

La economía circular como alternativa hacia un nuevo modelo para la actividad industrial sustentable

 **Marcelino-Aranda, Mariana**
 **Macías Alcibar, Alberto**
 **Martínez-Rodríguez, María Concepción**
 **Camacho, Alejandro D.**

La economía circular como alternativa hacia un nuevo modelo para la actividad industrial sustentable
Tecnología en marcha, vol. 35, núm. 3, pp. 195-206, 2022
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=699874404022>

La economía circular como alternativa hacia un nuevo modelo para la actividad industrial sustentable

The circular economy as an alternative towards a new model for sustainable industrial activity

Mariana Marcelino-Aranda

Instituto Politécnico Nacional, México

mmarcelino@ipn.mx

 <https://orcid.org/0000-0003-4997-0617>

Alberto Macías Alcibar

Instituto Politécnico Nacional, México

maalberto.rt@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0400-110X>

María Concepción Martínez-Rodríguez

Instituto Politécnico Nacional, México

mcmartinezr@ipn.mx

 <https://orcid.org/0000-0003-3094-5411>

Alejandro D. Camacho

Instituto Politécnico Nacional, México

adcamachov@yahoo.com.mx

 <https://orcid.org/0000-0003-4791-1912>

Recepción: 04 Abril 2021

Aprobación: 11 Agosto 2021



Acceso abierto diamante

Resumen

El modelo de economía lineal en el cual se compra usa y desecha, ha ocasionado un uso excesivo de los recursos naturales, la contaminación de suelo, aire y agua por una gran cantidad de desperdicios. Por otro lado, la economía circular plantea una forma diferente para utilizar los recursos naturales y mantener la actividad económica. Este documento busca describir y analizar las bases conceptuales de la economía circular. Se presenta una revisión bibliográfica en bases de datos de alto impacto sobre el tema y su papel en la actividad industrial sustentable. Durante las dos últimas décadas, la economía circular y las líneas de pensamiento relacionadas han adquirido mayor interés en la industria, academia, y a nivel gobierno. La economía circular se enfoca en desplazar la presión ambiental del crecimiento económico, lo cual, promueve sistemas de producción basados en la reducción de desechos y en la optimización del aprovechamiento de los recursos, al utilizar productos y servicios en bucles mediante el cierre de ciclos de vida de los productos ayuda a dirigir hacia un desarrollo regenerativo y por tanto, un bienestar social y económico con impacto global. Los países de la Unión Europea y China han implementado la economía circular a nivel micro, meso y macro. La economía circular proporciona una alternativa viable para sustituir el modelo lineal de economía.

Palabras clave: Economía circular, economía lineal, industria sustentable, Economía circular, economía lineal, industria sustentable.

Resumen

El modelo de economía lineal en el cual se compra usa y desecha, ha ocasionado un uso excesivo de los recursos naturales, la contaminación de suelo, aire y agua por una gran cantidad de desperdicios. Por otro lado, la economía circular plantea una forma diferente para utilizar los recursos naturales y mantener la actividad económica. Este documento busca describir y analizar las bases conceptuales de la economía circular. Se presenta una revisión bibliográfica en bases de datos de alto impacto sobre el tema y su papel en la actividad industrial sustentable. Durante las dos últimas décadas, la economía circular y las líneas de pensamiento relacionadas han adquirido mayor interés en la industria, academia, y a nivel gobierno. La economía circular se enfoca en

desplazar la presión ambiental del crecimiento económico, lo cual, promueve sistemas de producción basados en la reducción de desechos y en la optimización del aprovechamiento de los recursos, al utilizar productos y servicios en bucles mediante el cierre de ciclos de vida de los productos ayuda a dirigir hacia un desarrollo regenerativo y por tanto, un bienestar social y económico con impacto global. Los países de la Unión Europea y China han implementado la economía circular a nivel micro, meso y macro. La economía circular proporciona una alternativa viable para sustituir el modelo lineal de economía.

Palabras clavePalabras clave: Economía circular, economía lineal, industria sustentable, Economía circular, economía lineal, industria sustentable.

Abstract

The linear economy model in which products are purchased, used, and thrown away, has caused excessive use of natural resources, soil, air, and water pollution due to excessive waste. On the other hand, the circular economy poses a different way to use natural resources and maintain economic activity. This document seeks to describe and analyse the conceptual basis of the circular economy. We review the information on the subject taken from high-impact databases and its role in sustainable industrial activity. Over the past two decades, the circular economy and related lines of thought have gained more significant interest in the industry, academia, and at the government level. The circular economy focuses on shifting the environmental pressure of economic growth. It promotes production systems based on waste reduction and optimization of natural resource utilization. Using products and services in loops by closing product life cycles helps lead towards regenerative development and, therefore, social and economic well-being with global impact. The European Union and China have implemented the circular economy at the micro, middle, and macro level. The circular economy provides a viable alternative to replace the linear model of economics.

KeywordsKeywords: Circular economy, linear economy, sustainable industry, Circular economy, linear economy, sustainable industry.

