

LA ECONOMÍA CIRCULAR

Ideas claves para la comprensión de un nuevo modelo de gestión de los recursos económicos

Francisco Joaquín Cortés García



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE CHILE

MÁS UNIVERSIDAD

LA ECONOMÍA CIRCULAR

Ideas claves para la comprensión de un nuevo modelo de gestión de los recursos económicos

Francisco Joaquín Cortés García

Primera edición: mayo, 2020
Santiago, Chile
Centro de Comunicación de las Ciencias
<http://ciencias.uautonoma.cl>

© Universidad Autónoma de Chile
Avenida Pedro de Valdivia 425, Providencia
Santiago, Chile

Dirección editorial y corrección de textos: Isidora Sesnic Humeres

Diseño y diagramación: María Kaulen Díaz

ISBN versión digital: 978-956-8454-70-8

Registro de propiedad intelectual: 2020-A-3178



Este material puede ser copiado y redistribuido por cualquier medio o formato, además se puede remezclar, transformar y crear a partir del material siempre y cuando se reconozca adecuadamente la autoría y las contribuciones se difundan bajo la misma licencia del material original.



Centro de Comunicación
de las Ciencias

Universidad Autónoma de Chile

MÁS UNIVERSIDAD

ÍNDICE

1. EL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD Y LOS PRINCIPALES RIESGOS AMBIENTALES	5
2. DE LA ECONOMÍA LINEAL A LA ECONOMÍA CIRCULAR	13
2.1. LOS PRINCIPIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR	20
2.2. ORÍGENES Y EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR	21
2.3. BENEFICIOS Y POTENCIALES AMENAZAS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR	23
2.4. CONTRIBUCIONES TEÓRICAS A LA CONFORMACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR	25
3. CONCEPTOS CLAVE EN EL ÁMBITO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR	35
3.1. LA JERARQUÍA EN EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS	35
3.2. EL DISEÑO Y EL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO	37
3.3. LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA	39
3.4. LA RESPONSABILIDAD AMPLIADA DEL PRODUCTOR	42
3.5. EL RESIDUO	45
3.6. LOS SISTEMAS DE PAGO POR GENERACIÓN (PxG)	48
3.7. LA BIOECONOMÍA	48
4. A MODO DE CONCLUSIÓN	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52



1. EL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD Y LOS PRINCIPALES RIESGOS AMBIENTALES

El mundo actual está sometido a grandes cambios y potenciales riesgos, muchos de ellos inéditos y que sobrepasan, por su complejidad y niveles de interrelación, nuestra capacidad de entendimiento o de gestión, de ahí la importancia del principio de precaución, así como de un nuevo y necesario planteamiento epistemológico ante el medioambiente y las relaciones entre el sistema ciencia-tecnología y la sociedad (Cortés, 2018). La búsqueda de un mundo seguro, cierto y predecible ha quedado atrás en la actual etapa de la globalización, en la que la tecnología anticipa nuevas verdades, pero donde, paradójicamente, hay menos certezas.

La incertidumbre —entendida como la falta de seguridad o de certeza sobre algo difícil de medir o identificar— está cada vez más arraigada en nuestras vidas, y el cambio es omnipresente; aunque cada vez existen metodologías e instrumentos más sofisticados para la medición de riesgos y para transformar la incertidumbre en un riesgo medible. La incertidumbre no es solo ambiental, también nosotros, personas individuales y organizaciones, contribuimos a crear incertidumbre con nuestras acciones, siendo incapaces, en múltiples ocasiones, de medir o determinar el alcance de nuestros impactos.

Las reflexiones sobre nuestro tiempo y sobre nuestro mundo global, elaboradas por pensadores y sociólogos como Ulrich Beck o Anthony Giddens, han puesto de manifiesto los grandes problemas a los que se enfrentan las sociedades de nuestro tiempo. Beck (1992), por ejemplo, hace referencia a la *sociedad del riesgo*, o la *civilización del riesgo* como la llamará

Patrick Lagadec (1981); en tanto que Bauman (2000) opta por la expresión más metafórica de *sociedad líquida*. En definitiva, la globalización ha venido a poner de manifiesto que la única seguridad que tenemos es el aumento de la incertidumbre. Las sociedades se hacen cada vez más complejas y sofisticadas, pero a su vez se vuelven más vulnerables.

La modernidad ha impuesto una concepción del riesgo que hace a este prácticamente omnipresente, y que, necesariamente, tiene implicaciones en el ámbito epistemológico. Nos referimos fundamentalmente al *principio de precaución*. Se trata de un principio sencillo, por lo general intuitivo, que nos advierte de nuestra interacción con el medio, orientándonos hacia una intervención que genere el menor daño posible al medioambiente (Jordan y O'Riordan, 1995), así como un manejo prudente de los ecosistemas. Básicamente, representa el reconocimiento explícito de la falibilidad humana y de su sistema de ciencia y tecnología (Cortés, 2018), así como de la complejidad intrínseca de las sociedades de nuestro tiempo.

La modernidad ha impuesto una concepción del riesgo que hace a este prácticamente omnipresente, y que, necesariamente, tiene implicaciones en el ámbito epistemológico. Nos referimos al principio de precaución. Se trata de un principio sencillo, por lo general intuitivo, que nos advierte de nuestra interacción con el medio, orientándonos hacia una intervención que genere el menor daño posible al medioambiente.

Frente a los mencionados planteamientos de Beck y de Bauman existen propuestas que compatibilizan la modernidad con la problemática ambiental desde un enfoque positivo: la *teoría de la modernización ecológica* (Mol, 1997). El planteamiento de la teoría de la modernización ecológica es optimista ante la ciencia y la tecnología siempre que se den los cambios sociológicos adecuados: la *reforma ecológica*. Para Mol la ciencia y la tecnología juegan un papel crucial en el ámbito de la modernización ecológica, y, en consecuencia, en el ámbito de la modernización de las sociedades. La modernización ecológica implicaría un nuevo concepto de racionalidad, la racionalidad ecológica, mucho más omnicomprensiva que la propia racionalidad económica. Se trata de una nueva adaptación de la realidad industrial a la nueva realidad *ecosocial*.

Esta incertidumbre y esta nueva forma de enfrentarnos sistemáticamente a los riesgos, unido a los daños ambientales, y, en consecuencia, sociales

y económicos que la especie humana está generando en su relación con el planeta, está obligando a poner el concepto de sostenibilidad en el foco de nuestra reflexión. Los recursos naturales son limitados y nuestra forma de producir y consumir nos ha llevado a sobreexplotarlos. De hecho, con los consumos actuales, y atendiendo al concepto de huella ecológica (número de hectáreas que necesita una persona para proveerse de los productos necesarios para sobrevivir), nuestra sociedad necesitaría más de 1,5 planetas, lo cual hace inviable el modelo económico y sus principios tal y como los conocemos.

Este problema de *resiliencia* ya venía siendo advertido por distintos intelectuales, activistas, colectivos e instituciones de los años setenta del siglo pasado, una década netamente pesimista, marcada por la crisis económica y los choques petroleros, y que a su vez permitió aflorar nuevos enfoques *neomaltusianos* sobre el desequilibrio entre el ser humano y los recursos naturales. Los modelos *desarrollistas* de los años sesenta estaban generando importantes *distrofias* naturales de las que había que emitir señales de alerta.

Desde los primeros avisos emitidos en los setenta, hasta la promulgación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a finales de 2015, se ha producido una intensa reflexión en torno a los conceptos de sostenibilidad y de desarrollo sostenible. La mayoría de las propuestas han sido complementarias y han venido a enriquecer el debate sobre la relación entre el ser humano y los recursos ambientales y entre la economía y la ecología, dos términos y a su vez dos disciplinas que tienen una misma raíz etimológica y que se están integrando a través de propuestas transdisciplinares como las que plantea la *economía ecológica*.

Esta incertidumbre y esta nueva forma de enfrentarnos sistemáticamente a los riesgos, unido a los daños ambientales, y, en consecuencia, sociales y económicos, que la especie humana está generando en su relación con el planeta, está obligando a poner el concepto de sostenibilidad en el foco de nuestra reflexión

Por ejemplo, el informe Meadows, de 1972, es uno de los hitos fundamentales en torno a la reflexión sobre la sostenibilidad. En él se reflexionaba de la sobrepoblación, la sobreexplotación de los recursos naturales, así como de los grandes problemas ambientales que la sociedad está generando y que irían en menoscabo del crecimiento económico.

Por su parte, Hans Jonas, con su obra *Das Prinzip Verantwortung* (1979), crea el marco intelectual para la apertura epistemológica del principio de precaución. Este último y el principio de responsabilidad son principios no sustantivos. Están íntimamente relacionados y constituyen la cara de una misma moneda, sentando las bases epistemológicas para el concepto de sostenibilidad y de gobernanza. En concreto, el principio de responsabilidad *jonasiano* introduce una ética basada en el futuro, evaluando no solamente las relaciones *levinasianas* con el *otro*, es decir, entre humanos. Por contraposición a la ética tradicional, bien esté asociada a los sentimientos morales (Hume y los moralistas ingleses), o bien a la ética normativa (Kant), la ética *jonasiana* no solamente se circunscribe a las relaciones entre seres humanos contemporáneos; incluye también las relaciones con la naturaleza y otros seres vivos, así como con las generaciones futuras.

El informe Brundtland, publicado en los ochenta del siglo pasado, igualmente ha sido capital, aportando una definición, próxima al formalismo kantiano, que ha permitido centrar el debate de la sostenibilidad hasta nuestros días. Esta concepción de sostenibilidad implicaba sentar a la mesa de negociación a las generaciones futuras. Se diría que una sociedad es sostenible si no traslada cargas ni externalidades negativas a las generaciones venideras. Por extensión, hablamos de cargas ambientales, pero también sociales, financieras, fiscales, etcétera.

Las sucesivas cumbres de la Tierra (Río, Kyoto, entre otras) igualmente han sido fundamentales para definir y enriquecer el concepto de sostenibilidad, así como para tomar conciencia de los importantes desafíos ambientales que están apareciendo como consecuencia de la actividad humana, especialmente derivados de la producción y el consumo. Uno de estos grandes desafíos es el cambio climático, una de las mayores catástrofes naturales a las que nos enfrentamos. Se trata de una catástrofe silenciosa y que requiere de un acuerdo global para poder mitigarla. En este sentido, el Acuerdo de París de 2015 (COP21) ha sido fundamental para buscar un consenso para la acción política a partir de las advertencias científicas del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).

El cambio climático es un fenómeno que va a implicar profundas transformaciones en nuestro sistema económico y en nuestras formas de vida. De igual modo, va suponer importantes costes y riesgos de adaptación en el proceso de transición hacia una economía baja en carbono. En

concreto, podemos decir que, en la actualidad, estamos asistiendo a dos grandes *macroprocesos* que tienen un gran impacto en los modelos de producción y de organización de las empresas. Nos referimos al proceso de transformación digital y al proceso de transición a una economía baja en carbono. Ambos procesos están íntimamente interrelacionados y son complementarios. Los dos persiguen objetivos comunes, como la *desmaterialización, terciarización o virtualización* de la economía, e, implicando ciclos económicos más localizados, un menor uso y velocidad del flujo de materiales y de energía, y una mayor disociación entre valor y contenido material del producto. De hecho, algunas de estas implicancias ya están recogidas en el modelo productivo denominado *industria 4.0*.

En concreto, podemos decir que, en la actualidad, estamos asistiendo a dos grandes macroprocesos que están teniendo un gran impacto en los modelos de producción y de organización de las empresas. Nos referimos al proceso de transformación digital y al proceso de transición a una economía baja en carbono.

Pero el cambio climático no es la única amenaza real a la que nos enfrentamos. La contaminación y el deterioro de los ecosistemas son problemas igualmente gravísimos que ponen en riesgo nuestra forma de vida en la Tierra. Algunos de los límites ambientales que determinan la vida en el planeta ya han sido rebasados (como se indica en la siguiente tabla), por lo que, hoy más que nunca, se hace necesaria la acción conjunta de todos los países del mundo para abordar conscientemente los problemas ambientales que nos acucian.

