

INFORME PARA
EL CAMBIO ESTRATÉGICO

ECONOMÍA CIRCULAR



AGRADECIMIENTOS

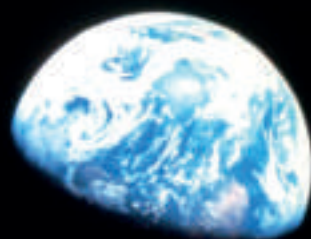
Dicen que pensar en sistemas es un ejercicio intelectual. En realidad, es mucho más que eso. Una vez que nos habituamos a ver la realidad con este prisma, el pensamiento en sistemas nos aboca a incrementar nuestra capacidad de asombro y nuestro agradecimiento. Por ello, se hace necesario comenzar este informe expresando gratitud.

En primer lugar hacia el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España, y en particular a la Directora General de Calidad y Evaluación Ambiental doña Marta Gómez Palenque y su equipo. A continuación, a la doctora doña Teresa Domenech Aparisi y a todos y cada uno de los expertos y profesionales que generosamente han aportado su tiempo y talento para hacer realidad este informe. Finalmente, gratitud hacia quien lo lea y encuentre en él algo de valor que aplicar en el ámbito de sus responsabilidades.

Para concluir, quiero expresar un deseo: que este informe sea una semilla que germine y dé fruto, para el bien de nuestro país y las generaciones venideras.

Manuel Maqueda

Director de Bionomía
San Lorenzo de El Escorial
11 de noviembre de 2024



Economía Circular: Un informe para el cambio estratégico.
Este informe es un encargo efectuado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
NIPO: 665250019



1968: Earthrise (Apollo 8). Nochebuena de 1968, imágeb tomada durante la retransmisión en la televisión de la tripulación del Apolo 8 orbitando la Luna. 'La inmensa soledad es sobrecogedora y te hace darte cuenta de lo que tienes ahí en la Tierra' Jim Lovell, piloto del módulo de mando.

ÍNDICE

04-06	EXPERTOS CONSULTADOS
07-22	PALANCAS ESTRATÉGICAS Y TRANSVERSALES
09	La economía circular como cambio de paradigma
11	Toma de decisiones circulares: transversalidad y ruptura del bloqueo lineal
14	Circularidad, ODS y descarbonización
15	La economía circular como ciencia de datos
17	La inteligencia artificial y otras tecnologías al servicio de la economía circular
19	Formación y Diseño Circular
21	Finanzas circulares: pulso actual y perspectivas estratégicas
23-30	TENDENCIAS Y PALANCAS PARA EL CAMBIO A LO LARGO DE LA MARIPOSA
23	Diagrama de la mariposa
24	Necesitamos cosas que duren
25	Cambiando propiedad por prestaciones
26	Reutilización de bienes duraderos
27	Reutilización de envases
28	Remanufactura
30	Reciclaje

32-43	PLÁSTICOS
32	¿Por qué los plásticos son un problema?
33	Principales áreas de desarrollo de estrategias y regulaciones
34	Los grandes desafíos de los plásticos
36	Los bioplásticos
38	El reciclaje de plásticos
41	Soluciones de transición Frente a soluciones sistémicas. El riesgo moral
44-51	TEXTILES
44	Textiles
45	Estrategias de economía circular en moda y textiles
46	Los tres grandes retos de los textiles
49	Estrategias circulares para textiles
52	AUTORES Y COLABORADORES
53	FUENTES

EXPERTOS CONSULTADOS



Paul Ekins

Vicepresidente del Grupo de Trabajo de Economía Circular del Reino Unido. Catedrático de Política de Recursos y Medio Ambiente, Instituto de Recursos Sostenibles de University College London (UCL). Investigador Asociado (ESCoE).

La extracción y el procesamiento de recursos contribuyen significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero y a la destrucción de la naturaleza. Al mantener los recursos en la economía durante más tiempo mediante una economía circular, se pueden reducir estos impactos. Además, la eficiencia en el uso de recursos puede estimular el crecimiento económico y hacer que las cadenas de suministro sean más resilientes. Avanzar hacia una economía circular supondría una importante contribución para la prosperidad europea en el futuro.



Dr Ken Webster

Fellow, CISL (Cambridge Institute for Sustainability Leadership). Autor "The Circular Economy: A Wealth of Flows"

Necesitamos avanzar hacia la transparencia en la composición de los productos, componentes y materiales (pasaportes de materiales) y hacia el cierre del ciclo de responsabilidad; que los productores sean legalmente responsables de cualquier residuo al final de la vida útil. Esto impulsará la innovación en diseño y en modelos de negocio en toda la cadena de valor.

Para que la economía circular sea alternativa a la economía lineal los precios deben revelar los costes totales de forma sistémica



Filipe Caamaño

Director del Protocolo Global de Circularidad, World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)

La Economía Circular es mucho más que una estrategia ambiental; representa un cambio transformador en la forma en que las sociedades producen, consumen y valoran los recursos. Como herramienta fundamental para acelerar la descarbonización y regenerar la naturaleza, también abre importantes oportunidades económicas para las empresas, gobiernos, ciudades y hogares. Podemos lograr simultáneamente una producción y un consumo sostenibles priorizando el rediseño sistémico, fomentando la colaboración en la cadena de valor e impulsando la innovación de forma escalable —todo ello respaldado por políticas eficaces, instrumentos financieros y mecanismos robustos de datos de circularidad. Estos esfuerzos impulsan la transición hacia un modelo económico regenerativo, asegurando la resiliencia tanto para los sistemas ecológicos como económicos, todo ello visto a través del prisma de una transición justa.



Alejandro Gallego Schmid

Profesor Titular en Economía Circular y Evaluación de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida. Director de Sostenibilidad Ambiental y Participación en la Escuela de Ingeniería, Universidad de Manchester

La economía circular es una estrategia esencial para la descarbonización y el desarrollo sostenible. Con el 45% de las emisiones globales vinculadas a la producción, el uso y la eliminación de materiales, adoptar estrategias circulares permite reducir significativamente nuestra huella de carbono. Esta reducción es crucial en sectores difíciles de descarbonizar, como la producción de cemento y acero, la incineración de plásticos y el sector agroalimentario, que incluye, por ejemplo, las emisiones asociadas a los cambios en el uso de la tierra y la generación de residuos alimentarios. Al fomentar aspectos como la reutilización, el reciclaje y la prolongación de la vida útil de los productos, la economía circular no solo mitiga las emisiones, sino que también promueve una gestión más responsable de los recursos. En este sentido, la economía circular es una potente alternativa para construir un futuro más limpio y sostenible.



Maria Giraldo

Responsable de comunicación y sensibilización de Moda re-

Debemos optimizar la oportunidad única que tiene nuestro país para ser el epicentro en gestión eco social del residuo textil de Europa. Es esencial la sensibilización desde etapas tempranas en consumo, la reparación y el etiquetado. Una clientela experta es el mejor regalo para la transformación circular; porque en moda, cada persona tiene el poder de decidir si una prenda es tesoro o residuo.



Chrysostomos Adamidis

Consultor y Formador, Circular Economy Alliance

El éxito de una hoja de ruta de economía circular depende de alinear los incentivos financieros, regulatorios y de mercado para hacer de la circularidad la opción predeterminada, tanto para las industrias como para los consumidores.

EXPERTOS CONSULTADOS



Joan Marc Simon

Fundador de Zero Waste Europe

Una hoja de ruta efectiva tiene que incluir medidas que vayan más allá de la gestión de residuos para abordar eficazmente tanto la producción como el consumo circulares. Hasta la fecha la legislación nacional y Europea ha negligido los incentivos económicos para facilitar que el consumidor pueda contribuir en esta transición



Kathrine Maceratta

Consultora de Sostenibilidad, sector CPG

Me parece importante tener una vision sistémica, mirando no solo los incentivos puntuales que fomenten una mayor adopción de modelos circulares, sino considerando también su efecto en toda la cadena de valor; e incluyendo los tiempos de transición para crear las infraestructuras necesarias para que este sea un cambio permanente



Sian Sutherland

Cofundadora de A Plastic Planet, PlasticFree y Plastic Health Council

No tiene sentido centrarse en acciones pequeñas cuando aún tenemos que establecer correctamente los fundamentos. A partir de buenos cimientos, podemos construir mejor y más rápido. Primero necesitamos repensar exactamente qué significa 'circular'. Solo hay un círculo que importa y se llama Naturaleza. La naturaleza es completamente circular; no hay residuos. Todo en la Naturaleza se convierte en los nutrientes necesarios para la siguiente etapa de crecimiento. Todo vuelve al suelo, en la tierra y el mar, como un nutriente seguro y vivificante. Ese círculo se rompe cuando contaminamos los recursos naturales. Imagina si simplemente tomáramos prestados materiales de la Naturaleza, los convirtiéramos en materiales útiles para nosotros pero manteniéndolos fundamentalmente limpios y seguros para que cuando vuelvan a la Naturaleza, regresen como nutrientes, no como residuos. Eso es ser circular. Las economías pueden construirse sobre esa base, economías que prosperan porque la Naturaleza prospera



Ramón Arratia

Chief Sustainability Officer, Ball Corporation

Va a ser difícil competir con China en tecnología verde o en materias primas pero con la economía circular tenemos una posibilidad de competir, reusando y reciclando los productos y materiales. Europa tiene ventajas en tecnologías de circularidad y España puede aprovechar una de las batallas que son ganables



Luis Medina-Montoya

Director de proyectos Fundación para la Economía Circular

Una hoja de ruta efectiva exige corresponsabilidad: empresas y procesos transparentes en sus impactos y consumidores informados que elijan productos circulares. España debe liderar fusionando innovación, educación y enfoques regenerativos, rediseñando cadenas de valor donde cada actor, desde productor hasta usuario final, sea un eslabón clave para cerrar el círculo



Cynthia Reynolds

Fundadora, Circular Economy Coalition

Un plan de ruta de economía circular verdaderamente transformador debe ir más allá de cambios incrementales. Debe priorizar el rediseño sistémico sobre el mero cumplimiento normativo, incorporando prácticas regenerativas, métricas de bienestar a largo plazo y una distribución equitativa de recursos para garantizar una economía resiliente que sirva tanto a las personas como al planeta.

Conviene examinar una hoja de ruta de la economía circular a través de cuatro perspectivas —pensamiento sistémico, innovación, inclusividad y gobernanza. Así podemos alinear los esfuerzos fragmentados y amplificar la colaboración. El fortalecimiento de los mecanismos de inclusividad y gobernanza asegura un marco transformador que regenera los recursos, empodera a las comunidades y genera valor social duradero.



Holly Kaufman

Directora del Plastics and Climate Project y Senior Fellow, Plásticos y Clima, World Resources Institute

La economía circular solo es alcanzable mediante un cambio cultural que restaure a las personas, el medio ambiente y los servicios ecosistémicos de los que dependemos para nuestra supervivencia física y todo el comercio. Antes de lanzar cualquier producto, proceso o tecnología al mercado, o implementar cualquier política, debemos preguntarnos: '¿Y después qué?' Esa pregunta es la esencia del Principio de Precaución que debemos integrar en cada aspecto de la sociedad. Para lograr una economía circular, debemos restaurar los sistemas naturales y alinearnos con ellos.

Todo va a parar a algún sitio. Ningún producto, persona, especie o ecosistema es 'desechable'. ¿Quién paga por los daños y cómo? Por muy atractiva que sea la circularidad como ideal, no todo lo que los humanos han producido es compatible con un sistema de ciclo cerrado. Las 'entidades novedosas' - aquellas que no existen en la naturaleza y que la naturaleza no puede absorber, como los plásticos- nunca podrán ser circulares.



www.bionomia.eco

EXPERTOS CONSULTADOS



Frank Boons

Catedrático de Economía Política
de la Sostenibilidad y Director del
Maastricht Sustainability Institute,
Universidad de Maastricht

¿Cuáles son las palancas clave para la Circularidad?

La reflexión humana, la toma de decisiones y la acción. Son las acciones cotidianas de nosotros como productores y consumidores de bienes y servicios las que crean los flujos de materiales que buscamos modificar inspirados en el concepto de economía circular. Reflexionar sobre estas acciones y la verdadera razón detrás de ellas (utilizando preguntas como: "¿Realmente necesito este producto?" "¿Puedo hacer esto de una manera diferente que reduzca mi dependencia de las cosas?"), puede llevar a decisiones que realmente nos muevan de modos lineales de provisión y estilos de vida hacia otros más sostenibles.

¿Cuál es la contribución potencial de la Economía Circular a la descarbonización y el desarrollo sostenible?

La contribución potencial es que un uso reducido y más inteligente de los materiales reducirá nuestra huella de carbono y nos ayudará a vivir dentro de los límites planetarios, como una opción igualmente accesible para todos los miembros de la sociedad, ahora y en el futuro. Esto solo puede lograrse si nos fijamos en los niveles absolutos de uso de materiales, en lugar de las medidas relativas de eficiencia material. Estas últimas no nos llevan a usar menos material y mantienen viva la promesa del crecimiento económico continuo.

¿Cuáles son los componentes estratégicos clave del concepto de Economía Circular?

El componente estratégico clave del concepto de economía circular está en la palabra 'economía', que se refiere a la forma en que satisfacemos nuestras necesidades como seres humanos. El uso de materiales es una función de esas necesidades y, consecuentemente, la forma más estratégica de abordar la transición hacia una economía circular es reflexionar sobre dichas necesidades: ¿realmente

necesitamos la cantidad y diversidad de cosas que estamos produciendo actualmente, y distribuimos esta producción de manera justa a todos en la sociedad? Debatir y responder a esta pregunta nos guiará hacia respuestas sobre cuáles son las formas deseables de hacer circular, y no desperdiciar, los materiales que tenemos en este planeta.

¿Qué áreas clave de acción deben abordarse para acelerar la transición hacia la economía circular?

Para acelerar la transición circular es fundamental disponer de datos sobre cómo los materiales viajan a través de nuestra economía, de manera que nos permita tomar decisiones basadas en evidencia sobre dónde tiene sentido una estrategia específica de circularidad y dónde no. Los esfuerzos actuales siguen guiándose más por las buenas intenciones y la expectativa de rentabilidad, en lugar de basarse en una comprensión del sistema de flujos de materiales que es la base de nuestra sociedad y nuestra forma de vida.

¿Cuáles son los principales elementos disruptivos del concepto de Economía Circular?

En muchas de sus interpretaciones actuales, el concepto de economía circular no conlleva ningún componente disruptivo: cada vez que se ve como automáticamente alineado con la sostenibilidad y/o solo viable cuando conduce al crecimiento económico. Cuando el concepto de 'economía circular' se ve como una invitación a utilizar los materiales de manera considerada, entonces la relación con la sostenibilidad es compleja y requiere atención; su conexión con el crecimiento económico también requiere una reflexión crítica. En comunidades donde, por ejemplo, se practica el consumo colaborativo, el potencial disruptivo de los enfoques subsumidos bajo la etiqueta "economía circular" se hace evidente. Dado el carácter dependiente del contexto de este potencial, sería mejor utilizar el término 'economías circulares' en lugar de la etiqueta estrechamente utilizada de economía circular con mayúsculas.



EXPERTOS CONSULTADOS



Alvaro Conde Soria

Consultor de Investigación en
Circle Economy Foundation



Pau Ruiz Ballestin

Consultor de Investigación en
Circle Economy Foundation

Contexto General | ¿Cuál es la contribución potencial de la economía circular a la descarbonización y el desarrollo sostenible?

El uso de materiales constituye la base física de la economía. Sin embargo, la extracción global de materias primas, que se ha cuadruplicado en los últimos 50 años, es el principal impulsor de la triple crisis planetaria: cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación. El flujo de materiales —la cantidad total de recursos materiales que ingresan a la economía global anualmente— ha alcanzado los 100 mil millones de toneladas al año. La economía global actualmente consume casi el doble de lo que la Tierra puede reponer de manera segura, mientras que las emisiones de gases de efecto invernadero, que están estrechamente vinculadas al uso de materiales, continúan aumentando, y la circularidad de materiales es baja y decreciente.

La renovación de la gestión de recursos materiales —es decir, cómo las materias primas se transforman en beneficios para la sociedad— es, por tanto, fundamental para lograr el bienestar dentro de los límites planetarios. La situación en la que nos encontramos es, en esencia, un fallo de gestión macroeconómica, que requiere un cambio fundamental hacia principios sólidos de circularidad y sostenibilidad en todas las actividades económicas.

Las soluciones de economía circular, que buscan transformar fundamentalmente la gestión de recursos, son relevantes para garantizar que las sociedades operen dentro de límites científicamente definidos. La economía circular implica una gestión más inteligente y estratégica de estos recursos físicos, transformando cómo se utilizan los materiales para satisfacer necesidades y proporcionar bienestar mientras se reduce el impacto ambiental asociado al uso de materiales. Es una especie de solución definitiva —un "medio para un fin"— para el desarrollo sostenible.

¿Cuáles son las palancas clave para la Circularidad? ¿Qué áreas de acción clave deben abordarse para acelerar la transición hacia la economía circular?

La economía circular contribuye a repensar y optimizar cómo el uso de recursos se traduce en beneficios sociales sin sobrepasar los límites ecológicos. Sin embargo, el sistema económico actual está orientado hacia la linealidad, no la

circularidad. Para desplegar a gran escala todo el potencial de una economía circular baja en carbono, se requiere una acción política fuerte y decidida, dirigida a cambiar las 'reglas del juego' y realinear los incentivos.

Los gobiernos son actores clave en esta transformación, y en encargarse que sea mucho más fácil y atractivo transformar los modelos de negocio e industrias actuales en lugar de continuar bajo un escenario de 'normalidad'. La transformación requiere un marco regulatorio ambicioso, basado en políticas que desalienten activamente las prácticas perjudiciales para el medio ambiente mientras recompensan las sostenibles, remodelando de modo eficaz cómo operan las industrias. En segundo lugar, se necesitan ajustes a nivel de políticas fiscales, mecanismos de precios y prácticas comerciales para reflejar los verdaderos costes ambientales y apoyar la financiación de iniciativas de economía circular. Por último, una transición exitosa requiere inversión en formación y educación para desarrollar experiencia en prácticas de economía circular, asegurando una distribución justa de oportunidades y previniendo el desplazamiento de la fuerza laboral.

Potencial de la economía circular en España

La adopción de prácticas de economía circular es crucial para abordar los desafíos ambientales de España, construir resiliencia socioeconómica y anclar el desarrollo sostenible. Transformar el funcionamiento de los sistemas clave será esencial para lograr este objetivo. Algunas áreas clave de enorme potencial para que España construya una economía circular baja en carbono y ligera en recursos incluyen:

■ **Revitalizar** sus regiones industriales con una nueva perspectiva circular que promueva la eficiencia de recursos, la simbiosis industrial y fomente la competitividad y la innovación.

■ **Aprovechar** el potencial de la circularidad para la bioeconomía española para asegurar una gestión sostenible de los ricos recursos biológicos del país.

■ **Transición** hacia una economía turística sostenible, alineando una de las actividades económicas más destacadas de España con las necesidades ecológicas del país.

■ **Utilizar** la economía circular como marco holístico para el desarrollo urbano para hacer las ciudades españolas más sostenibles y resilientes.



Introducción

UN INFORME PARA EL CAMBIO ESTRATÉGICO

Este informe busca proporcionar información y orientación cara a la elaboración de una hoja de ruta nacional de alto nivel para la transición de España hacia una economía circular, que sea sagaz, relevante, aplicable, innovadora, eficaz y con visión de futuro.

En un primer apartado del informe, nuestro análisis ofrece una perspectiva general del "pulso" global actual de la economía circular, centrándose primero en una serie de palancas o principios sistémicos que a menudo son obviados. A continuación se examinan algunas estrategias circulares específicas, ordenadas según el orden de los flujos del diagrama de la mariposa. En un segundo apartado ponemos el foco en los retos y oportunidades de dos sectores estratégicos: plásticos y textiles.

Para elaborar este informe hemos examinado las tendencias y mejores prácticas internacionales en economía circular, con especial atención a las iniciativas recientes y relevantes de países de la Unión Europea. En lugar de intentar ser exhaustivos, hemos seleccionado aquellas con los desafíos y oportunidades más significativos (pulsos circulares) y los hemos emparejado con estrategias para darles respuesta (palancas circulares).

Bionomía ha recabado opiniones expertas y citas de 16 líderes de pensamiento internacionales, entre los que encontramos algunas de las voces más prestigiosas de la Economía Circular a nivel mundial. Sus aportaciones marcan el tono en las primeras páginas de este trabajo.

A lo largo y ancho de este informe ofrecemos una perspectiva crítica, pero basada en el rigor científico, y avalada tanto por casos de estudio como por las opiniones cualificadas de reconocidas voces de la economía circular.

ESPAÑA ANTE LA ENCRUCIJADA

España se enfrenta a desafíos críticos que amenazan su bienestar presente y futuro. Estos incluyen una excesiva dependencia de las importaciones de materias primas y combustibles fósiles, la volatilidad de precios en los mercados globales, la creciente emergencia climática y la singular vulnerabilidad de nuestro territorio a sus impactos; la degradación ambiental, el desempleo y el riesgo de desindustrialización a medida que las empresas trasladan su producción fuera de sus fronteras¹.

Para preservar la cohesión social, la prosperidad, la resiliencia y la competitividad –y para preparar nuestra economía frente al cambio climático– España necesita eliminar los riesgos asociados a su alta generación de residuos y a su dependencia de las importaciones; crear empleo, y asegurar los recursos naturales, materiales y productos críticos, al tiempo que llevar a cabo la transición ecológica y descarbonizar su economía. La economía circular ofrece soluciones sinérgicas y sostenibles a todos y cada uno de estos desafíos².

DEJANDO ATRÁS MALENTENDIDOS Y ERRORES COMUNES

La transición a una economía circular es ineludible y extraordinariamente ventajosa, tanto desde el punto de vista económico como ecológico. España, por la naturaleza singular tanto de sus retos como de sus oportunidades debería ser un país líder en esta transición circular. Sin embargo, el recorrido de España en esta materia no ha sido lo satisfactorio que cupiera

de esperar. Sin entrar en pormenores, un malentendido que ha prevalecido en España –y también en muchos otros países– es ver la economía circular como una disciplina enfocada en mejorar la eficiencia económica y ecológica de la economía actual, con un foco singular en el manejo de los residuos. Esto es un error de concepto que, paradójicamente, refuerza las ineficacias de la economía lineal que buscamos dejar atrás y al mismo tiempo que impide desplegar el verdadero poder transformador de la economía circular³.

Según una heurística comúnmente aceptada, el 80% de los impactos ecológicos y económicos se determinan en la fase de diseño. Buscar una mejor eficiencia a través de intervenciones en las partes bajas de las cadenas de valor, aunque sea ventajoso en el corto plazo, nunca debe hacernos perder el foco en destino último: acometer un rediseño profundo de la estructura económica y de los modelos de negocio para hacerlos circulares y a prueba de futuro⁴.

Rediseñar significa innovar. E innovar, si bien es exponencialmente más ventajoso que mejorar, es algo más difícil de imaginar y de gestionar para gobiernos y empresas que las mejoras incrementales de la realidad existente.

A lo largo y ancho de este informe hay llamadas constantes a no perder de vista la importancia del diseño y la innovación, al tiempo que ofreceremos caminos tangibles y ejecutables para aterrizar esta visión.

Por otro lado, el carácter sistémico de la economía circular y su comprensión desde el diseño nos hará plantearnos la necesidad de enfoques transversales, que atraviesan los silos planteados por las estructuras tradicionales de la administración y de los sectores económicos.

La relación entre economía circular y descarbonización nos llevará a replantearnos la coordinación con este tipo de medidas desde una óptica circular.

Por último a través de la comprensión del fenómeno del bloqueo lineal es decir de cómo decisiones pasadas y presentes pueden llevarnos a la creación de situaciones que estructuralmente refuercen la economía lineal en el largo plazo y dificulten la transición hacia la circularidad que buscamos.

También haremos hincapié en la necesidad de métricas, trazabilidad y excelencia en datos así como en aprovechar las oportunidades planteadas por las nuevas tecnologías.