Abstract

The linear economy model in which products are purchased, used, and thrown away, has caused excessive use of natural resources, soil, air, and water pollution due to excessive waste. On the other hand, the circular economy poses a different way to use natural resources and maintain economic activity. This document seeks to describe and analyse the conceptual basis of the circular economy. We review the information on the subject taken from high-impact databases and its role in sustainable industrial activity. Over the past two decades, the circular economy and related lines of thought have gained more significant interest in the industry, academia, and at the government level. The circular economy focuses on shifting the environmental pressure of economic growth. It promotes production systems based on waste reduction and optimization of natural resource utilization. Using products and services in loops by closing product life cycles helps lead towards regenerative development and, therefore, social and economic well-being with global impact. The European Union and China have implemented the circular economy at the micro, middle, and macro level. The circular economy provides a viable alternative to replace the linear model of economics.

KeywordsKeywords: Circular economy, linear economy, sustainable industry, Circular economy, linear economy, sustainable industry.

Introducción

Los sistemas de producción se adaptan a las demandas de la sociedad. En la época de la Revolución Industrial, el uso de nuevas materias primas, aumento y diversificación de productos trajo consigo la generación de problemas de contaminación y manejo de desperdicios. Es hasta después de la Segunda Guerra Mundial que se crea una conciencia colectiva en pro de disminuir y controlar la contaminación y buscar una gestión de desperdicios [1]. Aunado a ello, desde 1972, el Club de Roma planteó la siguiente tesis: “en un planeta limitado, las dinámicas de crecimiento exponencial - población y producto per cápita - no son sostenibles” [2].

En la década de 1970, en Estados Unidos y Europa las medidas de control e inspección se convirtieron en asuntos políticos, donde los gobiernos regulaban y las empresas seguían políticas de forma estricta. Muchas de las medidas se centraban en el “lado de salida”; los residuos no se trataban de evitar, posteriormente las medidas para mitigar la contaminación se limitaban a principios como “el que contamina paga” [3, 4]. Se utilizaron estrategias como enviar los residuos hacia países menos ricos; la gestión de residuos aumentó su importancia y se regularon los vertederos y los incineradores. No existía una conciencia colectiva para disminuir los residuos producidos por la actividad industrial y por el sistema en su conjunto [5].

Desde 1976 se ha escrito sobre una economía que cierre el ciclo de vida de los productos [6]. Algunos autores atribuyen que el concepto de Economía Circular (abreviado en adelante como EC) fue acuñado desde los años 60's [7]. Los vínculos globales a través de los medios como los periódicos, la radio y la televisión, fomentaban una conciencia social que interrelaciona los problemas locales de una comunidad con problemas globales. En esta época se introdujeron conceptos centrados en el pensamiento preventivo y el ciclo de vida de los materiales. Los movimientos ambientales permitieron tomar en cuenta pensamientos como las “3 R's” (reducir, reutilizar y reciclar) y a la vez, se empiezan a lanzar cientos de publicaciones sobre reciclaje y gestión de residuos [3]. No obstante, la entrada de materia y salida de productos en esta época permanecen desligadas y sin conexión.

A inicios del siglo XXI, la tasa de reciclaje presentaba ya un aumento considerable, asimismo, por parte de la academia se incrementó el interés de la gestión y reducción de residuos y la recolección y separación de desechos [8].

Este documento busca describir y analizar las bases conceptuales de la economía circular, desde identificar sus escuelas de pensamiento, reconocer los principales actores que intervienen en el modelo y sus niveles de implementación.

Materiales y métodos

El presente trabajo tiene un enfoque cualitativo, a través de una investigación documental que implicó la revisión y análisis de artículos de alto impacto sobre el tema de Economía Circular, encontrados dentro de las bases de datos del portal Web of Science de Clarivate Analytics. Las palabras clave que se sometieron a búsqueda fueron “Circular Economy”, “Models” and “Sustainability”, se consideró únicamente a los artículos Open Access publicados en los años 2015 a 2019. Se prestó especial atención a los trabajos con mayor número de citas.

Resultados

La EC se ubica dentro del Desarrollo Sustentable y abarca tres objetivos base que se deben cumplir al mismo tiempo: calidad ambiental, prosperidad económica y equidad social [9]. Al respecto se tiene un concepto de EC que engloba tales objetivos: “sistema económico que se basa en modelos de negocios que reemplaza el concepto de fin de vida con la reducción, reutilización, reciclaje y recuperación de procesos de producción/distribución y consumo de materiales que operan a nivel micro (productos, empresas y

consumidores), meso (parques ecoindustriales), macro (ciudades, regiones) con el propósito de lograr un desarrollo sostenible. Lo que implica crear calidad ambiental, prosperidad económica y equidad social, en beneficio de generaciones actuales y futuras” [10, 11, 12].