LÍMITES PLANETARIOS

LÍMITE CRÍTICO	ESTADO
Calentamiento global	Rebasado
Extinción de especies	Rebasado
Ciclo del nitrógeno	Rebasado
Uso del agua dulce	Límite próximo
Conversión de bosques en cultivos	Límite próximo
Acidificación de los océanos	Límite próximo
Ciclo del fósforo	Límite próximo
Contaminación química	No rebasado
Carga de aerosoles en la atmósfera	No rebasado

Fuente : elaboración propia a partir de Rockström *et. al.* (2009)

Debemos encontrar un nuevo paradigma económico que permita integrar los flujos de materiales y de energía de forma equilibrada entre el sistema económico y los ecosistemas. La *economía ambiental*, que utiliza elementos de mercado para abordar las cuestiones ambientales, no ha dado solución a los problemas sociales y ambientales que generaba la economía neoclásica. Sus respuestas, como decimos, están relacionadas con mecanismos de mercado tales como el diseño de impuestos *pigouvianos*, la negociación de los derechos de propiedad de Coase o la creación de mercados de derechos de contaminación (Dales) (Lobato Gago, 2017: 5).

Por contraposición, la *economía ecológica* sí supone un cambio de paradigma de la ciencia económica. Para esta, la economía es abierta y subsumible dentro del marco ambiental. Por contraposición a la economía ambiental, la economía ecológica se basa en el concepto fuerte de sostenibilidad del que hablaremos inmediatamente. Y como apoyo a dicho paradigma surge el concepto de *economía circular*, que será el *leitmotiv* de la presente publicación.

En esta reflexión sobre el papel de la economía en su relación con el medioambiente, y partiendo de la búsqueda de transversalidad y transdisciplinariedad del concepto de sostenibilidad, destacamos que, a partir de los planteamientos de Robert Solow y John Hartwick, se desarrolla el concepto de *sostenibilidad débil*, vinculado a una traslación agregada de capital (*stock* de capital) a las generaciones futuras.

La sostenibilidad débil implica que el capital natural y el capital antrópico son sustituibles. Por lo tanto, llevando al extremo este planteamiento, el capital natural podría desaparecer y podríamos seguir hablando de un esquema de desarrollo sostenible. Esta visión está asociada a un claro optimismo tecnológico al entender que la capacidad y la creatividad humanas pueden generar el marco para dicha sustituibilidad. La sostenibilidad débil implica mantener los siguientes supuestos (Lobato Gago, 2017: 2):

- » a) Situación de abundancia de recursos naturales.
- » b) Elasticidad de sustitución de los diferentes tipos de capital igual o superior a la unidad.
- » c) Confianza en que el progreso técnico puede solucionar los problemas derivados de la restricción de recursos (sic).

Por su parte, la *sostenibilidad fuerte*, desarrollada fundamentalmente por Herman Daly y Robert Constanza, le da un rol especial al capital natural, debiéndose mantener en el tiempo para preservar los ecosistemas y las propias funciones ambientales. En este sentido, el capital natural y

el capital antrópico son más complementarios que sustituibles, y no se acepta la valoración monetaria del capital natural. Además, la sostenibilidad fuerte, por contraposición a la débil, no acepta el precio como señal de *externalidades*. La sostenibilidad fuerte entiende una sustituibilidad limitada de las distintas formas de capital: la pérdida de capital natural es irremplazable. Este planteamiento deriva de los esquemas relacionados con la capacidad de carga de los ecosistemas.

Finalmente, queremos mencionar que el informe sobre riesgos globales que realiza el Foro Económico Mundial (2019) destaca el mapa de riesgos. Todos los riesgos ambientales identificados se encuentran en el cuadrante de máximo riesgo y máxima severidad (impacto), por lo que la sostenibilidad estará especialmente presente en la agenda política de las próximas décadas.

TIPO DE RIESGO	LOS DIEZ PRIMEROS RIESGOS EN TÉRMINOS DE PROBABILIDAD	TIPO DE RIESGO	LOS DIEZ PRIMEROS RIESGOS EN TÉRMINOS DE IMPACTO
Ambiental	Fenómenos meteorológicos extremos	Geopolítico	Armas de destrucción masivas
Ambiental	Fracaso en la mitigación y adaptación al cambio climático	Ambiental	Fracaso en la mitigación y adaptación al cambio climático
Ambiental	Desastres naturales	Ambiental	Fenómenos meteorológicos extremos
Tecnológico	Fraude o robo de datos	Social	Crisis de agua
Tecnológico	Ciberataques	Ambiental	Desastres naturales
Ambiental	Desastres ambientales provocados por el ser humano	Ambiental	Pérdida de biodiversidad y colapso de los ecosistemas
Social	Migración involuntaria a gran escala	Tecnológico	Ciberataques
Ambiental	Pérdida de biodiversidad y colapso de los ecosistemas	Tecnológico	Colapso de infraestructuras de información crítica
Social	Crisis de agua	Ambiental	Desastres ambientales provocados por el ser humano
Económico	Burbujas económico-financieras	Social	Propagación de enfermedades infecciosas

Fuente: elaboración propia a partir del Foro Económico Mundial (2019)



2. DE LA ECONOMÍA LINEAL A LA ECONOMÍA CIRCULAR

La primera revolución industrial, que tuvo lugar en el último tercio del siglo XVIII y principios del siglo XIX, supuso un cambio claramente disruptivo en las formas de producir artesanales e implantó un modelo de producción *lineal* que ha perdurado hasta nuestros días.

Este sistema lineal genera problemas de muy diverso calado (ADICAE, 2018):

Consecuencias económicas

- » Volatilidad del precio de los recursos y riesgos en el abastecimiento
- » Pérdidas económicas y residuos estructurales
- » Escasez de suministros ya que los depósitos naturales de recursos son finitos
- » Crisis financiera

Consecuencias sociales

- » Aumento de las desigualdades sociales
- » Deshumanización de la sociedad
- » Explotación laboral
- » Migración masiva del medio rural a las ciudades
- » Pérdida del medio de vida
- » Pérdidas de trabajo

Consecuencias ambientales

- » Cambio climático
- » Desertización y degradación del suelo
- » Pérdidas de la biodiversidad
- » Contaminación de los océanos
- » Aumento de los desastres naturales

Con esto a la vista podemos advertir que el modelo económico mayoritario que hoy conocemos, ligado al sistema capitalista de producción y consumo en el mundo global en el que vivimos, es claramente incoherente e irresponsable. Se puede decir que los sistemas de producción de carácter lineal, a los que estamos acostumbrados, se comportan como si consideraran los recursos naturales, y por consiguiente las materias primas, ilimitados y dados, rigiéndose por elementos estrictamente internos o *economicistas*, y sin tener en cuenta los impactos negativos y las externalidades que generan en términos económicos, sociales y ambientales sobre el entorno.

ESQUEMA DE LA ECONOMÍA LINEAL



Fuente: elaboración propia

Todos los impactos se traducen en un deterioro de los distintos capitales con los que cuenta una sociedad: capital financiero, social, natural... La situación se agrava aún más si se tiene en cuenta que el proceso de globalización está incidiendo en el traslado de los residuos, y, por tanto, de una parte muy importante de los riesgos sobre el medioambiente y sobre la salud humana, desde los países más prósperos a los países menos desarrollados, que, por regla general, contarán con una legislación ambiental menos restrictiva o al menos con prácticas ambientales más permisivas, además de estar dotados de una menor tecnología para el tratamiento de dichos residuos.

Pero, además, el traslado de riesgos y problemas ambientales de los países más ricos a los más pobres no solo se centra en el vertido de residuos, también se encuentra aguas arriba en el proceso productivo. En este siglo, las materias primas se han convertido en un elemento estratégico

de primer orden y esto está profundizando la brecha entre el desarrollo de estos dos tipos de países. Los mercados de materias primas y los mercados financieros que las utilizan como activos colaterales o subyacentes están sometidos a una importante volatilidad y a movimientos netamente especulativos, precisamente por esa componente geoestratégica de las materias primas.

En este sentido, todos conocen el enorme interés que, en nuestros días, muestra China sobre algunos países del continente africano muy ricos en materias primas valiosas para el sistema productivo mundial. La importancia relativa universal de determinados países emergentes y muy populosos, como es el caso de China e India, va a acentuar este proceso, aumentando la criticidad y el espectro de minerales estratégicos. De hecho, en la actualidad, la Unión Europea considera 27 materias primas como críticas, cuya escasez puede afectar seriamente a la economía: antimonio, barita, berilio, bismuto, borato, cobalto, carbón de coque, fluorita, galio, germanio, hafnio, helio, indio, magnesio, grafito natural, caucho natural, niobio, fosforita, fósforo, escandio, silicio metálico, tantalio, wolframio, vanadio, metales del grupo del platino, tierras raras pesadas y tierras raras ligeras.

El pasar de una economía lineal a una economía circular implica un proceso de transición que conlleva cambios organizativos, cambios en los procesos, cambios en el diseño de productos y servicios, pero, sobre todo, un cambio cultural de primer orden que acarrea, a su vez, una profunda transformación del sistema de incentivos que conocemos. Implica igualmente revisar el concepto de satisfacción del consumidor, de aproximar localmente la producción y el consumo, de avanzar cada vez hacia una economía más colaborativa y de *código abierto*. Además, la economía lineal está enviando señales que apuntan a su insostenibilidad, obligando a un auténtico cambio disruptivo.

El pasar de una economía lineal a una economía circular implica un proceso de transición que conlleva cambios organizativos, cambios en los procesos, cambios en el diseño de productos y servicios, pero, sobre todo, un cambio cultural de primer orden que acarrea, a su vez, una profunda transformación del sistema de incentivos que conocemos.

Estas señales, entre otras, son (Rauffet *et. al.*, 2017):

- » pérdidas económicas y residuos estructurales,
- » riesgos de precios,
- » riesgos de suministro,
- » deterioro de los sistemas naturales,
- » evolución de la normatividad,
- » avances en tecnología,
- » aceptación de modelos de negocio alternativos, y
- » urbanización.

La economía circular, desde un planteamiento pragmático, pretende paliar los grandes problemas que genera la economía lineal basada en la extracción sistemática e indiscriminada de materiales y en la generación de desechos tras el ciclo de vida útil de los productos. La economía circular es un nuevo paradigma económico, claramente disruptivo. Se inspira en los ciclos de la naturaleza que no generan residuos y cuenta con todos los factores asociados a un sistema económico, incluido su sistema de incentivos. Pretende desvincular el crecimiento económico de la utilización

La economía circular es un nuevo paradigma económico, claramente disruptivo. Se inspira en los ciclos de la naturaleza, que no genera residuos, y cuenta con todos los factores asociados a un sistema económico, incluido su sistema de incentivos.

Pretende desvincular el crecimiento económico de la utilización de materiales y de energía, a través del mantenimiento del valor de los recursos (materiales, energía, suelo y agua) y de los productos, los que permanecerían más tiempo en el ciclo productivo.

de materiales y de energía, a través del mantenimiento del valor de los recursos (materiales, energía, suelo y agua) y de los productos, los que permanecerían más tiempo en el ciclo productivo.

La economía circular entiende una interrelación responsable entre los ciclos económicos y los ciclos ecológicos, preservando el capital natural a través de la mejora de la eficiencia productiva, disminuyendo asimismo las externalidades negativas que genera el sistema económico. Esta interrelación responsable implica la reducción del uso de materiales y de recursos, la *renovabilidad* de los flujos físicos y la valorización de los residuos, convirtiéndolos, de forma programada, en nuevos insumos para la misma u otras industrias.

En concreto, en este último aspecto, la valorización de los residuos implica, en primera instancia, dos grandes beneficios netamente compatibles entre sí:

- » genera valor agregado para el sistema, poniendo en valor elementos del proceso productivo que antes no lo tenían, y
- » permite reducir los efectos perversos y *entrópicos* del sistema económico lineal sobre el medio natural. En este sentido, la economía circular tiene una clara concepción *neguentrópica*.

La esencia de la economía circular es fundamentalmente iterativa, regenerativa, restaurativa (Nguyen *et. al.* 2014) y resiliente. Y este esquema regenerador se pone de manifiesto a través del ciclo orgánico/biológico o del ciclo técnico. Así, podemos decir que los residuos que se generan en el proceso productivo son, en esencia, complejos y diversos.

