas, entre ellas la Economía Circular (**EC**) y son muchos los países que se han animado a transitar hacia ese cambio de modelo.

No obstante, la diversidad de acepciones dificulta el avance en esa transformación y la posibilidad de aprovechar sus múltiples ventajas, dado que algunas de ellas no resultan en un cambio a nivel causal. Por tanto, el objetivo de este trabajo es aportar una visión integral de la EC, enraizada en la economía ecológica y otras áreas del conocimiento que nos ayude a comprender su carácter regenerativo, tanto de los sistemas naturales como de la dimensión social y cultural del desarrollo; aspecto éste muchas veces ignorado.

Si bien se estima que el cambio de la linealidad a la circularidad puede generar grandes beneficios en términos de empleo, desarrollo tecnológico, disminución de impactos ambientales, revitalización de los ecosistemas naturales, etc., la transición hacia la EC no está exenta de desafíos. Allí nos encontramos aspectos tan diversos como el marco legislativo, la necesidad de incentivos, la brecha tecnológica, las inversiones, la colaboración, el liderazgo, y la educación (un habilitador clave). Para que la EC pueda verdaderamente contribuir a que recuperemos el equilibrio sistémico



que hemos alterado, aportar al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y -más allá del plazo del 2030- asegurar unas sólidas bases que permitan a la sociedad construir un futuro próspero y seguro, es necesario que no perdamos de vista que se trata de un proceso transformacional, en el marco de un complejo sistema vivo, y que necesita de la colaboración activa de todos.

Hemos alterado la salud del planeta sin advertir los riesgos

Las más recientes investigaciones sobre la salud del planeta destacan que hemos traspasado siete de los nueve límites planetarios o procesos fundamentales que regulan la estabilidad y resiliencia de la Tierra (Kitzmann *et al.*, 2025): i) la alteración de los patrones climáticos debido a la altísima concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI); ii) la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas que afectan su capacidad para aportar recursos y servicios esenciales para la vida y el bienestar de la humanidad; iii) la transformación del paisaje natural impulsado por la deforestación, el urbanismo y otras presiones que limitan su funcionalidad en la regulación del ciclo de carbono, la humedad, etc. iv) la alteración de los ciclos del agua, v) la disrupción del ciclo de nutrientes que afectan la salud de los suelos, del agua y de los ecosistemas marinos, entre otros; vi) la gran contaminación por nuevas sustancias tales como químicos sintéticos, disruptores hormonales y plásticos que no existían en la Tierra; y vii) la acidificación de los océanos, que se ha incrementado entre 30 y 40%, limitando su capacidad para regular el clima y soportar la vida en el planeta; un rol vital no suficientemente reconocido.

Los otros dos límites planetarios que se encuentran en niveles tolerables aún son: i) la presencia de partículas en la atmósfera que impactan el clima y el ciclo de lluvias, y ii) el agotamiento de la capa de ozono. En este último ámbito se ha registrado una leve recuperación

gracias a la acción global para eliminar los clorofluorocarbonos. Esto implicó una reconversión industrial impulsada por el Protocolo de Montreal y que ahora está comenzando a mostrar su efectividad (Wang *et al.*, 2025).

Como se aprecia en la figura 1, al traspasar los límites del círculo central coloreado en verde que representa la capacidad de asimilación de los impactos por parte del sistema planetario, estamos saliendo de un espacio de seguridad a uno de riesgo creciente (tonos naranjas). Mientras más nos alejamos del centro las tonalidades naranjas se tornan rojas, indicando una situación de creciente vulnerabilidad. Las mediciones hechas por los científicos revelan que esta es precisamente la situación en la que nos encontramos en la mayoría de los límites planetarios, por lo que ya nos encontramos en esa situación de gran vulnerabilidad.

El Global Resource Outlook (UNEP, 2024) vincula directamente dicho balance al modelo económico predominante y calificando la situación actual de triple crisis planetaria (cambio climático, biodiversidad y contaminación). Como habían alertado Meadows *et al.* (2004), estamos agotando los recursos globales más rápido que lo que pueden ser repuestos, y estamos generando desechos y contaminantes a un ritmo mayor del que la tierra puede absorberlos y hacerlos inocuos. Ello tiene un impacto determinante sobre la capacidad a largo plazo de los sistemas naturales para seguir prestando los esenciales servicios ecosistémicos de los que depende nuestro propio bienestar y el equilibrio del planeta. Por lo tanto, no basta con disminuir los impactos negativos, es imperativo devolver la vitalidad y capacidad de resiliencia al sistema, es decir adoptar un enfoque sistémico y regenerativo.

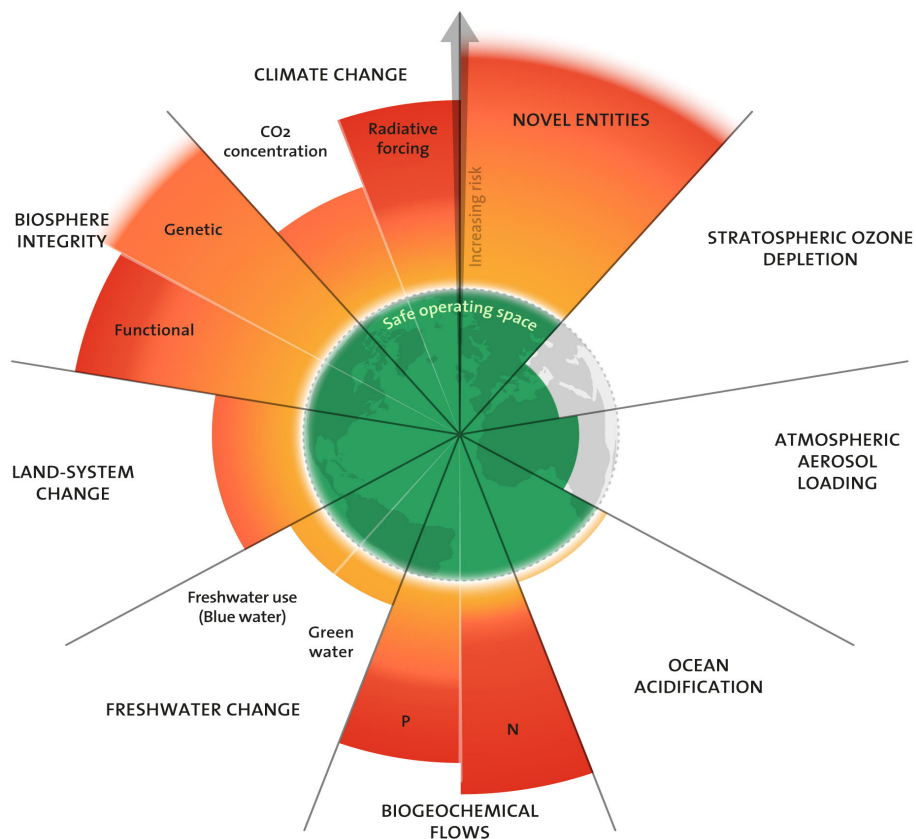
El modelo de producción y consumo: eje del Desarrollo Sostenible

La Agenda 2030, aprobada en 2015 por 193 países en



Figura 1

Actualización de los Límites Planetarios 2025.