Asimismo, la EC hace referencia a “un modelo económico basado en el principio de cerrar el ciclo de vida de los recursos de forma que se produzcan los bienes y servicios necesarios al tiempo que se reduce el consumo y el desperdicio de energía, agua y materias primas” [13]. Los primeros trabajos enfocados en cerrar ciclos de vida de los materiales fueron hechos por P. L. Simmonds (1814-1897), del siglo XIX, aunque también se puede remontar hasta la “Tableau Economique” de Quesnay (1758) [14]. La EC ha ganado popularidad desde fines de los años 70’s [15]. Asimismo, busca ser una mejor alternativa al modelo de producción económico lineal actual (comprar, utilizar y tirar) que amenaza al ambiente con consecuencias en pérdida de biodiversidad, contaminación del suelo, aire y agua [16, 17, 18, 19].

La EC incorpora en sus principios en las 3 R’s, los cuales dan las bases para crear distintas formas de pensamiento a través de: reducir o eliminar residuos y contaminación, equilibrar los flujos de recursos renovables (design out waste and pollution), optimizar los recursos en los ciclos técnicos y biológicos (keep materials and products in use) y regeneración de los recursos a partir de la creación de ciclos biológicos y técnicos (regenerative natural system) [20, 21, 22, 23, 24].

La EC se analiza desde tres escenarios:

1.El gobierno con implementación de políticas que van desde el nivel macro a micro (European Urban Knowledge Network [25]) mediante programas piloto e iniciativas para satisfacer la necesidad de cerrar el ciclo de vida de los materiales e introducir formalmente la EC. Destacan en este punto China, Japón, Reino Unido, Alemania, Holanda y Dinamarca [26, 27, 28, 29, 30].

2.La academia con actualización curricular, artículos, conferencias y estudios de caso.

3.Las asociaciones internacionales con informes, reportes y eventos [31, 32, 33].

Un caso representativo de asociaciones es la Fundación Ellen MacArthur, líder en EC a nivel mundial, creada en 2010. Cuenta con 85 empleados y una inversión de 8 695 235 libras al año. Entre sus socios globales están Google, Danone, H&M, Philips, Nike, Renault y Unilever con quienes explora el potencial de la EC como una fuente de creación de valor para la industria.

La implementación de la EC permite obtener beneficios al reducir el uso de recursos naturales, como son: 1) ahorro de 700 millones de dólares anuales en costos de material en la industria de bienes de consumo; 2) reducción del 48% de emisiones de dióxido de carbono para 2030; 3) reducción de 550 mil millones en el costo sanitario asociado al sector alimentario; 4) reducción del 47% del tráfico en ciudades de China; 5) oportunidad económica de 706 mil millones de dólares, entre otros [26].

Escuelas de pensamiento de la economía circular

El enfoque de EC evoluciona junto con el Desarrollo Sustentable. Su base conceptual se estructura a partir de elementos de distintas escuelas de pensamiento como son: Diseño Regenerativo (Regenerative Design), Economía del Rendimiento (Performance Economy), De Cuna a Cuna (Cradle to Cradle), Ecología Industrial (Industrial Ecology), Biomimesis (Biomimicry), Economía Azul (Blue Economy), Permaculture, Capitalismo Natural (Natural Capitalism), Metabolismo Industrial (Industrial Metabolism) y Simbiosis Industrial (Industrial Symbiosis) [34, 35, 26, 36].

1.Diseño regenerativo (Regenerative Design). Éste tiene sus antecedentes desde la agricultura permanente desarrollada por David Holmgren [37]. Lyle [38] lo desarrolla a partir del trabajo de Holmgren y Mollison en Estados Unidos. Este diseño está enfocado en procesos y de cómo estos propios procesos restauran, renuevan y reutilizan sus fuentes de energía y los recursos. Asimismo, sentó las bases para el marco de la EC, que ganó notoriedad gracias a McDonough quien fue estudiante de Lyle, Braungart y Stahel.

2.Economía de rendimiento (Performance Economy). Stahel y Reday [6] notaron que una economía basada en bucles podía tener gran impacto en la creación de empleos aunado a un ahorro de recursos con un manejo controlado de los residuos. Sus principales objetivos son: 1) extender la vida útil de los

productos, 2) producir objetos con una vida útil larga, 3) realizar reingeniería, restauración y rediseño de actividades y 4) prever los desechos.

3. De la cuna a la cuna (Cradle To Cradle). Creado por William McDonough y Michael Braungart [39], se refiere a hacer que los ciclos de vida de los productos no terminen. Es decir, no crear más desechos y desperdicios y rehusar productos y recursos. Sus principios son: 1) eliminar el concepto de residuo, 2) utilizar energías renovables y 3) todo debe contribuir a la diversidad.

4. Ecología industrial (Industrial Ecology). Consiste en un punto de vista holístico que permite estudiar los flujos de materia prima y energía dentro de un sistema industrial [40]. Se centra en las conexiones entre operadores dentro de procesos en un “ecosistema industrial”. Con este enfoque se pretende crear procesos en bucle en los que, como “Cradle to cradle”, los desechos sirvan de insumo [39]. También se enfoca en la restauración del capital natural y en que la sociedad se desarrolle de la mejor manera [41].

5. Biomimesis (Biomimicry). Disciplina que estudia la forma en que la naturaleza resuelve diversos problemas para replicar estrategias y procesos para solucionar problemas de la sociedad. Fue creada por Janine Benyus y tiene los siguientes principios: 1) Modelos basados en la naturaleza, 2) Estandarización de medidas basadas en la naturaleza para evaluación de la sostenibilidad y 3) Aprender de la naturaleza [42].