En concreto, comportan una multitud de materiales que presentan un amplio espectro de orígenes extractivos, muy *atomizados* y con un alto grado de diseminación, con muy variados horizontes temporales de degradación, y con diversas procedencias asociadas a las diferentes etapas del proceso productivo: extracción, producción y transformación, distribución, consumo, reciclado y vertido final. Esto obliga a utilizar muy diversos procedimientos y tecnologías de valorización que tienen, a su vez, muy desiguales implicaciones económicas. De hecho, podemos decir que la economía circular cuenta con una rica variedad de soluciones tecnológicas de carácter físico, químico, fisicoquímico o biológico para atender las necesidades de valorización de los residuos, por lo tanto, en muchas ocasiones las cuestiones para la utilización de una u otra tecnología no es un tema de viabilidad técnica sino de viabilidad económico-financiera. Pero, sin duda, el foco está puesto más en el cambio cultural que en las condiciones técnicas que son necesarias para que se dé la economía circular. En la época del consumo de masas, nuestra cultura está acostumbrada a «usar y botar».

La economía circular presenta un esquema económico que, *a priori*, puede actuar a cualquier escala; en esencia es multidimensional, transversal y transdisciplinar, capaz de generar valor allí donde la economía lineal no lo veía. Pretende desacoplar el crecimiento económico del uso de materiales y energía abordando toda la cadena de valor, desde la concepción y diseño del producto, hasta el reciclaje de los materiales.

La economía circular entiende que la escasez es fuente de nuevas oportunidades, por lo que implica nuevos procesos de innovación, nuevas posibilidades de negocio y de inversión, y, como es obvio, nuevas formas de colaboración interempresarial, buscando soluciones comunes a problemas colectivos. La economía circular implica importantes transformaciones económicas y sociales que deben ser lideradas por planteamientos y esquemas que sean capaces de ver el sistema de producción y consumo de forma completa y crítica, promoviendo «el enfoque colectivo de resolución de problemas basado en cocrear el futuro, con visión común, inclusiva y sistémica» (Rauffet *et. al.*, 2017).

La economía circular presenta un esquema económico que, a priori, puede actuar a cualquier escala; en esencia es multidimensional, transversal y transdisciplinar, capaz de generar valor allí donde la economía lineal no lo veía.

La economía circular supone la *desmaterialización* y la *desenergización* paulatina de la economía, así como el mantenimiento del valor en el tiempo de los materiales y de los recursos. La reutilización de los recursos ya generados implica menos costes que la generación *ex novo* de los mismos, de ahí que la economía circular abra nuevas oportunidades para nuestro sistema económico y productivo que, hasta ahora, solo trataba y valorizaba algunos residuos sin tener presente la energía necesaria para la materialización del proceso.

No obstante, podemos decir que se seguirán produciendo residuos en un sistema económico claramente *disipativo* y, por consiguiente, ineficiente, de ahí que sea necesario continuar desarrollando nuevas innovaciones para implantar la economía circular que, teóricamente, persigue el residuo cero a través de la eficiencia y la valorización. Ahora bien, algunos residuos, por ejemplo, difícilmente podrán valorizarse para el consumo humano por cuestiones de salubridad.

Por otra parte, el concepto de valorización experimentará importantes cambios que estarán condicionados por las necesidades de preservación ambiental y el estado de la técnica en el ámbito de la economía circular. No hay que olvidar que tenemos varios frentes ambientales abiertos que están íntimamente interrelacionados y que a su vez tienen importantes implicaciones socioeconómicas. Tendrán que abordarse juntos, por ejemplo, el cambio climático, los problemas hídricos, la energía renovable y la generación de residuos. Lo que puede plantearse como una solución para un problema puede conllevar el agravamiento de otros. La aceleración

de determinados procesos puede conllevar la disminución de determinados residuos y la aparición de otros con mayor intensidad. Así, se da

la aparente paradoja de que a medida que se depuran las aguas residuales y las emisiones atmosféricas, se generan más residuos sólidos. Ello es debido a que, en lugar de diluir y dispersar los contaminantes en el río, mar o atmósfera, estos se separan y concentran en forma de fangos y residuos en fase sólida (lodos, polvos...), apareciendo como resultado final. Es decir, cuanto más se depura, mayor es el volumen de residuos que se genera. (Castells y Bordas Alsina, 2017 [a]: 18).

La economía circular implica reutilizar, reparar, renovar, reciclar, compartir y alquilar materiales y productos para generar valor, permitiendo que estén en uso o en el sistema productivo el mayor tiempo posible.

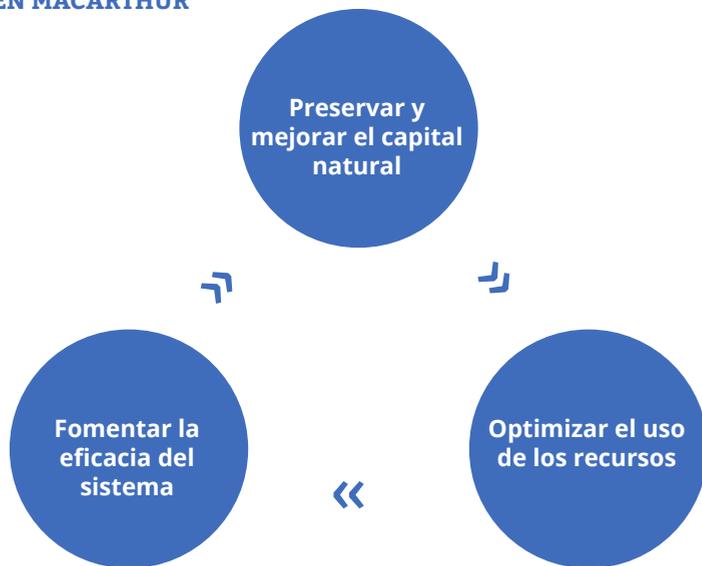
La economía circular supone cambiar el sistema general de incentivos en los procesos productivos. Por lo tanto, la economía circular implica la implementación de diversas políticas, medidas e instrumentos de carácter legislativo/normativo, fiscal, de fomento de la innovación e I+D, formativas/informativas y de acceso a la financiación. Esta última (la financiación) es crucial para acelerar el proceso hacia una economía sostenible. Para que todos los sistemas de incentivos relativos a la implementación de la economía circular estén alineados es importante que, a su vez, se alineen los diferentes actores clave (administraciones públicas, asociaciones empresariales, empresas, entidades financieras, etcétera).

La economía circular supone cambiar el sistema general de incentivos en los procesos productivos [...] Para que todos los sistemas de incentivos relativos a la implementación de la economía circular estén alineados es importante que, a su vez, se alineen los diferentes actores clave (administraciones públicas, asociaciones empresariales, empresas, entidades financieras, etcétera).

2.1. PRINCIPIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

Prácticamente todos los enfoques existentes orientados a la identificación de los principios de la economía circular coinciden en su esencia. El pensamiento *sistémico* y *holístico*, el pensar en local, el beneficio múltiple, la eficiencia de los recursos y el concepto de sostenibilidad fuerte son principios recurrentes en la estructura profunda de las distintas definiciones de la economía circular. A partir de estos principios se pueden derivar otros en función del nivel de concreción y del ámbito en el que se ponga el foco. Por ejemplo, es importante tener presentes el ciclo de vida del producto en su totalidad; la prevalencia del uso/funcionalidad sobre la posesión del producto; o la reparación, el reciclaje y la valorización.

PRINCIPIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR SEGÚN LA FUNDACIÓN ELLEN MACARTHUR



Fuente: Fundación Ellen MacArthur

Por su parte, Carmen Jaca *et. al.* (2018) destacan cuatro principios distintos de la economía circular:

1. La basura es alimento
2. La diversidad fortalece
3. La energía de recursos renovables
4. El pensamiento sistémico

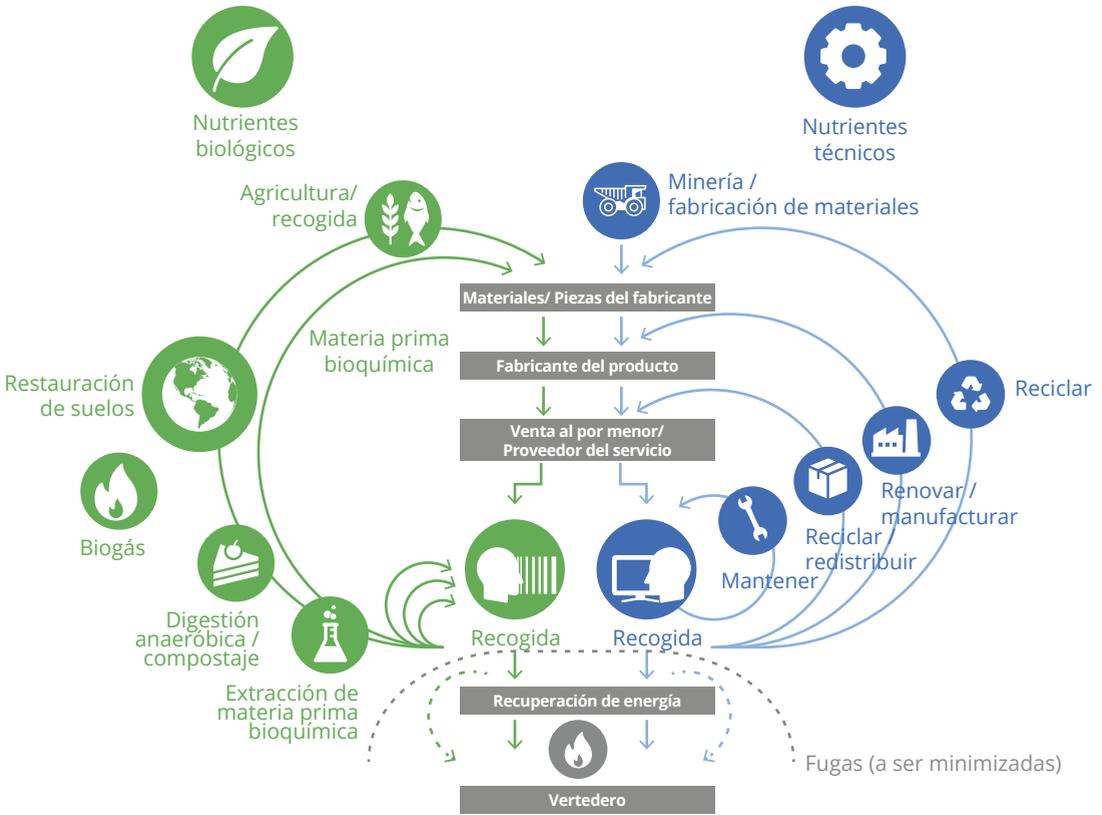
2.2. ORÍGENES Y EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

La esencia del debate sobre el concepto de economía circular, a su vez muy interrelacionado con el de sostenibilidad, ha estado presente en el debate público y académico desde los setenta del siglo XX, llegando a una madurez de concepto en los noventa, a partir de distintos aportes intelectuales procedentes de varias corrientes y escuelas de pensamiento. Algunos autores (por ejemplo, Andersen, 2007; Ghisellini *et. al.*, 2006) han destacado a Pearce y a Turner (Pearce y Turner, 1990) como los primeros que introdujeron el concepto a fines de los ochenta.

La economía circular fue calando en los planteamientos productivos e introduciéndose incluso en el acervo legislativo en los años ochenta, con Alemania como pionera. Este nuevo planteamiento implicaba romper con el modelo de economía lineal extendiendo el ciclo de vida de los productos; recuperando los ya utilizados a través del concepto de *logística inversa*; cerrar la vida útil de los productos por medio de la valorización de los residuos; y reconstruir y recuperar materiales, trabajo y energía (Rauffet *et. al.*, 2017).

La Fundación Ellen MacArthur ha jugado un papel muy importante en la difusión y promoción del concepto de economía circular. En concreto, en el Foro Económico Mundial de 2012, en Davos, Suiza, junto a la Compañía McKinsey Company publicaron un informe en el que se evaluaban los potenciales beneficios de una transición hacia una economía circular en términos de crecimiento y empleo (Wautelet, 2018).