EL FUTURO ES CIRCULAR

La transición hacia una economía circular ofrece no solo beneficios ambientales, sino también ventajas económicas y estratégicas más amplias, incluyendo una mayor seguridad de recursos, avances hacia la neutralidad climática, reducción de la contaminación, apoyo a la actividad industrial local, ahorro de energía y materiales, nuevas oportunidades de negocio y creación de empleo.

Al proporcionar esta visión integral del panorama global de la economía circular, pretendemos equipar a los responsables políticos, empresas y otros actores interesados españoles con visiones sagaces para impulsar la transición de España hacia un modelo económico más sostenible, resiliente y competitivo. Aprendiendo de los éxitos, fracasos y tendencias emergentes a nivel global, España puede posicionarse a la vanguardia de la revolución de la economía circular.



La economía circular como cambio de paradigma

El error más común sobre la economía circular es olvidar su aspecto sistémico para centrarse en la gestión de residuos. El segundo error más común es creer que la economía circular busca mejorar la eficiencia de la economía lineal. Ambos errores están relacionados entre sí, y ambos tienen la peligrosa capacidad de desactivar la economía circular con el pretexto de impulsarla. Evidenciar estos dos errores es al mismo tiempo una tendencia importante dentro del pulso actual de la economía circular, y también constituye una de las principales teclas a tocar o palancas a mover si deseamos elevar el nivel de la economía circular en España.

Estos errores han sido y son beneficiosos precisamente para las industrias y sectores más contaminantes y más atados a la generación de residuos, así como para todos aquellos agentes interesados en preservar el status quo de la economía lineal.

Los más notables autores y líderes de pensa-

miento (como Catherine Wheelman, Walter Stahel, y Ken Webster), y notables instituciones (como Circular Economy Alliance, Circular Economy Coalition, Circle Economy Foundation, y otras) son cada vez más contundentes en su lucha contra estos dos errores, al tiempo que reivindican la verdadera naturaleza de la economía circular como una disciplina focalizada en el rediseño sistémico de los intercambios de valor.

Si asumiésemos el error de que la economía circular consiste meramente en gestionar mejor los residuos que produce la economía lineal, estaríamos creando incentivos económicos para que dichos residuos se continúen generando, al tiempo que estaríamos aliviando la presión que pudiera haber para que

dichos sectores reduzcan o eliminen dichos residuos. Esta visión errónea es también regresiva desde un punto de vista social, ya

que en el modelo lineal la responsabilidad y los costes asociados al fin de vida de los productos recaen en manos de quienes los adquieren, y no en manos de quienes los diseñaron o los vendieron.

El principio esencial de la economía circular es mantener, por diseño, materiales, componentes y productos en uso durante el mayor tiempo posible al más alto valor posible. Dichos materiales, productos y componentes contienen energía, trabajo y

emisiones incorporados, y es de máxima importancia económica y ecológica retenerlos. Por ello el conocido Diagrama de la Mariposa crea un orden de prelación de las estra-

‘Es clave entender que la economía circular no busca una economía lineal más eficiente, sino la transición a un sistema circular eficaz’

PALANCAS ESTRATÉGICAS Y TRANSVERSALES

tegias circulares de forma que las estrategias de gestión de residuos (como el reciclaje, la biodigestión, la pirólisis, etc) aparecen como “último recurso” una vez implementadas y agotadas las anteriores.

‘Es clave entender que la economía circular no busca una economía lineal más eficiente, sino la transición a un sistema circular eficaz.’

Manuel Maqueda
Director de Bionomia

Por tanto, las actuaciones dirigidas a buscar una mejor eficiencia de la economía lineal nunca deben hacernos perder el foco en destino último: acometer un rediseño profundo de la estructura económica y de los modelos de negocio para hacerlos circulares y a prueba de futuro⁵. El resultado no es una economía lineal más eco-eficiente ya que todavía será contaminante e intensiva en recursos; sino una economía circular eco-efectiva, intensiva en empleo, que preserva los materiales, componentes y productos en su máximo valor de uso, eliminando simultáneamente la toxicidad y la contaminación, y restaurando el capital natural. Cualquier plan estratégico debe tener esto como pilar fundamental, especialmente en un país como España donde el desempleo estructural es tristemente endémico.

EL HIDRÓGENO VERDE LINEAL COMO EJEMPLO

Desafortunadamente, gran parte de los planes para descarbonizar la energía se están acometiendo con una mentalidad lineal que hace suyos los errores comunes que aquí estamos rebatiendo. Esto está sucediendo a nivel internacional.

Para entender las implicaciones veamos un ejemplo: imaginemos un plan de implantación del hidrógeno verde en el que la economía circular se concibe desde estos dos errores comunes y por tanto sólo sería considerada para hablar de la valorización de residuos biológicos como fuente potencial de combustible en la fabricación de hidrógeno. Desde este enfoque reduccionista, estaríamos perdiendo de vista oportunidades importantes en el diseño circular de sistemas e infraestructuras y en el manejo circular de stocks y de flujos de materiales. Por ejemplo:

INSTALACIONES, EQUIPAMIENTOS E INFRAESTRUCTURAS:

De hidrógeno verde que deberían de seguir un diseño circular permitiendo que dichas instalaciones contengan los componentes y materiales para sucesivas instalaciones futuras. Idealmente también, aprovechar instala-

ciones, infraestructuras, materiales y componentes ya existentes. También tener un diseño modular en previsión de cambios en las necesidades; y actualizable, para que las nuevas tecnologías futuras puedan ser incorporadas fácilmente. No hacerlo así aumentará los costes y las emisiones en el corto plazo, y puede llevarnos a necesidades sucesivas de extraer más materiales y emitir más GEI en el futuro, que pueden poner en riesgo el propósito del hidrógeno de descarbonizar la energía.

INSUMOS CRÍTICOS:

El platino y el iridio necesarios en los sistemas de hidrógeno son exponencialmente cada vez más caros y escasos. Estos metales provienen en su mayoría de Rusia, Sudáfrica y Zimbabue, países ni cercanos ni muy estables geopolíticamente. No tomar medidas para garantizar la circularidad del platino y del iridio (mediante diseño, pasaportes digitales ,etc.) parece una apuesta estratégica arriesgada cara al futuro.

AGUA DULCE:

La economía circular se preocupa especialmente por este bien tan escaso ypreciado, en este caso esencial para obtener hidrógeno por hidrólisis. España en general, y en especial en zonas de máximo estrés hídrico e impacto climático como el Campo de Gibraltar, considerar el ciclo hídrico parece esencial. No prever soluciones sistémicas para el agua hoy puede llevarnos a tener que desalar agua de mar en un futuro, lo que de nuevo puede dar al traste con el propósito descarbonizador del hidrógeno.

Este simple ejemplo pretende ilustrar cómo un enfoque lineal aplicado a algo tan importante y necesario como es la descarbonización energética puede crear un “bloque lineal” (concepto que examinaremos en el siguiente apartado) y crear posibles problemas futuros de abastecimiento y de residuos evitables, al tiempo que probablemente impidiendo la descarbonización misma si vemos en conjunto el sistema a largo plazo.

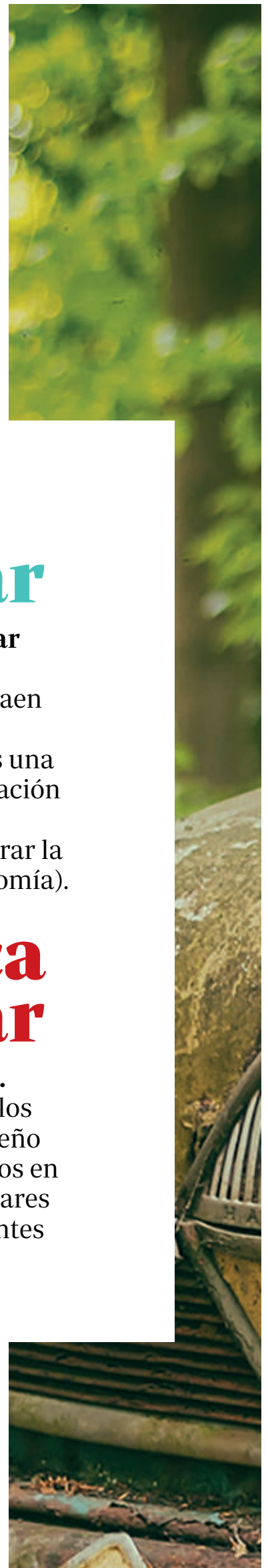
Una heurística comúnmente aceptada dice que el 80% de los impactos ecológicos y económicos se determinan en la fase de diseño. Y quizás sea esta también una excelente heurística a la hora de orientar las acciones orientadas a fomentar la economía circular. No estaría de más preguntarnos si el 80% de las actuaciones, el 80% del presupuesto, etc están dirigidas al rediseño del sistema.

Pulso circular

La economía circular como cambio paradigmático (se caen los mitos de que la economía circular es una economía de valorización de residuos, o una estrategia para mejorar la eficiencia de la economía).

Palanca circular

Educar a los líderes.
Focalizar un 80% de los esfuerzos en el rediseño del sistema o al menos en las estrategias circulares que se encuentran antes del fin de vida.



Toma de decisiones circulares: transversalidad y ruptura del bloqueo lineal

El potencial de la economía circular se despliega cuando comprendemos que es una disciplina transversal que propone un cambio sistémico. Este cambio sistémico no requiere tanto que se hagan cosas diferentes en cada área de actividad humana, sino de que todas las cosas que se hagan en todas las áreas de actividad se hagan de manera diferente.

Esta distinción entre el qué y el cómo es esencial a la hora de realizar un despliegue transversal de la circularidad. Llamar la atención sobre este hecho es una tendencia entre los líderes de pensamiento en economía circular y al tiempo una importante palanca de cambio, por lo que debe estar muy presente en cualquier plan estratégico de economía circular.

El bloqueo lineal es un concepto clave para entender de forma completa los retos y las oportunidades de la economía circular. El bloqueo lineal (linear lock-in inglés) describe un conjunto de elementos estructurales presentes en la economía y que perpetúan la linealidad del sistema⁶.

Un ejemplo que a menudo cita el autor Walter Stahel sería una fiscalidad nacional sesgada para penalizar el empleo y para facilitar el consumo, en la cual por tanto resulta más ventajoso comprar cosas nuevas que contratar empleados para que realicen las actividades típicas de la economía circular, como mantenimiento, reparación, remanufactura etc. Otro ejemplo de bloqueo lineal citado por Stahel sería la legislación fiscal y el marco contable en materia de amortización de bienes de equipo.

Pasado el periodo máximo de amortización de dichos bienes (por ejemplo una silla que se amortizase en cuatro años) desaparecen los incentivos fiscales para mantener dicho bien en uso, ya que la amortización fiscal no puede ser negativa, y el incentivo fiscal nos impulsa hacia la compra de una nueva silla.

La contratación pública puede también ser un ejemplo de bloqueo lineal cuando favorece la compra de activos nuevos y no la rema-

nufactura de los activos usados. Las normas sanitarias también pueden perjudicar la utilización de materiales reciclados, o la reutilización de envases, para usos alimentarios, etc.

Las decisiones políticas y las inversiones públicas y privadas también nos pueden llevar al bloqueo lineal. Por ejemplo, en Dinamarca, se acometieron grandes inversiones en incineradoras de residuos para generar energía, lo que en su momento parecía una forma ingeniosa de obtener electricidad y agua caliente para calefacción. Hoy en día la incineración de residuos representa el 5% de la generación de electricidad y cerca del 20% de la calefacción urbana en Dinamarca. Esta inversión en infraestructura de incineradoras tardará décadas en ser amortizada, al tiempo que ha atado al país con una tecnología polémica y contaminante, y ha creado una demanda continua de residuos que ha reforzado la economía lineal.

Para evitar el bloqueo lineal y para transicionar eficazmente hacia una economía circular es necesario que los principios de la economía circular sean comprendidos y asumidos a un nivel transversal. En el caso de las administraciones públicas esto implica una asunción de los principios de la economía circular a nivel interministerial e interdepartamental.

Una hoja de ruta de economía circular difícilmente sería efectiva si no incidiese mucho en este tema.

Si bien las áreas de medio ambiente de las administraciones públicas pueden ser catalizadoras principales de una aplicación transversal de la economía circular, llevarla a cabo de forma eficaz y sistémica conlleva los retos de formar en mentalidad circular a la totalidad de áreas administrativas para que hagan suyas las palancas de cambio circulares.

Solo de esta manera podremos desplegar el potencial transformador de la economía circular según el cual “no se trata de hacer cosas diferentes sino hacer todo de forma diferente.”

Pulso circular

Aplicación sistémica de la economía circular como interés nacional.

Palanca circular

Educar a los líderes en las oportunidades de la economía circular para impulsar prácticamente todas las áreas de acción política y económica. Posicionar la economía circular como estrategia nacional. Crear espacios transversales para visibilizar casos de éxito.

PALANCAS ESTRATÉGICAS Y TRANSVERSALES

EJEMPLOS DE CIRCULARIDAD TRANSVERSAL EN DISTINTAS ÁREAS ADMINISTRATIVAS:

	 Palanca transversal	 Ejemplos
SANIDAD	● Incrementar la salud material, ambiental y humana y reducir costes sanitarios. ● Reducir la presencia y circulación de PFAS, microplásticos, disruptores endocrinos y otros tóxicos.	● Programa de guarderías no tóxicas en Suecia. ● Hospitales de Karlstad, Varmland, and Suecia y Hospital Joseph Bracops, en Anderlecht, Bruselas,
EDUCACIÓN	● Extensión de los principios de economía circular en todo el sistema educativo, desde educación primaria hasta educación superior. Formación específica en capacidades circulares	● Sistema educativo de Finlandia, donde se enseña economía circular desde primaria. La Universidad LAB de Finlandia forma más de 1000 profesionales circulares cada año.
INFRAESTRUCTURAS Y TRANSPORTES	● Diseño circular y uso de la inteligencia artificial. ● Fomento de movilidad compartida	● Plan de viaductos modulares reutilizables en Países Bajos para Rijkswaterstaat. ● Mantenimiento predictivo con inteligencia artificial de Siemens para el Deutsche Bahn. ● Políticas para fomentar la movilidad compartida en Amsterdam que han reducido los coches en propiedad en un 20%.
INDUSTRIA	● Fomento de la remanufactura.	● Plan nacional “Cambie lo nuevo por lo remanufacturado” en China y legislación asociada. ● Empresas como Renault, Caterpillar y Volvo: ahorros del 70% en energía y emisiones, del 30% en costos. Retornos de inversión 5 veces superiores.
HACIENDA Y FINANZAS	● Incremento del ahorro público. ● Fomento de la economía circular a través de la fiscalidad. ● Fomento de la inversión en economía circular y de la mentalidad circular entre los inversores.	● La hacienda escocesa ahorra 500 millones de libras al año con iniciativas de economía circular. ● Deducción del 50% en el IRPF de los gastos de reparación de electrodomésticos en Suecia. ● Colaboración público-privada para aumentar la financiación circular en Japón.
COMPRAS PÚBLICAS	● Favorecer la renovación y remanufactura y evitar comprar equipamientos nuevos. ● Favorecer materiales reciclados y recuperados.	● Camiones de basura convertidos a eléctricos (Upcycled Electric Vehicle (UEV) en Reino Unido. ● Normativa de compras públicas “verdes” en Australia y EEUU.
EMPLEO	● Aumento de la intensidad en empleo de la economía. ● Aumento de la resiliencia del empleo.	● Medidas adoptadas en Finlandia a propuesta del Fondo finlandés de innovación (Sitra). ● El programa francés de incentivos a la reparación ha creado más de 10.000 empleos
PRESIDENCIA Y ASUNTOS EXTERIORES	● Reducción de la dependencia de importaciones y protección frente a shocks internacionales. ● Todas las estrategias de economía circular para contabilizar, gestionar y preservar stocks, especialmente frente a insumos críticos.	● China entiende la intensidad en recursos de su economía como una vulnerabilidad estratégica nacional y ya está en su séptimo plan quinquenal de Economía Circular.
AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN	● Agricultura regenerativa para ahorrar insumos y mejorar el suelo y la hidrología.. ● Lucha contra el desperdicio alimentario	● Cultivo regenerativo de almendras en España en dehesas ecosistémicas: 40% más de rendimiento y 70% de ahorro de agua, aumentando la biodiversidad y la retención hídrica. ● Uso de inteligencia ambiental en la gestión logística de productos agrícolas en los supermercados Shufersal de Israel.

PALANCAS ESTRATÉGICAS Y TRANSVERSALES

EN EUROPA



Y EN EL MUNDO



Circularidad, ODS y descarbonización

El carácter transversal y sistémico de la economía circular afecta radicalmente a la mirada con la que se planifican y ejecutan grandes objetivos, como la descarbonización o la agenda 2030. Por tanto, una hoja de ruta sobre economía circular debe jugar, al menos, un papel codirector de las otras estrategias.

Si bien no es el propósito de este informe el adentrarnos especialmente en aspectos de eficiencia energética y de descarbonización, debemos mantener muy presente, a lo largo y ancho de este informe un dato clave: aproximadamente el 45 % de las emisiones de gases de efecto invernadero están asociadas a la obtención y procesamiento de recursos naturales y a su transformación en todo tipo de componentes y productos, incluidos bienes de equipo e infraestructuras.

Por lo tanto, aún en el supuesto de que mañana mismo consiguiésemos descarbonizar completamente la generación de energía y todos los medios de transporte, solamente habríamos logrado una reducción del 55 % de las emisiones totales. Dicho de otra manera: si no realizamos un cambio sistémico hacia una economía circular es imposible eliminar el 45 % de las emisiones de gases de efecto invernadero. Nuestros mejores esfuerzos en energía y transporte son fútiles si se enmarcan dentro de un paradigma lineal que extrae, fabrica y tira.

Un ejemplo sería la construcción de infraestructuras para descarbonizar la energía, desde plantas de generación con energía renovables a centros de distribución para vehículos eléctricos o incluso los propios vehículos. Dichas infraestructuras y equipos, si no se planifican con una mirada circular, pueden resultar en la paradoja de un bloqueo lineal que cree una bomba de efecto retardado que genere un incremento neto de las emisiones, un incremento de las actividades extractivas, y una gran cantidad de residuos difíciles de reciclar.

Por ejemplo, se espera que la cifra de residuos procedentes sólo de las aspas de los aerogeneradores alcance los 42 millones de toneladas de aquí al 2050⁷, lo cual implica muy probablemente la necesidad de extraer y fabricar, como mínimo, una cantidad equivalente de aspas, y por tanto de incrementar las actividades extractivas y de manufactura correspondientes. Extraer, fabricar y tirar es un mal modelo, aunque lo que se extraiga, fabrique y tire sean equipamientos de energía renovable.

Asimismo, ampliando aún más la mirada, el carácter transversal de la economía circular afecta de modo profundo a la comprensión de la Agenda de las Naciones Unidas, y sus 17 objetivos de desarrollo sostenible.

El siguiente **esquema** pone de manifiesto que la economía circular hace posible de

forma directa nueve objetivos de desarrollo sostenible, de forma indirecta otros cuatro y es a su vez facilitada o acelerada por los cuatro ODS restantes. Esta mirada sistémica a los ODS desde una óptica de economía circular puede ser también clave a la hora de aprovechar sinergias y acometer decisiones políticas que impulsen eficazmente la economía circular en un contexto marcado por la agenda 2030.

Pulso circular

Cada vez está más claro que la economía circular es **condición necesaria para la descarbonización** y la Agenda 2030.

Palanca circular

Aplicar un diseño circular a todas las políticas dirigidas a la descarbonización y la Agenda 2030.

Evidenciar que una descarbonización lineal está condenada al fracaso y **educar a los líderes correspondientes**.



La economía circular como ciencia de datos

Antes de poder siquiera comenzar a planificar y gestionar adecuadamente cualquier hoja de ruta o política de economía circular, debemos obtener mecanismos fiables, sólidos e integrales para adquirir la cantidad y calidad de datos necesarios para realizar tareas básicas de gestión. Sólomente con tableros de mandos adecuados, basados en datos de cantidad y calidad apropiada, podremos comprender el problema de forma sistémica, identificar puntos de apalancamiento en el sistema y, posteriormente, poder hacer un seguimiento del rendimiento de cualquier intervención en el mismo. Un enfoque basado en datos es crucial para una aplicación eficaz de la economía circular, como destacan Moraga et al. (2019) en su exhaustiva revisión de indicadores de economía circular. Estos autores subrayan que sin marcos de medición robustos, resulta difícil evaluar el impacto real de las iniciativas circulares y tomar decisiones políticas informadas. Además, el informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente (2020) sobre 'Eficiencia de recursos y economía circular en Europa 2019' enfatiza la importancia de desarrollar indicadores estandarizados y metodologías de recopilación de datos para permitir comparaciones entre países y realizar un seguimiento eficaz del progreso hacia los objetivos de circularidad. El Informe de Brecha de Circularidad (Circularity Gap Report, CGR), producido anual-

mente por la Fundación Circle Economy, destaca como un excelente modelo para España debido a su enfoque integral y reconocimiento global, en especial en países como Holanda y Suecia; regiones como Escocia; o ciudades como Múnich. El CGR proporciona una metodología robusta para medir y analizar el progreso de la economía circular, que puede adaptarse a varias escalas, ya sean ciudades, provincias, comunidades autónomas o a la totalidad de España. La adaptación sectorial también sería posible, poniendo el foco en sectores como textiles, plásticos, construcción, agricultura, etc. Tener un enfoque sistemático para la recopilación de datos, y para el análisis y participación de las partes interesadas en el proceso, ofrece un buen modelo para gestionar políticas y estrategias desde la solidez factual que proporcionan los datos y sin perder de vista el enfoque sistémico que es inherente al carácter transversal y al foco en el diseño que caracterizan a la economía circular. Una hoja de ruta nacional de economía circular debería incorporar un plan nacional o un observatorio español de datos de economía circular, u otro mecanismo similar, basado en la excelencia y dirigido a agregar y organizar los datos relevantes; al tiempo que a proporciona metodologías de referencia -por ejemplo inspiradas en las del CGR de Fundación Circle Economy.

Este enfoque, o uno similar, permitiría obtener "tableros de mando" maestros a distintos niveles de detalle, permitiendo que la evaluación de la economía circular de España sea exhaustiva, comparable con los puntos de referencia internacionales y capaz de proporcionar ideas accionables para los responsables políticos y las empresas. Los datos obtenidos, pueden ser claves para implementar inteligencia artificial y otras metodologías. Estos mecanismos de evaluación basados en datos no deberían centrarse únicamente en los flujos de materiales y en las estadísticas de residuos, sino también incorporar información sobre la vida útil de los productos, las tasas de reutilización, reparación, renovación, refabricación y sobre los impactos económicos de los modelos de negocio circulares para proporcionar una visión holística de la transición circular. Un proceso de medición eficaz proporciona una evaluación exhaustiva de la circularidad de una economía, identifica áreas clave de mejora y ofrece recomendaciones accionables para la transición hacia una economía más circular. Las metodologías estandarizadas deben estar diseñadas para ser aplicable a varias escalas, desde el nivel de ciudad hasta el nacional -e idealmente compatibles e interoperables a nivel europeo y global para permitir evaluaciones comparativas. Un ejemplo que ilustra la importancia de

PASOS CLAVE Y METODOLOGÍAS INVOLUCRADAS EN UNA EVALUACIÓN DEL INFORME DE BRECHA DE CIRCULARIDAD (CRG):

1	2	3	4
Recopilación y Análisis de Datos	Análisis de flujo de Materiales (AFM)	Cálculo de la métrica de circularidad	Análisis socioeconómico
Recopilar datos sobre flujos de materiales, extracción, producción, consumo y residuos.	Realizar un AFM exhaustivo para mapear el flujo de materiales en la economía.	Calcular la métrica de circularidad, que representa la proporción de materiales secundarios en el consumo total de materiales.	Analizar la estructura económica, incluyendo la composición del PIB y el empleo en los diferentes sectores.
Recoger datos económicos sobre sectores, comercio y patrones de consumo.	Categorizar los materiales como biomasa, combustibles fósiles, metales...		
Obtener información de oficinas nacionales de estadística e informes del sector privado.	Cuantificar entradas, salidas y acumulación de existencias dentro del sistema.	Utilizar la fórmula (materiales reciclados) / (materiales vírgenes + materiales reciclados)	Evaluar las necesidades sociales y cómo se satisfacen a través de los patrones de consumo actuales.