6. Economía azul (Blue Economy). Desarrollada por Gunter Pauli. Está basada en 21 principios y hace hincapié en que los problemas son resueltos por medio de un entorno local y de sus distintas características ecológicas y físicas. Se enfatiza que la gravedad puede ser la principal fuente de energía [43].

7. Permaculture. Se basa en un diseño en el cual los sistemas aprendan a razonar por ellos mismos, gracias a la utilización de algoritmos obtenidos de la naturaleza los cuales después son simulados [44].

8. Capitalismo Natural (Natural Capitalism). Hace referencia a tomar a los recursos naturales como parte de nuestra empresa. Es decir, como capital y activos naturales, esto incluye desde los seres vivos hasta el aire, agua y suelo [45]. Paul Hawken, Lovins y Hunter Lovins [36] refieren una economía en la que los negocios y los intereses ambientales se superponen. Reconoce la relación existente entre la producción, el uso de capital natural y el valor agregado dado por el hombre. Se basa en las siguientes ideas: aumentar exponencialmente la productividad de los recursos naturales, cambiar a modelos y materiales siguiendo a la naturaleza, poner el “servicio y flujo” como principal modelo de negocio a seguir y reinvertir en capital natural.

Las anteriores escuelas se complementan y crean principios fundamentales para la EC como: a) diseño de residuos/reutilización [46,27], b) construir resiliencia a través de la diversidad [30], c) confiar en la energía de fuentes renovables [35, 27, 28, 30], d) pensar en sistemas [28] y 5) los residuos son alimentos/ valores compartidos -simbiosis- [26].

Modelos de negocio de la economía circular

Los modelos de negocios definen la estructura organizacional, su desarrollo y son un impulso para la innovación y transición hacia la EC [41]. El establecimiento de estos modelos implica destinar una gran cantidad de dinero, lo que puede limitar a la misma empresa el mejorar o cambiar su modelo actual [47]. El que una misma tecnología o innovación pase por el mismo modelo de negocio puede generar distintos resultados económicos dependiendo de la empresa, país, etc. [48]. De ahí la importancia de desarrollar un buen modelo de negocio que defina claramente la obtención de ingresos, el acceso al mercado y la obtención de valor y la gestión sustentable de los recursos de la empresa. Ya que por sí sola la innovación en los productos o tecnologías no garantizan el éxito del negocio.

Cambiar los modelos tradicionales a un modelo circular requiere un cambio radical de la estructura del negocio, así como de invertir dinero, lo que obliga al empresario a crear una nueva forma de percibir los negocios [50]. Entre los modelos de negocio que se ajusta a enfoques como cierre de ciclos y bucles en los recursos están:

1. Modelo de acceso y rendimiento, que provee la capacidad de satisfacer alguna necesidad sin ser propietario de los productos físicos [51, 52]. Por ejemplo, compartir el auto, arrendamiento de ropa, arrendamiento de celulares.

2.Extender el valor del producto, a través de utilizar el valor residual de los productos, desde el comienzo de la fabricación hasta llegar al consumidor y después de regreso a la fabricación o reestructuración entre distintas entidades comerciales [53]. Como es el caso de la industria de remanufacturado, empresas dedicadas a comprar artículos electrónicos y revenderlos, o iniciativas de reutilizar ropa.

3.Modelo clásico de vida larga, el cual se enfoca a entregar al cliente productos de larga duración, con apoyo de diseños de alta durabilidad y reparaciones [54, 55].

4.Alentar suficiencia; es decir, reducir de forma significativa el consumo del usuario mediante durabilidad, capacidad de actualización, servicio continuo por parte de la empresa, garantías largas, reparabilidad y enfoques no consumistas. Por ejemplo, la empresa Toyota o algún servicio de alta calidad premium como ESCOs [56, 57].

5.Extender el valor del recurso, a través de la explotación del valor residual de los recursos, recopilación y obtención de materiales o recursos que de otra manera se “desperdician” para convertirlos en nuevas formas de valor. Por ejemplo, los bancos de reciclaje [58].

6.Simbiosis industrial, es una solución orientada a procesos, relacionada con el uso de productos residuales de un proceso como materia prima para otro proceso, que se beneficia de la proximidad geográfica de las empresas [58, 59].

De acuerdo a la Fundación Ellen MacArthur [27], para que un modelo de negocio sea funcional se deben considerar la segmentación de los clientes, los recursos y actividades clave de la empresa, el valor potencial del producto o servicio, la cadena de suministro a través de los canales por donde se mueve el producto, relación adaptable y ágil con los clientes, fortalecer la cadena de valor a través de asociaciones nuevas o inesperadas, las erogaciones para implementar el modelo circular teniendo en cuenta el cómo reducir la volatilidad de los costos, la dependencia de recursos naturales finitos, tener planes para mitigar el riesgo y por último, los ingresos que se pudieran generar por otro tipo de valor ya sea humano, social o natural.