ESQUEMA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR SEGÚN LA FUNDACIÓN ELLEN MACARTHUR



Fuente: Fundación Ellen MacArthur

En la actualidad, el concepto de economía circular es promovido de forma estratégica por la Unión Europea y por otros países, como China y Japón (Korhonen *et. al.*, 2018), entendiéndola como el modelo económico-productivo imprescindible para avanzar en el ámbito de la sostenibilidad (Boulding, 1966). También, numerosas empresas están integrando los esquemas de la economía circular en sus modelos de negocio. No obstante, el potencial que esta ofrece todavía debe desarrollarse.

LOS ACONTECIMIENTOS MÁS IMPORTANTES EN LA EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

Año	Acontecimiento
1937	Ludwig von Bertalanffy desarrolla un primer esbozo de lo que sería <i>la teoría general de sistemas</i> publicada formalmente en 1969-1970
1950	La metodología dinámica de sistemas es desarrollada por Jay Forrester en el MIT.
1966	Kenneth Boulding propone una economía de flujos circulares.
1968	Garrett Hardin publica <i>La tragedia de los comunes</i> .
1970	John T. Lyle sentó las bases del diseño regenerativo.
1972	El trabajo dirigido por Donella H. Meadows y Denis Meadows, <i>Los límites del crecimiento</i> , argumenta a favor de la reutilización y el reciclaje de productos.
1976	Walter Stahel propone la extensión de la vida útil de los productos enfatizando en los residuos generados al final de su uso. Asimismo, desarrolla el concepto de <i>economía del rendimiento</i> .
1980	William McDonough y Michael Braungart analizan la idea de una economía basada en bucles (circular).
1989	Frosch y Gallopoulos desarrollan el concepto de <i>ecología industrial</i> .
1990	David Pierce y Kerry Turner acuñan el concepto de <i>economía circular</i> .
2000	Marian Chertow establece las bases para el estudio de la <i>simbiosis industrial</i> , que analiza la recuperación de recursos para su reutilización.
2003	Janine Banyus publica <i>Biomímesis</i> , libro sobre la emulación de los sistemas.
2010	Nace la Fundación Ellen MacArthur con el fin de acelerar la transición hacia una economía circular.
	Gunter Pauli publica <i>La economía azul</i> donde expone conceptos como los flujos de efectivo múltiples y los negocios en cascada.

Fuente: elaboración propia a partir de la información contenida en Rauffet et. al. (2017)

2.3. BENEFICIOS Y POTENCIALES AMENAZAS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

Las grandes transformaciones a las que estamos asistiendo en nuestros días implican tanto riesgos/costes como oportunidades. Del mismo modo, la transición hacia una economía circular sin duda está generando numerosas oportunidades económicas para las empresas y para el conjunto de la economía en la medida en que supone transformar las organizaciones, las interrelaciones, los activos, etcétera. La innovación y la inversión en I+D+i va a ser fundamental en todo este proceso.

La economía circular implica ventajas si se observa el sistema de producción y consumo en su conjunto y se tienen en cuenta los límites ambientales. Sin ánimo de ser exhaustivos podríamos apuntar a las siguientes ventajas clasificadas en categorías o dimensiones:

Económicas

- » Nuevas oportunidades de crecimiento económico y de generación de valor añadido a través del aprovechamiento de nuevas sinergias, complementariedades y colaboraciones interempresariales, horizontales y verticales, así como de la valorización de los desechos.
- » Eficiencia económica y reducción de costes ante la menor utilización de recursos naturales, materias primas, materiales y energía. Por lo tanto, menor dependencia de la cadena de suministro.
- » Menor dependencia en términos de suministro y precios de estos materiales y materias primas.
- » Nuevas inversiones en I+D+i y estímulo para el sistema ciencia-tecnología.

Sociales

- » Nuevas oportunidades de empleo y empleabilidad asociadas al potencial crecimiento económico.
- » Mayor colaboración social y económica.
- » Mayor interacción de los grupos de interés de las empresas.

Ambientales

- » Menores emisiones de gases de efecto invernadero y, por consiguiente, contribución a la lucha contra el cambio climático.
- » Menor uso de materiales y de materias primas, o sea, una menor presión extractiva.
- » Reducción de la huella y mochila ecológicas.
- » Mejora del agua y del suelo.

En cuanto a las potenciales amenazas es preciso apuntar que solo se darían desde una visión cortoplacista, y no considerando el balance económico y ambiental en su conjunto:

- » Nuevas inversiones que pueden conllevar una gran mochila ecológica.
- » Concentración de la propiedad y de la riqueza como consecuencia de los nuevos servicios asociados a la economía circular.
- » Reducción de intercambios empresariales.
- » Sistema impositivo que puede retraer la economía.

2.4. CONTRIBUCIONES TEÓRICAS A LA CONFORMACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

La ecología industrial

A fines de los años ochenta del siglo pasado, Robert Ayres comenzó a hablar de metabolismo industrial (Ayres, 1989) y sentó las bases de la ecología industrial. Igualmente, contribuyeron a su desarrollo Robert Frosch y Nicholas Gallopoulos a través de un artículo de 1989 (Frosch y Gallopoulos, 1989).

La ecología industrial encierra un claro enfoque interdisciplinario. Los ecólogos industriales analizan los flujos energéticos y de materiales en los procesos y sistemas industriales. Como la mayoría de los modelos o planteamientos asociados a la sostenibilidad o a la economía circular, se establece desde una concepción sistémica que pretende la restauración del capital natural.

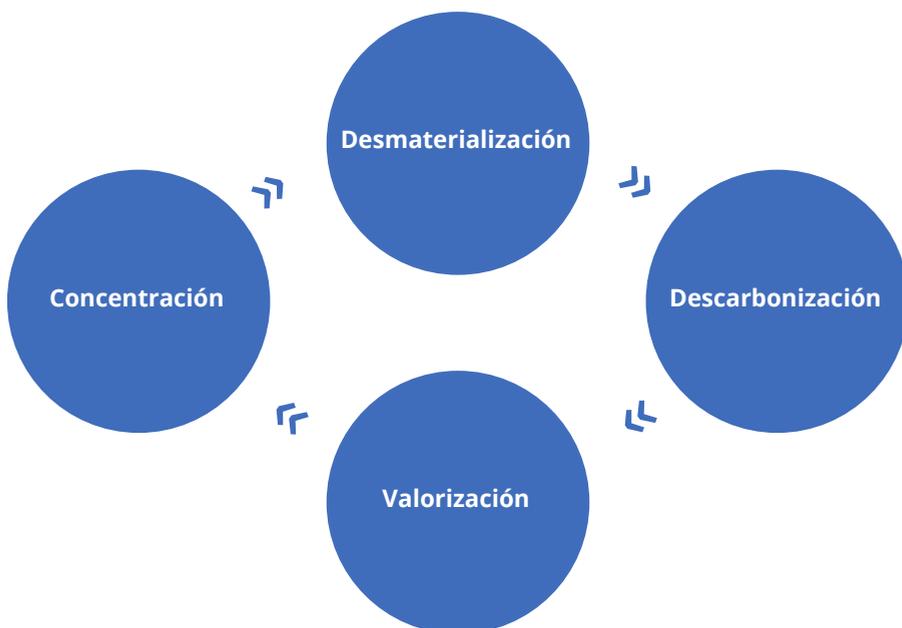
La economía circular se ha basado fundamentalmente en los planteamientos de la ecología industrial, que entendía que los daños que la industria estaba generando al medioambiente se debían principalmente a la separación conceptual entre ambos. En términos básicos, la ecología industrial considera al sistema industrial como un ecosistema con importantes sinergias que pueden ser aprovechadas a modo de beneficios económicos y ambientales. Desde esta perspectiva, la naturaleza sería un modelo para el diseño industrial. La diversidad de industrias, así como la cercanía y la cooperación entre las mismas, son elementos fundamentales para el desarrollo de la ecología industrial. Los tres contribuyen de forma integral a que los residuos de unas industrias sean los insumos valorizados de otras, reduciendo el uso de materiales y la dependencia energética.

Los planteamientos de la ecología industrial, al proceder del ámbito de la ingeniería y englobar una propuesta integral, aparte de poner el foco en los temas estrictamente ambientales, lo pone en los procesos productivos, en la tecnología y en los productos. En realidad, la ecología industrial venía a ofrecer una nueva aproximación al diseño de productos y procesos, así como a las estrategias de fabricación sostenibles (Jelinski *et. al.*, 1992). De ahí que sea especialmente importante la consideración del ciclo de vida del producto en su integridad.

Desde la perspectiva actual de la ecología industrial, se podrían seguir manteniendo los cuatro principios clave que identificó Erkman (2001) en los que debería basarse nuestro sistema industrial:

- » los desechos y los subproductos deben ser sistemáticamente valorizados,
- » las pérdidas causadas por la dispersión deben ser minimizadas,
- » la economía debe ser desmaterializada, y
- » la energía debe depender menos de los hidrocarburos fósiles.

PRINCIPIOS PARA UN SISTEMA INDUSTRIAL SOSTENIBLE



Fuente: Elaboración propia a partir de los principios planteados por Erkman (2001)

El diseño regenerativo (*Regenerative design*)

El diseño regenerativo, basado en la teoría de sistemas, tuvo importantes aportaciones por parte del profesor John T. Lyle y guarda ciertas similitudes con el planteamiento *de la cuna a la cuna* (C2C) al pretender que los procesos industriales imiten a la naturaleza y sus ciclos.

Son fundamentales en este ámbito los aportes de McDonough, Braungart y Stahel. La idea que subyace en el concepto de diseño regenerativo es que los procesos conlleven en sí mismos la renovación o regeneración de las distintas fuentes de materiales y energía que utilizan. El diseño regenerativo pretende reparar o restaurar lo que se ha perdido o se ha degradado, añadiendo un plus al concepto tradicional de sostenibilidad. Por tanto, se puede decir que la regeneración es un concepto fundamental en la economía circular.

La economía del rendimiento (*Performance economy*)

El economista suizo Walter Stahel, en un trabajo para la Comisión Europea (*The Potential for Substituting Manpower for Energy*), destacó los efectos positivos de una economía de bucles —la actual economía circular— sobre la competitividad económica, la generación de empleo, la minimización del uso de recursos y la prevención de desechos. Su planteamiento recoge nuevos modelos de negocio capaces de convertir el conocimiento en un mayor rendimiento, más riqueza y más empleo.

Para desencadenar el cambio necesario, Stahel plantea soluciones interdisciplinarias, soluciones intersectoriales e inversiones sostenibles (Stahel, 2010). El planteamiento de este modelo económico, por contraposición a la economía industrial convencional, es vender soluciones/servicios en vez de productos (economía de servicios funcional). Su propuesta consistiría en la comercialización de productos duraderos en un bucle (según el esquema *cradle to cradle* que se desarrollará a continuación), regionalizando una gran parte de la producción y considerando que la reutilización de recursos, en vez de elaborar nuevos productos, permitiría sustituir energía por mano de obra, lo que generaría empleo y ahorraría energía. La economía circular pretende reducir la obsolescencia y, por supuesto, eliminar la obsolescencia planificada/programada.

El Product-Life Institute (Instituto de la vida del producto) que promovió Stahel, es una entidad dedicada a generar estrategias asociadas al concepto de sostenibilidad desde un enfoque holístico, produciendo más riqueza y más empleo consumiendo menos recursos a través de la economía en

bucles, la innovación, el diseño, etcétera. Según dicha institución, este modelo se basaría en cinco pilares fundamentales:

- » la conservación de la naturaleza y de los ecosistemas para la preservación de nuestra forma de vida en la Tierra,
- » la toxicidad limitada (conservación de la seguridad y la salud de las personas y animales que pueden estar comprometidas por la actividad económica),
- » la producción de recursos (desmaterialización de la economía en los países desarrollados para permitir el desarrollo material de los menos desarrollados),
- » la ecología social (tejido de estructuras societarias), y
- » la ecología cultural (conocimiento, educación, ética...).