Nota. Adaptado de *The 2025 update to the Planetary boundaries* por Azote para el Stockholm Resilience Centre, basado en el análisis de Sakschewski y Caesar *et al.*, 2025 (<https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>). CC BY-NC-ND 3.0.

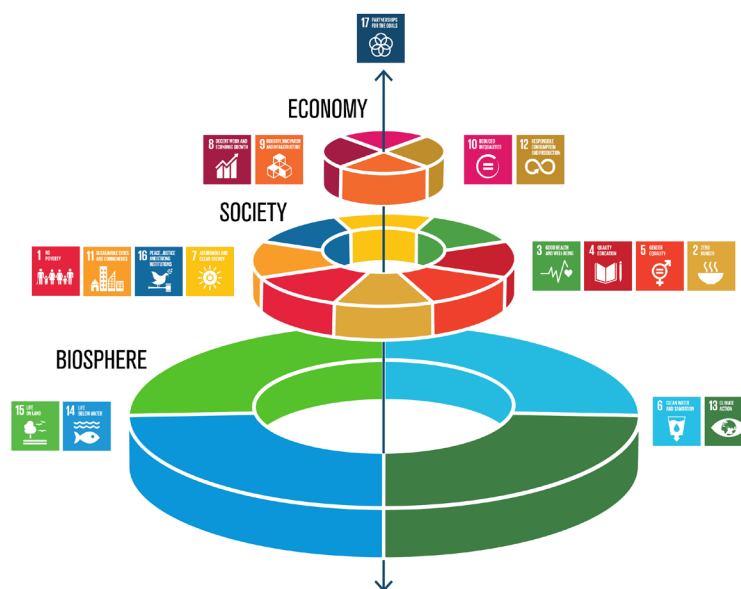
la Asamblea General de Naciones Unidas, representa un hito en la comprensión y alcance de la sostenibilidad. En primer lugar, porque se trata de una agenda universal que refleja una aspiración societal, y aplica a todos los países cualquiera sea su nivel de desarrollo (aunque se tienen en cuenta las condiciones particulares de los países menos desarrollados). Por otra parte, sus 17 objetivos y 169 metas abarcan cinco pilares fundamentales, no sólo la dimensión social, económica y ambiental que tradicionalmente se ha asociado a la sostenibilidad, sino que incorpora la gobernanza y las alianzas como pilares fundamentales para poder avanzar hacia el desarrollo sostenible.

Desde la economía ecológica se ha insistido, además, que la economía es un sistema vivo anidado en otros sistemas: la sociedad, la cultura, la política, la naturaleza y en última instancia la Tierra (Capra y Jakobsen, 2017). Esta perspectiva pone en evidencia que nuestro bienestar, prosperidad y capacidad de evolucionar como humanidad se sustenta en una serie de servicios que provee el sistema planetario del que somos parte. La nueva manera de visualizar los ODSs (figura 2) que el Centro de Resiliencia de Estocolmo ha representado en base a los planteamientos de su exdirector Johan Rockström, permite comprender claramente la necesidad de un abordaje socio-ecosistémico de nuestros desafíos.



Figura 2

Nueva manera de ver los Objetivos de Desarrollo Sostenible.



Nota. Adaptado de *Azote para el Stockholm Resilience Centre*, basado en Johan Rocström y Pavan Sukhdev (2016) Presentación durante la Conferencia: EAT Stockholm Food Forum, Suecia (<https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-21-looking-back-at-2016-eat-stockholm-food-forum.html>). CC BY-ND 3.0.

Uno de los ODS plantea la necesidad de transformar los procesos de producción y consumo: se trata del ODS 12. Ésta es una pieza clave en el entramado de la Agenda 2030, pues se interconecta con el resto de los objetivos, condicionando o facilitando el logro de sus metas. Se considera que un modelo de producción y consumo sostenible constituye una de las maneras más eficientes y efectivas de reducir los impactos ambientales y avanzar hacia el bienestar humano (Bringezu *et al.*, 2017). La inclusión de un objetivo que llame a cambiar no sólo la manera en la que producimos sino también nuestros patrones de consumo representa un avance destacado en la agenda de desarrollo sostenible, ya que la sostenibilidad se ha venido asociando tradicionalmente a la necesidad de implementar sistemas de gestión ambiental que permitieran disminuir los impactos negativos generados por los procesos industriales, no transformaciones del modelo económico

en su integralidad.

La evolución de la agenda de desarrollo sostenible ha permitido incorporar progresivamente aspectos como el trabajo digno, la prevención de riesgos laborales, y la igualdad, entre otros múltiples aspectos. Sin duda, todos relevantes pero se limitan a ciertos ajustes del proceso, sin abordar la raíz del problema. De allí que después de más de 60 años de debates, siga predominando un modelo lineal, caracterizado por extraer, usar y descartar lo que agota los recursos y genera inmensas cantidades de residuos y contaminantes, además de otros impactos críticos sobre las personas y los ecosistemas naturales. El ODS 12 no hace referencia a la transición hacia una economía circular específicamente, aunque su meta 12.1 plantea aplicar el Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, entre las cuales



se venían trabajando con iniciativas de optimización del uso de los recursos con estrategias de circularidad. Sin embargo, ya para la fecha de aprobación de la Agenda algunos países e instituciones comenzaban a impulsar este nuevo modelo industrial, como algunos denominan a la EC.

La Economía Circular: un concepto en evolución

Muchos son los países que han emprendido la transición hacia la EC en la última década, aspirando precisamente que les permita desacoplar la actividad económica de la degradación ambiental. Evidentemente, cada uno avanza a su ritmo y a distintas escalas. Japón fue el primer país en aprobar una ley relativa al establecimiento de una sociedad con un ciclo de materiales racional en el año 2000. No obstante, fue China el primer país en aprobar una estrategia de EC, específicamente, en 2002. Por su parte, la Unión Europea, adoptó su primer plan de EC en 2015, el cual ha ido perfeccionando posteriormente. En África se estableció una alianza para la EC en 2016, mientras que en 2021 se concretó la Coalición de EC de América Latina y el Caribe. Asimismo, se han puesto en marcha iniciativas de colaboración interregionales como ASEAN-Unión Europea, e incluso se creó la Plataforma para la Aceleración de la Economía Circular (**PACE**) de colaboración público-privada a nivel global.

Sin embargo, no hay un consenso sobre lo que significa EC. Y si bien la variedad de perspectivas y contextos facilitan la comprensión de la complejidad del cambio al que se aspira, esto puede constituirse en una limitante, tanto en el alcance como en la efectividad de las acciones a desarrollar por parte de los diversos actores involucrados. Esta es una realidad que ha sido constatada en el trabajo directo con las empresas y organizaciones. De allí la importancia de comprender el sentido y propósito de la transformación que se busca; así cómo ha ido dándose forma a este planteamiento.