PALANCAS ESTRATÉGICAS Y TRANSVERSALES

5

Identificación de Sectores Clave

Determinar los sectores más intensivos en recursos de la economía.

Analizar el potencial de estos sectores para aumentar la circularidad.

6

Modelado de escenario

Desarrollar escenarios para aumentar la circularidad basados en posibles intervenciones.

Modelar el impacto de estos escenarios en los flujos de materiales, emisiones e indicadores económicos.

7

Análisis de brechas

Comparar el estado actual de circularidad con el estado circular potencial.

Identificar la 'brecha' y las áreas clave donde las intervenciones podrían tener el mayor impacto.

8

Participación de agentes sociales

Involucrar a expertos de la industria, responsables políticos y académicos para validar hallazgos y recopilar ideas.

Realizar talleres o entrevistas para refinar las recomendaciones.

10

Compilación del informe

Sintetizar todos los hallazgos, análisis y recomendaciones en un informe exhaustivo.

Crear visualizaciones e infografías para comunicar eficazmente datos complejos, como los diagramas de Sankey que habitualmente encontramos en los Circularity Gap Reports.

9

Desarrollo de recomendaciones

Basándose en el análisis y las aportaciones de las partes interesadas, desarrollar recomendaciones concretas para acciones políticas y empresariales.

Priorizar intervenciones basadas en su impacto potencial y viabilidad.

11

Revisión por pares

Someter el informe a revisión por pares de expertos en el campo para garantizar la precisión y solidez de la metodología y las conclusiones.

12

Difusión y participación

Publicar el informe y colaborar con medios de comunicación, responsables políticos y líderes de la industria para difundir los hallazgos y recomendaciones.

Organizar eventos o webinars para discutir los resultados y sus implicaciones.

disponer de buenos datos sobre economía circular la encontramos en la manera en la que se contabilizan las tasas de reciclaje, una tarea que muchos gobiernos dejan en manos de SCRAP, lo cual puede no ser idóneo.

En el caso de España, un informe de Eunomia y Zero Waste Europe de mayo de 2024 encontró que tasa real de recogida selectiva de botellas de plástico en España es de apenas un 36%, muy por debajo del 71% que es el dato oficial proporcionado por el SCRAP (Ecoembes). Sin entrar en los pormenores de este ejemplo, está claro que ilustra que hay mucho por hacer para mejorar los datos, sobre todo cuando la tasa de recogida selectiva puede estar aún más lejos de la tasa de reciclaje real –y es esta última la que a la postre tiene relevancia.

Asimismo, conviene señalar que disponer de mecanismos de captura y almacenamiento de abundantes datos de calidad es un prerequisite para poder aplicar tecnologías emergentes que ofrecen gran potencial en la economía circular, en especial la inteligencia artificial, como se detalla a continuación. Tecnologías como el

blockchain pueden ayudar a garantizar la integridad de los datos a lo largo de las cadenas de valor.

De hecho, en una visión más ambiciosa, podríamos imaginar a este centro nacional

nada con inteligencia artificial. Algo similar se hace ya, a nivel planetario y aplicado al modelado del clima, en el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Medio Plazo (ECMWF). En el gemelo digital de la tierra del

ECMWF se realiza una fusión de observaciones en tiempo real y de modelización predictiva de alta resolución en áreas temáticas, con foco en fenómenos meteorológicos extremos y el modelado de medidas de adaptación al cambio climático. Experimentar con gemelos digitales requeriría de un esfuerzo científico, pero sin duda sería una manera espectacular de permitir a España dar un paso al frente hacia el futuro en cuanto a la modelización de intervenciones económicas dirigidas a acercarnos hacia una economía circular.

En todo caso, antes de poder siquiera plantearse visiones ambiciosas, hay que empezar por el principio: un plan nacional, un observatorio español de datos de economía circular, u otro mecanismo similar, basado en la excelencia y dirigido a agregar y organizar datos y metodologías de referencia conforme a estándares internacionales.

Pulso circular

La economía circular como ciencia de datos

Palanca circular

Un mecanismo nacional basado en la excelencia dirigido a agregar y organizar de forma estratégica datos de cantidad y calidad adecuadas a la dimensión del reto, según metodologías de referencia, y conforme a estándares internacionales.

de excelencia en datos de economía circular español creando un gemelo digital de la economía española ya sea a nivel nacional, regional o municipal. Disponer de un gemelo digital permitiría modelar la aplicación de distintas medidas de economía circular y sería una herramienta muy poderosa, combi-



La inteligencia artificial y otras tecnologías al servicio de la economía circular

Los ecosistemas como los bosques son capaces de alcanzar la homeostasis: un estado de equilibrio en el que no hay extracción de recursos ni tampoco generación de residuos. Esto es resultado de sofisticados sistemas de metabolización que han evolucionado a lo largo de millones de años.

El concepto de economía circular nace de aplicar la biomimesis al diseño de nuestra

economía, existiendo un metabolismo óptimo de todos los materiales, componentes y productos que nos acerque a ese equilibrio homeostático. Uno de los principales obstáculos para llevar a cabo esta visión es disponer de mecanismos de intercambio de información sofisticados y permitir dicho metabolismo. Las nuevas tecnologías, especialmente cuando son manejadas por inteli-

gencia artificial, nos ofrecen por primera vez un camino para llevar a cabo un metabolismo lo más circular posible de materiales, componentes y productos en nuestra economía.

Estas nuevas tecnologías se apoyan unas en otras de forma sinérgica, y constan, entre otros, **de los siguientes componentes:**

PASAPORTES DIGITALES DE PRODUCTOS

Los pasaportes digitales contienen información sobre un producto a lo largo de su ciclo de vida, por ejemplo datos sobre dónde y cómo se fabricó, qué materiales se utilizaron, cómo se debe reparar o reciclar el producto o sus componentes al final de su vida útil. Impulsados por mandatos legislativos en la UE y en otras legislaciones, los pasaportes digitales de producto están extendiéndose en industrias tan diversas como la textil, construcción, las baterías para vehículos eléctricos y los bienes de consumo⁸.

Los pasaportes digitales de producto son meras herramientas y como tales pueden ser de mayor o de menor utilidad para acelerar la transición a una economía circular dependiendo de cómo se usen. Serán muy valiosos si ofrecen información relevante para todas las estrategias circulares, incluidas las de más valor: mantenimiento, reparación, renovación, fabricación etc. y no tanto si se limitan a reforzar estrategias circulares de menor valor, como compostaje o reciclaje. También serán más valiosos si recogen datos relevantes de salud de materiales, por ejemplo la presencia de sustancias y aditivos tóxicos, y con el nivel de detalle y granularidad necesario para realizar estudios epidemiológicos o aplicar regulaciones específicas de responsabilidad extendida del productor. Las tecnologías de blockchain pueden ayudar a garantizar la transparencia e integridad de los datos a lo largo de las cadenas de valor. La expansión del alcance de los pasaportes

digitales de producto a objetivos de circularidad tan amplios plantea restos desde el punto vista legislativo, ya que la divulgación de datos puede entrar en conflicto con la propiedad intelectual, con secretos comerciales y con la privacidad⁹¹⁰.

Una estrategia de economía circular eficaz deberá encontrar mecanismos para extender eficazmente los pasaportes digitales de producto precisamente en aquellas áreas más estratégicas para la circularidad, al tiempo que allanado las dificultades legales y sociales que puedan existir. Tecnologías como el blockchain pueden ayudar a garantizar la trazabilidad e integridad de los datos a lo largo de cadenas de valor complejas.

IOT AMBIENTAL O INTELIGENCIA AMBIENTAL,

La inteligencia ambiental es un concepto acuñado originalmente por 3GPP (3rd Generation Partnership Project) para referirse a un ecosistema de una gran cantidad de objetos en el que cada elemento está conectado a una red de sensores inalámbricos mediante nodos de sensores pasivos de bajo costo.

Estos sensores suelen ser discretos, a menudo pequeñas etiquetas, están integrados en los productos y brindan un flujo continuo de datos que se pueden analizar y utili-

zar para optimizar la gestión de stocks y los flujos de materiales, componentes y productos.

Un ejemplo es el modelo de IoT ambiental en la cadena de suministro de los supermercados Shufersal, en Israel, operado por la empresa tecnológica Wiliot.

Decenas de miles de pequeñas etiquetas con bluetooth pasivo permiten a estos supermercados controlar la temperatura y localización exacta de cada producto en cada momento, en muchos casos comenzando en las mismas huertas donde se cultivan las frutas y verduras.

Este sistema combate el desperdicio alimentario, y permite gestionar eficazmente activos reutilizables, como palets, cajas y recipientes reutilizables variados¹¹.

Los dispositivos IoT ambientales están diseñados para funcionar con una intervención humana mínima o nula, y por ser escalables a redes compuestas por millones o incluso billones de sensores. Estos dispositivos se caracterizan por su capacidad de recopilar datos de su entorno, procesarlos y responder de manera autónoma a las condiciones cambiantes, lo que los hace idóneos para optimizar los flujos de materiales en la economía circular a muchos niveles.

Una estrategia de economía circular eficaz debería entender y potenciar las sinergias tecnológicas entre la inteligencia ambiental, los pasaportes digitales de producto, robótica e inteligencia artificial.

PALANCAS ESTRATÉGICAS Y TRANSVERSALES

INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA CIRCULARIDAD

La Inteligencia Artificial (IA) tiene un potencial revolucionario aplicado a la economía circular. Esbozaremos a continuación algunas aplicaciones y oportunidades clave basándonos en las mejores prácticas internacionales.

IA PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y REPARACIÓN

Los sistemas de mantenimiento predictivo basados en IA han demostrado un gran potencial para prolongar la vida útil de los productos, transformando el mantenimiento industrial de un enfoque reactivo a uno preventivo.

Un ejemplo es el sistema de mantenimiento por IA realizado por Siemens para el Deutsche Bahn (la principal empresa ferroviaria alemana), donde el análisis de datos de sensores en tiempo real predice fallos de componentes antes de que ocurran, prolongando la vida útil de los equipos hasta en un 40% mientras reduce los costes de mantenimiento en un 30%¹².

LA IA EN LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL

Las plataformas digitales mejoradas con IA están facilitando la simbiosis industrial a escalas sin precedentes. La plataforma de intercambio de materiales impulsada por IA del Fondo Finandés de Innovación Sitra ha facilitado con éxito más de 1.000 intercambios de materiales en su primer año de operación, demostrando cómo la tecnología puede crear mercados eficientes para los subproductos industriales. Sistemas similares implementados en el norte de Europa han logrado reducciones de residuos industriales del 25%, al tiempo que generan nuevas fuentes de ingresos a partir de materiales previamente descartados.

IA PARA LA RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE MATERIALES

Las plataformas digitales mejoradas con IA están facilitando la simbiosis industrial a

escalas sin precedentes. La plataforma de intercambio de materiales impulsada por IA del Fondo Finandés de Innovación Sitra ha facilitado con éxito más de 1.000 intercambios de materiales en su primer año de operación, demostrando cómo la tecnología puede crear mercados eficientes para los subproductos industriales. Sistemas similares implementados en el norte de Europa han logrado reducciones de residuos industriales del 25%, al tiempo que generan nuevas fuentes de ingresos a partir de materiales previamente descartados.

OTRAS APLICACIONES EMERGENTES DE LA IA

La próxima generación de aplicaciones de IA promete impactos aún mayores en la implementación de la economía circular.

El desarrollo de sistemas autónomos de reparación, renovación, remanufactura, y reciclaje, basados en robots y en IA, ofrecen un increíble potencial. Un ejemplo es el robot Daisy creado en la planta de Apple en Texas, EEUU. Daisy se especializa en reciclaje de iPhones y demuestra cómo la IA puede hacer que el desmontaje de productos y la recuperación de materiales sean factibles a gran escala, prometiendo incluso su viabilidad económica. Daisy puede procesar 200 iPhones por hora con gran precisión, recuperando materiales críticos que de otro modo se perderían.

Empresas como BMW ya están utilizando gemelos digitales para simular y optimizar líneas completas de remanufactura. Estas y otras nuevas aplicaciones de los gemelos digitales basados en IA permitirán a las organizaciones probar y optimizar estrategias circulares antes incluso de su implementación, reduciendo significativamente los riesgos asociados con la adopción de modelos de negocio circulares.

En la actualidad estas tecnologías, como Daisy, sirven para luchar contra diseños no optimizados para la economía circular, como es el caso del iPhone, un dispositivo cuyo diseño no es modular, y en el que abundan las piezas soldadas o pegadas con adhesivos, entre otros elementos de diseño no idóneos para la circularidad. Sin embargo, ya en la actualidad se podría comenzar a aplicar una combinación sinérgica de las tecnologías basadas en IA en el diseño mismo de los productos, cuya idoneidad para la economía circular podría ser examinada in silico por gemelos digitales antes de su producción.

La implementación exitosa de la IA en aplicaciones de economía circular requiere

una atención especial a la calidad de los datos y la integración de sistemas.

Una hoja de ruta de economía circular ambiciosa y visionaria debería diseñarse pensando ya en todos estos desarrollos tecnológicos, fomentando incluso los mismos de forma directa a través de sistemas de gestión, desarrollo de prototipos de aplicación y la creación de infraestructura robusta de recopilación de datos que permitan un liderazgo español en la implementación eficaz de la IA para la economía circular.

Pulso circular

**Inteligencia ambiental.
Inteligencia artificial.**

Palanca circular

Expandir de forma estratégica los datos disponibles en los pasaportes digitales y **fomentar** e investigar aplicaciones de Iote ambiental.
Fomentar la IA para todas las estrategias de la economía circular en los sectores más estratégicos.
Liderar en I+D en aplicaciones emergentes como gemelos digitales. Los datos de calidad son un prerequisite.



Formación y Diseño Circular

El carácter sistémico de la economía circular y su comprensión como disciplina de diseño nos lleva a plantearnos la necesidad de enfoques estratégicos transversales que adecúen a este nuevo paradigma tanto las capacidades de las personas como el diseño de los modelos de negocio y de las cosas.

Por ello vamos a examinar la necesidad de formación y de diseño circular como interrelacionadas.

La economía circular es más intensiva en trabajo que la economía lineal, lo que es una excelente noticia para un país como España donde el paro es una lacra desde hace décadas, sobre todo entre los más jóvenes.

Cabe recordar, sin embargo, que la estructura de empleos que se necesitan en la economía circular no es la misma que en la economía lineal.

Por tanto la transición a la economía circular estará marcada tanto por una destrucción de empleo como por una creación de empleo simultáneas, en las que el saldo neto será positivo.

Distintos estudios estiman que este saldo neto en 10 años será aproximadamente de

400.000 empleos en España y entre 8 y 20 millones en todo el mundo¹⁴.

En este contexto, se necesitan esfuerzos de formación para capacitar a la mano de obra en las habilidades propias para desarrollar cada una de las estrategias de economía circular como son diseño circular (diseño industrial, ingenierías de todo tipo, arquitectura, negocios, finanzas, etc.), mantenimiento, reparación, renovación, remanufactura, etc. También se requerirá de aumentar el emprendimiento, la inversión y la innovación en estas áreas, por lo que la formación circular en escuelas secundarias, de oficios y escuelas de negocio, entre otras, deberá también priorizarse.

La Declaración de Diseño de Montreal, que representa a más de 700 asociaciones profesionales y escuelas de diseño, define el diseño como "la aplicación de la intención: el proceso a través del cual creamos los entornos materiales, espaciales, visuales y experienciales". El diseño, por lo tanto, va más allá de productos o de la estética. "El diseño como disciplina ha evolucionado desde el concepto tradicional del artefacto visual o tangible

hasta la orquestación de interacciones y experiencias, y la transformación de los sistemas", como resume Nesta, la agencia británica para la innovación social.

Agencias líderes de pensamiento, como IDEO o Strategizer también abrazan esta definición amplia, al igual que la Ellen MacArthur Foundation.

El diseño circular, por lo tanto, debe trascender los lugares habituales donde se le espera (diseño técnico industrial y de productos) para extenderse, idealmente como asignatura obligatoria, en todas las ingenierías, arquitecturas y disciplinas sistémicas como negocios, finanzas, y función pública.

Crear escuelas o programas específicos de fomento del diseño circular¹⁵ será muy útil a la hora de plantar semillas de diseño circular en la economía, o de crear referentes de liderazgo de pensamiento, pero solo en el momento que el diseño circular se incorpore transversalmente a otras ramas relevantes del saber avanzaremos hacia el cambio sistémico que promete la economía circular.

Lo mismo cabe decir de las políticas de ecodiseño en la legislación europea.

DISEÑO CIRCULAR FRENTE A ECODISEÑO

Preferimos aquí utilizar el término diseño circular frente al término ecodiseño, puesto que aquél es más certero y específico.

El término ecodiseño podría incluir cualquier diseño para la eficiencia energética o eficiencia en general, por ejemplo diseñar una bombilla que requiera menos materiales y consuma menos electricidad.

Mientras que el diseño circular se centraría en las definiciones y principios sistémicos propios de la economía circular, y que ya hemos examinado en este informe. Una bombilla extremadamente duradera, sin materiales tóxicos, reparable, actualizable, refabricable, reciclable y diseñada para ofrecerse como servicio, no como producto.

Otro ejemplo podría ser el diseño de un edificio (o infraestructura) más eficiente energéticamente (ecodiseño) frente al diseño circular de un edificio extremadamente duradero, modular, sin materiales tóxicos, empleando materiales reciclados y pensado para su desconstrucción cuando llegue el fin de su vida.

Esta distinción del diseño circular como disciplina propia y diferenciada es importante y puede resultar clave a la hora de asegurarnos de que los principios de la economía circular penetran sistémicamente en los distintos sectores económicos.

AUNANDO DISEÑO CIRCULAR Y EDUCACIÓN

El diseño circular debe ser contemplado como un principio fundamental al servicio de la innovación y la transición circular sistémica.

Lograrlo es tarea difícil si no va de la mano de una educación transversal en competencias circulares que expanda la mentalidad circular de forma multidisciplinar.

Un ejemplo notable de este enfoque holístico es el de Finlandia, un país con un sistema educativo considerado internacionalmente como modélico y que desde 2016 introdujo la economía circular transversalmente en su sistema educativo, desde la escuela primaria a la universidad.

La Universidad LAB de Ciencias Aplicadas tiene la Economía circular como una de sus cuatro áreas de foco y forma a más de 1000 profesionales circulares al año en las ciudades de Lahti y Lappeenranta en Finlandia¹⁶.

Pulso circular

Urgente necesidad de **cambios de mentalidad**, y de formación en empleos circulares.

Palanca circular

Incorporación de la economía circular a la totalidad del **sistema educativo, desde primaria**, hasta educación superior y escuelas profesionales y técnicas.

Pulso circular

El diseño circular como un principio fundamental **al servicio de la innovación**.

Palanca circular

El diseño circular como disciplina transversal y multidisciplinar.
Sinergizar con la reforma educativa.



Finanzas circulares: pulso actual y perspectivas estratégicas



Las finanzas pueden actuar como catalizador de la economía circular, pero también como una barrera que produce un bloqueo lineal duradero.

El panorama financiero actual presenta varios desafíos: los modelos financieros tradicionales a menudo priorizan los rendimientos a corto plazo, favoreciendo métodos de producción lineales sobre iniciativas circulares. El limitado entendimiento y los malentendidos sobre los modelos de economía circular entre los inversores agrava este problema, resultando en brechas de financiación para las innovaciones circulares. La ausencia de métricas claras y de comparaciones cuantitativas entre rendimientos de la circular frente a la lineal tampoco ayudan, al igual que los hábitos: el “business as usual” es lineal. No obstante, junto con estos desafíos surgen importantes oportunidades.

No cabe duda que la financiación pública es una gran palanca estratégica, y que la UE y diversas administraciones españolas han hecho un esfuerzo notable para dotar con

fondos la transición a la economía circular y para definir sus retos y oportunidades¹⁷. Entrar en detalle en valorar estos mecanismos europeos o nacionales escapa al alcance de este informe. Sin embargo aquí apuntaremos algunas claves que emergen del estudio del panorama internacional, que ayudarán a apuntar otras tendencias y palancas para acelerar el éxito de las finanzas circulares.

NO TODAS LAS INVERSIONES SON IGUALES

Las finanzas pueden actuar como catalizador de la economía circular, pero también como una barrera que produce un bloqueo lineal duradero.

El panorama financiero actual presenta varios desafíos: los modelos financieros tradicionales a menudo priorizan los rendimientos a corto plazo, favoreciendo métodos de producción lineales sobre iniciativas circulares. El limitado entendimiento y los

malentendidos sobre los modelos de economía circular entre los inversores agrava este problema, resultando en brechas de financiación para las innovaciones circulares. La ausencia de métricas claras y de comparaciones cuantitativas entre rendimientos de la circular frente a la lineal tampoco ayudan,

MOVILIZANDO AL SECTOR FINANCIERO PRIVADO

Movilizar las finanzas privadas es una palanca poderosa. Los principales retos son: la necesidad de más estudios (o mejor divulgación de los mismos) sobre oportunidades y rendimientos de las inversiones circulares, la alta percepción de riesgo asociada a modelos de negocio circulares (cuando es al revés, la linealidad es más arriesgada a largo plazo) y la falta de métricas estandarizadas para medir impactos de circularidad en negocios.

PALANCAS ESTRATÉGICAS Y TRANSVERSALES

Intervenir en cualquiera de estos tres desafíos es también una importante palanca para impulsar el cambio.

Veamos algunos ejemplos.

Un ejemplo del papel que puede jugar la banca privada, cuando recibe la información y la capacitación adecuada, es el de los Países Bajos, donde tres grandes bancos, ABN AMRO, ING y Rabobank, de la mano de la Ellen MacArthur Foundation, entendieron e hicieron suyo el potencial de la economía circular y tomaron la delantera en la promoción de modelos de negocio circulares. Estos bancos, en 2018, desarrollaron conjuntamente un documento¹⁸ con guías maestras de las finanzas circulares y a continuación desarrollaron productos financieros innovadores donde los préstamos se otorgan en función del rendimiento del ciclo de vida de los activos en lugar de los beneficios a corto plazo; o fomentan la servitización de activos. Sin entrar a valorar en detalle estos productos financieros, es importante destacar cómo esta visión innovadora incentiva a las empresas a priorizar la longevidad en sus diseños de productos, y ejerce a su vez de elemento educador y prescriptor importante entre el sector bancario, entre los inversores y entre los empresarios que buscan financiación.

Otro caso interesante es el de Japón. En este país, los Ministerios de Economía y de Medio Ambiente, y el Fondo de Inversión en Economía Circular de Japón estimulan las inversiones en proyectos circulares en diversos sectores, desde la construcción hasta la tecnología. En sus actuaciones e informes se fomenta un entorno colaborativo donde los sectores público y privado pueden innovar juntos y se proporcionan los recursos finan-

cieros necesarios para proyectos a gran escala. Los Ministerios de Economía y de Medio Ambiente de Japón publicaron conjuntamente en enero de 2021 una 'Guía de divulgación y compromiso para acelerar la financiación sostenible en la economía circular'¹⁹.

Otros ejemplos de fomento de las finanzas circulares los encontramos en el sector privado donde organismos como Summa Equity²⁰ o Chatham House²¹ han realizado informes detallados sobre los retos y oportunidades de la inversión circular y dirigidos a educar a inversores privados en finanzas circulares.

En todos ellos encontramos una necesidad común: disponer de buenas métricas de circularidad que permitan evaluar y gestionar las distintas variables.

A lo largo de estos ejemplos encontramos dos narrativas comunes y complementarias: visibilizar el riesgo financiero asociado a la linealidad (especialmente residuos, dependencia de materias primas y toxicidad); y demostrar el mejor rendimiento financiero de la inversión circular, de manera científica y con números concretos. Este enfoque se revela didáctico al tiempo que articula líneas maestras claras y definidas de inversión, y señala instrumentos financieros para realizarlos en gran número de sectores.