LOS PILARES DE LA SOCIEDAD SOSTENIBLE (PERFORMANCE ECONOMY)



Fuente: elaboración propia a partir de Stahel (2010)

Para Stahel es fundamental la *desmaterialización* de la economía o la reducción de sus bases materiales. Esto supone un cambio muy importante: pasar de vender productos a dispensar servicios. La desmaterialización de la economía supone importantes ventajas: entre otras, la minimización de los costes de producción o el uso más responsable de los recursos naturales.

No obstante, la *desmaterialización* de la economía nos obliga a plantearnos nuevamente la paradoja de Jevons: los ahorros por unidad de producto conllevan un mayor consumo que puede contrarrestar el ahorro inicial.

Cradle to cradle (C2C)

Teniendo como antecedente a Walter Stahel, el químico alemán Michael Braungart y el arquitecto estadounidense Bill McDonough desarrollaron el concepto de *cradle to cradle* (de la cuna a la cuna) en un libro publicado en 2002 titulado *Cradle to Cradle. Remaking the Way We Making Things* (McDonough y Braungart, 2002). Según este planteamiento, que debería desembocar en una nueva revolución industrial basada en la naturaleza, todos los materiales incorporados al proceso productivo, desde el punto de vista de la metáfora metabólica, son considerados como nutrientes, ya sea biológicos o técnicos. Los nutrientes biológicos cerrarían el ciclo a través del compostaje o por medio de la generación de biogás. Por su parte, los nutrientes técnicos (plásticos, metales, etcétera), dañinos para el medioambiente, se mantienen en el ciclo productivo alejados del medio natural a través de la reutilización y el reciclaje.

En este enfoque, por contraposición al ecologismo industrial, es más importante la generación de impactos positivos que la reducción de impactos negativos. Además, es relevante que en el diseño del producto se mantenga, en la medida de lo posible, la pureza del material utilizado para su posible reutilización/valorización posterior como residuo.

Inspirándose en la naturaleza, este planteamiento apuesta por un diseño inteligente de los productos. McDonough y Braungart, a propósito de la Exposición Universal de Hannover del año 2000, en 1992 elaboraron los denominados «principios de Hannover» (*The Hannover Principles*) orientados a crear una nueva concepción del diseño. Plantearon nueve principios, entre los que podemos mencionar la eliminación del concepto de desecho o desperdicio, la creación de productos seguros y de valor a largo plazo y la búsqueda de la mejora constante compartiendo conocimiento.

En este enfoque [C2C], por contraposición al ecologismo industrial, es más importante la generación de impactos positivos que la reducción de impactos negativos. Además, es relevante que en el diseño del producto se mantenga, en la medida de lo posible, la pureza del material utilizado para su posible reutilización/valorización posterior como residuo.

El ciclo biológico implica que, tras el uso del producto, este se degrada generando nutrientes biológicos que producen nuevo material vegetal (plantas) que se incorpora al proceso productivo. Por su parte, el ciclo técnico implica que, tras el uso del producto, este se desensambla generando nutrientes técnicos que se incorporan nuevamente al proceso productivo. No se desecha nada porque el producto orgánico vuelve a la tierra como nutriente biológico y el nutriente técnico vuelve íntegramente a la industria para producir nuevamente.

Se entiende que el modelo de fabricación tradicional, que es mayoritariamente el actual, sigue un planteamiento *de la cuna a la tumba* (*cradle to grave*), entendiéndose por esta última el vertedero. Por el contrario, el planteamiento C2C considera esencial la siguiente igualdad, eliminando el concepto de desperdicio:

basura = alimento

El planteamiento de la cuna a la tumba considera el ciclo de vida del producto como lineal, mientras que la propuesta *de la cuna a la cuna* lo considera como circular. El diseño del producto es crucial en este esquema orientado a la sostenibilidad ambiental.

Las premisas en las que se basa este planteamiento consideran que las 3R (reusar, reducir y reciclar), claves del ecologismo tradicional, no son suficientes: ralentizarían o retrasarían el problema ambiental al que debemos hacer frente. En concreto, la situación predominante en la actualidad, en relación con el reciclaje, es el *infrarreciclaje* (*downcycling*) que implica que la calidad de los materiales se va reduciendo paulatina o abruptamente con el tiempo. En cambio, el *suprarreciclaje*, también conocido como *upcycling*, implica el aprovechamiento de los materiales ya utilizados para generar nuevos de mayor valor.

INFRARRECICLAJE, RECICLAJE Y SUPRARRECICLAJE

Infrarreciclaje	Generación de un material de menor valor a partir de uno dado
Reciclaje	Generación de un material de igual valor a partir de uno dado
Suprarreciclaje	Generación de un material de mayor valor a partir de uno dado

Fuente: elaboración propia

Biomímesis (*Biomimicry*)

El esquema asociado a la biomímesis es de inspiración natural o biológica. Etimológicamente procede de las palabras *bios* (vida) y *mimesis* (imitación) de origen grecolatino. Pretende imitar el funcionamiento de la naturaleza y sus sistemas de equilibrio. Equilibrio que la especie humana no ha sabido mantener, especialmente a partir de la primera revolución industrial. De hecho, podemos decir que el residuo —la principal fuente de los desequilibrios en los procesos de producción actuales— es un constructo netamente humano: ni la naturaleza ni los ciclos naturales generan residuos, como tampoco son aplicables a la naturaleza conceptos económicos como derroche o escasez, que son esencialmente antropogénicos.

La naturaleza nos ofrece las mejores prácticas y los mejores ejemplos procedimentales, por lo que, desde el punto de vista utilitarista, es la principal fuente de conocimiento y de inspiración para desarrollar procesos económicos y sociales. La naturaleza siempre nos lleva ventaja en cuanto a la resolución de problemas, pues los ciclos naturales y sus equilibrios son el resultado de miles de años de *prueba y error*, generando ciclos cerrados de materiales y utilizando como base energética al sol. Las estructuras y el diseño naturales son ecoeficientes, por lo que, si somos capaces de inspirarnos en ellas a la hora de implementar nuestros procesos económicos, conseguiremos el equilibrio entre la economía y la ecología, palabras que tienen la misma base etimológica no por casualidad.

La subordinación de nuestros ciclos a los ciclos naturales es una garantía de éxito en el camino hacia la búsqueda del equilibrio económico con la biósfera y no al revés, que es lo que ha ocurrido desde la primera revolución industrial hasta nuestros días a través del desarrollo de la economía lineal y su planteamiento en relación con el desecho y el residuo. Este tipo de economía ha sido muy productiva y ha conseguido importantes cotas de innovación y mejora en la calidad de vida de las personas, pero ha sido incapaz de resolver los problemas sociales y ambientales que genera más allá de los ciclos económicos: desigualdad, deterioro ambiental, generación sistemática de residuos, entre otros.

Las estructuras y el diseño naturales son ecoeficientes, por lo que, si somos capaces de inspirarnos en ellas a la hora de implementar nuestros procesos económicos, conseguiremos el equilibrio entre la economía y la ecología, palabras que tienen la misma base etimológica no por casualidad.

La publicación, en 1997, del libro *Biomimicry* de Janine Benyus (Benyus, 2002) fue capital para la divulgación del concepto y su asentamiento teórico-práctico. Benyus lo asocia a la identificación de procesos naturales que van a permitir la solución de problemas económicos, sociales y ambientales a través de la generación de ciclos que se retroalimentan y son capaces de devolver al entorno natural materiales fácilmente absorbibles, biodegradables y que no generen daños a los ecosistemas.

En definitiva, el concepto de biomímesis se asocia a la idea de repensar sistemáticamente nuestros ciclos económicos e industriales buscando miméticamente soluciones en la naturaleza y en sus ciclos los que se retroalimentan y no generan residuos ni pérdida de valor.

Capitalismo natural (*Natural capitalism*)

A principios del presente siglo, Paul Hawken, Amory Lovins y L. Hunter Lovins, en su libro *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution* (Hauken *et. al*, 2000), plantean la integración de los objetivos, incentivos e intereses económicos y ambientales. Esto implica unir los conceptos de productividad económica y ambiental aumentando la vida útil de los materiales. Según la propuesta de estos autores, el modelo asociado al capitalismo natural pretende aumentar la productividad natural de los recursos, avanzar hacia modelos inspirados en la biología, avanzar hacia un modelo de negocios basado en soluciones y reinvertir en capital natural.

El capitalismo natural implicaría cuatro cambios básicos (Hauken *et. al*, 2000, citado por Lobato Gago, 2017):

- » aumentar la productividad,
- » adoptar modelos biológicos de ciclos cerrados,
- » avanzar hacia un modelo de negocios basado en el flujo de servicios, y
- » reinvertir en el capital natural.

* * *

Aparte de los anteriores ámbitos de influencia, igualmente podríamos destacar otros como el de economía azul (*The blue economy*), que fue desarrollado por el economista belga Gunter Pauli, y el de permacultura, concepto que comenzó a consolidarse en la década de los setenta del siglo XX asociado a la producción agraria y que tenía la pretensión de la preservación de los ecosistemas agrícolas.



3. CONCEPTOS CLAVE EN EL ÁMBITO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

3.1. LA JERARQUÍA EN EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS

La jerarquía en el tratamiento de los residuos hace hincapié, de forma prelativa, en aquellas acciones encaminadas a impactar lo menos posible en el medio natural mediante la generación de residuos. La prevención es la fórmula más eficiente en la jerarquía que plantea la economía circular, intentando evitar, mientras se pueda, la eliminación final, pues la premisa central es la conversión de todo residuo en un insumo.

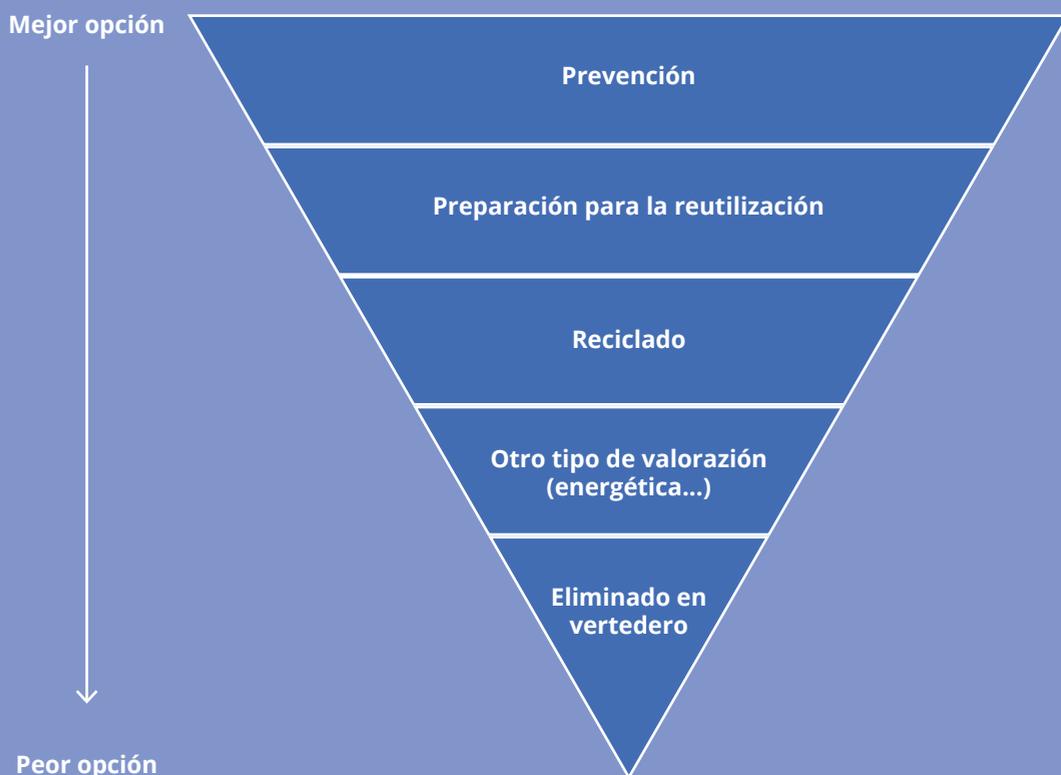
En concreto, la prevención implica la máxima de que «el mejor residuo es que el que no se da». Por lo tanto, hace referencia a toda medida orientada a evitar que un material o un producto llegue a convertirse o a generar algún residuo.