Niveles de implementación de la economía circular

La EC puede ser implementada a tres niveles:

Nivel micro

En este nivel están los círculos creados por la sociedad, en los cuales puede participar cualquier persona con pequeñas acciones que van desde el poner la basura en su lugar y reciclar, hasta rentar productos y convertir a un consumidor en usuario. Sin embargo, para que exista un impacto significativo, estas acciones se deben articular y formar círculos más grandes [60, 61]. La educación juega un papel importante, para desarrollar la responsabilidad del consumidor para usar productos más sustentables [24], así como crear habilidades en la innovación circular [46].

La adopción de modelos de EC a nivel micro genera beneficios que permiten acceder a servicios en lugar de adquirir un bien, por ejemplo, la renta de ropa [62]. Se estima que para el 2030 en la Unión Europea se aumentaría el ingreso en un 11% más que en la ruta de desarrollo actual. Los productos fabricados podrían durar más o ser reutilizables, lo que mejoraría los presupuestos y la calidad de vida [63, 64].

Los instrumentos funcionales para los consumidores ecológicos son sistemas específicos de información y etiquetado que cubren alimentos, productos no alimenticios y servicios; los cuales, se están desarrollando en todos los continentes [65].

Otra herramienta importante en la política es el consumo ecológico. Este impulsa la adopción de productos y servicios con un menor impacto en el ambiente y ha llegado a ser tan importante que solo en la Unión Europea, la contratación pública de productos ecológicos representó aproximadamente el 19,9% del PIB en 2009 [66].

La gestión de residuos es un subsector importante de la EC y crea nuevos roles de operadores y procesos como los “carroñeros” y “composteadores”. Es decir, empresas capaces de extraer recursos de los residuos a través de procesos con ayuda de tecnología innovadora [62].

Nivel Meso

El sector empresarial con el modelo de creación de valor actual desperdicia grandes cantidades de recursos. Ejemplo de esto es que en Europa el reciclaje de materiales y la energía basada en residuos logra capturar solo el 5% del valor original de la materia prima [26]. El uso del automóvil es aproximadamente de un 8%, lo cual demuestra que queda estacionado 92% del tiempo. En la industria alimenticia, 31% de los alimentos se desperdician a lo largo de la cadena de valor. El promedio en que las oficinas son usadas incluso en horario laboral es de 35 a 50 por ciento del tiempo [27, 45].

En la última década, las empresas muestran un mayor compromiso por parte de los reguladores para reducir y valorar las externalidades negativas. Desde el 2009 las leyes acerca el cambio climático han aumentado en 66%, es decir, de 300 a 500 leyes para el cambio climático y emisiones de CO₂ [67].

Los avances tecnológicos de la EC pueden crear ventanas de oportunidad enormes para la sociedad. En la actualidad las TIC'S y la industria se implementan a escala, lo cual permite que se creen enfoques comerciales de EC. Los avances permiten una colaboración e intercambio de información más rápida, más segura y eficiente; también proporciona un mejor seguimiento de los materiales, configuraciones de logística, uso de energías y uso de energías renovables [68].

La Fundación Ellen MacArthur estima para un escenario de la EC que, en algunos productos de vida mediana en la Unión Europea, la oportunidad anual de ahorro de costos por material neto asciende hasta los 630 mil millones de dólares. Tan solo el Reino Unido se podrían ahorrar 1,1 mil millones de dólares al año tan solo en costos de vertedero, además de poder proporcionar 2 GWh en valor de electricidad y proporcionar una reposición del suelo [27]. Para los bienes de consumo rápido, se especula un potencial de hasta 700 mil millones de dólares a nivel mundial [26].

La fundación SUN, McKinsey y Ellen MacArthur financiaron un estudio comparativo que es el más grande hasta la fecha. El estudio arroja el posible impacto de una transición del modelo lineal a un modelo circular de economía, con efectos positivos en la creación de empleos para la EC [63]. Lo cual, se debe a un aumento del gasto impulsado por precios bajos en todos los sectores y al gran rigor laboral de actividades de reciclaje de alta calidad y a la remanufactura de trabajos altamente calificados. Se crearían empleos en cada sector industrial, mediante desarrollo de logística inversa local, en pequeñas y medianas empresas, a través del emprendimiento e innovación, con el modelo de EC basada en servicios [69].

Estudios realizados en Dinamarca [26] apuntan que diez oportunidades de EC podrían liberarse. Es decir, para 2035 se crearían alrededor de 7 300 a 13 300 trabajos, en otras palabras, aumentaría el trabajo de 0,4 a 0,6% en comparación a un escenario con el modelo de económico lineal.

Un estímulo poderoso para mejorar la creatividad y creación de ideas es la aspiración de reemplazar productos basado en la economía lineal por productos que son circulares por diseño y crear redes de logística inversa por diseño. Una economía innovadora conlleva tasas más altas de desarrollo tecnológico, materiales mejorados, mano de obra y eficiencia energética, al igual que más oportunidades de ganancias para las empresas [46].