Estos ejemplos construyen experiencia en financiación de economía circular dentro del sector financiero, al tiempo que desarrollando herramientas para evaluar riesgos y oportunidades de negocios circulares. Simultáneamente se apoya el intercambio de conocimientos entre actores financieros y se crean plataformas conectando inversores con proyectos circulares.

Pulso circular

Fomentar la inversión en las estrategias circulares con mayor capacidad transformativa del sistema. Evitar inversiones que refuerzan la linealidad a largo plazo.

Acciones que fomentan una mentalidad circular e **instrumentos financieros circulares entre inversores y empresarios.**

Palanca circular

Estrategias granulares de inversión y fomento de inversión alineadas para el cambio sistémico. Aplicar la heurística 80/20 en las inversiones, Asociaciones público-privadas, estudios, impulso educativo, metodologías de medición, productos financieros, **para que la inversión privada perciba lo lineal como arriesgado y lo circular como ventajoso,** sepa cómo medirlo, y pueda invertir en la economía circular.



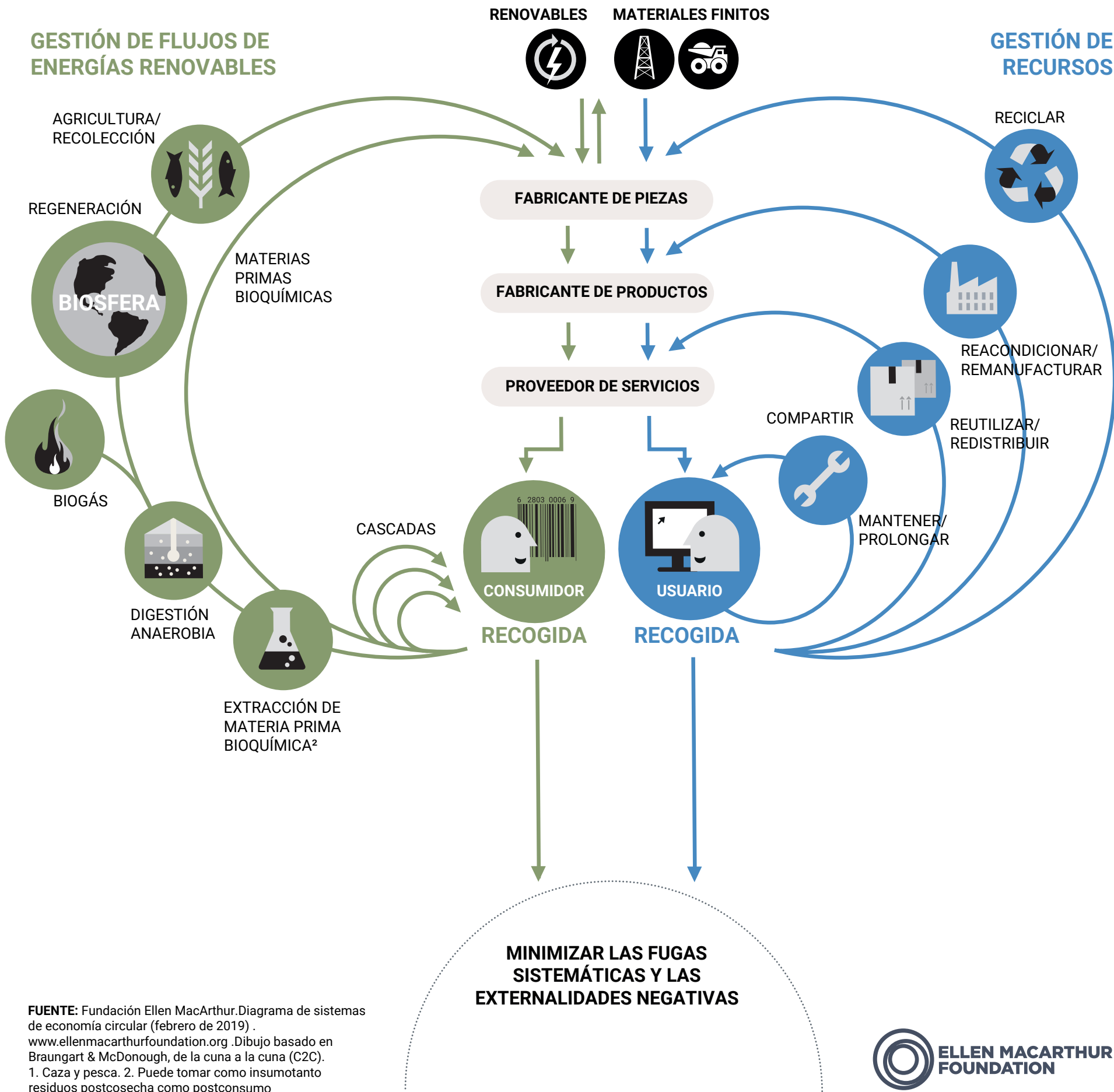
TENDENCIAS Y PALANCAS PARA EL CAMBIO A LO LARGO DE LA MARIPOSA

A continuación intentaremos ofrecer una panorámica de tendencias en economía circular y palancas que se podrían aplicar desde un punto de vista político o empresarial a la hora de elaborar una hoja de ruta de

economía circular. Para organizarlas, hemos empleado el conocido **diagrama de la mariposa** es decir que las estrategias están ordenadas de mayor valor a menor valor comenzando por el diseño de los productos y culmi-

nando con el reciclaje y estrategias de fin de vida, en las cuales solamente obtenemos materias primas en bruto, normalmente, fibras, moléculas o átomos. En este informe nos centraremos en el ciclo técnico.

Diagrama de la mariposa



Pulso circular

Derecho a reparar. Normas anti-obsolencia. Aplicaciones de IA a la **extensión de la vida de producto.**

Palanca circular

Fomentar la durabilidad, allanando dificultades legales y técnicas, al tiempo que **educando a los fabricantes sobre las ventajas del modelo circular.**

Fomentar la investigación desarrollo y aplicación de estas tecnologías, como Siemens en mantenimiento predictivo y BMW con gemelos digitales para diseño circular, entre otros.

Necesitamos cosas que duren

Si las cosas en la economía no están diseñadas para durar y no las cuidamos es imposible tener una economía circular.

Aparte de las actuaciones de diseño circular, las tendencias más destacadas para fomentar la durabilidad se articulan en torno a dos áreas de actuación: el “derecho a reparar” y diversas medidas contra la obsolescencia programada. Ambas áreas de acción comparten retos y oportunidades, y ambas actúan sobre la principal palanca que tiene la economía circular: el diseño de productos, sistemas y modelos de negocio.

Ambas estrategias crean empleo y transforman la estructura económica, sirviendo de ejemplo muy claro de cómo la economía circular acerca los empleos a las comunidades en lugar de llevarlos a otros lugares lejanos, y son capaces de crear empleos resilientes y de larga duración. Ambas permiten demostrar cómo la economía circular desplaza la intensidad en recursos de la economía lineal y nos conduce hacia la intensidad del empleo típica de la economía circular. Un ejemplo son los más de 10.000

empleos creados en Francia por los incentivos a la reparación.

Entre los obstáculos al cambio queremos destacar las estructuras legislativas de propiedad intelectual, que actúan de parapeto detrás del cual se escondan aquellos reticentes al cambio; y también el bloqueo instaurado por los modelos de negocio lineales, frente a modelos circulares.

Cabe destacar una oportunidad todavía infrautilizada: el uso de inteligencia artificial para extender la vida útil de los materiales, componentes y productos. El mantenimiento predictivo con inteligencia artificial de Siemens para el Deutsche Bahn, o el uso de gemelos digitales para el diseño circular en BMW, son sólo dos ejemplos del enorme potencial emergente de la IA.

Otra palanca muy poderosa es el fomento de modelos de negocio que llevan implícito, en sí mismo, el diseño para la durabilidad: estamos hablando de la servitización de productos o Sistemas de Producto-Servicio, los cuales examinaremos más adelante.



Cambiando propiedad por prestaciones

Los Sistemas de Producto-Servicio (PSS) combinan productos, servicios, y una infraestructura de apoyo a ambos. Los PSS, en mayor o menor medida, transfieren al fabricante o vendedor los costes del final de vida de los productos -los cuales, en unos modelos de compra-venta normal caen siempre en el comprador. A los PSS también se los conoce como “servitización de productos”. **Los PSS son notables aceleradores sistémicos de la circularidad por los siguientes motivos:**

■ **Fomentan** la durabilidad al transferir los riesgos de mantenimiento, reparación y obsolescencia a los fabricantes/proveedores de PSS. Los proveedores de servicios obtienen más beneficios cuanto más se utilicen sus productos, no cuantos más productos se compren y reemplacen. Esto es un poderoso incentivo para el diseño circular.

■ **Aumentan** la intensidad de uso al permitir que múltiples usuarios compartan productos y reducir el stock de productos necesarios para satisfacer una necesidad. Cuando el PSS se basa en un modelo entre pares (peer-to-peer) se incrementa el uso de stocks

infrautilizados que ya están en circulación en la economía.

■ **Fomentan** el ciclo de nutrientes técnicos al transferir los riesgos y oportunidades del fin de vida útil a los fabricantes. Mantener el control de los productos al final de su vida útil crea un incentivo para la remanufactura y el diseño modular, de modo que los productos puedan ser reacondicionados, remanufacturados o incluso actualizados con nuevas tecnologías, maximizando la reutilización de materiales y componentes existentes.

La servitización de productos es una de las palancas más potentes que hay para transformar nuestra economía –sobre todo en lo que se refiere a objetos duraderos industriales- hacia una economía circular. Sin embargo, en la práctica, la implantación de estos modelos no ha estado exenta de dificultades.. Aparte de una adopción lenta de los PSS, también encontramos ejemplos de PSS que fracasan a la hora de fomentar un cambio hacia nuevos diseños que optimicen el mantenimiento, la reparación y la anti-obsolescencia. Al contrario, algunos ejemplos falli-

dos de PSS han aumentado el uso descuidado y derrochador, y no han logrado fomentar el ciclo de nutrientes técnicos, ni promover la eliminación de residuos.. Un ejemplo son los servicios de patinetes eléctricos compartidos, en los cuales los patinetes no han sido diseñados para su durabilidad,. De hecho, algunos patinetes eléctricos ofrecidos como servicio en algunas ciudades tienen una vida media de menos de tres meses y han dado lugar a la aparición de vertederos de patinetes eléctricos en China. Casos como estos ilustran lo que pasa cuando el PSS se lleva a cabo con una mentalidad lineal en la que se prefiere asumir el costo de ruptura del producto a rediseñarlo para crear un beneficio estable a largo plazo. Si el traslado de la responsabilidad de fin de vida al productor no surte efectos y no se modifica el diseño, entonces el modelo lineal se impone y los beneficios circulares del PSS no llegan a desplegarse.

¿Cómo lograr que los PSS despeguen de una vez y muestren su potencial transformador? Un excelente informe de 2024 de Stena Recycling resume **nueve desafíos** para activar el papel transformador de los PSS sugiriendo palancas de cambio para superarlos.

CATEGORÍA	DESAFÍOS	PALANCAS DE CAMBIO
ACEPTACIÓN DEL CLIENTE	1. A los clientes les gusta la propiedad 2. Los clientes subestiman el coste total de propiedad 3. Los costes de transacción causan inconvenientes	Comprender realmente las necesidades del cliente Desarrollar servicios iterativamente con valor añadido Desmontar el mito de que la propiedad es barata Explorar otros segmentos de mercado
COSTES OPERATIVOS Y RELACIONADOS CON CAPACIDADES	4. Aumento de los costes de producción 5. Falta de capacidades específicas para PSS 6. Ecosistema inmaduro para asociaciones	Optimizar los procesos operativos Construir equipos humanos dedicado específicamente a PSS Ajustar objetivos y métricas
RIESGO FINANCIERO	7. Modelos de negocio con mucha inversión en activos materiales 8. Falta de liquidez 9. Dificultad para acceder al capital necesario	Adoptar una gestión eficiente de activos Cambiar a PSS gradualmente Construir un caso de negocio sólido para atraer financiación

Pulso circular

Activar el papel multiplicador de los PSS en la economía circular.

Palanca circular

Aplicar estrategias sistémicas para **fomentar los PSS** -como las sugeridas anteriormente. Los mecanismos **educativos y financieros** son clave.

Reutilización de bienes duraderos

El fomento de la reutilización es clave en la economía circular. Numerosos estudios e informes detallan sus ventajas y potencial transformador.

En este área vamos a focalizarnos en dos palancas de cambio: el fomento de mercados secundarios y el fomento de los sistemas de reutilización de envases.

Ambos entroncan con dos enormes retos: textiles y embalajes plásticos, los cuales se examinarán con detalle más adelante.

Los mercados secundarios de productos usados representan un componente esencial de la economía circular, permitiendo la reventa y redistribución. Estos mercados operan tanto a nivel empresa-empresa (B2B) como empresa-consumidor (B2C), con dinámicas y oportunidades distintas en cada segmento.

El potencial económico de los mercados secundarios es sustancial. En Europa, se proyecta que el mercado de segunda mano crezca hasta los 65.000 millones de euros en 2025, con particular fortaleza en sectores como: moda (34.000 millones de euros en 2025), equipamiento industrial (actualmente 15.000 millones de euros) y electrónica

(creciendo un 20% anualmente).

La UE ha implementado varias políticas que apoyan los mercados secundarios a través de la regulación del pasaporte digital de productos (2024) para mejorar la trazabilidad de los productos durante su ciclo de vida, la legislación sobre el derecho a reparar y la reducción del IVA en varios países para los bienes de segunda mano.

Francia creó incentivos fiscales para plataformas de segunda mano y estableció requisitos para que grandes minoristas dediquen espacio a productos de segunda mano. Se estima que el mercado francés de segunda mano creció un 20% anualmente en 2020. Por su parte Suecia redujo el IVA en servicios de reparación, e implementó deducciones fiscales para compras de segunda mano, logrando un crecimiento anual similar al de Francia.

Como ejemplos de plataformas de éxito destacan MachineTrack en Países Bajos, una plataforma de negocios (B2B) que conecta compradores y vendedores de equipos industriales con 100 millones de euros en transacciones anuales, servicios de entrega y garantía y 90.000 máquinas salvadas del desguace. En B2C podríamos destacar la

plataforma española Wallapop, con 15 millones de usuarios activos mensuales, 300 millones de euros en volumen de transacciones anuales y 24 millones de artículos intercambiados anualmente.

A pesar del éxito de estas plataformas, subsisten retos relacionados con crear suficiente confianza y comodidad para que compitan con la venta de productos nuevos, así como las complejidades fiscales y burocráticas, sobre todo en el comercio de empresas y transfronterizo.

Uno de los aspectos interesantes a menudo soslayado de estas plataformas es que actúan como prescriptoras y educadoras. Es decir, permiten de una forma especial la extensión de los principios de la economía circular entre agentes económicos diversos. Por ello, se echa de menos que las administraciones públicas pudieran utilizarlas de forma preferente para sus compras, al igual que las empresas privadas.

Mira todo lo que ahorras usando Wallapop

Descubre cómo lo calculamos

CO2	Agua	Plástico
173,28 kg	13.123,05 litros	4 kg
285,00 € Para cuánto has ahorrado y ayudado a otros a ahorrar. ¡Sigue así!		

Datos de impacto de los últimos 12 meses

Tus logros

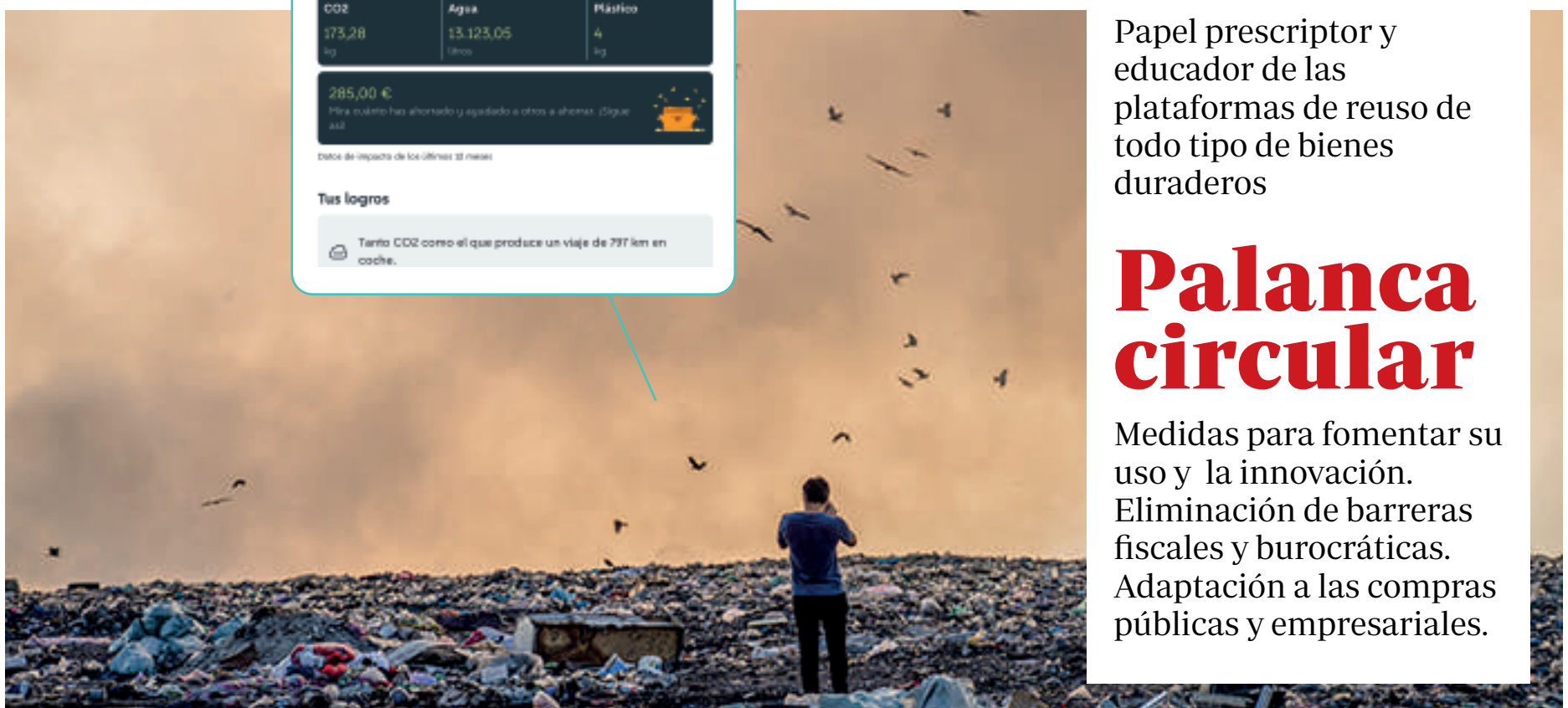
Tanto CO2 como el que produce un viaje de 797 km en coche.

Pulso circular

Papel prescriptor y educador de las plataformas de reuso de todo tipo de bienes duraderos

Palanca circular

Medidas para fomentar su uso y la innovación.
Eliminación de barreras fiscales y burocráticas.
Adaptación a las compras públicas y empresariales.



Reutilización de envases

Los enormes beneficios económicos y ambientales de los sistemas de reutilización de envases están bien documentados. Los estudios coinciden que a partir de cierto número de ciclos de reutilización los envases reutilizables ofrecen ventajas económicas y ecológicas muy notables sobre los envases desechables. Las variables esenciales a contemplar son tanto el número de usos necesarios para llegar al punto de equilibrio como la distancia o radio en el que se mueven dichos envases, con ambos parámetros estando en una relación directamente proporcional.

Antes de nada **es fundamental definir un envase como reutilizable sí y solo cumple con todas las siguientes condiciones:**

■ **Diseñado para la durabilidad.** A estos efectos, Upstream Solutions, por ejemplo, recomienda la siguiente métrica: será duradero aquel envase diseñado para durar, como mínimo, el 125% de los puntos medios de equilibrio encontrados en los análisis de ciclo de vida (número de usos necesarios para un bien reutilizable sea ecológicamente ventajoso frente al desechable). Por ejemplo una durabilidad de 125 usos para vasos, 63 usos para platos, 50 usos para envases tipo concha, 20 usos para botellas, etc.

■ **¡Es reutilizado en la práctica!** Además de estar diseñados para la durabilidad, los envases sólo pueden considerarse reutilizables si forman parte de un sistema completo (por ejemplo mediante depósitos) que permita la reutilización real y que incluya un control mediante datos medibles. El objetivo ideal de un sistema de reutilización es una tasa de reutilización de al menos el 80%.

■ **Tiene salud material.** La economía circular consagra la salud de los materiales y no debe hacer circular ninguna toxicidad, especialmente cuando el material está en contacto con alimentos. Esta condición abre una caja de pandora respecto a la posible exclusión de numerosos plásticos capaces de generar microplásticos. A medida que avance el estudio de la liberación de microplásticos y de sus impactos en la salud humana podemos ver como algunos plásticos considerados sanos dejan de serlo. En definitiva, los envases reutilizables tienen

impacto a escala sí y solo sí cuando están bien diseñados, idealmente estandarizados, están integrados en un sistema que asegura su recuperación efectiva para un uso continuo y están libres de toxicidad. Asimismo cabe añadir un importante requerimiento extra: para asegurar que el ciclo se cierra, estos envases deben ser reciclables en ciclo cerrado a su final de vida.

Si alguna de estas condiciones fallase podemos tener efectos no deseados. Un ejemplo conocido es el de la legislación en California para prohibir bolsas de plástico de un sólo uso. Esta legislación especificó que las bolsas debían de tener un mayor grosor para ser consideradas reutilizables y evitar la prohibición. Esto llevó a que los fabricantes de bolsas desechables simplemente incrementan el grosor de sus productos, pero las bolsas se siguieron usando como desechables, resultando en un aumento del 43% de

Pulso circular

Sistemas que combinan software, hardware e incentivos económicos para dotar de gran escala a los sistemas de reutilización de envases.

Palanca circular

Aplicar estrategias sistémicas para fomentar sistemas interoperables y estandarizados a nivel nacional que faciliten la circulación de envases reutilizables a gran escala -de forma parecida a los sistemas que ya existen en países como Alemania.

los residuos plásticos por bolsas, es decir el efecto contrario al deseado,

En Europa abundan iniciativas de reutilización de envases muy interesantes, como Sykell. Esta empresa, con su tecnología de gestión Circular ERP y su sistema de envases estandarizados e infraestructura logística Einfach Mehrweg ha creado un sistema de reutilización de envases que sirve a más de 4000 supermercados de alimentación en Alemania. Por otro lado, la empresa californiana Purcell se ha centrado en el desarrollo de hardware dispensador para supermercados que permita la gestión de sistemas de granel, es decir, se ocupa de la parte de la cadena de valor que incluye mayoristas, almacenes de minoristas, reposición en las baldas y dispensación de graneles al cliente final del supermercado.

En cuanto a los embalajes industriales (B2B) hay numerosas soluciones, como la española Logifruit y la sudafricana ALPAL, en un sector donde la reutilización de envases se ha ido imponiendo desde hace mucho tiempo, y en la que las innovaciones son más rápidas y con más penetración que el B2C. Las razones por las cuales la reutilización de envases es un éxito en aplicaciones B2B industriales se explica, entre otras razones, porque en el seno de las empresas la toma de decisiones se basa sobre todo en ventajas económicas y no está tan influida por los hábitos o por el marketing como las aplicaciones B2C.

Cada vez más la IA se integrará con estas soluciones de reutilización para optimizarlas y hacerlas aún más eficientes, en todos los niveles de la cadena de valor.

Cabe preguntarse qué acciones públicas o público-privadas podrían llevarse a cabo en España para facilitar sistemas interoperables y estandarizados a nivel nacional que facilitasen la circulación de envases reutilizables, de forma parecida a los sistemas que ya existen en países como Alemania desde hace décadas. Sería muy interesante desarrollar pilotos de estos sistemas, fomentar su infraestructura tecnológica, logística y de hardware y estudiar cómo se pueden llevar a cabo medidas para popularizar su uso empleando técnicas de economía del comportamiento. Sin duda se trata de una palanca con potencial transformador en un sector marcado por su enorme dependencia de embalajes desechables y una gran huella de residuos.