Entre las principales medidas de prevención podemos destacar:

- » el pago por generación,
- » la concientización ciudadana en torno al despilfarro alimentario,
- » medidas legislativas relacionadas con la fabricación y uso de determinados productos. Por ejemplo, bolsas de plástico,
- » la concientización y la sensibilización,
- » la digitalización de documentos, y
- » la promoción del compostaje doméstico.

Rebasada la zona preventiva de la pirámide tenemos el resto de las posibilidades que plantea la economía circular. En concreto, la *preparación para la reutilización* implica la utilización reiterada de un producto o material para el mismo fin inicial que se le dio. El *reciclado* hace referencia a procesos por el que unos materiales resultantes del proceso productivo se transforman en nuevos insumos. La *valorización* consiste en la operación por la cual el residuo adquiere un fin útil en la misma industria o en otra. Y cuando hablamos de *eliminación final* nos referimos esencialmente al incinerado (sin valorización energética) o vertido cuando ya se han agotado todas las opciones.

LA JERARQUÍA EN EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS



Fuente: elaboración propia a partir de la Directiva Marco Europea (2008/98/CEE)

3.2. EL DISEÑO Y EL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

El ecodiseño o diseño ecológico hace referencia a la consideración de los impactos ambientales de un producto o servicio desde la fase de diseño. El ecodiseño permite, desde el origen, reducir la cantidad de materiales en la producción, mejorar las funcionalidades del producto, anticipar las formas de uso que le dará el consumidor y prever los residuos que se generarán y dónde se generarán. El ecodiseño no debe ir en menoscabo de la seguridad y la calidad del producto y servicio, y debe contemplar el ciclo de vida del producto en su conjunto: debe internalizar los costes.

El ecodiseño no es incompatible con los intereses del productor o del consumidor. El productor, al reducir la cantidad de materiales, reducirá sus costes. Del mismo modo, se verá favorecido en costes por un producto ecodiseñado al reducir la responsabilidad ampliada del productor. Por su parte, el consumidor contará con un producto más duradero y funcional.

Conrad Lutterop y Jessica Lagerstedt (Luttrupp, 2005) enunciaron las conocidas diez reglas de oro del ecodiseño:

1. no utilizar sustancias tóxicas o, en su defecto, se deben mantener en ciclos cerrados;
2. minimizar el consumo de recursos y energía en la producción y el transporte a través de la gestión interna;
3. minimizar el consumo de energía y recursos en la fase de uso del producto;
4. promover la reparación y actualización, especialmente para productos dependientes del sistema;
5. promover la duración de la vida útil del producto;
6. utilizar características estructurales y materiales de alta calidad para minimizar el peso sin interferir con la necesaria flexibilidad, resistencia al impacto o prioridades funcionales;
7. utilizar mejores materiales, tratamientos de superficie o arreglos estructurales para proteger a los productos de la suciedad, la corrosión o el desgaste;
8. facilitar la actualización, la reparación y el reciclado a través de la capacidad de acceso, etiquetado, módulos, puntos de rotura y manuales;

9. facilitar la actualización, la reparación y el reciclado utilizando pocos materiales, simples, reciclados, no mezclados y sin aleaciones; y
10. utilizar el menor número de elementos de unión como sea posible y utilizar tornillos, adhesivos, soldaduras, encajes, etcétera, de acuerdo con el escenario del ciclo de vida.

LOS PRINCIPIOS DE HANNOVER

<p>Insistir en los derechos de la humanidad y la naturaleza para coexistir en una condición saludable, solidaria, diversa y sostenible.</p>
<p>Reconocer la interdependencia. Los elementos del diseño humano interactúan y dependen de la naturaleza, con amplias y diversas implicaciones en todas las escalas. Hay que expandir las consideraciones del diseño para reconocer incluso los efectos lejanos.</p>
<p>Respetar las relaciones entre el espíritu y la materia. Considerar todos los aspectos de los asentamientos humanos, incluyendo la comunidad, vivienda, industria y comercio en términos de conexiones existentes y cambiantes entre la conciencia espiritual y material.</p>
<p>Aceptar la responsabilidad por las consecuencias del diseño para el bienestar humano, la viabilidad de los sistemas naturales y su derecho a coexistir.</p>
<p>Crear objetos seguros, de valor a largo plazo. No cargar a las futuras generaciones con requerimientos para el mantenimiento o la vigilancia y administración de peligros potenciales debido a la creación descuidada de productos, procesos o normas.</p>
<p>Eliminar el concepto de desperdicio. Evaluar y optimizar el ciclo de vida completo para los productos y los procesos, para acercarse al estado de los sistemas naturales en los que no hay desperdicios.</p>
<p>Confiar en los flujos de energía naturales. Los diseños humanos, como en el mundo viviente, deberían obtener su fuerza creativa del permanente flujo solar. Incorporar esta energía de manera eficiente y segura para su uso responsable.</p>
<p>Entender las limitaciones del diseño. Ninguna creación perdura para siempre y el diseño no resuelve todos los problemas. Aquellos que crean y planean deben practicar la humildad de cara a la naturaleza. Hay que tratar a la naturaleza como modelo y guía y no como un inconveniente que debe evadirse o controlarse.</p>
<p>Buscar la mejora constante compartiendo el conocimiento. Promover la comunicación directa y abierta entre colegas, jefes, constructores y usuarios para construir consideraciones sustentables de largo plazo con responsabilidad ética, y restablecer una relación integral entre los procesos naturales y las actividades humanas.</p>

Fuente: elaboración propia a partir de McDonough y Braungart (1992)

3.3. LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA

La valorización energética hace referencia a los distintos procesos de conversión de los residuos y vertidos en energía en forma de electricidad, vapor o calor a través de diversos tratamientos o procesos de carácter biológico o térmico. En la actividad se utilizan incineradoras (a través de la incineración energética eficiente) u hornos industriales. Aquí, los desechos finales son cenizas y escorias, residuos de mucho menor volumen que deben ser tratados de forma diferenciada en función de su naturaleza. En el esquema de la economía circular, las cenizas deben canalizarse a un depósito, donde son inertizadas (o dejadas inactivas) y las escorias, por su parte, pueden ser utilizadas en proyectos de construcción, restauración de canteras o por las cementeras como subproducto. El proceso térmico se hace a la temperatura adecuada en las plantas de valorización (*waste to energy*) para evitar la generación de dioxinas, que son sustancias muy tóxicas. Los residuos requieren tratamiento previo, y en las plantas de valorización están sometidos a procesos muy robustos y a un restrictivo control legal.

La fracción orgánica de los residuos en un depósito debidamente sellado genera espontáneamente biogás que es aprovechable energéticamente y que de no utilizarse se iría a la atmósfera fundamentalmente en forma de metano, un potente gas de efecto invernadero. También son aprovechables, sin tener que estar sellado el vertedero, los procesos de digestión anaerobia. A la fracción biodegradable de los residuos o del vertido se le aplicarían procesos biológicos, siempre y cuando el poder calorífico del residuo haga viable la valorización.

PROCESOS DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA MÁS UTILIZADOS, BIOQUÍMICOS O TERMOQUÍMICOS

Proceso	Método	Descripción
Aprovechamiento del gas del vertedero	bioquímico	Cada vez llega menos fracción biodegradable al vertedero, por lo que tiende a ser menos viable. Aunque presenta inconvenientes (diversidad de potencial calorífico, contaminantes, etc.), siempre es preferible a la no valorización. El metano que se escapa de los vertederos es un gas muy potente en términos de contribución al efecto invernadero.
Biometanización	bioquímico	A través de un proceso de digestión/fermentación anaerobia la fracción biodegradable del residuo se convierte en biogás (formado fundamentalmente por metano y CO ₂) a partir de la parte más degradable de la materia orgánica. La fermentación se realiza por bacterias en ausencia de oxígeno.
Pirólisis	termoquímico	Se trata de un proceso térmico de gradación a elevadas temperaturas (300 a 800 °C) y sin oxígeno añadido. Los residuos orgánicos se transforman en otros más sencillos de tratar a través de calor y sin que se produzca combustión por la ausencia de oxígeno (solo estará presente el oxígeno contenido en el residuo). Se obtiene un gas (gas de síntesis o sintegas, con mezclas variables de CO, CO ₂ , H ₂ y CH ₄ : sería el intermediario para obtener gas sintético) que también es utilizado para la pirólisis (proceso endotérmico), un residuo líquido de cadenas de hidrocarburos y un residuo sólido.
Gasificación	termoquímico	Es un proceso térmico (temperaturas superiores a 750 °C) consistente en la combustión parcial del residuo con escasa presencia de oxígeno (inferior a la cantidad necesaria desde el punto de vista estequiométrico). Se genera gas de síntesis y residuos sólidos.
Combustión / incineración	termoquímico	Es el proceso más utilizado para la valorización energética. Se trata de un proceso térmico (850 a 1100 °C) de oxidación de la materia orgánica que genera energía, dióxido de carbono y agua. Requiere estequiométricamente de un exceso de oxígeno que permita asegurar la oxidación completa. Como en cualquier reacción de combustión pura, los productos serían CO ₂ y agua. Además, se pueden dar los siguientes productos: oxígeno molecular (O ₂) excedente; nitrógeno molecular (N ₂) procedente del aire utilizado; metales volátiles, azufre... El residuo sólido será fundamentalmente escoria inerte y cenizas.

Fuente: elaboración propia

La valorización energética tiene una gran implantación en los países más avanzados y con mayor conciencia ambiental, entendiéndose que la fracción biodegradable de los residuos puede ser considerada como fuente de energía renovable. De hecho, hay una alta correlación entre reciclado y valorización: aquellos países que más reciclan son los que más utilizan los sistemas de valorización energética.

La valorización energética es un pilar fundamental en la implantación de la economía circular, pues hay determinados residuos que son muy difíciles de reciclar o que requieren procesos de reciclado muy costosos o inviables desde el punto de vista económico. La valorización y el reciclaje no compiten entre sí en el esquema de la economía circular, más bien son elementos constitutivos de una misma cadena.

La valorización es el penúltimo escalón en la pirámide del tratamiento de residuos y, por lo tanto, la última oportunidad de valorizar el residuo al considerar que el vertedero debe ser la excepción, hecho que no es una realidad en muchos países. La valorización siempre es preferible al vertedero porque, entre otros beneficios, reduce los residuos que contaminan el agua, el suelo y el aire. Además, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, dado que, por regla general, está sometida a autorizaciones ambientales y a un estricto control legal; del mismo modo sustituye el uso de los combustibles fósiles y reduce los lixiviados, los líquidos que se filtran al suelo y que pueden contaminar los acuíferos.

La valorización energética es un pilar fundamental en la implantación de la economía circular, pues hay determinados residuos que son muy difíciles de reciclar o que requieren procesos de reciclado muy costosos o inviables desde el punto de vista económico.

En efecto, la valorización energética de los residuos que no se pueden reutilizar, reciclar o valorizar por otras vías genera emisiones de gases de efecto invernadero, pero es más interesante desde el punto de vista de la eficiencia económica y ambiental que la descomposición del desecho en el vertedero. La valorización energética puede suponer un importante ahorro de emisiones de CO₂, equivalente al desecho en el vertedero. Además, la valorización energética tiene otros beneficios añadidos que son especialmente importantes desde el punto de vista económico-ambiental:

- » reducción de la dependencia energética de los combustibles fósiles,
- » reducción del espacio requerido (una planta de valorización energética requiere de un menor espacio que un vertedero),

- » reducción de lixiviados,
- » reducción de olores,
- » recuperación de materiales,
- » mayor cercanía a los centros de población, con el consiguiente ahorro de costes,
- » mayor control ambiental,
- » menor volumen de residuos, y
- » mayores impactos positivos sobre la generación de riqueza y empleo.