La EC puede dar como resultado una reducción al consumo de material primario, es decir, recursos primarios no renovables asociado a actividades extractivas. Esta reducción se estima en un 32% para el año 2030 y en un 53% para el 2050 [27].

Al año, la degradación de la tierra cuesta aproximadamente 40 mil millones de dólares, sin embargo, no se toman en cuenta el uso de fertilizantes, esto da como resultados mayores costos ocultos. Tampoco se toman en cuenta las consecuencias de la pérdida de biodiversidad. La productividad de la tierra y la recuperación de sus propiedades y valor serían posible si existiera menos desperdicio en la cadena de suministro de los alimentos y el regreso de nutrientes al suelo. La EC mueve bastante material biológico que vuelve al suelo gracias al compostaje, esto reduce el uso de fertilizantes. Sistematizar el uso de desechos orgánicos puede sustituir a los fertilizantes químicos. Si se implementa un enfoque de la EC en Europa para el sistema de alimentos, podría hacer que el uso de los fertilizantes sintéticos disminuya hasta un 80% para 2050. Este es el principio Regeneración en el trabajo [35].

Nivel Macro

Está bien documentado que el 75% del consumo de recursos naturales ocurre en las ciudades. Las ciudades producen el 50% de los residuos mundiales y el 60-80% de las emisiones de gases de efecto invernadero [70]. Se asumen que para el año 2050, la población que vive en las ciudades crecerá con 2 500 millones de personas más, por ende, se elevará la proporción de personas que vive en las ciudades en un 66% [70].

Para tener un desarrollo por EC en las ciudades, se necesita un trabajo integral de rediseño de cuatro sistemas: el sistema industrial, que podría darse con la eliminación gradual de empresas contaminantes en favor de actividades económicas claves relacionadas; sistemas de infraestructura que brinda servicios, como sistemas de transporte y comunicación, energía limpia, etc.; el marco cultural y sistema social [71, 72].

El concepto de eco-ciudades surge en Estados Unidos con el objetivo de rediseñar ciudades con un enfoque más ecológico [73]. Los japoneses crearon un programa para eco-ciudades desde 1997, al unir la urbanización con los centros industriales en proyectos simbióticos gracias a su aproximación geográfica [30]. Desde su adopción se han creado 26 eco-ciudades. Las cuales reciben subsidios para invertir en proyectos innovadores de reciclaje. Además, éstos generan más proyectos no subsidiados que son proporcionados al público y para beneficios privados. Ejemplos de eco-ciudades se pueden encontrar en Alemania, Suecia, Inglaterra y China.

Conclusiones y recomendaciones

Aunque la EC se encuentra en una implementación temprana, proporciona una visión para mejorar el actual modelo de economía lineal. El cierre de ciclos de vida de los productos permite generar un desarrollo regenerativo y por lo tanto un bienestar social y económico. Sin embargo, la EC requiere de un cambio del sistema productivo para tener un impacto global.

La EC y protección al ambiente pueden ser factores cruciales para orientar distintas políticas a la transición de nuevos modelos de producción y consumo. Países como China promueven la EC a través de políticas públicas, mientras que países de Europa lo hacen desde pequeños círculos que se multiplican y se integran creando grandes colectivos que ayudan con la reducción de residuos y uso de recursos. Asimismo, se suman a este trabajo organizaciones como la Fundación Ellen MacArthur junto con grandes empresas multinacionales como Google, Unilever, Renault, por mencionar a algunas.

De hecho, la Fundación Ellen MacArthur hace alusión de que los beneficios de la EC pueden ser enormes como reducción de desechos y preservación de recursos naturales, mientras que en un panorama perfecto, puede dar creación de empleos y un mejoramiento económico.

La EC implica la intervención de distintos niveles de la sociedad y de la integración de distintas herramientas en las que implica al sector productivo, del cual, se quiere que haga más con menos y que exista menos dependencia de los recursos no renovables.

Esto trae consigo un aumento de responsabilidad tanto de los productores como los usuarios finales del bien o servicios.

La Economía circular constituye una alternativa viable a los sistemas de producción que agotan los recursos naturales, contaminan y generan pobreza y desigualdad.