Remanufactura



En un contexto de crisis del tejido industrial europeo y español, la remanufactura aparece como una palanca de transformación muy beneficiosa a varios niveles.

La remanufactura representa una de las formas más eficientes en el uso de recursos para la extensión de la vida de los productos, devolviendo los productos al final de su vida útil a un estado comparable a nuevo, y dotados de prestaciones y garantías equivalentes. La remanufactura es un proceso industrial estandarizado que implica la recuperación de productos usados (núcleos), su desmontaje completo, la limpieza exhaustiva e inspección de todas las piezas, la sustitución o reacondicionamiento de los componentes desgastados y el reensamblaje del producto para cumplir o superar las especificaciones originales del fabricante. Este proceso se distingue de la reparación o el reacondicio-

namiento, ya que resulta en productos con rendimiento y garantía equivalentes a los nuevos.

Según la Red Europea de Remanufactura (ERN), el sector genera actualmente aproximadamente 30.000 millones de euros en ingresos anuales y emplea a alrededor de 190.000 personas en toda Europa. Los estudios indican que la remanufactura es entre un 40-65% menos costosa que la fabricación de nuevos productos, que reduce el uso de materias primas hasta en un 90%, la generación de residuos en hasta 88% y las emisiones en hasta un 80%. Asimismo el retorno de la inversión (ROI) de una planta de remanufactura es hasta 5 veces superior al de una planta de manufactura.

La Directiva de Ecodiseño ha sido recientemente ampliada para incluir requisitos de reparabilidad y remanufacturabilidad. Por

otra parte, la Directiva Marco de Residuos regula cuándo los productos remanufacturados dejan de considerarse residuos y por su parte, la Ley de Materias Primas Críticas (2024) incluye disposiciones específicas para reducir la dependencia de materiales críticos mediante la remanufactura.

Francia, con Renault al frente, ha sido pionera en remanufactura y pionera también en establecer índices obligatorios de reparabilidad e incentivos fiscales para operaciones de remanufactura, resultando en un aumento del 30% en las actividades de remanufactura desde 2020. Suecia por su parte ha implementado reducciones del IVA en productos remanufacturados y del IVA y deducciones en el IRPF para servicios de reparación, estimulando con éxito la demanda final de productos remanufacturados. Alemania, por su parte, se ha centrado en

TENDENCIAS Y PALANCAS PARA EL CAMBIO A LO LARGO DE LA MARIPOSA

fomentar asociaciones industriales e impulsar la investigación, estableciendo varios centros de innovación en remanufactura.

Si bien Europa ha logrado avances significativos en la promoción de la remanufactura, particularmente en los sectores automotriz y de equipos industriales, existen oportunidades muy importantes para expandir esta práctica, sobre todo si ponemos el interés sistémico de la sociedad por delante del interés sectorial de las empresas industriales.

Un área de oportunidad que parece ignorada es la de los vehículos eléctricos. Como vimos en un apartado anterior de este informe, cuando se trata de infraestructuras y equipos para adaptarse a energías renovables, la mentalidad lineal puede resultar en la paradoja de un bloqueo lineal que genere un incremento neto de las emisiones, un incremento de las actividades extractivas, y una gran cantidad de residuos difíciles de reciclar.

Una pregunta válida desde esta óptica sería por qué no acometer la electrificación de las flotas de vehículos europeos mediante remanufactura de los vehículos existentes. Esto es algo que las empresas de utomoción parece no muy interesadas en acometer, pero que sí encontramos en forma de tendencia, aunque sea marginal, entre startups y movimientos ciudadanos. La startup británica Lunaz, por ejemplo, ha presentado el Vehículo Eléctrico Revalorizado (UEV, por sus siglas en inglés). Se trata de un camión de recogida de residuos, parecido al que vemos en uso en todos los municipios españoles, no sólo completamente renovado y de aspecto futurista, sino además actualizado tecnológicamente para funcionar como vehículo eléctrico.

Basta con extender esta forma de pensar a todas las flotas de vehículos comerciales públicos de todos los pueblos y ciudades de España (autobuses, vehículos de limpieza etc) para inmediatamente darse cuenta que hay una oportunidad de economía circular industrial considerable, que tendría importantes repercusiones en empleo y en creación de riqueza en España.

Si esta forma de pensar la trasladamos al vehículo privado, cabe imaginar cuáles serían las repercusiones en circularidad, empleo y riqueza de convertir algunos de los cerca de 40.000 talleres de reparación que hay en España en centros de adaptación de vehículos, donde decenas de miles de vehícu-

los privados con motores de explosión pudiesen ser electrificados mediante kits de conversión estandarizados.

Sin duda esto parece mucho más circular económico y generador de empleo local que enviar al desguace a todos esos vehículos y reponerlos con otros nuevos.

En Hispanoamérica encontramos redes particulares de electrificación de vehículos privados que se agrupan en torno a la llamada Asociación Latinoamericana del Retrofit. Para electrificar un coche privado se requiere un kit de fácil instalación consistente en motor eléctrico, un controlador, un banco de baterías, un convertidor de corriente y un juego de elementos de seguridad eléctrica. La Asociación Latinoamericana del Retrofit comparte consejos instrucciones, y diagramas técnicos para facilitar que tanto mecánicos del automóvil como particulares sin conocimientos especiales, puedan electrificar sus coches con facilidad.

Los principales obstáculos a los que se enfrentan estas iniciativas son burocráticos y legislativos, y en absoluto técnicos ni económicos, lo cual debe hacernos sin duda reflexionar.

Estos ejemplos ilustran que la mentalidad circular todavía no ha penetrado nuestra sociedad adecuadamente, y la existencia de incoherencias en las políticas para el fomento de la economía circular. De otro modo no se explica fácilmente que electrificar un coche existente sea más complicado en Europa que comprar uno nuevo; o que las administraciones públicas opten por desguazar sus vehículos de servicio público antes de convertirlos en vehículos eléctricos mediante remanufactura.

Conviene aquí citar al autor Walter Stahel cuando dice:

“Siga el principio de inercia: no repare lo que no está averiado, no remanufacture lo que puede ser reparado, no recicle lo que puede ser remanufacturado. Y siga el principio 'pars pro toto': repare o reemplace únicamente la pieza más pequeña necesaria para mantener el valor económico y de uso existente del sistema.”

Un vistazo sagaz a nuestros equipamientos e infraestructuras, con estos dos principios en mente, sin duda revelará muchas más oportunidades interesantes de remanufactura, y que en este informe no podemos detenernos a examinar.

Pulso circular

El poder económico, circular y creador de empleo de la remanufactura

Palanca circular

Extender la mentalidad circular para que remanufacturar bienes de equipo sea más fácil que comprar algo nuevo y no al revés, especialmente en lo que concierne a la adaptación de infraestructuras y equipos a las energías renovables. Eliminar trabas burocráticas y usar las compras públicas como palanca del cambio.



Reciclaje

El reciclaje sigue siendo un caballo de batalla de la economía circular. Por una parte es un elemento esencial en cerrar el ciclo de la economía circular cuando las demás opciones se han agotado. Por otra parte, el reciclaje ha sido y es un caballo de Troya en cuyo interior ha entrado una idea perniciosa: que la economía circular se centra en la gestión de residuos, olvidando su esencia de cambio paradigmático y sistémico.

Como si de una ficha de ajedrez se tratase, el reciclaje puede ser útil o desastroso dependiendo de la casilla donde lo coloquemos. Poner el reciclaje en el centro de la economía circular la devalúa hasta casi desactivarla. Pero al mismo tiempo, sin el reciclaje, colocado en su lugar, es imposible ganar la partida de la economía circular.

Algunos autores, como Walter Stahel dicen incluso que el reciclaje no es parte de la economía circular, añadiendo a continuación que lo verdaderamente circular es reutilizar átomos y moléculas de gran pureza y valor. Con esta impactante frase, Stahel busca recalcar la importancia que tienen estos dos parámetros: pureza (material) y valor (económico). Ambos están relacionados, y sin ellos el reciclaje no funciona.

Mirar el reciclaje desde esta sencilla óptica, de la pureza y el valor, es ya útil para focalizar la búsqueda de oportunidades y palancas de actuación.

Para llegar a obtener pureza y valor, los materiales deben integrarse en procesos y sistemas de reciclaje que cumplan estas cuatro características: deseabilidad (desempeño ecológico favorable del reciclaje frente al uso de materiales vírgenes);

factibilidad (la posibilidad técnica de llevarlo a cabo); escalabilidad (la capacidad del sistema de adaptarse a la magnitud, velocidad y dispersión del flujo de residuos); y viabilidad (con costes tales que el resultado pueda competir en el mercado con los materiales vírgenes) (Manuel Maqueda, 2024).

Finalmente, conviene también “desembalar” el término “reciclaje” para desplegar, como si de un abanico se tratara, todas las actividades necesarias para llegar a dichos átomos, moléculas (o fibras) de pureza y valor, ya que dentro de la palabra reciclaje se agrupan muchas actividades diferentes como las siguientes:

■ DECONSTRUIR:

Es una técnica que, aplicada a edificios y otras obras civiles,

permite recuperar materiales valiosos de cableado, tuberías, accesorios...

■ DESVULCANIZAR:

Técnica para recuperar caucho y acero de neumáticos desechados.

■ DECAPAR:

La eliminación de pintura y otros recubrimientos mediante el uso de agua a presión y otras técnicas de decapado no tóxicas.

■ DESTINTAR:

La eliminación de tintas del papel impreso, plásticos y metales.

■ DESPOLIMERIZAR:

La obtención de monómeros a partir de polímeros, también llamado reciclaje químico de plásticos (la examinamos en el apartado dedicado a plásticos).

Delaminar: Con la creciente popularidad de los laminados, necesitaremos separar sus materiales para su recuperación. La tecnología de delaminación aún no se ha desarrollado.

■ DESALEAR:

Las aleaciones son mezclas de varios metales --o de metales y elementos no metálicos. Por ejemplo, el níquel, el cobre y el cromo reducen el valor y la calidad del acero. Aún no disponemos de una tecnología viable para desalear metales.

■ RECOLECTAR, RECUPERAR:

La tasa de recolección y la tasa de recuperación, frecuentemente utilizadas como sinónimos (y a menudo descritas incorrectamente como 'tasa de reciclaje'), son términos que se refieren al porcentaje de un determinado material, producto o tipos de productos en un flujo de residuos que se recolecta y se pone a disposición para su reciclaje.

Vemos esto en detalle en el apartado dedicado a plásticos.

■ SEPARAR, SEGREGAR Y CLASIFICAR:

Estos términos se utilizan en ocasiones indistintamente, tanto para cuando los usuarios separan sus flujos de residuos en grupos --como vidrio, papel, residuos orgánicos, etc.--, como para describir lo que hacen las plantas de gestión de residuos para crear flujos separados para el reciclaje. Cada vez se introducen más robots y tecnologías de clasificación óptica.

■ LIMPIAR:

Algunos elementos necesitan ser limpiados de residuos alimentarios y otras sustancias antes del reciclaje.

■ PURIFICAR:

En ocasiones el material reciclado contiene

impurezas que necesitan ser eliminadas.

■ CALCINAR:

Algunos materiales no deseados se eliminan mediante calcinación, como el revestimiento de cables, o los forros de latas.

■ TRITURAR:

El reciclaje físico a veces requiere moler materiales en partículas pequeñas que luego pueden utilizarse para otros fines.

■ EMBALAR Y TRANSPORTAR:

Existe un comercio nacional e internacional de residuos, en ocasiones ilegal. Los reciclables a veces viajan miles de kilómetros buscando zonas con bajos salarios o normativas medioambientales permisivas.

■ FUNDIR:

Se utiliza calor para fundir diversos materiales, como vidrio, metales y plásticos. Con este ejercicio pretendemos recalcar que el reciclaje es un sistema y no una sola actividad aislada. Un conjunto de estas actividades deben producirse para llegar a esas materias primas, átomos o moléculas, que sólo si tienen pureza y valor tras su viaje a lo largo del sistema, serán parte de la economía circular.

Veamos también cómo algunos materiales reciclables comunes se comportan cara a su reciclaje:

RECICLAJE DE VIDRIO

Puede reciclarse indefinidamente en ciclo cerrado prácticamente sin pérdida de pureza.

- Las tasas de reciclaje de envases de vidrio son: **32% a nivel mundial, 34% en EEUU, 74% en la UE.**
- El vidrio que llega a vertederos, incineradoras y al medio ambiente es biológicamente seguro.
- El ingrediente principal del vidrio virgen es no renovables pero abundante (arena).
- Los materiales reciclables de vidrio están valorados en torno a 30-60 euros por tonelada (el precio fluctúa).

RECICLAJE DE ALUMINIO

- El aluminio puede reciclarse indefinidamente en ciclo cerrado prácticamente sin pérdida de pureza.
- Las tasas de reciclaje de envases de aluminio (latas) son: **70% a nivel mundial, 42% en EEUU, 74% en la UE.**
- El aluminio que llega a vertederos, incineradoras y al medio ambiente es biológicamente seguro.



Pulso circular

Cada vez son más evidentes las limitaciones del reciclaje en ausencia de un diseño para garantizar su éxito.

Palanca circular

Aproximarse al reciclaje desde el diseño, focalizando el 80% de los esfuerzos en diseñar para obtener átomos, moléculas y fibras de gran pureza y valor a través de procesos y sistemas deseables, factibles, escalables y viables.

- El aluminio virgen procede de una fuente no renovable y escasa.
- Los materiales reciclables de aluminio están valorados en torno a 1.200-1.400 euros por tonelada (fluctúa).

RECICLAJE DE PAPEL Y CARTÓN

- Las fibras de papel y el cartón pierden pureza con cada ciclo y pueden reciclarse entre 10 y 17 veces. Después pueden aún transformarse en otros productos de pasta de papel unas 10 veces más.
- Las tasas de reciclaje de envases de papel y cartón son: **55% a nivel mundial, 68% en EEUU, 85% en la UE** (superior al 90% para embalajes industriales).
- El papel y el cartón que llegan a vertederos, incineradoras y al medio ambiente son biológicamente seguros.
- El papel y el cartón son compostables y biodegradables.
- El papel y el cartón vírgenes proceden de fuentes renovables.
- Los materiales reciclables de papel mixto están valorados en 60-100 euros por tonelada (fluctuante).

RECICLAJE DE PLÁSTICOS

- Miles de formulaciones plásticas hacen

que el reciclaje de plásticos sea muy complejo y dependa mucho del material.

El reciclaje mecánico limpia, tritura y funde el plástico para crear granza que puede moldearse nuevamente. La mayor parte del reciclaje de plástico es mecánico.

- El reciclaje químico despolimeriza el plástico y extrae sus componentes químicos básicos (monómeros), que pueden utilizarse para polimerizar nuevos plásticos desde cero. Esta tecnología se conoce desde hace décadas, pero no ha logrado escalar -es compleja y costosa.

La examinamos más adelante.

- Los plásticos no pueden reciclarse mecánicamente en ciclo cerrado ya que pierden calidad y requieren la adición de materiales vírgenes.
- Las tasas de recuperación de plásticos son: **14% a nivel mundial, 9% en EEUU, 41% en la UE** (recuperación, el reciclaje real es menor, como veremos más adelante).
- La mayoría de los plásticos vírgenes proceden de fuentes no renovables y escasas (combustibles fósiles).
- El plástico que llega a vertederos, incineradoras y al medio ambiente no es biológicamente seguro. Esta visión panorámica pretende, de nuevo, hacer visible la compleji-

dad y las limitaciones del reciclaje. Nuestro objetivo último es poner el foco del reciclaje donde siempre debió estar: en el diseño.

El reciclaje de materiales sólo se integra de forma adecuada en la economía cuando se actúa desde el diseño. Añadiendo las palabras “diseñar para” a cada uno de los conceptos que hemos listado más arriba encontramos las palancas más potentes a la hora de desplegar el verdadero rol de reciclaje en la economía.

“Diseñar para el reciclaje” es, al fin y al cabo, diseñar para obtener átomos, moléculas y fibras de gran pureza y valor a través de procesos y sistemas deseables, factibles, escalables y viables. Esto implica también “diseñar contra”, es decir diseñar para eliminar de la economía aquellos materiales innecesarios o difícilmente reciclables por fallar alguna de las cuatro condiciones. Sin duda en pocas áreas como en reciclaje se hace visible que el diseño determina el 80% de los impactos circulares.

¿Por qué los plásticos son un problema?



Probablemente no ha habido un material que haya sido tan ensalzado y luego tan demonizado como el plástico.

El plástico es un nombre genérico para denominar a un conjunto de polímeros plásticos. Desde una perspectiva química, los polímeros son sustancias o macromoléculas hechas de una serie concatenada de monómeros (moléculas de carbono que se repiten en su estructura).

El plástico es un material relativamente nuevo y revolucionario. Antes de la Segunda Guerra Mundial apenas había plásticos, y la mayoría de ellos, eran bioplásticos, con procesos de degradación más rápidos. Su versatilidad y bajo costo de producción han llevado a un crecimiento exponencial en el uso de plásticos desde su introducción en la década de 1950. La industria de plásticos en la UE tiene relevancia global, siendo el segundo mayor productor después de China, con una facturación de 304 mil millones de euros en la UE (Plastics Europe, 2024). Según Geyer et al. (2017), la producción total de plásticos desde su introducción ha alcanzado aproximadamente 8.300 millones de toneladas, de las cuales alrededor de 6.300 millones se han convertido en residuos.. El mismo estudio de Geyer estima que solo el 9% de los plásticos se ha reciclado al fin de su vida a nivel global, mientras que el 80% ha acabado en vertederos o directamente en el medio ambiente.

El éxito del plástico está ligado a su flexibilidad y modulabilidad que permite crear miles de combinaciones de materiales con diferentes especificaciones. Tenemos desde plásticos usados en el sector aeroespacial como los policarbonatos, o polietercetona, usado en motores, hasta los plásticos comunes usados para todo tipo de productos incluidos empaques, suelos o textiles. Podemos decir que vivimos en un 'mundo del plástico'. Además, por su escaso valor y la gran variedad de plásticos y aditivos al plástico, su gestión y recuperación es compleja y sobre todo cara. La contradicción sistémica es que los plásticos son materiales duraderos que por su bajo valor económico se utilizan como de usar y tirar.

El aumento de la conciencia ciudadana sobre los residuos plásticos y los cambios en el comercio de residuos plásticos tras la introducción de la política de la 'Espada Verde' en China, crearon presión para la introducción de nuevas políticas que mejoraran la gestión de estos residuos. La Directiva de Envases y su revisión reciente en el Reglamento de Residuos de Envases han establecido metas más estrictas en la prevención y el reciclaje de alta calidad de los envases plásticos. Esto incluye una reducción de residuos de envases del 5% para 2030 y del 15% para 2040, mejor información sobre la composición de los envases y objetivos de reutilización. Además, para 2030, todos los envases en el

mercado deben ser reciclables.

Los envases están incluidos en esquemas de Responsabilidad Extendida del Productor para contribuir financieramente a su gestión, junto con un instrumento económico, el impuesto de la CE sobre los plásticos, conocido como el 'impuesto al plástico', que grava los residuos de envases plásticos no reciclados producidos por los Estados Miembros. La normativa sobre plásticos de un solo uso ha prohibido algunos usos y ha introducido nuevas obligaciones, aunque la regulación ha sido limitada para otros tipos de plásticos, que representan el 60% del uso total. La Directiva sobre Vehículos al Final de su Vida Útil (VFU) propone un contenido mínimo de 25% de plástico reciclado en vehículos nuevos y una tasa de reciclaje del 30% en partes plásticas de vehículos.

Los plásticos en la construcción están poco regulados. Nuevos materiales compuestos en construcción, industria aeroespacial y otros sectores han creado materiales fuertes y ligeros, pero difíciles de reciclar al final de su vida útil. Así, las estrategias de economía circular (EC) en el sector se han enfocado principalmente en los envases y han pasado por alto otros productos plásticos más complejos. A pesar de las nuevas metas de reutilización y prevención, el énfasis principal sigue en opciones menos preferibles desde una perspectiva de EC, centrándose en el reciclaje de plásticos.

Principales áreas de desarrollo de estrategias y regulaciones

Los residuos y la contaminación plástica han sido el enfoque de varias nuevas políticas en la UE. Estas políticas buscan reducir la contaminación y aumentar el reciclaje. El 40% de los plásticos son utilizados para fabricar envases, el 60% restante se distribuye entre la construcción, vehículos, electrónica, agricultura y otras aplicaciones (Plastics Europe, 2024).

PLÁSTICOS EN CONSTRUCCIÓN, AUTOMÓVILES Y MATERIALES COMPUESTOS

La recuperación de plásticos en la construcción es limitada. La Directiva VFU establece que los nuevos vehículos deben incluir al menos un 25% de plásticos reciclados derivados de residuos posconsumo para 2030.

ENVASES DE PLASTICO

Los envases representan el 40% de los plásticos. Sin embargo, son una fuente creciente de residuos. En la UE, los residuos de envases aumentaron de 66 millones de toneladas en 2009 a 84 millones en 2021. La producción per cápita de residuos de envases fue de 188,7 kg en 2021, y se prevé que aumente a 209 kg para 2030.

La Directiva revisada establece metas de reciclaje del 50% para 2025 y del 55% para 2030. También requiere que los Estados Miembros implementen esquemas de responsabilidad del productor para todos los tipos de envases. Por primera vez, incluye objetivos de reducción de residuos del 5% para 2030, el 10% para 2035 y el 15% para 2040, con un enfoque especial en los envases de plástico y objetivos vinculantes para la reutilización.

La nueva normativa también impone prohibiciones en plásticos de un solo uso para aplicaciones específicas, como productos de frutas y verduras sin procesar y embalajes individuales para productos de higiene. Además, prohíbe las sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS) en envases para contacto con alimentos.

En 2021, la UE introdujo un gravamen de 0,80 euros por kg de residuos plásticos no reciclados. Esto ha creado un panorama regulatorio fragmentado en la UE, con algunos Estados

Miembros implementando impuestos específicos. La industria del plástico, representada por Plastics Europe, ha defendido la inclusión de objetivos mínimos de contenido reciclado en la nueva Directiva de Residuos de Envases y Embalajes.

HOJAS DE RUTA EXISTENTES Y VISIONES

En 2018, la UE lanzó la estrategia "Una Estrategia Europea para los Plásticos en una Economía Circular", que establece reglas sobre envases para aumentar la reciclabilidad y el contenido reciclado, así como acciones para reducir los plásticos de un solo uso y abordar la basura marina. Aunque se han implementado varias medidas, el impacto general en la generación de residuos plásticos es cuestionable."

"Plastics Europe lanzó en 2023 la 'Hoja de Ruta de Transición de Plásticos', orientada a lograr una economía circular para 2050. Los objetivos clave incluyen alcanzar el 25% de demanda de plásticos circulares para 2030 y el 65% para 2050, y lograr cero emisiones netas para 2050. Complementariamente, la 'Hoja de Ruta de Gestión de Residuos Plásticos' se centra en una estrategia de gestión de residuos para optimizar el reciclaje.

La 'Visión de Envases Circulares 2030' de UNESDA se centra en la circularidad de envases de bebidas, con metas para 100% de contenido reciclado y 100% de recolección segregada para 2030.

A nivel internacional, el Tratado de Residuos Plásticos de la ONU, propuesto en 2022, busca establecer un marco legalmente vinculante para reducir la contaminación plástica a través de la prevención, el reciclaje y una gestión sostenible de residuos. Entre sus objetivos se incluyen la reducción de plásticos de un solo uso y el fomento de la cooperación internacional.



Los grandes desafíos de los plásticos

EL PLÁSTICO COMO CONTAMINANTE: LOS MICRO Y NANO PLÁSTICOS

Si bien los plásticos en su gran mayoría no son biodegradables, tienen la propiedad de microfragmentarse y desprender micro y nano plásticos (MNP). Los MNP son partículas cuyo tamaño es superior a 1 micrómetro pero inferior a 5 milímetros, mientras que los nanoplasticos son inferiores a 1 micrómetro. A continuación, por brevedad, emplearemos el acrónimo MNP para referirnos a ambos.