Para que una operación sea considerada como valorización energética:

se deben dar algunas condiciones, entre las que cabe destacar que el proceso sea de alta eficiencia energética, que haya una demanda real de esa energía y que la energía obtenida sustituya a otras energías procedentes de recursos energéticos no renovables. De modo que valorizar es más que una simple incineración de residuos. (Lobato Gago, 2017: 108)

3.4. LA RESPONSABILIDAD AMPLIADA DEL PRODUCTOR

La *responsabilidad ampliada del productor* (RAP) o *responsabilidad extendida del productor* (REP) (en inglés: *extended producer responsibility*, EPR) consiste en la concepción de que el productor tiene una responsabilidad ambiental sobre el producto que genera más allá del momento de la venta, ampliándose al conjunto del ciclo de vida de este. A través de este principio, el productor sería corresponsable de la contaminación y de los desechos o residuos que genera el producto que ha puesto en el mercado. Se trata, por consiguiente, de integrar a la cadena de suministro en la gestión del residuo y trasladar «aguas arriba» la máxima de que *el que contamina paga* en dicha cadena.

DEFINICIONES DE RAP

Es una estrategia de protección del medio ambiente para alcanzar un objetivo de disminuir el impacto ambiental total de un producto, haciendo que el fabricante del producto sea responsable de toda la vida útil, ciclo del producto y especialmente para la recolección, el reciclado y la eliminación final.

(Lindhqvist, 1992)

Un enfoque de política ambiental en el que la responsabilidad del productor por un producto se extiende a la etapa posterior al consumo del ciclo de vida de un producto.

(OCDE, 2001)

Es una forma de internalizar costes y de no trasladar cargas a los consumidores o a las administraciones públicas, que obviamente las repercutirían a los ciudadanos vía impuestos o tasas. Se trata, por tanto, de una estrategia de incorporar todos los costes ambientales asociados a la producción, comercialización, uso y gestión de los residuos al precio de mercado de dicho producto. Según los casos, la responsabilidad puede ser exclusiva del productor o compartida por otros actores en la cadena de suministros (distribuidores).

El concepto fue introducido por Thomas Lindhqvist en 1990 en un informe encargado por el Ministerio de Medioambiente de Suecia (Lindhqvist y Lidgren, 1990) aunque, ya en la década de los ochenta del siglo pasado, existían algunas políticas vinculadas al concepto en algunos países europeos. La RAP puede implicar costes financieros y/u organizacionales para el productor, por eso, para que sea efectiva debe ser un incentivo para aplicar el planteamiento de la jerarquía de residuos.

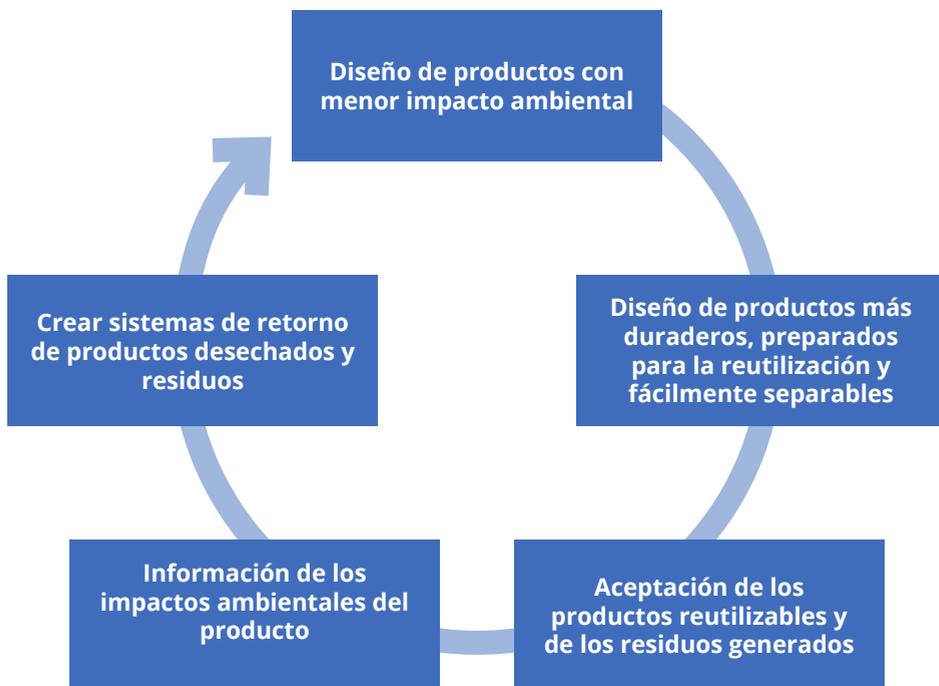
La responsabilidad ampliada del productor ha sido incorporada a normas en diversos ordenamientos jurídicos de muchos países. Determinados envases y productos (por ejemplo, neumáticos, aceites industriales, pilas y acumuladores, aparatos eléctricos y electrónicos) obligan al productor, según la legislación, a aceptar la entrega de los residuos generados o a establecer sistemas de depósito que permitan garantizar la recuperación de los residuos o el producto ya utilizado. En términos generales, la implementación de la RAP se instrumentaliza a través de mecanismos normativos, mecanismos de carácter económico y/o mecanismos de carácter informativo, e incorporan principios ambientales muy claros como la atención al ciclo de vida completo, el principio de *el que contamina paga* o todo lo relacionado con la prevención en el ámbito de la economía circular.

Dicha responsabilidad puede hacer alusión a diversos aspectos como, por ejemplo, el diseño de productos de acuerdo con determinados condicionantes ambientales, o la propia obligación del productor o distribuidor de retirar el residuo una vez que el producto haya sido consumido. Se trata de un concepto eminentemente político que persigue dos objetivos fundamentales (Lindhqvist *et. al.* 2008):

- » diseñar mejoras en los productos y en los sistemas de los productos, y
- » alta utilización de productos y materiales de calidad a través de la recolección, tratamiento y reutilización o reciclaje de manera ecológica y socialmente conveniente (sic).

La generalización cada vez mayor de esta responsabilidad en el acervo legislativo ha provocado, en muchos casos, la implementación de *sistemas colectivos de responsabilidad ampliada del productor*. Dichos sistemas suelen ser promovidos por organizaciones sin fines de lucro, especialmente asociaciones de fabricantes o importadores, que buscan aprovechar las economías de escala y de redes para crear mecanismos más eficaces y eficientes en la recuperación de los residuos con base en la responsabilidad ampliada del productor. No obstante, con independencia de la efectividad de los sistemas colectivos, que es obvia desde el punto de vista de la corresponsabilidad, cuanto más cerca esté la obligación de la responsabilidad individual del productor, probablemente este muestre una mayor implicación (Lindhqvist *et. al.* 2008) dado que existiría un menor riesgo moral.

ALGUNAS MEDIDAS VINCULADAS A LA RAP



Fuente: elaboración propia

En la actualidad, la RAP está sólidamente establecida para determinadas fracciones de productos/residuos y, sin duda, la legislación irá ampliando su espectro. Estas medidas asociadas a la RAP, en general, han supuesto un claro avance en el ámbito de la implementación de la economía circular, pero aún queda un gran recorrido en la línea de la internalización de más costes existentes, que al final acaban repercutiendo en los consumidores, en los ciudadanos o en las administraciones públicas. No hay que olvidar que la inmensa mayoría de los productos no cuentan con un sistema de RAP.

3.5. EL RESIDUO

El concepto de residuo

El residuo es el *leitmotiv* de la economía circular. Es el elemento central y al que hay que erradicar de los sistemas de producción y consumo. Los elementos que influyen en los tipos de generación de residuos están relacionados con el tipo de población y la estacionalidad.

DEFINICIONES DE RESIDUO

Residuo es todo material inútil o no deseado, originado por la actividad humana, en cualquier estado físico (sólido, líquido, gaseoso y sus respectivas mezclas) y que puede ser liberado en cualquier medio receptor (atmósfera, agua, suelo). Incluye no solo los residuos sólidos, sino también los efluentes líquidos y las emisiones gaseosas.

Fundación Conde del Valle de Salazar, 2015

Cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse.

Directiva 2008/98/CE

Clasificación y fracción de residuos

Se entiende por fracción de residuos del contenedor RSU (residuos sólidos urbanos) a la clasificación y agrupación de estos según su naturaleza. Podríamos agrupar los residuos domésticos en distintas fracciones: biorresiduos, papel y cartón, textil y calzado, textil sanitario, aceites de cocina, envases ligeros, vidrio, pilas y baterías, medicamentos y otros.

De forma más general, podemos identificar cuatro grandes fracciones:

» **Fracción biodegradable**

» **Fracción combustible.** Se trata de la parte del residuo capaz de liberar energía cuando se quema.

» **Fracción resto.** Se trata de una fracción muy variable y heterogénea de residuos que no están previstos en una recogida selectiva, como la del papel/cartón, vidrio, pilas, etcétera. Es la parte de los residuos que quedaría después de la clasificación previa de estos en vidrio, papel y cartón, envases ligeros y orgánica. En esta fracción suele haber textil sanitario, residuos de limpieza doméstica, material de aseo, entre otros. Conllevan distintos procesos de tratamiento.

» **Fracción rechazo.** Se trata de la parte de los residuos que no son valorizables desde el punto de vista material y que se generan en plantas de tratamiento de residuos.

El proceso de inertización

Se trata de un proceso de neutralización del residuo desde distintos puntos de vista: químico, biológico, etcétera. En concreto podría entenderse como inerte:

[...] el residuo que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas; los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana; la lixiviabilidad, la cantidad de contaminantes de los residuos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes en el caso de un residuo inerte. (Grau y Farré, 2011: 9)

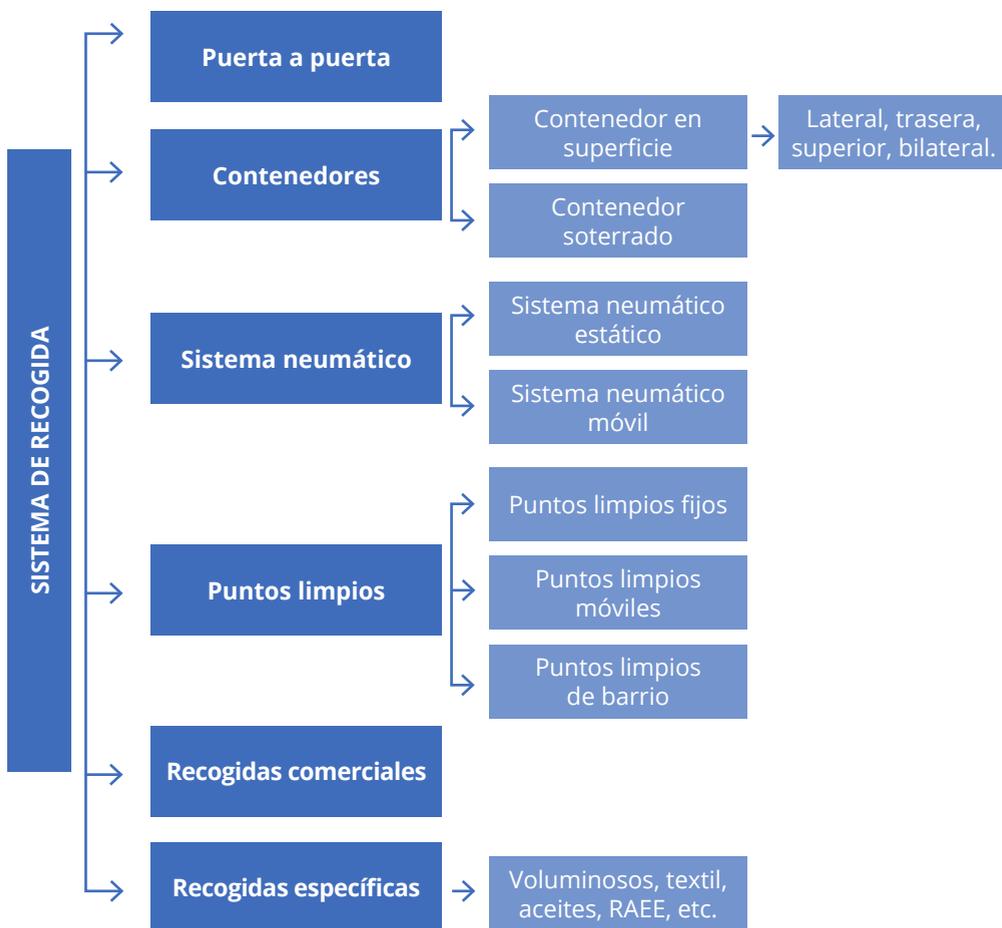
Los sistemas de recogida de basura

La gestión de los RSU implica una serie de operaciones que van desde el depósito en los distintos contenedores de clasificación cerca de los hogares, hasta el transporte y posterior tratamiento en planta. La recogida selectiva permite aprovechar una previa clasificación de los residuos por parte del usuario, en tanto que la recogida no selectiva hace referencia al acopio en un solo contenedor con independencia del tipo de residuo que sea. Para que funcione la recogida selectiva el usuario debe estar concientizado, de ahí la importancia de las campañas ciudadanas de sensibilización en torno

a los residuos. La recuperación de los RSU es de capital importancia para la economía circular.