El origen del concepto de Economía Circular está influenciado por múltiples disciplinas (economía ambiental, economía ecológica, ecología industrial, arquitectura y biología, entre otras.) lo que contribuye a su riqueza y a la diversidad de interpretaciones. Mientras más se profundiza en la comprensión de los sistemas complejos vivos se van consolidando visiones más integrales de la EC.

Pla-Julián y Guevara (2019) abogan por incluir también la ética del cuidado, un enfoque que prioriza las relaciones y está en sintonía con la ecología, el ecofeminismo y el enfoque regenerativo; además de ser una pieza clave en términos del cambio en el modelo de consumo. Estas autoras señalan que, aunque Pearce & Turner fueron quienes acuñaron el término Economía Circular en 1990, refiriéndose a un círculo económico cerrado; ya Kennet Boulding, un economista fundamental en el surgimiento de la economía ecológica, había propuesto en los años 60 una nueva economía en sintonía con el sistema ecológico para preservar los limitados recursos de la naturaleza cíclica. Usando la metáfora de una nave espacial para enfatizar el carácter cerrado del sistema, Boulding señalaba que el aumento del bienestar no puede seguir dependiendo del consumo de materiales.

Stahel y Reday (1976) fueron pioneros al proponer que replicando la eficiencia de la naturaleza con una economía en bucles (loops) se generan oportunidades de negocio con un impacto positivo social y ambiental. Su planteamiento es un marco que abarca cuatro objetivos fundamentales: crear bienes de larga duración, prolongar la vida útil de los productos, desarrollar actividades de reacondicionamiento de los productos, y prevenir la generación de residuos. También introducen el concepto de funcionalidad, un aspecto esencial para entender que el valor que se crea y se preserva a través de la EC va más allá de los recursos materiales y la energía usada en su fabricación. Es precisamente la funcionalidad la que brinda la oportunidad de con-



vertir productos en servicios.

Lyle (1996) en su libro sobre diseño regenerativo para el desarrollo sostenible, fue quien introdujo los principios regenerativos a un campo diferente al de la agricultura, donde ya se venían utilizando. Mientras Braungart y McDonough (2002), químico y arquitecto respectivamente, muestran las virtudes de una perspectiva distinta inspirada en la naturaleza que abarca el ciclo de vida completo de los productos, formulando el concepto de la Cuna a la Cuna. Estos autores identificaron dos categorías de materiales, técnico y biológico. Los nutrientes biológicos deben devolverse al suelo de forma segura, mientras los nutrientes técnicos deben utilizarse una y otra vez con gran calidad. Subrayan la relevancia de usar energías limpias y diseñar los productos no sólo desde la eficiencia sino desde la eco-efectividad, buscando un impacto positivo desde el diseño. Otro de sus principios es celebrar la diversidad que genera resiliencia en los ecosistemas naturales y humanos. Esta contribución ha sido fundamental para la comprensión de la EC desde una perspectiva integral.

Benyus (2002), impulsora del concepto de biomimesis, destaca que imitar a la naturaleza implica no sólo hacer diseños con formas naturales, sino imitar también los procesos y los sistemas naturales completos, a fin de preservar el equilibrio natural en el que vivimos. La autora añade un punto clave de ese funcionamiento: la dinámica regenerativa de la naturaleza donde la vida crea condiciones propicias para la vida. El pensamiento sistémico reconoce que todo está interconectado y nos lleva más allá de la mecánica para adentrarnos en un mundo activado por interrelaciones complejas: sistemas naturales, sistemas humano-sociales y las fuerzas conscientes que subyacen a sus acciones (Reed, 2007). El economista belga Gunter Paoli (2010) insiste en un aspecto crucial, que las soluciones inspiradas en la naturaleza sean determinadas por el entorno local y sus características ecológicas, viendo los residuos

como recursos, estableciendo una simbiosis con todo el sistema, y aprovechando las leyes de la física para hacer más con menos. Ello permite lograr soluciones eficientes y asequibles a toda la población.

Sin duda la creación de la Fundación Ellen MacArthur (**EMF**) en 2010 constituye un factor catalizador en el desarrollo y la difusión de la EC a nivel global. Esta fundación la define como un “sistema industrial restaurador o regenerativo por intención y diseño. Sustituye el concepto de «fin de vida útil» por el de restauración, se orienta hacia el uso de energías renovables, elimina el uso de productos químicos tóxicos que perjudican la reutilización, y aspira a la eliminación de residuos mediante un diseño superior de materiales, productos, sistemas y, dentro de estos, modelos de negocio” (EMF, 2013, p. 7). Se basa en tres principios fundamentales: i) eliminar residuos y contaminación desde el diseño; ii) circular los productos y los materiales en su más alto valor; y iii) regenerar la naturaleza. Ésta es una de las definiciones más usadas a nivel operativo. Además, su popular gráfico de la mariposa es una de las representaciones más completas, diferenciando productos de la biodiversidad (lado izquierdo) de los técnicos (lado derecho), tal como lo plantearon los creadores del concepto de la cuna a la cuna, antes referido (figura 3).

No obstante, Kirchherr *et al.* (2017) en su análisis de 114 definiciones, destacan que la EC es generalmente entendida como una combinación de actividades tendientes a Reducir, Reusar y Reciclar (conocidas como las 3Rs); mientras algunas definiciones plantean el marco de las 4Rs, agregando la R de Recuperar. Son muchas menos las definiciones que abordan el marco de las 9Rs (Repensar, Rechazar, Rediseñar, Reusar, Reparar, Restaurar, Remanufacturar, Reacondicionar, Recuperar, Reciclar); y escasas las que reconocen que la EC se refiere a un cambio sistémico. También advirtieron dichos autores la ausencia general de referencia a los vínculos entre EC y desarrollo sostenible;



lieve la importancia de las alianzas entre actores, particularmente entre productores, consumidores, sector público y teóricos (Kirchherr *et al.*, 2023).