Referencias

- [1] Carter, N. "The Politics of the Environment: Ideas, Activism, Policy" UK: Cambridge University Press, 2001
- [2] Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. The Limits to Growth. USA: MIT, 1972.
- [3] Gertsakis, J., & Lewis, H. "Sustainability and the waste management hierarchy." EcoRycle Victoria, 2008.
- [4] Miller, G. T., & Spoolman, S. E. Environmental science. Ed 14. USA: Cengage Learning, 2010.
- [5] Moyers, B. Global dumping ground: The international traffic in hazardous waste. Cambridge: The Lutterworth Press, 1993.
- [6] Stahel, W. R., & Reday, G. "The potential for substituting manpower for energy, report to the Commission of the European Communities," 1976.
- [7] Murray, A., Skene, K., Haynes, K., Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. "The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context." Journal of Business Ethics, 140, 369-380, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- [8] Bergsma, G. C., Vroonhof, J. T. W., Blom, M. J., & Odegard, I. Y. R. "Evaluatie Landelijk Afvalbeheerplan (LAP) 1 en 2". Netherlands: CE Delft, 2014.
- [9] Brundtland, G. H. "Report of the World Commission on environment and development:" our common future.", 1987.
- [10] Elkington, J. "Cannibals with Forks: Triple Bottom Line of 21st Century Business" Oxford, United Kingdom: Capstone Publishing, 1997.
- [11] Fulton, S. C., De Silva, L., & Anton, D. "Twenty years after the rio earth summit: what is the agenda for the 2012 United Nations Conference on Sustainable Development? In American Society of International Law." Proceedings of the Annual Meeting (p. 91). Cambridge University Press, 2012.
- [12] Taylor, S. J. "A review of sustainable development principles: Centre for environmental studies." South Africa: University of Pretoria, 2016.
- [13] Garea, B., Torres, A., Pish, M., & Gómez, C. "Cambio Climático y Desarrollo Sostenible. Bases conceptuales para la enseñanza en Cuba." Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. La Habana, Cuba: Editorial Educación Cubana, 2014.
- [14] Cooper, T. "Peter Lund Simmonds and the political ecology of 'waste utilization' in Victorian Britain." Technology and Culture, 52(1), 21, 2011.
- [15] Ellen MacArthur Foundation (EMF). "Towards the Circular Economy, 3(Isle of Wight)." 2014.
- [16] Jackson, T. Prosperity without growth: Economics for a finite planet. 1 ed, USA, Earthscan, 2009.
- [17] Meadows, D., & Randers, J. The limits to growth: the 30-year update. Routledge, 2012.
- [18] Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin III, F. S. Lambin, E. F., & Nykvist, B. "A safe operating space for humanity: identifying and quantifying planetary boundaries that must not be transgressed could help prevent human activities from causing unacceptable environmental change, argue Johan Rockstrom and colleagues." Nature, 461, 472-476, 2009.
- [19] WWF. "Living Planet Report 2014: Summary." Gland, Switzerland, 2014.
- [20] Preston, F. "A global redesign? Shaping the circular economy". Chatham House, 2012.
- [21] Qin, R. "Industrial sustainability in China: Practice and prospects for eco-industrial development." Journal of Environmental Management, 83, 315-328, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.03.007>

- [22] Reh, L. "Process Engineering in circular economy." *Particuology*, 11(2), 119–133, 2013 <https://doi.org/10.1016/j.partic.2012.11.001>
- [23] Sakr, D., Baas, L., El-haggag, S., & Huisingh, D. "Critical success and limiting factors for eco-industrial parks : global trends and Egyptian context." *Journal of Cleaner Production*, 19(11), 1158–1169, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.01.001>
- [24] Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. "A review of the circular economy in China : moving from rhetoric to implementation." *Journal of Cleaner Production*, 42, 215–227, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>
- [25] European Urban Knowledge Network (EUKN). "The Circular City. Lessons From Europe". Factsheet for Policy Lab Netherlands. The Netherlands, 2015.
- [26] Ellen MacArthur Foundation (EMF). "Delivering the circular economy: A toolkit for policymakers." 2015.
- [27] Ellen MacArthur Foundation (EMF). "Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe." 2015.
- [28] Joustra, D. J., de Jong, E., & Engelaer, F. *Guided Choices: Towards a Circular Business Model*, France: North-West Europe, Interreg IVB, 2013.
- [29] Osterwalder, A., & Pigneur, Y. *Business model Generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. USA: John Wiley & Sons, 2010.
- [30] Van Renswoude, K., ten Wolde, A., & Joustra, D. J. *Circular Business Models—Part 1: An introduction to IMSA's circular business model scan*. Amsterdam, The Netherlands: IMSA, 2015.
- [31] OECD (2016). *Forum 2016 Issues: International Collaboratio*. Recuperado de: <https://www.oecd.org/forum/issues/forum-2016-issues-international-collaboration.htm>
- [32] United Nations Environment Programme (UNEP). "Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth." *UNEP/Earthprint*, 2011.
- [33] World Economic Forum (WEF). "Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains" Geneva, 2014.
- [34] Ayres, R. U. "Industrial Metabolism: Theory and Policy." In A. BR & R. DJ (Eds.), *Greening of Industrial Ecosystems*, pp 23-37, 1994.
- [35] Ellen Macarthur Foundation (EMF). "The Circular Model e Brief History and School of Thought", 2013.
- [36] Lovins, A. B., Lovins, L. H., & Hawken, P. (1999). "A road map for natural capitalism." *Harvard Business Review*, Jul-Ago 2007.
- [37] Holmgren, D. *Permaculture: Principles & pathways beyond sustainability*. Holmgren Design Services, 1978.
- [38] Lyle, J. T. *Regenerative design for sustainable development*. John Wiley & Sons, USA, 1996.
- [39] McDonough, W., & Braungart, M. *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press, Farrar, 2002.
- [40] Linton, J. D., & Jayaraman, V. "A framework for identifying differences and similarities in the managerial competencies associated with different modes of product life extension." *International Journal of Production Research*, 43(9), 1807–1829, 2005.
- [41] Magretta, J. "Why business models matter." *Harvard Business Review*, 80, 86–92, 2002.
- [42] Benyus, M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Morrow, 1997.
- [43] Pauli, G. A. *The blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs*. Paradigm publications, 2010.
- [44] Mollison, B. and Holmgren, D. *Permaculture one: A Perennial Agriculture for Human Settlements*. USA: Intl Tree Corps, 1990.