Para la recogida existen dos tipos de sistemas. Uno basado en el transporte con vehículos y el otro en un sistema neumático estructurado a partir de conducciones neumáticas subterráneas a través de las que se desplazan los residuos hacia las plantas de transferencia y de aquí, subsiguientemente, a las plantas de tratamiento. Las plantas de transferencia serían un punto intermedio entre el de recogida y el de tratamiento. Generalmente están próximas a las poblaciones y es el sitio de acopio que permite la optimización del transporte hasta el destino final de la planta de tratamiento.

SISTEMA DE RECOGIDA DE RESIDUOS



Fuente: elaboración propia a partir de Ministerio para la Transición Ecológica (España)

3.6. LOS SISTEMAS DE PAGO POR GENERACIÓN (PxG)

Los sistemas de pago por generación son una medida de fiscalidad ambiental e implican la aplicación, al ámbito de los residuos, del principio de quien contamina paga. Los sistemas de pago por generación se plantean atribuyendo a los usuarios un coste proporcional y acorde con la cantidad de residuos que generan. Por un lado, supone un mecanismo de imputación de costes más justo, pero, además, incorpora un sistema de incentivos para propiciar la reducción, la recogida selectiva y el reciclaje en materia de residuos.

Por regla general, los sistemas de pago por generación conllevan en el importe a pagar una parte general o fija, independientemente de la generación, así como una parte específica que irá en proporción a la cantidad de residuos generados. El pago se puede realizar cuando se desecha el residuo o bien cuando se compra el producto que potencialmente implica un residuo.

3.7. LA BIOECONOMÍA

La bioeconomía es un ámbito muy importante en la economía circular asociada al sistema agroalimentario en su sentido más amplio (agricultura, silvicultura, pesca, fabricación y procesamiento de alimentos, etcétera) y que ha tenido claros efectos positivos sobre el medio rural y la fijación de capital y población al territorio en un mundo cada vez más global y urbanizado.

No obstante, el sistema agroalimentario actual tiene una serie de especificidades que están relacionadas con el hecho de ser un sistema global, controlado por un número reducido de empresas, inequitativo y que es irresponsable en el uso de los materiales, la energía y, en general, de los recursos naturales. Además, contribuye negativamente al cambio climático. En este sentido, no hay que olvidar que el sistema agroalimentario es causa y parte de la solución del cambio climático toda vez que el material vegetal y el suelo son dos grandes reservorios de carbono.

El sistema agroalimentario, aparte de fijar capital y empleo al territorio y a los espacios rurales, debe cumplir su función garantizando la seguridad, la calidad y la soberanía alimentarias, pero además debe atender a cuestiones sociales y ambientales, reformulando una ecuación basada en la economía circular y la bioeconomía.

En concreto, podemos definir la bioeconomía:

[...] como el conjunto de actividades económicas que consisten en la utilización de manera eficiente y sostenible de recursos de origen biológico para su posterior transformación en productos y servicios que generan valor económico. También cubre el uso de procesos de base biológica para industrias sostenibles.

(ADICAE 2018:25)

La bioeconomía genera bioproductos, bioenergía, alimentos, etcétera. Si la agricultura es uno de los sectores más transversales en el ámbito de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, la bioeconomía juega un papel igualmente fundamental en su consecución, permitiendo, a su vez, cerrar ciclos orgánicos que el sistema agroalimentario tradicional ha desequilibrado por diversas razones.



4. A MODO DE CONCLUSIÓN

La economía circular es un modelo de producción imprescindible para seguir profundizando en el concepto de sostenibilidad. Lejos de tener implicaciones ideológicas es, ante todo, un modelo técnico que aporta conceptos, tecnología y metodología para eliminar los residuos y/o valorizarlos. La implantación de la economía circular implica novedosas oportunidades para diversos sectores, requiriendo de importantes inversiones tanto por parte de las empresas como por parte de las administraciones públicas. Se trata, en definitiva, de un replanteamiento en profundidad de nuestro tradicional modelo de producir y consumir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADICAE (2018). *La economía circular en el sector agroalimentario*, Asociación de Usuarios de Bancos, Cajas y Seguros. Disponible en <https://bit.ly/2JAxORC>

Andersen, M. S. (2007). «An introductory note on the environmental economics of the circular economy». *Sustain Sci*, 2: 133-140. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0013-6>

Ayres, R. U. (1989). «Industrial metabolism», *Technology and environment*, California: National Academy Press, 23-49.

Bauman, Z. (2000). *Liquid Modernity*. Cambridge: Polity press.

Beck, U. (1992). *Risk Society: Towards a New Modernity*. Munich: Sage publications.

Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: innovation inspired by nature*, Harper Perennial.

Boulding, K. (1966). «The Economics of the Coming Spaceship Earth». En Jarrett, H. (ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy, Resources for the Future*. Baltimore: Johns Hopkins University Press: 3-14.

Cortés, F. J. (2018). *Relaciones ciencia-sociedad en el ámbito de la epistemología ambiental: el principio de precaución y la duda moderna neocartesiana*. Santiago: RIL Editores/Universidad Autónoma de Chile.

Elias Castells, X. y Bordas Alsina, S. 2017 [a]. *La economía circular. Noción de residuo cero. Residuos: problema u oportunidad*. Madrid: Suez.

Erkman, S. (2001). «Industrial ecology: a new perspective on the future of the industrial system», *Swiss Medical Weekly*, 131: 37-38.

Foro Económico Mundial (2019). *The global risks report 2019*, 14ª edición, WEF. Disponible en <https://bit.ly/2UDEmFx>

Frosch, R. A. y Gallopulos, N. E. (1989). «Strategies for manufacturing», *Scientific American*, 261, 3.

Fundación Conde del Valle de Salazar (2015). *La gestión de residuos municipales. Guía técnica*, Fundación Conde del Valle de Salazar / ETSI de Montes (UPM).

Ghisellini, P.; Cialani, C. y Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems, *Journal of Cleaner Production* 114: 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

Grau, A. y Farré, O. (2011). *Situación y potencial de valorización energética directa de residuos*, Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE. Madrid. Disponible en <https://bit.ly/3dRuHT1>

Hauken, P.; Lovins, A. y Hunter Lovins, L. (2000). *Natural capitalism: Creating the next industrial revolution*. San Francisco: Back Bay Books.

Jaca, C.; Ormazábal, M.; Prieto, V.; Santos, J. y Viles E. (2018): *Economía circular. Guía para PYMES*. España: Ediciones Universidad de Navarra, Eunsa.

Jelinski, L. W.; Graedel, T. E.; Laudise, R. A.; McCall, D. W. y Patel, C. K. N. (1992). «Industrial ecology: concepts and approaches», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89, 3: 793-797. <https://doi.org/10.1073/pnas.89.3.793>

Jonas, H. (2008). *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona: Herder. (Primera edición en alemán en 1979: Das Prinzip Verantwortung).

Jordan, A. J. y O'Riordan, T. (1995). «The precautionary principle in the UK environmental law and policy», en Gray, T. (ed.) *UK Environmental Policy in the 1990s*, Macmillan.

Korhonen, J.; Honkasalo, A. y Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations, *Ecological Economics*, 143: 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>

Lagadec, P. (1981). *La civilisation du risque*. París: Seuil.

Lindhqvist, Th. y Lidgren, K. (1990). *Models for Extended Producer Responsibility*, Ministerio de Medioambiente de Suecia.

Lindhqvist, Th. (1992). *Towards an [EPR]-analysis of experiences and proposals*, Ministerio de Medioambiente de Suecia.

Lindhqvist, Th.; Manomaivibool, P y Tojo, N. (2008). *La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano*. Lund University. International Institute for Industrial Environmental Economics. Disponible en <https://bit.ly/2X38Cep>

Lobato Gago, I. (2017). *Economía circular. De la eco-obligación a la eco-oportunidad*. Autopublicaciones Tagus.

Luttrop, C. (2005). *10 golden rules en ecodesign*. Estocolmo: KTM Machine Design. Disponible en <https://bit.ly/39AGlJu>

McDonough, W. y Braungart, M. (1992). *The Hannover Principles*, Hannover: Mcdonough & Partners.

McDonough, W. y Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle. Remaking the way we making things*. Nueva York: North Point Press.

Mol, A. (1997). «Ecological Modernization: Industrial Transformations and Environmental Reform», en Redclift, M y Woodgate, G, *International Handbook of Environmental Sociology*. Edward Elgam Publishing.

Nguyen, H.; Stuchtey, M. y Zils, M. (2014). *Remaking the industrial economy*, McKinsey & Company, McKinsey Quaterly. Disponible en <https://mck.co/344lpO5>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE (2001). *Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments*. Disponible en <https://bit.ly/2yviuU3>

Pearce, D. y Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Raufflet, E.; Portales, L.; García, C. y Lozano, J. F. (2017). *Responsabilidad, ética y sostenibilidad empresarial*, Pearson.

Rockström, J. et. al. (2009). «Planetary Boundaries: Exploring the safe operating space for humanity», *Ecology and Society*, 14, 2. Disponible en <https://bit.ly/2JyF1S3>

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

Wautelet, Th. (2018). «The concept of circular economy: its origins and its evolution». *Working Paper*. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.17021.87523>

SOBRE EL AUTOR

Francisco Joaquín Cortés García

Doctor en Economía y licenciado en Ciencias Políticas y de la Administración y en Sociología. Ha sido profesor en diversas universidades en las áreas de economía y sostenibilidad, habiendo publicado numerosos libros y artículos en revistas científicas y otras publicaciones especializadas. Compatibilizándola con el ámbito académico, ha desarrollado una intensa actividad profesional ocupando diversos cargos en la primera cooperativa de crédito en España, en donde se desempeña hoy como director de sostenibilidad. Asimismo, ha sido gerente de una agencia pública de desarrollo regional y consultor en microfinanzas e inclusión financiera para importantes organismos multilaterales. En la actualidad es profesor de la Universidad Internacional de La Rioja (España) e investigador asociado de la Universidad Autónoma de Chile.

Este libro forma parte de la colección Actualiza Conciencia que agrupa la elaboración de distintos materiales de divulgación científica cuyos contenidos contribuyen a la actualización de los saberes de las distintas comunidades profesionales.

OTROS TÍTULOS PUBLICADOS EN ESTA COLECCIÓN

Manual de morfosintaxis. Una propuesta de análisis del lenguaje desde la fonología

Soledad Parada Salazar

El hidrógeno como vector energético. Pieza clave en la descontaminación de la economía chilena

Dres. Carlos Fúnez y Lorenzo Reyes-Bozo

La modernidad ha impuesto una concepción del riesgo que hace a este prácticamente omnipresente, y que, necesariamente, tiene implicaciones en el ámbito epistemológico. Nos referimos al principio de precaución. Se trata de un principio sencillo, por lo general intuitivo, que nos advierte de nuestra interacción con el medio, orientándonos hacia una intervención que genere el menor daño posible al medioambiente.

Esta incertidumbre y esta nueva forma de enfrentarnos sistemáticamente a los riesgos, unido a los daños ambientales, y, en consecuencia, sociales y económicos, que la especie humana está generando en su relación con el planeta, está obligando a poner la idea de sostenibilidad en el foco de nuestra reflexión.

En este sentido, la economía circular se presenta como un modelo de producción imprescindible para seguir profundizando en este concepto, pues es, ante todo, un modelo técnico que aporta terminos, tecnología y metodología para eliminar los residuos y/o valorizarlos. Propone, en definitiva, un replanteamiento de nuestro tradicional modelo de producir y consumir.



Centro de Comunicación
de las Ciencias

Universidad Autónoma de Chile