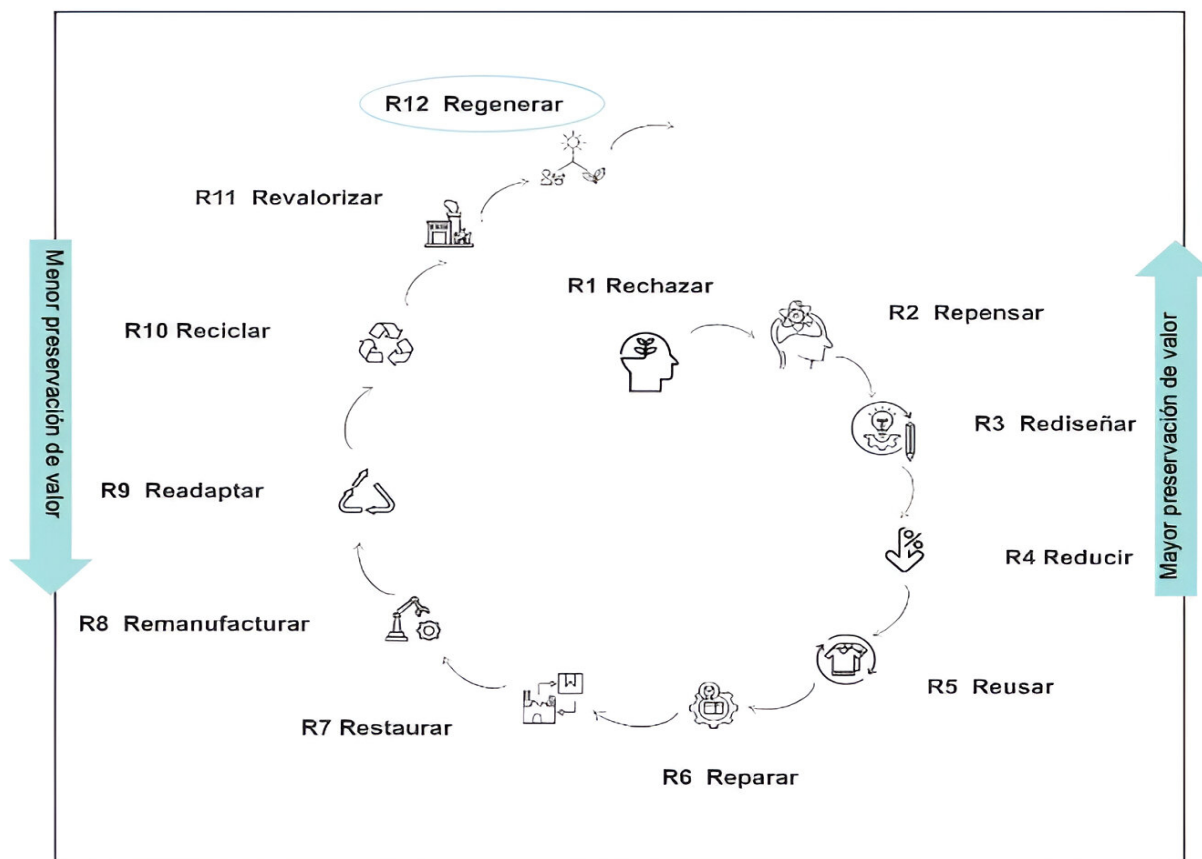
Ciertamente, el concepto que se maneja a nivel de empresa, entidades locales, o ciudadanía no necesariamente es el que predomina a nivel de investigadores, de países, regiones u organismos multilaterales. En ese sentido, también a esos niveles se aprecia una evolución. En el caso de la Unión Europea es apreciable la evolución de la acepción usada. En su primer Plan de Acción se ponía el énfasis en la ecoeficiencia y el valor de los productos, materiales y recursos con la expectativa de mantenerlos en el sistema por el mayor tiempo posible, mientras los residuos se minimizan. En

la versión más reciente se aprecia que otorga mayor importancia al diseño sostenible, se plantea objetivos más ambiciosos y refleja una visión más ecológica. Un ejemplo de ello es el objetivo de acelerar la transición hacia un modelo de crecimiento regenerativo que devuelva al planeta más de lo que toma de él, avanzar hacia el mantenimiento de su consumo de recursos dentro de los límites que encierra el planeta y, con tal fin, esforzarse por reducir su huella y duplicar su tasa de utilización de material circular en la próxima década (Comisión Europea, 2020).

En el caso de América Latina y el Caribe, los países miembros decidieron que uno de los objetivos más importantes de su alianza era crear una visión comparti-

Figura 4

Marco de las 12Rs de la Economía Circular.



Nota. Elaboración propia con aportes de Kirchherr *et al.* (2017).



da de EC que respondiera a las características particulares de la región. El resultado es una visión sistémica, regenerativa, social y de largo plazo. La conciben como una economía que, a partir del diseño, adopta un modelo de producción y consumo que elimina los residuos y la contaminación, hace circular los productos y materiales y regenera la naturaleza; ofreciendo la oportunidad de crear prosperidad económica a largo plazo y contribuir a la consecución de múltiples ODSs. Añaden que se trata de i) una transformación y cambio sistémico, dado que el modelo trabaja para y con el clima y la biodiversidad, y está cada vez más impulsado por energías y materiales renovables; ii) crea prosperidad, bienestar y resiliencia a largo plazo, clave para una recuperación y un desarrollo económico alineado con los ODS, apoyando el bienestar y la regeneración de los ecosistemas; iii) imita los sistemas ecológicos, donde todas las partes son valoradas, poniendo así de relieve la importancia de la diversidad y la inclusión; y iv) se basa en nuevos conocimientos y tecnologías, así como en la cosmovisión y habilidades indígenas, y en experiencias formales e informales de todos los rincones (Coalición de Economía Circular para América Latina y el Caribe [CECALC], 2022).

Desafíos que se pueden transformar en habilitadores de la transición hacia la EC

Antes de abordar los beneficios, se considera perentorio identificar los desafíos. Como se ha mencionado antes, la propia definición que se asuma de EC se puede constituir en la principal limitante. Si se asume que se trata simplemente de un nuevo sistema de gestión ambiental, desde una perspectiva mecanicista, en el que se van haciendo pequeños ajustes a los flujos de materia y energía, buscando eficiencia, ahorro, y disminuir residuos entonces el objetivo será reciclar. Esto permitiría alcanzar unos beneficios muy distintos a los que se alcanzarían si se amplía la mirada y se asume una transformación sistémica.

La aspiración en EC es hacer las cosas bien desde el principio, teniendo en cuenta toda la cadena de valor, así como también el ecosistema empresarial, sus actores, relaciones, propósitos, etc, asegurando su resiliencia y prosperidad. Ello implica un primer reto: reconstruir el puente entre ecología y economía, cuya ruptura es la que nos ha llevado a la crisis multidimensional que confrontamos. Tal como señala Naredo (2006) la economía ha ignorado la base material que la sustenta generando impactos ambientales y sociales, considerados externalidades, cuyas consecuencias está teniendo que asumir toda la sociedad.

Con ese espíritu es esencial recordar que economía y ecología tienen una raíz común, eco, que viene del griego oikos, cuyo significado es casa u hogar. Así, semánticamente, ecología significa el estudio del hogar, mientras economía la gestión del hogar. Como rama de la ciencia, la ecología se dedica al estudio del medio (ecosistemas), los seres que lo habitan, y sus interrelaciones (entre sí y con el medio); mientras la economía se orienta a gestionar los recursos escasos para la satisfacción de las necesidades. Ese hogar, sea la Tierra, una comunidad, o una empresa, tiene como base un medio biofísico y una gran diversidad de seres vivos (incluyendo humanos) así como recursos para satisfacer las necesidades, los cuales son aportados por un ecosistema que funciona a su ritmo y necesita tiempo para reponerlos o para reponerse del impacto que generan las actividades humanas y naturales. La economía ecológica facilita la comprensión de esa complejidad y se abre a otras perspectivas de las más diversas áreas del saber que ilustren sobre el funcionamiento de los componentes del sistema.