- [45] Mathews, J. A. "Naturalizing capitalism: The next Great Transformation." *Futures*, 43(8), 868–879, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.06.011>
- [46] Ellen MacArthur Foundation (EMF). "Towards the Circular Economy. Opportunities for the Consumer Goods Sector." 2013.
- [47] Bettis, R. A., & Prahalad, C. K. "The dominant logic: Retrospective and extension." *Strategic Management Journal*, vol. 16(1), pp 5–14. 1995.
- [48] Chesbrough, H. "Business Model Innovation: Opportunities and Barriers" *Long Range Planning*, 43(2–3), 354–363, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.010>
- [49] Teece, D. J. Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, 43(2–3), 172–194, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
- [50] Lofthouse, V., & Bhamra, T. *Design for Sustainability: A Practical Approach*. UK: Gower Publishing Ltd, 2007.
- [51] Bakker, C., Wang, F., Huisman, J., & Hollander, M. Den. "Products that go round: exploring product life extension through design", *Journal of Cleaner Production*, vol. 69, pp 10–16, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.028>
- [52] Tukker, A. "EIGHT TYPES OF PRODUCT – SERVICE SYSTEM: EIGHT WAYS TO SUSTAINABILITY? EXPERIENCES FROM SUSPRONET" *Business Strategy the Environment* 13, 246–260, 2004.
- [53] Wells, P., Seitz, M., & Seitz, M. "Business models and closed-loop supply chains: a typology." *Supply Chain Management*, 10(4), 249–251, 2006 <https://doi.org/10.1108/13598540510612712>
- [54] Bakker, C., den Hollander, M., Van Hinte, E., & Zijlstra, Y. "Products that last: Product design for circular business models.", TU Delft Library, 2014.
- [55] Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. "A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes." *Journal of Cleaner Production*, 65, 42–56, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>
- [56] Bocken, N. M. P., & Short, S. W. "Environmental Innovation and Societal Transitions Towards a sufficiency-driven business model: Experiences and opportunities." *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 18, 41–61, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.010>
- [57] Evans, S., Gregory, M., Ryan, C., Bergendahl, M. N., & Tan, A. "Towards a sustainable industrial system: With recommendations for education, research, industry and policy." University of Cambridge, Institute for Manufacturing, 2009.
- [58] Ayres, R. U., & Simonis, U. "Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development", *Ecological Economics*, Vol. 17, pp 187–188, 1994.
- [59] Chertow, M. R. "Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy." *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 313–337
- [60] Prendeville, S., Sanders, C., Sherry, J., & Costa, F. "Circular economy: is it enough." *EcoDesign Centre*, Wales, 21, 2014.
- [61] Zhang, B., Yang, S., & Bi, J. "Enterprises' willingness to adopt/develop cleaner production technologies: an empirical study in Changsh", China. *Journal of Cleaner Production*, 40, 62–70, 2013.
- [62] Noronha, J. *Scavengers, and decomposers in an industrial park system: a case study of Burnside Industrial Park*. Canada: Dalhousie University, 1999.
- [63] Ellen MacArthur Foundation (EMF). "Towards the circular economy, economic and business rationale for an accelerated transition." Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK. 2015.
- [64] Timmermans, F., Katainen, J., Vella, K., & Biełkowska, E. "Weg mit der Wegwerfmentalität". *Zeit Online Vom*, 28, 2015.

- [65] Environmental Protection Agency. “Environmental labelling issues, policies and practices worldwide”, 1998.
- [66] Renda, A., Pelkmans, J., Egenhofer, C., Schrefler, L., Luchetta, G., Selçuki, C., & Zirnhelt, A. C. “The uptake of green public procurement in the EU27. Study Prepared for DG Environment, European Commission, CEPS in Collaboration with the College of Europe, Brussels”, 2012.
- [67] Mondiale, B. E. “Carbon pricing watch 2015, Advance brief from the state and trends of carbon pricing 2015 report” World Bank Group and Ecofys, Washington DC, 2015.
- [68] European Environmental Agency (EEA). “Overview of the use of landfill taxes in Europe.” 2012.
- [69] Webster, K. “The circular economy: A wealth of flows.” Ellen MacArthur Foundation Publishing, 2017.
- [70] United Nations (UN). “World urbanization prospects. World Urbanization Prospects: Highlights” 2014.
- [71] Ness, D. “Sustainable urban infrastructure in China: Towards a Factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure systems.” *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 15(4), 288–301, .2008
- [72] Zhijun, F., & Nailing, Æ. Y. “Putting a circular economy into practice in China”, *Sustainability Science*, 2, 95–101, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0018-1>
- [73] Roseland, M. “Dimensions of the eco-city.” *Cities*, 14(4), 197–202, 1997.