La ciencia apenas está empezando a estudiar y comprender los MNP, pero el número de estudios al respecto está aumentando cada vez más. Según recientes estudios científicos sabemos que **los MNP están presentes en todo lo que nos rodea.**

El ser humano promedio ingiere de 3 a 5 g de MNP por semana - el equivalente a una tarjeta de crédito. Una bolsita de té de plástico libera 16.600 millones de micro y nano plásticos en una sola taza de té.

Si bien el impacto de los MNP en la salud apenas comienza a conocerse, hay estudios que ya han podido establecer un nexo entre asocian los MNP a demencia, alzheimer, estrés oxidativo, citotoxicidad, alteración de las barreras internas como la intestinal, la hematoencefálica y la

placentaria, daños tisulares, así como desequilibrio de la homeostasis inmunitaria, disrupción endocrina, y toxicidad reproductiva y del desarrollo.

A medida que avanza la ciencia en el estudio de los MNP, es de esperar que la contaminación por MNP sea incluida en los análisis de ciclo de vida, y en otro tipo de estudios y normativas de contaminación que actualmente no se ocupan de los MNP. Las implicaciones en economía circular pueden ser muy profundas, ya que un principio fundamental de la economía circular es evitar la toxicidad y promover la salud de los materiales.

Por ejemplo, si elaboramos mobiliario urbano con plásticos industriales reciclados, y este mobiliario a lo largo de su vida se va microfragmentando y va generando MNP que contaminan el agua, el aire, el suelo y a las personas, dicho reciclaje no debería de tener cabida dentro la economía circular.

Otro ejemplo notable son los textiles elaborados a partir de poliéster. En la actualidad más de la tercera parte de los micro plásticos marinos son fibras procedentes del lavado de estos textiles. Por lo tanto según los principios de la economía circular las fibras plásticas no serían aptas para la elaboración de textiles. Más adelante nos

En el aire y las nubes



en más detalle
plo concreto.

ocuparemos de este ejemplo. Este cuestionamiento del plástico como material circular es de esperar que continúe produciéndose y nos lleve muy probablemente a la exclusión de muchas de las estrategias que en la actualidad se consideran válidas para determinados tipos y usos de plástico, tanto virgen como reciclado. Si asumimos que los plásticos son potenciales contaminantes en mayor o menor medida según el tipo y la aplicación, entonces permitir que los plásticos más contaminantes terminen en vertederos seguros aparece como una solución preferible frente a determinadas formas de reciclaje que expanden la contaminación. Esto parece toda una paradoja y un fracaso de la economía circular de muchos plásticos, pero quizás sea la solución menos lesiva.

Pulso circular

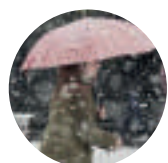
Incremento exponencial de los estudios científicos que detallan la escala y la gravedad del impacto de los micro y nano plásticos en el medioambiente y la salud.

Palanca circular

Regular los microplásticos e incluirlos como contaminantes en el marco normativo. Estudiar qué aplicaciones liberan más micro y nano plásticos y considerar prohibirlas (bolsitas de té), o poner medidas paliativas (filtros en lavadoras).



En todas las muestras de arena de playa



En la lluvia y la nieve



Dentro del plancton, peces, aves marinas, mamíferos, bioacumulándose en la cadena trófica.



En la placenta y la leche materna, impactando a los bebés.



En ríos, lagos, embalses y el océano -donde actúan como acumuladores de contaminantes del agua ambiental.



En los tejidos de los seres humanos: sangre, linfa, pulmones, riñones, hígado, cerebro,



En los suelos -subiendo por las raíces de las plantas, incluidos cultivos agrícolas.

PRESENCIA DE LOS MNP

EL PLÁSTICO COMO SECRETO INDUSTRIAL

La versatilidad del plástico para infinitas aplicaciones se logra fundamentalmente mediante la incorporación de aditivos. Más de 10.000 productos químicos distintos se utilizan en la fabricación de plásticos y unos 2000 tienen toxicidad para el ser humano. Sin embargo la composición exacta de cada plástico es un secreto industrial sometido a patentes y otras protecciones de la propiedad industrial.

Esto plantea varios problemas. Primero, la aplicación del principio de precaución a la salud material de los envases plásticos para comida y bebida nos llevaría a plantear la necesidad de exigir al menos pruebas de su salubridad, cuando no de su composición exacta. Segundo, a la hora de reciclar muchos plásticos nunca sabremos exactamente qué aditivos químicos se van a encontrar en el plástico reciclado. Imaginemos materiales de construcción elaborados a partir de redes de pesca y otros residuos plásticos. Será muy difícil garantizar que dichos materiales no van a emitir compues-

tos orgánicos volátiles durante su utilización, o ser peligrosos en caso de incendio. Si se utilizan los plásticos reciclados para alimentación, tendremos el mismo problema de no saber exactamente qué aditivos se están poniendo en contacto con la comida y la bebida.

No olvidemos que la disrupción endocrina, uno de los impactos de los aditivos del plástico, ha sido declarada Amenaza Global en una declaración conjunta de la OMS y el PNUMA.

La opacidad de las formulaciones tiene que ver con la propiedad intelectual que hay detrás de cada polímero plástico, la cual está unida al modelo de negocio actual de la industria plástica. Para facilitar el reciclaje del plástico, así como para asegurar la salud material de los plásticos, sería necesario un esfuerzo por parte de la industria plástica tanto para declarar sus formulaciones, como para reducir y estandarizar los aditivos, quizás buscando modelos de negocio no tan basados en competir en cuanto a las funcionalidades de los plásticos logradas a través de formulaciones secretas, sino en aparejar servicios y otras ventajas (reciclabilidad, transparencia, salubridad, respeto ambiental) a sus productos.

EXCESO DE PLÁSTICOS

La cantidad de plásticos puestos en el mercado ha crecido y sigue creciendo exponencialmente. Solo en Europa se consumieron 73 millones de toneladas en 2016 (Hsu et al. 2021). Globalmente, la OCDE (Global Plastics Outlook, 2022) calcula que el consumo de plásticos se multiplicará prácticamente por tres, pasando de 460 millones de toneladas en 2019 a 1.231 millones de toneladas en 2060.

Pero estas cifras son sólo de producción. Se estima que en el mundo hay más de 8 gigatoneladas de plástico, el doble del peso combinado de todos los animales que hay en el planeta. De esta cantidad, se calcula que unas 2,5 gigatoneladas —o el 30% de todos los plásticos jamás producidos— están actualmente en uso. Con esta tendencia actual en 2050 la humanidad habrá producido 26 gigatoneladas de resinas, 6 gigatoneladas de fibras y 2 gigatoneladas de aditivos (una gigatonelada equivale a mil millones de toneladas).

Hasta la fecha, las iniciativas para acometer la circularidad de los plásticos se han centrado en los objetivos más accesibles, como el embalaje, y dentro de este, en las botellas de PET y PE. El embalaje es aproximadamente un 40% de la producción actual de plásticos. Sin embargo, los

productos plásticos complejos, desde muebles hasta electrónicos, con bajas tasas de reciclaje, altos niveles de productos químicos peligrosos y difíciles de tratar, han quedado prácticamente olvidados en la mayoría de las iniciativas.

La presencia de plásticos en textiles ha aumentado sustancialmente en fechas recientes, creando nuevos problemas: alteración del sistema plástico por el uso de PET reciclado que compite con los plásticos, necesidad de reciclaje químico para separar fibras mixtas (aumenta la complejidad del reciclaje textil), problemas en el reciclaje de fibra a fibra cuando se usa PET reciclado y desprendimiento de fibras y microfibras, lo que resulta en contaminación terrestre y acuática por microplásticos.

Recientemente, iniciativas como el Plastics and Climate Project están estudiando concienzudamente los impactos del ciclo de vida de los plásticos en el cambio climático. En un contexto de planes agresivos para la reducción global de emisiones, el crecimiento exponencial de los plásticos, en su gran mayoría procedentes de combustibles fósiles, está siendo cada vez más cuestionado, no ya desde el lado de la economía circular, sino también de la lucha contra el cambio climático.

Pulso circular

Demanda de transparencia en la composición de resinas plásticas.

Palanca circular

Medidas para aumentar la transparencia y homogeneidad en las formulaciones para garantizar la salud material y facilitar el reciclaje. Reducir el número de resinas y formulaciones.

Pulso circular

El crecimiento exponencial de los plásticos está llevando al límite los sistemas de gestión de residuos y los ecosistemas. Cada vez conocemos mejor su impacto en la salud humana y ambiental, y sobre el clima.

Palanca circular

Medidas para reducir la producción y demanda de plástico, comenzando por aquellos plásticos más innecesarios y contaminantes, como embalajes innecesarios o fácilmente reemplazables por otros materiales no plásticos fácilmente reciclables.

Los bioplásticos

El plástico como material tiene ventajas innegables: es flexible, duradero y versátil. Muchos estudios usan análisis del ciclo de vida para comparar el plástico convencional o reciclado con bioplásticos y otros materiales alternativos. Aunque los resultados varían mucho, en muchas ocasiones los plásticos convencionales en ciertas aplicaciones y determinadas circunstancias pueden tener un impacto ambiental más bajo que los bioplásticos²³. Todo ello sin tener en cuenta la toxicidad, el impacto ambiental de la contaminación por plásticos o la generación de microplásticos, aspectos en los cuales no está claro que los bioplásticos sean mejores. Por ejemplo las sustancias perfluoroalquiladas (PFAS) son más frecuentes en los recipientes compostables de alimentos que en los convencionales, ya que se necesitan para dotar a aquéllos de impermeabilidad al agua y a la grasa.

El sistema es complejo y por tanto las soluciones a la contaminación por plásticos no pueden venir de soluciones sencillas como cambiar un material por otro.

El Centro de Innovación en Plásticos de la University College London llevó a cabo un

experimento de 'ciencia ciudadana' para probar cuál era el destino de los plásticos compostables y si realmente la degradación de los plásticos 'compostables' ocurría en condiciones reales, lejos de ambientes controlados en laboratorio. En el experimento participaron 9.701 ciudadanos del Reino Unido, de estos alrededor de 1.648 ciudadanos llevaron a cabo experimentos de compostaje en hogares para comprobar si las credenciales de degradación se cumplían. Los resultados mostraron que los ciudadanos estaban confusos con la proliferación de diferentes etiquetas y que no tenían conocimiento pleno de lo que la compostabilidad significaba. Más del 46% de la muestra eran plásticos que se decían compostables, pero que no tenían ninguna certificación.

La brecha entre el comportamiento teórico en laboratorio de los plásticos "biodegradables" y el comportamiento en el mundo real se extiende también a los plásticos certificados como compostables y que además logran encontrar su camino hasta una instalación de compostaje industrial para ser tratados adecuadamente -algo poco probable dada la falta de sistemas adecuados para que esto

suceda. En 2028, los compostadores industriales del Estado de Oregón en EEUU, se pusieron de acuerdo para emitir y publicar un comunicado conjunto en el que pedían que no se les enviaran más bioplásticos "compostables". Los compostadores argumentaban que en la práctica no todos los artículos 'certificados' como compostables se degradan totalmente, ni con la rapidez requerida en sus instalaciones, dejando residuos y fragmentos en el compost. Además, se quejaban de la inevitable contaminación con elementos no compostables de aspecto similar. Todo esto hacía inviable producir compost de calidad, devaluando el producto, y dificultando o imposibilitando su comercialización. Además, el compost era incompatible con cultivos certificados como "USDA Organic" (ecológicos). Finalmente, los compostadores de Oregón alertaban de la presencia de sustancias perfluoroalquiladas (PFAS) habituales en los recipientes compostables para dotarles de resistencia al agua y a la grasa. La presencia de tóxicos y metales pesados en el compost puede contaminar los sistemas vivos y comprometer la salud humana.

BIOPLÁSTICOS NOVEDOSOS

En años recientes están emergiendo numerosos materiales novedosos como los materiales elaborados a partir de algas, y polímeros fermentados por bacterias como el PHA. La startup Notpla, cofundada por un español, ganó el Earthshot Prize en 2022 con envases y recubrimientos de envases hechos con algas agar.

¿Cómo valorar la promesa de todas estas innovaciones?

La Directiva sobre Plásticos de un Solo Uso de la UE considera como "polímeros naturales" aquellos no modificados químicamente y los excluye de sus prohibiciones, gravámenes y limitaciones. Para entender qué polímeros son naturales y cuáles no lo son, puede ser de utilidad este esquema:

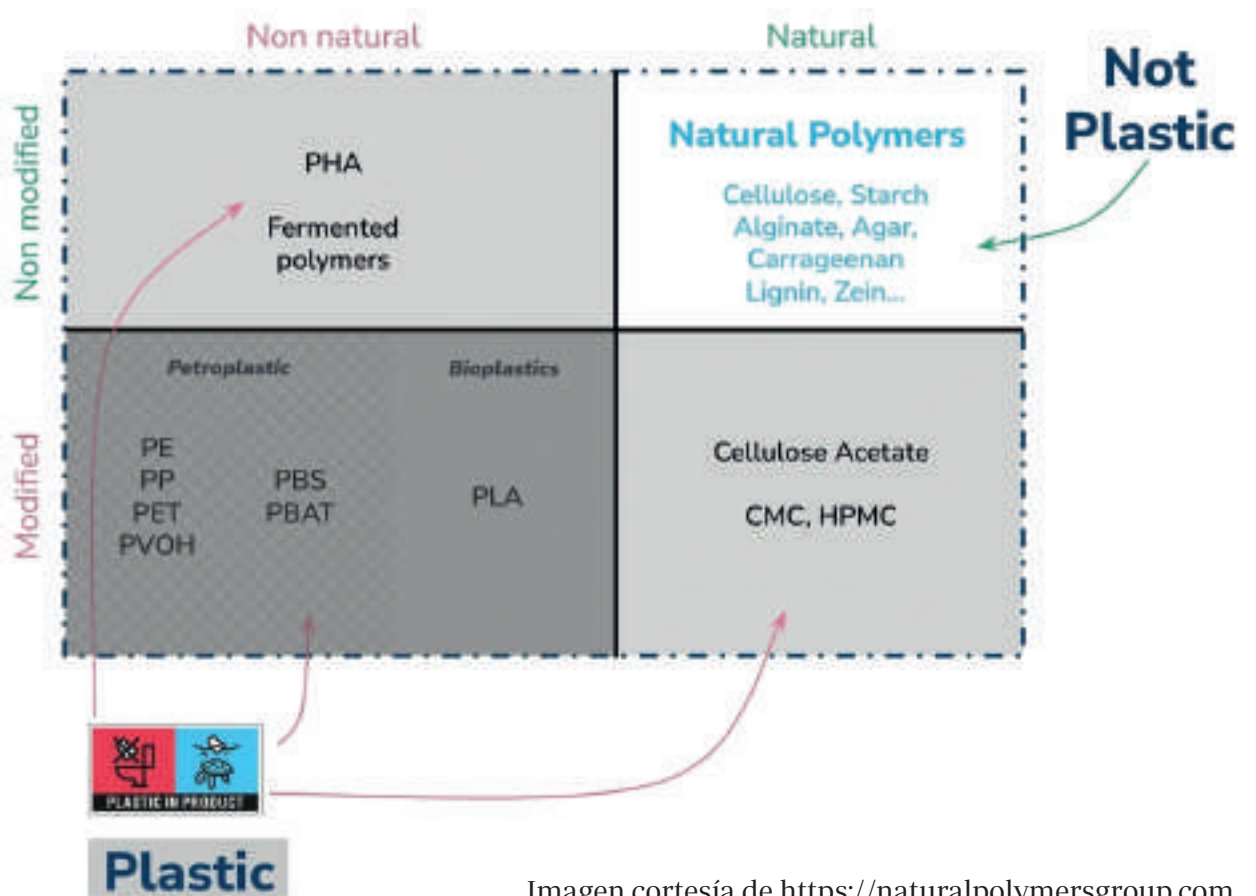


Imagen cortesía de <https://naturalpolymersgroup.com>

Los Polihidroxialcanoatos o PHA son poliésteres fermentados por bacterias que consumen azúcares o lípidos. Estos plásticos son biodegradables y pueden emplearse como materiales termoplásticos o elastoméricos.

Todos los bioplásticos en general, incluidos los polímeros basados en PHA, pueden tener formulaciones complejas. Al igual que ocurre con los plásticos convencionales, para dotar a estos materiales de las propiedades finales deseadas se requieren aditivos, enzimas, materiales inorgánicos, mezclas con otros polímeros, etc. Estas formulaciones complejas están sometidas normalmente a secretos industriales. A menudo, la única información disponible sobre estos nuevos materiales proviene de los propios fabricantes, con lo cual es muy difícil obtener información independiente sobre su composición detallada, su toxicidad y su comportamiento en el medio ambiente.

Se hace necesario, por tanto, que todos los bioplásticos, incluidos los materiales más novedosos, estén sujetos a algún tipo de monitorización u obligación de transparencia y de certificaciones estandarizadas -lo mismo que cabría pedir a los plásticos convencionales. De lo contrario, resulta tremendamente complicado discernir cuáles de estos biomateriales representan una verdadera solución o simplemente el cambio de unos problemas por otros.

Los bioplásticos pueden ser una solución deseable en aplicaciones concretas adecuadas, pero hay que evitar su adon en masa sin rutas de recuperación efectivas, ya que su producción consume grandes cantidades de agua y tierra. Por ejemplo, los bioplásticos pueden ser una opción en aplicaciones donde los plásticos convencionales generan residuos difíciles de recuperar, siempre y cuando haya sistemas e infraestructuras que aseguren que el compostaje es eficaz en condiciones reales.

De nuevo, las soluciones circulares siempre pasan por mirar al sistema en su conjunto y no tanto al material. Reemplazar un plástico convencional por un bioplástico puede hacernos perder de vista soluciones más circulares como la utilización de otros materiales no plásticos, la utilización de envases plásticos reutilizables, o el rediseño de la entrega de valor para eliminar el embalaje innecesario.

Pulso circular

Auge del mercado de bioplásticos, incluidos biomateriales novedosos.

Palanca circular

Medidas para exigir transparencia en las formulaciones, así como definiciones y certificaciones adecuadas para garantizar su salud material y ambiental, y para asegurar que su biodegradabilidad es efectiva en las condiciones ambientales del mundo real.

Pulso circular

Mirar a los bioplásticos de forma sistémica

Palanca circular

Mirar a los bioplásticos con pensamiento crítico y recordar que sustituir un material por otro puede crear nuevos problemas y distraernos de soluciones sistémicas.



El reciclaje de plásticos

Los residuos de plásticos generados en Europa siguen aumentando a pesar de fuertes niveles de intervención, objetivos de reciclaje cada vez más ambiciosos y nuevas políticas para promover el uso de plásticos reciclados. Para entender esta contradicción necesitamos primero identificar las fuentes del problema y entender por qué el reciclaje de los residuos de envases plásticos y embalaje resulta problemático.

Bajo el concepto de plásticos hay polímeros plásticos que se comportan de forma diferente. Solo algunos plásticos pueden ser reciclados mecánicamente. La tasa de reciclaje de envases y embalajes de plástico está en torno al 40% pero esto solo es del total de los plásticos que son clasificados como residuos de envases y deja fuera un gran porcentaje de plásticos que se mezclan con la parte residual o resto y que en su mayor parte serán incinerados o acabarán en vertederos. Además tenemos el problema de que los datos de reciclaje oficiales suelen ser suministrados por los SCRAPs a los gobiernos. En un capítulo anterior de este informe hablamos de la necesidad de tener datos de calidad, y mencionamos un informe de Eunomia y Zero Waste Europe de mayo de

2024 que calculaba una tasa de recogida selectiva de botellas de plástico en España de apenas un 36% -frente al 71% que es el dato oficial proporcionado por el SCRAP (Ecoembes).

Incluso en caso de que el plástico llegue a un proceso de tratamiento de reciclaje, y que haya demanda comercial para el mismo, las pérdidas e ineficiencias no se reportan y por tanto es difícil estimar el 'producto' reciclado que es generado por el sistema de gestión de residuos. Es decir: que la tasa de reciclaje efectivo es muy difícil de cuantificar y probablemente muy inferior a la de recogida.

Los plásticos recogidos para el reciclaje se pueden perder en diversos puntos de la cadena. En años recientes, diversos reportajes de investigación han utilizado localizadores GPS para seguir la suerte de diversos plásticos tras su recolección, y los resultados han puesto de manifiesto un tráfico internacional de plásticos para ser reciclados en condiciones muy contaminantes e ineficaces, o incluso incinerados, lo que ha minado la confianza de los ciudadanos y puesto en cuestión la eficacia de los sistemas de reciclaje. Una solución a la falta de transparencia y trazabilidad sería un sistema de pasaportes

de materiales que incluya información detallada sobre los tipos de polímeros y aditivos utilizados. Esto facilitaría la trazabilidad y permitiría una clasificación más eficiente de los plásticos para su reciclaje. La incorporación de blockchain permitiría una trazabilidad a lo largo de cadenas de valor.

Un ejemplo lo tenemos en la industria de la construcción, donde se ha empezado a implementar estos pasaportes para los materiales, algo que también podría adaptarse a productos complejos con componentes plásticos, como automóviles y electrodomésticos. Si bien en Europa y para algunos tipos de plástico como el PET, HDPE y PP si hay resultados significativos y alentadores respecto al reciclaje mecánico de plástico, es importante no perder la visión de conjunto a la hora de priorizar estrategias y de entender los problemas sistémicos que subyacen.

Por otro lado, los mandatos regulatorios sobre el uso de contenido reciclado en aplicaciones de envases y en automóviles han ayudado a crear una demanda de plásticos reciclados en Europa. Es decir, se ha intervenido en los mercados para incrementar la demanda de resinas recicladas y así asegurar su viabilidad económica. Esto ha generado

algunas preocupaciones entre los fabricantes sobre si existe suficiente producción de plásticos reciclados para cumplir con los objetivos regulatorios, especialmente en algunas aplicaciones.

Sin embargo, conviene recordar que las mayores incógnitas no están ni siquiera en el reciclaje de embalajes, sino más bien en el otro 60% de los plásticos que se integran en otras aplicaciones. Algunos de estos, incluso, se integran en otros materiales complejos y son aún más difíciles de identificar en las bases de datos de productos.

Quitando algunos 'flujos de residuos prioritarios' como vehículos y productos electrónicos, la información sobre el destino del 60% de los plásticos que se producen es de difícil trazabilidad. Este enorme reto, es asimismo una enorme palanca de oportunidad, ya que cualquier intervención en este sector se abre una oportunidad para comenzar a monitorear y eventualmente reciclar el 60 % de los plásticos que son producidos al año, que si bien son diseñados para durar más que los embalajes, se van acumulando en la economía y requieren también de métricas y de soluciones.

Un método que puede ser esclarecedor es implementar el análisis dinámico de flujos de materiales (dMFA), el cual considera el tiempo de permanencia de los plásticos en el mercado y permite entender mejor el flujo de materiales plásticos en la economía. Esto ayudará a planificar las necesidades de infraestructura de reciclaje y las políticas de gestión a largo plazo.

EL RECICLAJE MECÁNICO

El reciclaje mecánico usa procesos mecánicos, como la fusión y la reextrusión, que no alteran significativamente la estructura química de los polímeros. La gran mayoría del reciclaje de plásticos es mecánico, ya que la mayoría de los termoplásticos se pueden reciclar de esta manera.. La capacidad instalada para el reciclaje mecánico de plásticos en Europa aumentó de 2 millones de toneladas en 1996 a 11,3 millones de toneladas en 2021 (Plastic Recyclers Europe, 2021). Entre las limitaciones del reciclaje mecánico está que no es adecuado para todos los polímeros plásticos y que se pierde calidad con cada iteración, con lo que requiere la adición de polímeros vírgenes en mayor o menor medida según el tipo de plástico.

Si atendemos criterios de deseabilidad (que sea preferible ecológicamente al uso de plástico vírgen), de factibilidad (que haya capaci-

Pulso circular

Lo que no se mide no se puede gestionar.

Palanca circular

Medidas para lograr la trazabilidad y métricas fiables e interoperables del reciclaje efectivo de envases. Realizar estudios con el método dMFA.

Pulso circular

El 60% de los plásticos no son envases.

Palanca circular

Salvo sectores puntuales, como automotriz y equipos electrónicos, queda todo un universo de plásticos por trazar, cuantificar y aplicar estrategias de economía circular.