Al conjunto de aspectos biofísicos de los ecosistemas naturales y los agentes sociales que allí coexisten y desarrollan todas sus actividades se les denomina sistemas socio-ecológicos (**SSE**) un término acuñado por Gallopín en 1981 (Young *et al.*, 2006) que nos recuerda que los desafíos sistémicos no sólo tienen que



ver con la complejidad de la naturaleza sino también con las acciones de la sociedad y las interrelaciones entre todos los componentes del sistema. La fallecida Premio Nobel de Economía Elinor Ostrom desarrolló investigaciones pioneras sobre el potencial de la colaboración entre actores para superar lo que se ha conocido como la tragedia de los comunes. El marco analítico de los sistemas socioecológicos nos muestra que nuestras acciones y decisiones sobre los recursos y sistemas naturales, o el tipo de gobernanza que desarrollemos, generan impactos y también respuestas, como se aprecia en la figura 5. Ello revela la necesidad de análisis transdisciplinarios.

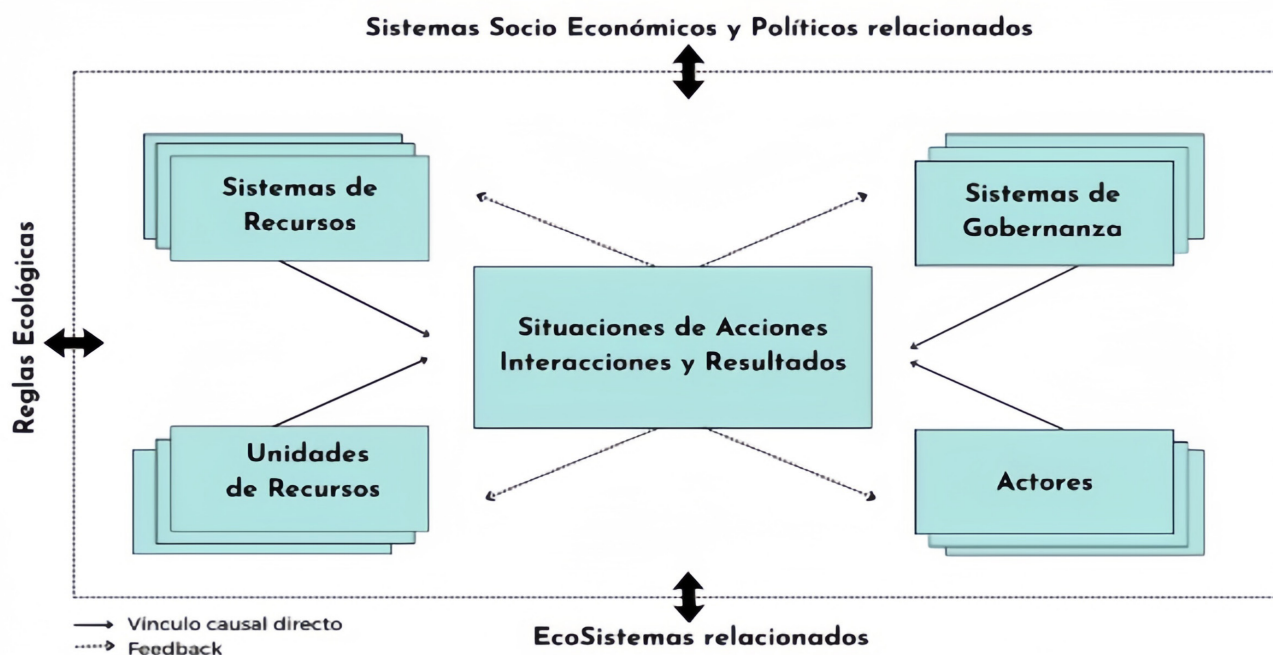
Tradicionalmente se asume que la dimensión social de la economía tiene que ver con la creación de empleo, y algunos todavía ponen el acento allí, aunque progresivamente se han ido incorporando factores que

califican ese empleo, las condiciones en las que se desarrolla la actividad o las oportunidades a los empleados para desplegar todo su potencial. Las personas constituyen un factor clave tanto en la transformación de los recursos en productos o servicios o en el liderazgo de la empresa. Gracias a su talento, creatividad, dedicación, habilidades o compromiso, la empresa puede prosperar o resistirse a adaptarse a los nuevos tiempos.

Por su parte, los clientes (consumidor o usuario) guían la actividad con sus preferencias y apuestas por un determinado producto o manera de hacer las cosas. Sus hábitos de consumo y post-consumo, el cuidado o no de los recursos, el destino que le den a los bienes son comportamientos decisivos. En su rol de investigadores, las personas impulsan innovaciones en ciencia y tecnologías útiles para habilitar soluciones;

Figura 5

Marco del Sistema Socio-Ecológico.



Nota. Adaptado de *The Social-Ecological System Framework* de Vogt, J. et al. (2015) <https://www.jstor.org/stable/26269770>



mientras que como inversores apoyan uno u otro tipo de productos, procesos y propósitos. La ciudadanía está cada vez más involucrada en la defensa de un ambiente sano, valorando la conexión con su propio bienestar, exigiendo un comportamiento más responsable por parte de las empresas, así como del sector público. Esto se traduce en la necesidad de involucrar a todos los actores en la transición hacia la EC.

Dentro de la empresa es esencial el compromiso consciente de los niveles de toma de decisiones. El contexto actual nos exige conocer en profundidad el desafío y tener el coraje de redefinir el éxito con una mirada más amplia; tener la disposición a establecer alianzas que faciliten soluciones mutuamente beneficiosas (tanto con otras empresas, como con el sector público y no gubernamental, y por supuesto, el propio ecosistema interno). Así, el liderazgo, la gestión del cambio, las habilidades de comunicación, el trabajo en equipo para conjugar perspectivas, entre otras habilidades, se convierten en factores de suma relevancia. Necesitamos cultivar esas habilidades que está demandando esta transición.

Evidentemente esta transición necesita de un importante nivel de inversión para apoyar a las empresas, así como a otras entidades que están trabajando en el avance científico-tecnológico, en la creación de nuevos materiales, en la extracción de nutrientes de los residuos postcosecha o de procesos industriales, en tecnologías digitales para la mejora de la trazabilidad, así como también en una de gran relevancia, la regeneración de los SSE. En este ámbito se han venido desarrollando Soluciones Basadas en la Naturaleza (**SbN**) que constituyen una forma muy potente de abordar desafíos complejos como la pérdida de biodiversidad o la adaptación de las ciudades al cambio climático para que sean resilientes.