Visibilizar los plásticos en materiales complejos.

dad técnica para llevarlo a cabo); de escalabilidad (la capacidad de adaptarse a la magnitud, velocidad y dispersión geográfica de los residuos) y de viabilidad (que sea ventajoso económicamente frente a los plásticos vírgenes) (Maqueda, 2024) vemos que los sistemas de reciclaje mecánico son en general deseables (sobre todos para los termoplásticos más fácilmente reciclables) factibles para la mayoría de los termoplásticos, en teoría escalables (aunque la capacidad real esté todavía muy por debajo de la capacidad necesaria) y a menudo pero no siempre viables, necesitando de políticas que intervengan en los mercados para apoyarlo (por ejemplo, mediante la imposición de contenidos obligatorios de plástico reciclado) ya que los polímeros vírgenes ofrecen menor precio y a menudo mayor pureza y valor.

EL RECICLAJE QUÍMICO

Esta modalidad de reciclaje emplea procesos químicos que alteran la estructura química de los polímeros. Hay dos formas principales de reciclaje químico:

■ **PIRÓLISIS:** los residuos plásticos se calientan a temperaturas entre 300 y 650 °C en ausencia de oxígeno para obtener combustible líquido.

■ **GASIFICACIÓN:** los residuos plásticos reaccionan con un agente gasificante (por ejemplo, vapor, oxígeno y aire) a temperaturas elevadas de entre 500 y 1300 °C, para obtener gas de síntesis o syngas. El gas de síntesis puede utilizarse para producir monómeros, es decir para sintetizar plásticos vírgenes de nuevo. El gas de síntesis también puede emplearse como combustible.

Otros procesos incluyen la solvólisis, disolución y precipitación, que también permiten convertir los plásticos en monómeros y oligómeros. Los monómeros y oligómeros obtenidos se pueden repolimerizar para producir nuevos plásticos.

Siguiendo el modelo de cuatro variables propuesto por Manuel Maqueda cabe preguntarse lo siguiente: ¿es el reciclaje químico deseable, factible, escalable y viable? Comencemos mirando la deseabilidad. Existen estudios a fondo sobre las opciones de reciclaje de plásticos y análisis de los impactos ambientales del ciclo de vida en las distintas opciones de plásticos y destinos de fin de vida. Marson et al. (2023) concluyó que aunque se han aplicado ampliamente los análisis de ciclo de vida



PLÁSTICOS

(ACV) para comparar diferentes tipos de plásticos y opciones de fin de vida, los resultados carecen de comparabilidad directa debido a la falta de armonización de las definiciones de los límites del sistema y la caracterización de los modelos a través de los diferentes ACV. García-Álvarez et al. (2023) utilizaron ACV para comparar plásticos recuperados mediante pirólisis y plásticos de polímeros vírgenes.

El estudio concluyó que en la UE y desde una perspectiva de cuna a tumba, la nafta y el PEBD producidos a partir de plásticos no reciclables son menos intensivos en GEI que las rutas convencionales para estos productos. Sin embargo, se necesitan más estudios para considerar otras categorías de impacto y posibles compensaciones del reciclaje químico de plásticos, por lo que su deseabilidad en la práctica sigue siendo discutible..

El reciclaje químico de plásticos, en lo esencial, es una tecnología bien conocida desde hace décadas y que, por lo tanto, se considera técnicamente factible.

Sin embargo, el reciclaje químico no ha logrado implantarse ni crecer a un tamaño significativo debido al coste y complejidad de sus instalaciones y procesos. Como resultado, el plástico nuevo elaborado a partir de reciclaje químico tiene un elevado coste en comparación con los plásticos elaborados a partir de materias primas vírgenes. Por todo esto la escalabilidad y la viabilidad del reciclaje químico siguen en entredicho.

Cabe mencionar que la imposición de contenidos mínimos de resinas recicladas en la UE en determinadas aplicaciones ha causado preocupación sobre si existe suficiente reciclaje mecánico para atender a la cantidad y calidad de plásticos necesarios. El tema de la calidad es de especial importancia en sectores donde se deben cumplir ciertas especificaciones y donde las regulaciones químicas también imponen restricciones, como en el caso de plásticos contaminados por productos químicos que pueden encontrarse en automóviles antiguos.

Como solución se ha propuesto que se acepte el reciclaje químico con un enfoque de balance de masa para obtener contenido reciclado químicamente en plásticos que pueda contabilizarse para estos objetivos. De hacerse así el reciclaje químico recibiría también un incentivo.

Volviendo a valorar la situación actual del reciclaje químico en su conjunto, un informe de NRDC afirma²⁴ que la mayoría de las instalaciones de "reciclaje químico" no producen plástico, sino que producen combustibles para su incineración. Un proceso discutiblemente preferible a la incineración directa pero, al igual que ésta, con escaso valor en la economía circular..

Existe una tercera ruta de reciclaje, todavía en fase embrionaria: el reciclaje enzimático o biológico, el cual utiliza enzimas para degradar de forma natural los polímeros plásticos a bajas temperaturas. Aunque la mayoría de los procesos enzimáticos están aún a nivel de laboratorio o limitados a un tipo restringido de polímero, como el PET, es probable que se expandan en un futuro. A fecha de hoy, sin embargo, estamos todavía lejos de obtener factibilidad y escalabilidad, y menos aún viabilidad para este tipo experimental de reciclaje- aún asumiendo que fuese deseable. La realidad es que, hoy por hoy, a pesar de décadas de desarrollo del reciclaje químico, del gran revuelo mediático y de las nuevas plantas e inversiones, éste no ha logrado una implantación significativa y sigue siendo anecdótico. Es decir, que aunque no caben dudas respecto a factibilidad del reciclaje químico, y aún si asumimos como acertados los estudios más optimistas respecto a su deseabilidad, la escalabilidad y la viabilidad de esta forma de reciclaje se enfrentan a grandes retos.

Pulso circular

El reciclaje químico como promesa tecnológica

Palanca circular

Considerar el reciclaje químico atendiendo a su deseabilidad, factibilidad, escalabilidad y viabilidad para asegurar que no distrae de soluciones sistémicas.



Soluciones de transición Frente a soluciones sistémicas. El riesgo moral.

Existe una línea argumental entre distintos líderes de pensamiento y representantes de la industria según la cual, aparte de las soluciones sistémicas que se pueden aplicar al problema del plástico, es necesario considerar soluciones y tecnologías de transición, es decir soluciones temporales en tanto encontramos las soluciones definitivas.

Estas tecnologías de transición incluyen aquellas que proponen la sustitución de plásticos tradicionales por bioplásticos, el fomento del reciclaje aún sin la implementación de sistemas que garanticen que sea efectivo: el reciclaje químico y la incineración

(también llamada valorización energética).

En una línea argumental diametralmente opuesta están otros que recomiendan dedicar todos los esfuerzos al cambio sistémico, ya que las soluciones de transición pueden prolongar el bloqueo lineal, producir problemas nuevos y efectos no deseados como emisiones, contaminación y toxicidad; y distraer recursos del cambio sistémico inevitable. Esta escuela de pensamiento suele también invocar el principio de precaución, aplicado a nuevas tecnologías y materiales.

Un ejemplo que ya citamos en este informe es el de Dinamarca, donde se acometieron

grandes inversiones en incineradoras de residuos para generar energía. Lo que se supone que era una solución de transición suministra ya cerca del 20% de la calefacción urbana en Dinamarca y ha creado una demanda continua de residuos que ha reforzado la economía lineal y puesto en riesgo la salud de la personas.

En este informe hemos hecho una apuesta decidida por el cambio sistémico y por la innovación. En nuestra opinión, las soluciones de transición corren el peligro de reforzar el carácter lineal del sistema y deben ser examinadas siempre con una visión amplia



que permita evaluar los riesgos y beneficios a corto y largo plazo. La deseabilidad, factibilidad, escalabilidad, y viabilidad deben ser cuidadosamente valoradas.

Es asimismo importante tener presente el “riesgo moral” en las soluciones de transición, como en aquellos casos en los que exista una discrepancia entre la promesa teórica de solucionar un problema y su eficacia real para hacerlo.

En el contexto empresarial y económico, el riesgo moral representa una dinámica donde ciertos agentes pueden adoptar conductas temerarias o carecer de transparencia en sus operaciones, dado que las consecuencias financieras recaerán sobre terceros.

Desde el punto de vista de la industria, un ejemplo sería apostar por tecnologías de transición como el reciclaje químico de plásticos, a sabiendas de que es una decisión con gran riesgo de no aportar resultados significativos, sabiendo que la sociedad, y no la propia empresa, asumirán la gran mayoría de los costes ecológicos y humanos potenciales, mientras que la empresa puede llevar a cabo su negocio normal sin merma significativa en sus beneficios.

Esta problemática se agrava especialmente cuando existe una asimetría informativa - es decir, cuando la parte que asume los costes (la sociedad) carece de visibilidad completa o de conocimientos técnicos para valorar las actuaciones de la otra parte (la industria).

De hecho, en septiembre de 2024 el Fiscal General de California interpuso una demanda ante el Tribunal Superior de California en San Francisco contra ExxonMobil, alegando que la empresa había llevado a cabo una "campana de engaño" durante décadas para inducir a error a los consumidores y convencerles de que el reciclaje era una solución viable para los residuos plásticos. La demanda sostiene que ExxonMobil promocionó el reciclaje como una "panacea para los residuos plásticos", aun cuando la empresa era conocedora de que el plástico sería difícil de erradicar y que determinados métodos de reciclaje no podrían procesar más que una pequeña parte de los residuos producidos.

Abundando en esta línea argumental, si hacemos caso al proverbio que dice “sigue el dinero” (follow the money) veremos que la industria del plástico está invirtiendo globalmente unos 180.000 millones de dólares en nuevas instalaciones para la fabricación de plástico virgen a partir de combustibles fósiles, algo que no parece coherente con una apuesta firme por el reciclaje del plástico en general, ya sea químico o mecánico.

El aspecto inverso del riesgo moral, visto desde el punto de vista de la sociedad, implica que cuando se presentan soluciones potenciales a un problema, aunque sean

Pulso circular

Pulso entre tecnologías de transición y cambio sistémico

Palanca circular

Considerar y evitar las dinámicas perniciosas del riesgo moral, y considerar en qué medidas las soluciones transicionales o de fin de vida boicotean las soluciones sistémicas.

hipotéticas, o no viables ni escalables, su mera existencia teórica anima a que la sociedad continúe con sus conductas temerarias –en este caso aceptar o mantener los sistemas lineales– ante la promesa de ser aliviado de las posibles consecuencias negativas por una solución tecnológica futura. La asimetría de información también juega un papel importante aquí, ya que normalmente se explican a la sociedad los potenciales beneficios, pero no se ofrecen detalles sobre potenciales problemas, las limitaciones o el carácter hipotético de estas soluciones.

Por todo ello, este informe insiste una y otra vez en la importancia de disponer de métricas adecuadas, de información transparente, y de pensamiento sistémico a largo plazo, para así evitar caer en la actitud complaciente y arriesgada de reforzar el status quo lineal a la que nos puede llevar el riesgo moral. No hacerlo así, puede tener costos ambientales y de salud humana muy altos, dada la gravedad y el tamaño del problema de los plásticos, en un contexto de crecimiento exponencial del mismo.

PLÁSTICOS REUTILIZABLES

Parte de los problemas asociados con los residuos plásticos proviene del hecho de que los plásticos son materiales duraderos utilizados para aplicaciones a corto plazo. Cambiar la percepción de los plásticos puede

fomentar nuevos diseños que incorporen la reutilización en el diseño de plásticos. La nueva regulación establece objetivos específicos para bebidas alcohólicas y no alcohólicas con un mínimo del 10% para 2030, y con el objetivo de alcanzar al menos el 40% para 2040, aunque las excepciones en la aplicación han sido criticadas por reducir la implementación efectiva de estos objetivos. La nueva regulación también introdujo sistemas de devolución de envases para botellas de plástico.

Aunque la reutilización está alineada en principio con los principios de la economía circular, es importante asegurar que el material de envase "reutilizable" se use efectivamente en lugar de desecharse, mediante la aplicación de los principios sistémicos que hemos examinado en detalle en el apartado correspondiente a reutilización de envases en este mismo informe.

Sin embargo, más allá de los envases, los restantes ejemplos de reutilización de plásticos son limitados. Los plásticos utilizados en aplicaciones estructurales, automóviles o en la industria aeroespacial generalmente se reciclan en lugar de reutilizarse, dadas las posibles implicaciones que tiene el desgaste y deterioro del material en la seguridad.

Pulso circular

Sistemas de envases reutilizables

Sistemas para reutilizar otros plásticos

Palanca circular

(ver apartado de reutilización de envases en este informe)

Afrontar los retos técnicos, de conocimiento y de trazabilidad de los plásticos que no son envases, incluidos los plásticos en materiales complejos.

PLÁSTICOS

ELIMINACIÓN DE LOS PLÁSTICOS INNECESARIOS

Eliminar el embalaje plástico innecesario es una estrategia muy rentable que ralentiza los flujos de plásticos y contribuye a la descarbonización y a la reducción de residuos y contaminación. Esto incluye reducir el embalaje innecesario o el embalaje excesivo.

El embalaje dirigido al cliente final, más allá de sus funciones básicas (contener y proteger el producto) a menudo responde también a funciones superfluas, con fines de marketing o de “comodidad”, real o percibida. A medida que se van prohibiendo o gravando los plásticos de un sólo uso en algunas aplicaciones, vemos como otras nuevas e innecesarias formas de embalaje aparecen, como poner fruta pelada en plástico, o crear porciones individuales dentro de otros embalajes (a modo de las matrioshkas o muñecas rusas), con lo que las reducciones reales en residuos plásticos generados se ven comprometidas.

Aunque ya existen algunas medidas legislativas para eliminar o reducir el embalaje de plástico, como el embalaje innecesario para productos frescos, todavía hay mucho espacio para diseñar soluciones más eficientes e innovadoras. Sin duda esta es una palanca interesante en la que hay mucho por hacer.

Pulso circular

Cada vez hay más envases innecesarios

Palanca circular

Medidas para eliminar el embalaje innecesario y frenar su proliferación.

ELIMINACIÓN DE PLÁSTICOS DIFÍCILES DE RECICLAR

Con el impulso regulador para hacer que todos los plásticos utilizados en envases sean reciclables bajo la nueva regulación europea para 2030, ha habido una mayor atención hacia alternativas que sustituyan los plásticos difíciles de reciclar, como materiales compuestos, papel recubierto de plásticos, laminados y bioplásticos. Por ejemplo el bioplástico más común, el PLA, tiene la capacidad de contaminar y estropear el

reciclaje de los plásticos convencionales cuando entra accidentalmente en los sistemas de reciclaje.

Aplicaciones como bandejas para vegetales y frutas, envases de servicio de alimentos y películas o films multicapa para alimentos secos son áreas de actuación adecuadas para sustituir los plásticos difíciles de reciclar por materiales alternativos, que sean más fáciles de reciclar.

Pulso circular

Hay plásticos fácilmente reciclables, otros de reciclaje difícil y costoso; y otros prácticamente imposibles de reciclar.

Palanca circular

Medidas para que los plásticos menos reciclables salgan de la economía.

FABRICACIÓN ADITIVA EN 3D

La fabricación digital aditiva mediante impresoras 3D, puede ayudar a implementar estrategias de reducción de plásticos en ciertos casos concretos. Veamos algunos ejemplos:

Producción local y bajo demanda, reduciendo la necesidad de embalaje y transporte y el riesgo de sobreproducción.

Diseño optimizado y eficiencia en materiales

Reducción de residuos: A diferencia de la fabricación sustractiva, que corta material de un bloque más grande (lo que genera residuos), la impresión 3D es un proceso aditivo, construyendo objetos capa por capa. **Reciclaje in situ en bucle cerrado de filamentos:** además de poder emplear filamentos hechos de plásticos reciclados, algunas impresoras 3D están equipadas con sistemas de reciclaje cerrado que alimentan los residuos de nuevo a la propia impresora.

Prototipado bajo en residuos plásticos: la impresión 3D permite el prototipado rápido sin necesidad de moldes de un solo uso y

reduce el material desperdiciado en las fases de diseño,

Piezas de repuesto: La impresión 3D puede utilizarse para crear piezas de repuesto para productos existentes, extendiendo su vida útil y reduciendo la necesidad de descartar artículos prematuramente.

Pulso circular

Avances en impresión aditiva en 3D.

Palanca circular

Expandir su uso en aplicaciones estratégicas y fomentar los filamentos reciclables en bucle cerrado.

POLÍTICAS DE RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR (EPR):

Suecia y otros países europeos han adoptado políticas de Responsabilidad Extendida del Productor que obligan a los fabricantes a hacerse responsables del fin de vida de sus productos. Esto ha incentivado el diseño de productos más sostenibles y ha mejorado la recolección y reciclaje de plásticos.

La expansión del EPR a productos que contienen plásticos complejos (como electrónicos, muebles y textiles) y no solo envases, podría ser de gran ayuda para mejorar el diseño y la recuperación de estos materiales, ya que los productores deben asumir la responsabilidad de asegurar una gestión adecuada del plástico en todas las etapas del ciclo de vida del producto.

Pulso circular

Falta de medidas eficaces contra los plásticos complejos y complicados de reciclar

Palanca circular

Expandir el uso de EPR para mejorar el diseño y la tasa de reciclaje.

Textiles



La industria de la moda es el epítome del sistema lineal, caracterizada por volúmenes crecientes de textiles en el mercado, ciclos de vida cada vez más cortos, baja calidad, poca durabilidad y, como resultado, enormes y crecientes volúmenes de residuos.

La llamada ‘fast fashion’ ha transformado los textiles y la moda de bienes duraderos a artículos desechables. Esta rápida cadena de valor de "extraer-fabricar-tirar" se caracteriza por un aumento continuo en el número de colecciones de moda, sus bajos costos y los grandes impactos medioambientales y sociales no internalizados en el proceso de producción (Melo & Broega, 2018). En el período de 2000 a 2015, la producción mundial de ropa casi se duplicó, pero el grado de uso, medido en el número de veces que se usa una prenda, disminuyó en un 36% (EMF, 2017). Esta tendencia dibuja un panorama sombrío en el que el consumo mundial de ropa podría triplicarse para 2050, y el sector

de la moda consumiría más de una cuarta parte del presupuesto global de carbono bajo el escenario de 2 grados (EMF, 2017).

La configuración actual del sistema textil representa un desafío para la sostenibilidad. Desde una perspectiva ambiental, el sector ha sido identificado como uno de los principales contribuyentes al cambio climático y la contaminación del agua, lo cual ha comenzado a captar la atención de los ciudadanos y responsables políticos como un sector altamente contaminante, contribuyendo a los daños ambientales globales y al cambio climático. Algunos informes recientes (McKinsey & Company, 2020; Quantis, 2018) estiman que la contribución del sector está entre el 4 y el 8% de las emisiones globales anuales de GHG, equivalente a las emisiones territoriales totales de la UE (Global Carbon Budget, 2023).

Los impactos ambientales y sociales de la industria de la moda no se limitan a las emisiones que inducen el cambio climático,

sino que también incluyen la generación de aproximadamente 92 millones de toneladas de desechos por año (Niinimäki et al., 2020) y el uso y contaminación del agua, contribuyendo al 20% de las aguas residuales industriales a nivel mundial (EMF, 2017). Además, el sector es responsable de aproximadamente el 35% de los microplásticos encontrados en los océanos (Boucher y Friot, 2017). El consumo total de materiales del sector también es significativo, con alrededor de 98 millones de toneladas de recursos no renovables y 93 mil millones de metros cúbicos de agua anualmente (EMF, 2017).

El sistema requiere una transformación completa para alinearse con los principios de la economía circular. El desafío es inmenso y requiere la acción coordinada de países consumidores y productores, además del establecimiento de nuevos patrones de producción y de uso que se alineen con una comprensión amplia de circularidad y regeneración.

Estrategias de economía circular en moda y textiles

Dissanayake y Weerasinghe (2022) proponen utilizar el marco conceptual de “ralentizar, estrechar y cerrar el ciclo y regenerar (slow, narrow, close loop and regenerate) para clasificar posibles estrategias de circularidad en el sector.

Estrechar se refiere a introducir procesos más eficientes, reducir los residuos y las pérdidas en el proceso productivo y también tratar de reducir la producción total de textiles, fabricando menos textiles pero de más calidad y más duraderos.

Narrow
Use less

Ralentizar se refiere a extender la vida útil, bien porque se opta por prendas de mayor calidad que duran más o porque se introducen modelos de reutilización como vender en mercados secundarios.

Slow
Use longer

Close
Use again

Regenerar hace referencia a estrategias donde se asegura que los textiles puedan ser retornados de forma segura a la biosfera y no contribuyan a la degradación de los ecosistemas. Aquí se incluyen prácticas de agricultura respetuosa, nuevas biofibras y el uso de fibras regeneradas (e.g. lyocell).

Regenerate
Make clean

Cerrar el ciclo requiere de sistemas de reciclaje eficaces donde las fibras textiles se recuperen para producir nuevos textiles. No obstante, hay que estar alerta a pérdidas y bajas eficiencias de estos procesos, consumos de energía y generación de emisiones y de residuos.

Conjuntamente, **estos cuatro procesos facilitan la moda circular**, que se ha definido como “ropa, zapatos o accesorios que son diseñados, obtenidos, producidos y proporcionados con la intención de ser utilizados y circular de manera responsable y efectiva en la sociedad durante el mayor tiempo posible en su forma más valiosa, y posteriormente regresar de manera segura a la biosfera cuando ya no sean útiles para los humanos” (Brismar, 2017).

Los tres grandes retos de los textiles

1

**Ponérselo de nuevo
(el fin de la moda rápida)**

La moda ha pasado de ser una industria de dos temporadas a ser una industria de cambio frenético de colecciones compuestas por artículos baratos de baja calidad y diseñados para durar apenas una o dos temporadas.

La cadena de valor de los textiles es compleja y está globalizada. Las empresas actúan en intrincadas redes globales donde cada parte del proceso productivo ocurre en diferentes regiones o países. Cada año cada ciudadano de la unión europea consume unos 16 kilos de textiles, de los cuales solo alrededor del 27%, son recogidos de forma separada, mientras que el resto acaba en vertederos o incineradoras.. Algunos estudios recientes (Domenech et al., 2023) cifran en 48 el número de prendas nuevas adquiridas por cada ciudadano al año, mientras que los residuos textiles per cápita se cifran en unos 11kg por persona y año.

Según datos de la EEA (2023), la cantidad de textiles que se exportan a terceros países se ha triplicado en dos décadas, pasando de 550,000 toneladas en el 2000 a casi 1,7 millones de toneladas en el 2019., lo que representa alrededor de un 25% de todos los textiles consumidos. El principal destino es África donde acabó el 46% de las exportaciones de ropa usada en el 2019. Una vez exportados, la trazabilidad de estos textiles es nula.

Romper con la moda rápida requiere repensar el sistema en su conjunto y volver a una moda lenta donde los productos son diseñados teniendo en cuenta su durabilidad y su calidad. Esto significa precios más altos, que muestren el valor real de las prendas y donde se hayan internalizado el daño medioambiental producido en todos los estadios del ciclo de vida.

Pulso circular

La moda rápida lleva al sector textil a una situación límite

Palanca circular

Cambios sistémicos para volver a un modelo de moda lenta.



2

**Trazabilidad y
transparencia**

En la actualidad, entre el 70% y el 90% de los textiles consumidos en Europa son prendas producidas en Asia a precios bajos que no reflejan los impactos medioambientales y sociales del sector (Domenech et al., 2023).

La realidad es que la compleja red de empresas del sector que cubren los diferentes procesos desde el cultivo o extracción y refinado de la fibra hasta el proceso de manufactura de las prendas puede recorrer diversos países. Desde Europa sólo consta el origen de la importación tanto si es un producto semi manufacturado o un producto final. Esta falta de transparencia impide hacer un análisis detallado del ciclo de vida y poder estimar los impactos de una prenda.