La dimensión institucional de la EC es un pilar esencial del desarrollo sostenible, como se evidencia en el

hecho de haberlo incorporado a la Agenda 2030 con un ODS propio (ODS 16). La transición hacia la EC requiere normativas que regulen esta nueva manera de hacer las cosas: impulsar y regular la creación de nuevos materiales, mercados secundarios, nuevos modelos de negocio, estándares existentes y emergentes, incentivos, cambio de hábitos de consumo de la ciudadanía, entre otros. De hecho, la falta de coherencia entre las leyes o normativas diseñadas para una economía lineal y los múltiples cambios que implica la transición hacia una EC ha hecho que en los últimos años se venga desarrollando una intensa actividad legislativa en algunos países o regiones. Estos procesos, por cierto, están igualmente influenciados por la concepción que se tenga de EC y de allí que su aplicación sea compleja o haya exigido correcciones posteriores, e incluso que se cuestionen nuevas leyes que en realidad no permiten aprovechar plenamente las ventajas de la EC. Además, es importante tener en cuenta las instituciones informales, tanto las existentes como las que se pueden cocrear, con miras a facilitar la colaboración y alianzas entre actores esencial para superar los desafíos en cada contexto particular.

Como se aprecia, la transición hacia la EC no sólo comprende cambios en el sector empresarial y los procesos productivos o de consumo. Se trata de un proceso transformacional multidimensional que tiene el potencial de contribuir al abordaje de los desafíos críticos que confrontamos desde la raíz. Para ello es imprescindible un importante esfuerzo en el ámbito educativo. Necesitamos una educación impregnada de esa mirada integral; no ideológica, sino informada por los principios que rigen el funcionamiento de los sistemas complejos vivos. Un esfuerzo concertado a todos los niveles, preparando así a cada uno de los actores, en cada uno de sus roles, para que puedan contribuir de manera efectiva a que tengamos resultados colectivos más cónsonos con nuestras propias aspiraciones como sociedad. Por ello el diálogo transdisciplinario honesto es crucial, necesitamos aprender lo que



otras disciplinas nos pueden ofrecer para comprender cómo se dan las interacciones entre los componentes de los SSE y de qué forma podemos coevolucionar armónicamente.

Beneficios de la EC: un mundo de oportunidades a la disposición

Desde una perspectiva integral se entiende que el enfoque de EC centrado en el cierre de ciclo de materia y energía (3Rs, 4Rs), genera beneficios limitados y aunque no conduce a la transformación sistémica que se requiere, es importante reconocer sus aportes. Reducir el ritmo de consumo de recursos beneficia tanto a la empresa como al sistema, y resulta en ahorro de costes empresariales. También se aplica a la reducción del consumo de energías fósiles y de agua, así como a las sustancias tóxicas, lo que se traduce en disminución de emisiones de CO₂ y menor demanda de agua. Bien entendida, esa R debería tener en consideración a toda la cadena de suministro, lo que implicaría: cambios en la política de compras, en la estrategia de gestión del ecosistema empresarial, y un incremento de los impactos positivos señalados. No obstante, reducir tiene sus limitaciones, hay puntos en los que la funcionalidad del producto no admite más disminución de materiales. Por eso en EC además de hablarse de ecoeficiencia se contempla la ecoefectividad.

Reusar o reutilizar disminuye la necesidad de reposición del producto; es útil sobre todo para el consumidor o usuario original o la persona que se beneficia posteriormente del bien de que se trate. El productor suele entenderlo como contrario a su interés de incrementar las ventas; aunque producir para que sea posible el reuso implica mayor calidad en el producto y probablemente mayor precio. Por otra parte, *reciclar* es un proceso que permite recuperar el material contenido en un producto para reincorporarlo en esa línea de producción u otra, aunque dependiendo de sus características y las tecnologías existentes, puede que la

calidad del material se vea mermada o no sea posible reciclarlo.

En los casos en los que si funciona, reciclar genera un mercado de materiales secundarios, lo que representa una oportunidad de negocio para los involucrados. No obstante, muchos productos no son reciclables porque su diseño no se hizo pensando en el aprovechamiento de ese material al final de la vida útil del producto, o porque la tecnología necesaria para garantizar la calidad de la separación o clasificación de los residuos es costosa o inexistente dadas las combinaciones de materiales. La infraestructura y la logística de recolección muchas veces limitan la viabilidad o la eficiencia del reciclaje que, además, requiere grandes cantidades de energía para obtener generalmente un material de menor valor. En otros casos el propio material no es reciclable, al menos con las tecnologías disponibles en la actualidad.

Por ello surge la R de *recuperación*, que se refiere a convertir todos esos residuos que no pueden ser reciclados en energía, por lo cual también se denomina *revalorización energética*. Esto representa una nueva actividad económica para la localidad en cuestión, donde se monta la planta de incineración o de pirólisis, por ejemplo, ingresos para la empresa, empleo, mientras el beneficio en términos ambientales dependerá de la tecnología y las condiciones de seguridad que se garanticen, las emisiones y otros impactos que se registren.

Al aumentar el número de Rs se incrementan los beneficios e impactos positivos. Rechazar, Repensar y Rediseñar involucran una nueva mirada, más amplia que contempla toda la vida útil del producto o servicio del que se trate y una consciencia de sus impactos en las diferentes faces. La R de *rechazar* es fundamental. No incorporar al proceso productivo lo que sea tóxico, perjudicial, no biodegradable, o no agregue valor. Rechazar igualmente aquellos insumos que proceden de



empresas que no cumplen los estándares ambientales, de empleo, igualdad, y respeto a los derechos de los humanos, entre otros. A la larga, ello permite contar con materiales reciclados de mayor calidad, menos contaminantes y más sostenibles. La R de *repensar*, aplicable tanto a las compras de una empresa, a las alternativas para sustituir ese producto, o la posibilidad de vender la funcionalidad en vez del producto en sí. Y desde la perspectiva del consumidor o usuario, ponderar si el producto es necesario, si es imperativo tener su propiedad, o si se puede alquilar, pagar por las veces que se usa, o compartirlo, llevando así la optimización en el uso de los recursos a otro nivel.

Rediseñar permite hacer las cosas bien desde el principio, pensar tanto en la necesidad, funcionalidad y estética del producto, como también en sus potenciales impactos ambientales debido al tipo de materiales usados. Permite considerar, por ejemplo, incluir un porcentaje de materiales reciclados tanto en el producto como en sus envases o embalajes, diseñar para la durabilidad, y para que los productos puedan ser reparados, extendiendo así su vida útil, y disminuir la demanda de materias primas, buscando soluciones basadas en la naturaleza y en el mayor valor posible para el SSE.

La R de *Reparar* constituye una estrategia clave de la EC con un potencial de beneficios aún sin aprovechar. La extensión de la vida útil es crucial para lograr la desmaterialización de la economía y para que las empresas reduzcan costes y riesgos asociados a la escasez de recursos o la volatilidad de los precios. La reparación es precisamente la que preserva más valor con menor inversión. Claro, aprovechar esta estrategia requiere que el diseño de los bienes se plantee desde el principio para facilitar la reparación de los bienes. Existe una inmensidad de productos no reparables; imponiendo la necesidad de sustituirlos por otros nuevos. En otros casos, el coste de la reparación no es rentable, dado el menor coste de los productos nuevos

en contraste con la mano de obra calificada, además de los conocimientos, materiales y equipos para lograr la reparación. Los productores han privilegiado vender más sin pensar en la finitud de los recursos o el coste e impacto del proceso productivo. Sin embargo, cada vez más personas están exigiendo que se garantice el derecho a reparar, van surgiendo más espacios para *reparar (Repair cafés)* y empresas que han comprendido que es una oportunidad de negocio, de reducción de coste, generación de empleo local y dinamización de la economía local, además de construcción de comunidad. Incentivar esta R ya se reconoce como algo importante en términos sociales, económicos y ambientales.

Restaurar o renovar, remanufacturar, y readaptar, introducen el concepto de bucle antes referido, manteniendo el máximo valor posible de un producto antes de considerar en reciclarlo. Al *restaurar o renovar* se devuelve al producto a su perfecto desempeño o funcionalidad original con una mínima inversión, reemplazando los componentes que puedan estar deteriorados o presenten fallos, incluso actualizándolo si se trata de dispositivos electrónicos. La *remanufactura*, un proceso industrial más complejo, crear productos nuevos a partir de partes y piezas de productos, con calidad original y garantías. En ambos casos, no sólo se evita que el producto sea desechado o se tenga que reciclar, sino que se preserva el valor en funcionalidad, diseño, material, horas de trabajo invertidas y todos los costes asociados a la producción, lo cual implica ahorro, empleo de calidad, evita tener que invertir grandes cantidades de energía para poder convertir ese producto en materia prima reciclada, ahorra emisiones. La *readaptación* (repurpose en inglés) o el suprarreciclaje (upcycling) da a un producto un uso distinto a aquel para el que fue creado, usando íntegramente o en parte el producto original, agregándole más valor gracias a la creatividad y el talento, y sobre todo a la visión de recursos en vez de residuos.



En el caso de los productos biológicos, el uso en cascada, con mayor potencial de aprovechamiento gracias a los avances de la biotecnología, hace posible extraer los nutrientes de los residuos post-cosecha para volver a introducirlos en la industria alimentaria, transformar un subproducto orgánico en insumos para otras industrias, o combinarlo con otros recursos para convertirlo en nuevos materiales, entre otras opciones. El cambio de perspectiva de residuo a recurso es la clave para optimizar el uso de los recursos, aportando valor y soluciones para diversos sectores. No obstante, también requiere del rechazar tóxicos y energías fósiles, recircular el agua, reparar los equipos, o repensar su propiedad, así como hacer alguna alianza para innovar, tal como se señala respecto a los productos técnicos. Esto es un elemento a destacar dada la tendencia a pensar sólo en el proceso esencial que se desarrolla más no en los equipos o recursos que están involucrados en los procesos y organización de la producción.

Como se aprecia, el potencial de beneficios económicos, ambientales y sociales va en incremento mientras la concepción de EC se amplía y abarca todo el ciclo de vida del producto, toda la cadena de valor, y el SSE. Además de la disminución de demanda de materia prima virgen, se reduce la generación de residuos, así como la contaminación ambiental. Mientras se activa la creatividad y la innovación, se diversifican las actividades económicas, se crea empleo, y se mejora la salud humana gracias a un entorno más sano, generando ahorros para las familias (por la durabilidad de los productos y recibir mayor valor con productos más nutritivos) y para las empresas, las cuales incrementan sus ingresos con los servicios de mantenimiento, reparación, restauración, alquiler, en vez de sólo focalizarse en la venta.

No obstante, es esencial incluir la R de Regeneración. Se necesita recuperar los equilibrios, devolver a los ecosistemas naturales y sociales a las condiciones en

la que su vitalidad se potencie para que ellos a su vez soporten la vida. Ello implica igualmente facilitar el desarrollo del potencial de todas las partes del SSE para su reproducción, resiliencia y evolución. Cada sistema tiene su esencia y es necesario preservar la integridad de la totalidad de sus componentes e interrelaciones para seguir prosperando y floreciendo conjuntamente. Esto sí que podría contribuir a revertir esa situación de crisis que hemos descrito al inicio, y para ello se necesita cooperar con la naturaleza, implementando las soluciones integrales adaptadas a cada contexto y basadas en su sabiduría.

Conclusiones

Como humanidad estamos confrontado una compleja situación que ha sido tipificada como crisis multidimensional o poli crisis dados los alcances de las alteraciones en los sistemas ecológicos, sociales, económicos, político-institucionales, de salud y bienestar personal y espiritual. El modelo predominante de consumo y producción está en la raíz de estos desafíos, ya que socava las bases en las que se sustenta la vida con todo su andamiaje. No sólo necesitamos gestionar mejor nuestros recursos por un tecnicismo de eficiencia, sino por imperativo superior, nuestra propia supervivencia y posibilidad de construir un futuro de bienestar y prosperidad inclusivo. Sólo en un socio-ecosistema sano y próspero, que funciona de manera armónica y se preservan las capacidades de generar más vida y evolucionar, se puede también prosperar en términos de creación de riqueza y bienestar integral de sus habitantes. Por ello se ha venido insistiendo desde hace mucho tiempo en la urgencia de transitar hacia un desarrollo sostenible. La EC tiene el potencial de contribuir al logro de ese anhelo si comprendemos en el planteamiento en su integralidad y nos avocamos colectivamente a transitar ese camino.

La percepción generalizada es que EC significa simplemente reciclar, aprovechar todos los recursos al



final de su vida útil. Ante la complejidad de los materiales, el diseño de los productos, los requerimientos tecnológicos, logísticos y de inversión que ello implica para obtener materiales de segunda categoría en la mayoría de los casos, se constata la dificultad del proceso y se genera frustración. Ciertamente, la EC no es la panacea, mucho menos si se tiene una comprensión limitada de la misma. Concebida de manera integral implica una transformación cultural profunda.

En primer lugar, la toma de consciencia por parte de cada uno de nosotros del hecho de ser parte de un SSE en el que los elementos biofísicos y la sociedad estamos en permanente interrelación e interdependencia. Cerrar la brecha que ha existido entre ecología y economía nos ayuda a comprender mejor los desafíos y buscar soluciones que atienden a su raíz y magnitud. Pero no son las únicas ramas del saber llamadas a implicarse para restaurar los desequilibrios dinámicos a ese sistema natural que aporta los servicios y recursos necesarios para el bienestar humano y sistémico, ahora y en el largo plazo. El reto es transdisciplinar; requiere de inteligencia colectiva, colaboración y co-creación.

La concepción de EC como marco regenerativo en el que la ética del cuidado guía la gestión de los recursos materiales y no materiales del SSE que conformamos es esencial. Conjugar satisfacción de necesidades y aspiraciones de todas sus partes, equilibrio dinámico que asegure la armónica evolución, desarrollo de potenciales, y construcción de capacidades de resiliencia ante los eventos que puedan surgir es complejo, y no depende sólo de una institución que tome unas decisiones. Es posible y necesario hacer que la manera en la que se conciben, crean, distribuyen y reaprovechan los bienes y servicios contribuya a un uso óptimo de los recursos, evite la contaminación desde el diseño circular y regenerativo, a la vez que permita que los productos y materiales puedan mantenerse circulando en el sistema, en bucles del más alto valor.

Ello tiene implicaciones que van más allá del ámbito económico, tanto para lograrlo como en términos de las oportunidades que ofrece.

Es esencial, sin embargo, destacar la importancia crucial de regenerar la fuente de esos materiales, energía, y servicios ecosistémicos. No sólo porque permitirían reproducir la prosperidad, sino porque son esenciales para el mantenimiento de la vida en el sistema. Es la clave para que todos los ecosistemas naturales y sociales, a todas las escalas temporales, pueden disfrutar de las mejores condiciones no sólo para sobrevivir, sino prosperar y florecer.

Dicha perspectiva nos amplía el alcance de los beneficios económicos, ecológicos y sociales que pueden derivarse de la transición hacia una Economía Circular desde una perspectiva sistémica y regenerativa. Evidentemente, hay retos, comenzando por la propia concepción holística y transdisciplinar que necesitamos activar en la educación formal e informal, para el desarrollo del conocimiento técnico y las habilidades que impulsen las innovaciones de materiales, procesos, organizaciones, así como también el desarrollo institucional, formal e informal, el cambio cultural y la disposición a colaborar. Se trata de una pieza clave para construir un futuro mutuamente beneficioso, dentro y fuera de las empresas. Necesitamos personas capaces de responder adecuadamente a las exigencias de los nuevos puestos de trabajo y también liderar el cambio sistémico que necesitamos.

Literatura Citada

- Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: innovation inspired by nature*. HarperCollins e-books. https://elmoukrie.com/wp-content/uploads/2021/11/janine-m-benyus-biomimicry_-innovation-inspired-by-nature-harper-perennial-2002-2.pdf
- Braungart, M., McDonough, W. (2002). *Cradle to Crad-*



le: Remaking the Way We Make Things. North Point Press.

[the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an](#)

- Bringezu, S., Ramaswami, A., Schandl, H., O'Brien, M., Pelton, R., Acquatella, J., Ayuk, E., Chiu, A., Flanegin, R., Fry, J., Giljum, S., Hashimoto, S., Hellweg, S., Hosking, K., Hu, Y., Lenzen, M., Lieber, M., Lutter, S., Miatto, A., Singh Nagpure, A., Obersteiner, M., van Oers, L., Pfister, S., Pichler, P., Russell, A., Spini, L., Tanikawa, H., van der Voet, E., Weisz, H., West, J., Wijkman, A., Zhu, B., Zivy, R. (2017). *Assessing global resource use: A systems approach to resource efficiency and pollution reduction*. United Nations Environment Programme. <https://www.resourcepanel.org/reports/assessing-global-resource-use>
- Capra, F., y Jakobsen, O. D. (2017). A conceptual framework for ecological economics based on systemic principles of life. *International Journal of Social Economics*, 44(6), 831–844. <https://doi.org/10.1108/ijse-05-2016-0136>
- Comisión Europe. (2020). *Plan de acción para la economía circular: por una Europa más limpia y más competitiva*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/85740>
- Coalición de Economía Circular América Latina y el Caribe (2022). *Economía circular en América latina y el Caribe: Una Visión Compartida*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47309-economia-circular-america-latina-caribe-oportunidad-recuperacion-transformadora>
- Ellen MacArthur Foundation (2013). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Vol. 1. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards->
- Kirchherr, J., Reike, D. y Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources Conservation and Recycling*, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Kirchherr, J., Yang, N. H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heenrink, M. J., y Hartley, K. (2023). Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 194, 107001. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001>
- Lyle, J. T. (1996). *Regenerative design for sustainable development*. John Wiley & Sons.
- Meadows D. H., Randers, J., y Meadows, D. (2004). *Limits to growth the 30 years update*. A synopsis. Chelsea Green/Earthscan/Diamong, Inc. / Kossoth Publishing Company.
- Naredo, J. M. (2006). *Raíces económicas del deterioro ecológico y social. Más allá de los dogmas*. Siglo XXI.
- Pauli, G. (2010). *Blue Economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs*. Paradigm publications.
- Pla-Julián, I. y Guevara, S. (2019). Is circular economy the key to transitioning towards sustainable development? Challenges from the perspective of care ethics. *Futures*, 105, 66-77. <https://doi.org/10.15581/015.11.33519>
- Reed, B. (2007). Shifting from 'sustainability' to regeneration. *Building Research & Information*, 35(6), 674-680. <https://doi.org/10.1080/09613210701475753>



- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., Petri, S., ... Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science advances*, 9(37), eadh2458. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Stahel, W. y Reday, G. (1976). *Jobs for Tomorrow, the potential for substituting manpower for energy - report to the Commission of the European Communities*. Vantage Press.
- Sakschewski, B., Caesar, L., Andersen, L., Bechthold, M., Bergfeld, L., Beusen, A., Billing, M., Bodirsky, B. L., Botsyun, S., Dennis, D., Donges, J. F., Dou, X., Eriksson, A., Fetzer, I., Gerten, D., Häyhä, T., Hebden, S., Heckmann, T., Heilemann, A., Huiskamp, W. N., Jahnke, A., Kaiser, J., Kitzmann, N., Krönke, J., Kühnel, D., Laureanti, N. C., Li, C., Liu, Z., Loriani, S., Ludescher, J., Mathesius, S., Norström, A., Otto, F., Paolucci, A., Pokhotelov, D., Rafiezadeh Shahi, K., Raju, E., Rostami, M., Schaphoff, S., Schmidt, C., Steinert, N. J., Stenzel, F., Virkki, V., Wendt-Potthoff, K., Wunderling, N., Rockström, J. (2025). *Planetary Health Check 2025: A Scientific Assessment of the State of the Planet* (N. Kitzmann, L. Caesar, B. Sakschewski, & J. Rockström, Eds). Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK). <https://doi.org/10.48485/pik.2025.017>
- United Nations Development Programme. (2024). *Global Multidimensional Poverty Index 2024: Poverty amid conflict*. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-10/2024_global_multidimensional_poverty_index.pdf
- United Nations Environment Programme. (2024). *Global Resources Outlook 2024: Bend the Trend – Pathways to a liveable planet as resource use spikes*. International Resource Panel. Nairobi. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44901>
- Vogt, J., Epstein, G., Mincey, S., Fischer, B., McCord, P. (2015). Putting the “E” in SES: Unpacking the ecology in the Ostrom social-ecological system framework. *Ecology & Society*, 20(1), 55. <https://doi.org/10.5751/ES-07239-200155>
- Wang, P., Solomon, S., Santer, B., Kinnison, D. Fu, Q., Stone, K., Zhang, J., Manney, G., y Millan, L. (2025). Fingerprinting the recovery of Antarctic ozone. *Nature*, 639, 646–651. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08640-9>
- World Resource Institute. (2023). *Aqueduct 4.0: Updated Decision-Relevant Global Water Risk Indicators*. Technical note. <https://www.wri.org/aqueduct>
- Young, O. R., Berkhout, F., Gallopin, G. C., Janssen, M. A., Ostrom, E., Van der Leeuw, S. (2006). The globalization of socio-ecological systems: An agenda for scientific research. *Global environmental change*, 16(3), 304-316. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.004>