Domenech et al. (2023) identificaron que una prenda textil producida en Reino Unido tenía entre un 20 y un 30% menor impacto en gases de efecto invernadero que una prenda producida en alguno de los principales países manufactureros (casi el 97 % de los artículos de moda provienen de países como Bangladés, Camboya, China, India, Indonesia, Filipinas, Tailandia y Vietnam).

El uso de blockchain podría revolucionar la trazabilidad de textiles haciendo más transparentes los diferentes procesos a lo largo de la cadena de valor -una condición necesaria para poder transformarla hacia la circularidad. La cadena de grandes almacenes Walmart en EEUU ha introducido un sistema blockchain a toda su área de alimentación para garantizar mayor seguridad alimenticia. El blockchain, también conocido como 'open source distributed ledger technology', permite hacer registros virtuales accesibles por todas las partes, inmutables, y transparentes, por lo que es muy difícil que puedan ser manipulados.

TEXTILES

Shou y Domenech (2022) proponen integrar análisis del ciclo de vida en un sistema de blockchain para aportar transparencia al impacto medioambiental del sector textil.

3

Reciclaje
difícil

Mientras que la economía circular propone desacelerar y reducir el tamaño de los círculos mediante estrategias de extensión de la vida útil, reparación y remanufactura, inevitablemente los textiles también llegan al final de vida útil y requieren de un tratamiento que permita recuperar el material para nuevos ciclos de valor. El reciclaje, como ya hemos visto, supone un proceso esencial en un sistema circular, por mucho que sea el último eslabón.

Una economía circular de textiles necesita el desarrollo de tecnologías y sistemas de reciclaje que sean eficaces y permitan mantener la integridad de las fibras para reemplazar el consumo de fibras primarias (Ribul et al., 2021). Hay estudios que indican que, el reciclaje consume menos agua que la producción de fibras vírgenes, llegando a ahorrar hasta 2.700 litros de agua por tonelada de tela reciclada (Kurt & Ylaçan, 2024).

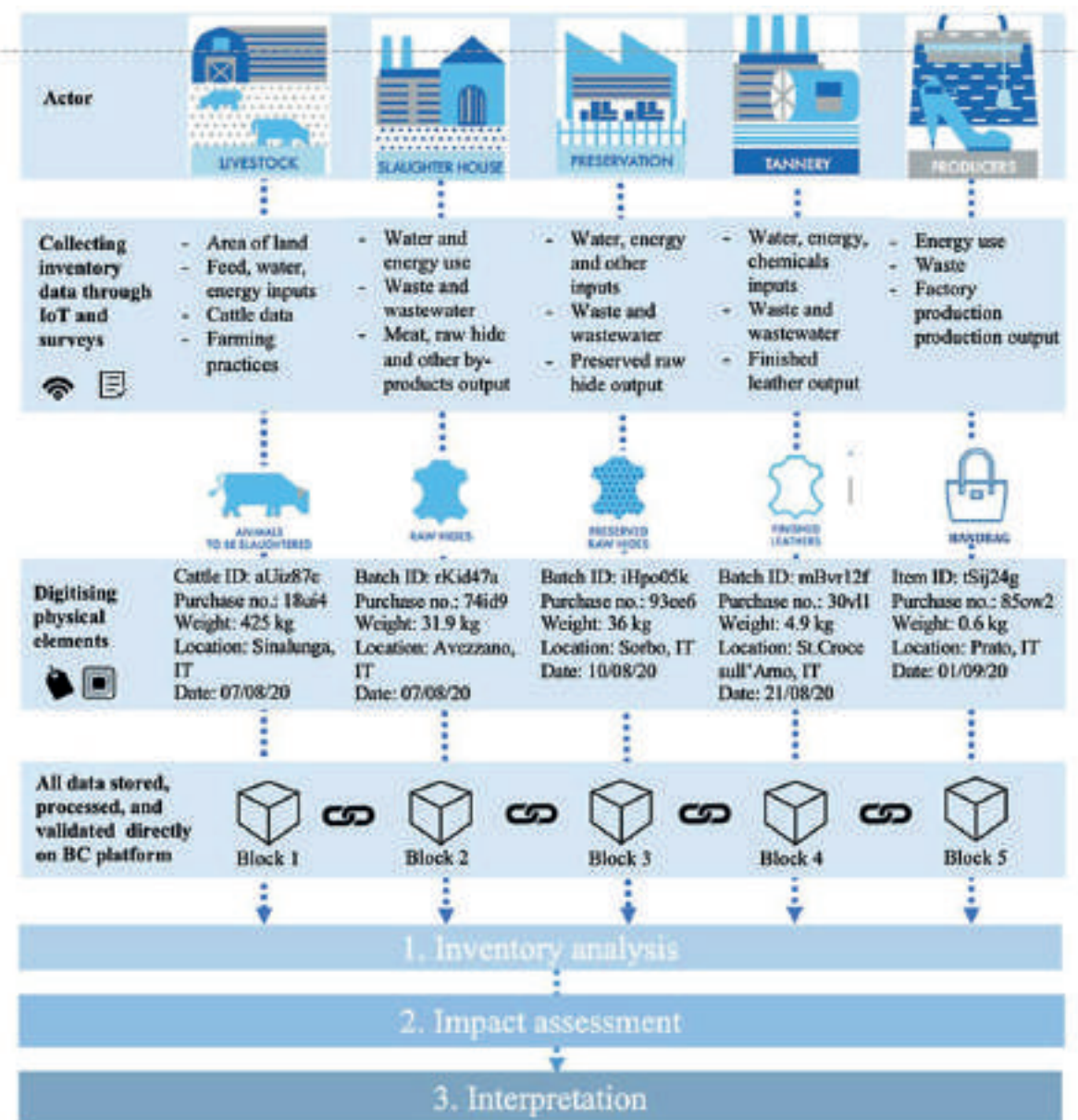
El reciclaje en ciclo cerrado es aquel en el que las fibras textiles se convierten de nuevo en fibras para el sector textil (Payne, 2015). El reciclaje en ciclo abierto, el más común en la actualidad, supone el uso de fibras textiles o antiguos textiles como materiales de relleno o aislamiento y generalmente implican una degradación de la pureza y el valor.

En los últimos años han surgido nuevas tecnologías que buscan cerrar el reciclaje de fibras textiles. No obstante, algunas de las principales empresas que intentaron desarrollar estas innovaciones quebraron debido a una combinación de varios problemas: recogida de textiles limitada y no segregada, las mezclas complejas de fibras naturales y artificiales; y el problema de competir con fibras vírgenes más versátiles, accesibles y baratas.

Los procesos de reciclaje siguen dos rutas fundamentales: el reciclado mecánico y el químico, aunque en la mayoría de los casos hay una combinación de ambos procesos. Por ejemplo cuando se hace una segregación mecánica de las fibras antes del reciclaje químico.

El reciclaje químico es más complejo y en la mayor parte de los casos más costoso, e

Sistema blockchain integrado con ACV en textiles



El concepto de “integridad” de las fibras es equivalente al de “pureza” que a menudo se emplea para referirse al reciclaje de otros materiales.

Pulso circular

Necesidad de trazabilidad y transparencia en la cadena de valor textil

Palanca circular

Integrar análisis del ciclo de vida en un sistema de blockchain para aportar transparencia al impacto medioambiental del sector textil.

implica un proceso de despolimerización para luego repolimerizar. Tiene los mismos retos que vimos en el apartado dedicado al reciclaje de plásticos, con la única diferencia que el producto final es una fibra.

Un caso particular es la obtención de fibras a partir de embalajes plásticos, normalmente botellas de PET. Esto se hace de forma mecánica y térmica mediante extrusión y fundido. Esta ruta es problemática ya que crea una disrupción en el reciclaje de dichos embalajes plásticos.

Fashion for Good estima que reciclar fibras textiles permitiría recuperar fibras por valor de 74 millones de libras esterlinas para entrar en la cadena de valor. Según un informe de McKinsey, alrededor del 70% de los textiles podrían ser reciclados usando tecnologías de fibra a fibra, pero reconocen que el sector no está lo suficientemente maduro y

se enfrenta a numerosas barreras, principalmente de escalabilidad y viabilidad, como vimos en el reciclaje químico de plásticos. No es de extrañar que varias empresas de reciclaje de textiles de fibra a fibra se hayan enfrentado a quiebras o dificultades financieras significativas en los últimos años. Estas empresas, pioneras en la economía circular de la moda, tenían como objetivo transformar residuos textiles en nuevas fibras, pero diversas barreras tecnológicas (factibilidad) y, económicas y de mercado (escalabilidad y viabilidad) terminaron con ellas. Veamos algunos ejemplos notables:

Worn Again Technologies fue una de las pioneras en el reciclaje químico de textiles mixtos (por ejemplo, algodón-poliéster), pero se encontró con dificultades para escalar su tecnología. Aunque la compañía desarrolló un proceso innovador para separar y reciclar fibras, su capacidad de producción y la dificultad para obtener suficiente financiación la llevaron a una situación financiera crítica.

Renewcell creó la principal planta de reciclado de algodón en viscosa a escala industrial y llegó a acuerdos con H&M y otras grandes marcas. Pese a los apoyos de grandes productores de textiles, la empresa se enfrentó con falta de financiación, altos costes de producción, falta de ayudas, y productor finales que no podían competir con los precios de las fibras vírgenes.

Circular Systems, conocida por sus innovaciones en materiales sostenibles, tuvo dificultades para comercializar y financiar su tecnología de reciclaje de textiles. Aunque sus productos y procesos de reciclaje recibieron premios y reconocimiento, la empresa tuvo problemas para escalar de manera rentable y asumir los costos asociados con la producción de fibras recicladas de calidad.

La falta de políticas que favorezcan el uso de materiales reciclados y la ausencia de una infraestructura sólida para recolectar y clasificar textiles también han sido factores importantes en su implosión.

Pulso circular

Implosión de las innovaciones en el reciclaje de fibra a fibra

Palanca circular

Políticas para dotar de viabilidad a las innovaciones fomentando el contenido en fibras recicladas, y crear infraestructuras de recolección y clasificación

Todas estas empresas se toparon en mayor o menor medida con idénticas barreras: captación de fondos, problemas de escalabilidad, altos costos de operación y competencia con fibras vírgenes de bajo costo.



Estrategias circulares para textiles

ESTRATEGIAS PARA **RALENTIZAR** EL FLUJO DE TEXTILES

Hay varios enfoques y estrategias que aumentan la durabilidad y reparabilidad de las prendas. Estas estrategias incluyen el diseño circular (ecodiseño), el desarrollo de modelos y plataformas de intercambio y reventa, la extensión de garantías y los programas de recirculación de prendas. A continuación, se presentan estos enfoques:

■ ECO-DISEÑO PARA INCREMENTAR LA REPARABILIDAD Y DURABILIDAD

Diseño modular: Crear prendas con componentes intercambiables o modulares que faciliten su reparación o actualización. Por ejemplo, mangas desmontables o cierres reemplazables que alargan la vida útil de la prenda.

Selección de materiales duraderos: Usar tejidos y materiales de alta calidad y resistencia para que las prendas soporten el uso prolongado y el desgaste, reduciendo así la necesidad de reemplazo frecuente.

Costuras y refuerzos mejorados: Diseñar las prendas con costuras reforzadas en áreas de alto desgaste, como las axilas, rodillas o entrepierna, para evitar que se rompan fácilmente.

Accesibilidad a piezas de repuesto: Prover botones, cierres y otros componentes de repuesto para facilitar pequeñas reparaciones.

Instrucciones de cuidado: Incorporar instrucciones claras de cuidado en las etiquetas para que los consumidores sepan cómo lavar y mantener las prendas correctamente, maximizando su durabilidad.

■ SISTEMAS Y PLATAFORMAS PARA EL INTERCAMBIO Y VENTA DE PRENDAS

Mercados de segunda mano: Plataformas como ThredUp, Vinted y Depop permiten a los consumidores comprar y vender ropa usada, fomentando el intercambio en lugar de la compra de nuevos productos.

Alquiler de ropa: Servicios como Rent the

Runway y Hurr Collective ofrecen alquiler de ropa de alta calidad para eventos especiales, evitando compras innecesarias y promoviendo la reutilización.

Intercambio de prendas: Algunas plataformas, como Swap Society, permiten a los usuarios intercambiar ropa entre ellos, haciendo que las prendas en buen estado encuentren nuevos dueños y alargando su ciclo de vida.

Iniciativas de moda circular: Plataformas como Patagonia Worn Wear o The North Face Renewed revenden prendas reparadas o recicladas de sus marcas, fomentando la economía circular en sus productos.

■ EXTENSIÓN DE LAS GARANTÍAS DE LOS PRODUCTOS Y REMANUFACTURA

Ampliar el plazo de garantía: Extender la garantía de las prendas, ofreciendo cobertura contra desgastes y defectos de fábrica. Esto incentiva a las marcas a producir artículos de mayor durabilidad y brinda a los consumidores la confianza de que pueden usar el producto a largo plazo.

Garantía de reparación: Programas de reparaciones gratuitas o de bajo costo durante un tiempo determinado, lo que contribuye a reducir el desperdicio textil y asegura la durabilidad de las prendas.

Garantías de cambio: Implementar políticas de cambio para los productos en buen estado, de manera que los consumidores puedan intercambiarlos o devolverlos cuando ya no los necesiten, incentivando la economía circular y la reutilización de productos.

■ CASO DE ESTUDIO: MUD JEANS

Mud Jeans, una marca de pantalones vaqueros sostenibles, que ofrece un modelo de servitización, en el cual los clientes alquilan sus pantalones por un plazo determinado. Al final del plazo, pueden devolverlos, extender el alquiler o comprarlos. Mud Jeans se encar-

Pulso circular

Ralentizar el flujo de textiles

Palanca circular

Estrategias que aumentan la durabilidad y reparabilidad de las prendas, diseño circular y plataformas de intercambio

ga de reciclar los pantalones usados para fabricar nuevos productos, cerrando el ciclo de uso del denim y reduciendo la necesidad de fabricar con materiales nuevos.

La empresa utiliza algodón reciclado en sus productos y se esfuerza por crear jeans duraderos y fácilmente reciclables, lo que minimiza el desperdicio y apoya una economía circular.

■ CASO DE ESTUDIO: PROGRAMAS DE RECIRCULACIÓN DE ROPA INFANTIL

Las plataformas de ropa infantil, como Little Loop y Circos, ofrecen suscripciones de ropa para niños. Los padres pueden alquilar prendas que luego pueden ser devueltas a medida que sus hijos crecen para ser reutilizadas por otros niños.

Además de alquileres, estas plataformas también se encargan de reciclar o donar las prendas que han alcanzado el final de su vida útil, promoviendo una cultura de reutilización en el mercado de ropa infantil.

En resumen, iniciativas como el diseño circular, las plataformas de intercambio, la extensión de garantías y programas innovadores como el de Mud Jeans o la recirculación de ropa infantil son esenciales para alargar el ciclo de vida de las prendas. La implementación de estas estrategias no solo reduce el desperdicio textil, sino que también fomenta una cultura de uso responsable en la industria de la moda.

TEXTILES

ESTRATEGIAS PARA **ESTRECHAR** EL FLUJO DE TEXTILES

La estrategia de estrechar el flujo de textiles **se enfoca en disminuir la cantidad de textiles nuevos que entran en el mercado**, promoviendo prácticas y regulaciones que incentiven el uso responsable de recursos y fomenten la circularidad en la moda.

■ REGULACIÓN MEDIANTE ARANCELES Y MECANISMOS TIPO CBAM

Una herramienta clave en esta estrategia sería la implementación de aranceles específicos para limitar la entrada de textiles nuevos, especialmente aquellos importados a bajo costo y sin consideraciones de sostenibilidad. Estos aranceles desincentivarían la producción y la compra de textiles de baja calidad y corta duración.

Otro mecanismo potencial es un sistema inspirado en el Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM), que actualmente se aplica en productos de alta intensidad energética como el cemento y el acero. Un CBAM adaptado para textiles podría aplicar tarifas en función de la huella de carbono y el impacto ambiental de los productos textiles, incentivando a las empresas a reducir su dependencia de materiales vírgenes y prácticas contaminantes.

■ PROMOCIÓN DE PRODUCTOS DE PRODUCCIÓN LOCAL Y REPARABLES

Promover la producción local de textiles tiene varias ventajas: disminuye la huella de carbono asociada con el transporte y, además, permite a los usuarios de ropa reparar o refabricar los productos más fácilmente. Las empresas locales podrían ofrecer servicios de reparación y reciclaje, lo que prolongaría la vida útil de las prendas y generaría valor en la comunidad.

La producción local también permite un mayor control sobre las condiciones laborales y ambientales de producción y facilita la creación de una economía circular en la que las prendas, cuando por su estado ya no sean utilizables, puedan reciclarse para crear nuevos productos.

■ INCREMENTO DE LA TRAZABILIDAD Y LOS MERCADOS SECUNDARIOS MEDIANTE BLOCKCHAIN

Algunas empresas textiles han comenzado a usar tecnología blockchain para mejorar la trazabilidad de sus productos. Esto les

permite documentar el recorrido completo de cada prenda, desde su producción hasta el usuario final, facilitando la transparencia y mejorando la confianza del consumidor.

La trazabilidad también contribuye a crear valor en mercados secundarios (compra-venta de productos usados) y alienta a las marcas a desarrollar plataformas para la venta y remanufactura de productos usados. Al existir un registro verificable de los materiales y la historia de uso de una prenda, es más fácil para los compradores elegir productos de segunda mano con la certeza de que mantienen su calidad y autenticidad. Ejemplos de esta práctica son plataformas como Vestiaire Collective, que permite a las marcas y a los compradores intercambiar prendas de lujo y alta calidad en el mercado secundario. Estas plataformas pueden integrarse con blockchain para verificar la autenticidad de los productos y darles una segunda vida en un mercado de reventa.

La estrategia de estrechar el flujo de textiles busca reducir la entrada de textiles nuevos al mercado mediante una combinación de regulaciones, fomento de la producción local y el uso de tecnología avanzada como blockchain para aumentar la trazabilidad. Al reducir la dependencia de materiales nuevos, promover productos locales y trazables, y fortalecer los mercados secundarios, esta estrategia tiene el potencial de generar una economía textil más sostenible y circular.

Pulso circular

Estrechar el flujo de
textiles

Palanca circular

Regulaciones CBAM,
fomento de la producción
local y el uso de
blockchain para
aumentar la trazabilidad.





ESTRATEGIAS PARA CERRAR EL CÍRCULO EN EL FLUJO DE TEXTILES

Aquí estamos hablando sobre todo de favorecer el reciclaje de textiles. Las nuevas tecnologías de reciclaje de fibra a fibra prometen una recuperación de fibras para reemplazar fibras primarias. No obstante, pese a la existencia de numerosas startups innovadoras en este sector, la viabilidad del reciclaje de fibra a fibra es complicado cuando intenta operar dentro de un sistema diseñado de forma lineal en lugar de circular. Aunque algunas multinacionales y marcas globales del sector textil han firmado ambiciosos compromisos, las fibras recicladas son significativamente más caras y difíciles de producir y además requieren adaptaciones en todo el sistema de producción. La quiebra de las principales empresas innovadoras pone en duda el compromiso real de las grandes empresas y marcas textiles.

Conviene señalar que muchas actividades que comúnmente se describen como reciclaje no son realmente reciclaje. Los textiles recogidos por autoridades locales en acuerdos con muchas ONGs son a menudo vendidos, e mayor o menor medida, a comerciantes que los clasifican en diversas calidades y los venden en el mercado internacional. En un estudio de 2023 para Relondon se vio que el destino de los textiles recogidos en el Reino Unido (2019) eran Pakistán, Ghana, Nigeria y Polonia.

Además, los comerciantes internacionales de estos textiles se enfrentan a una creciente presión, ya que el negocio tradicional de la venta de textiles de segunda mano está siendo fuertemente amenazado por la baja calidad de los productos textiles actuales. La producción masiva de prendas de baja calidad ha reducido significativamente el valor residual de los textiles usados, llevándolos en muchos casos a ser considerado cercano a cero. Esto se traduce en una mayor dificultad para que los comerciantes obtengan beneficios de la reventa de estos productos, complicando aún más el panorama del reciclaje textil.

La situación actual del reciclaje de fibra a fibra y el comercio de textiles de segunda mano indica que, aunque existen compromisos por parte de algunas marcas y avances tecnológicos, el sistema en su conjunto aún no es económicamente viable. La industria necesita un replanteamiento radical que aborde las limitaciones económicas y técnicas del reciclaje textil, así como una reevaluación de la calidad de las fibras producidas y la creación de un ciclo verdaderamente circular que minimice los desechos y maximice la reutilización. Esto requiere colaboración entre todos los actores de la cadena de suministro, desde los productores y minoristas hasta los consumidores y reguladores.

Pulso circular

Cerrar el flujo de textiles

Palanca circular

Esfuerzo colaborativo entre todos los actores de la cadena de suministro, desde los productores y minoristas hasta los usuarios y reguladores.

ECONOMÍA CIRCULAR UN INFORME PARA EL CAMBIO ESTRATÉGICO

Autor principal



**Manuel
Maqueda**

Director de Bionomía. Profesor de los Programas Especiales en Economía Circular Aplicada y en Economía Regenerativa de la Universidad de Harvard, división de Enseñanza Continuada.

Coautora, plástico y textiles



**Teresa Domenech
Aparisi**

Profesora titular de Ecología Industrial y Economía Circular y directora fundadora del Laboratorio de Economía Circular y del Centro de Innovación en Plásticos de University College London.

Soporte:

Raquel Santiago, Kathrine Maceratta,
y equipo de consultores de Bionomía.

Nuestro agradecimiento a los expertos
que aportaron sus citas y/o soporte intelectual:

Chrysostomos Adamidis,
Consultor y Formador, Circular Economy Alliance

Ramón Arratia,
Chief Sustainability Officer, Ball Corporation.

Frank Boons,
Catedrático de Economía Política de la Sostenibilidad y Director del Maastricht Sustainability Institute, Universidad de Maastricht.

Filipe Caamaño,
Director del Protocolo Global de Circularidad, World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

Alvaro Conde Soria,
Consultor de Investigación en Circle Economy Foundation.

Paul Ekins,
Vicepresidente del Grupo de Trabajo de Economía Circular del Reino Unido. Catedrático de Política de Recursos y Medio Ambiente, Instituto de Recursos Sostenibles de University College London (UCL). Investigador Asociado, Centro de Excelencia en Estadísticas Económicas (ESCoE).

Alejandro Gallego Schmid,
Profesor Titular en Economía Circular y Evaluación de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida. Director de Sostenibilidad Ambiental y Participación en la Escuela de Ingeniería, Universidad de Manchester.

Maria Giraldo,
Responsable de comunicación y sensibilización de Moda re-.

Holly Kaufman,
Directora del Plastics and Climate Project (California).
Senior Fellow, Plásticos y Clima, World Resources Institute"

Kathrine Maceratta,
Consultora de Sostenibilidad, sector CPG.

Luis Medina-Montoya,
Director de proyectos de la Fundación para la Economía Circular.

Cynthia Reynolds,
Fundadora, Circular Economy Coalition.

Pau Ruiz Ballestin,
Consultor de Investigación en Circle Economy Foundation.

Joan Marc Simon,
Fundador de Zero Waste Europe.

Sian Sutherland
Cofundadora de A Plastic Planet, PlasticFree y Plastic Health Council.

Dr Ken Webster,
Fellow, CISL (Cambridge Institute for Sustainability Leadership). Autor "The Circular Economy: A Wealth of Flows".

Diseño, maquetación e infografía:
Emilio Amade Castro

FUENTES

- ¹ European Environment Agency, "Circular economy in Europe: Insights on progress and prospects" (2020).
- ² Ellen MacArthur Foundation, "Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe" (2015).
- ³ Geissdoerfer, M., et al. "The Circular Economy – A new sustainability paradigm?" Journal of Cleaner Production (2017).
- ⁴ European Commission, "Ecodesign Your Future: How Ecodesign can help the environment by making products smarter" (2012).
- ⁵ European Commission, "Ecodesign Your Future: How Ecodesign can help the environment by making products smarter" (2012).
- ⁶ Sopjani L, Arekrans J, Laurenti R, Ritzén S. Unlocking the Linear Lock-In: Mapping Research on Barriers to Transition. Sustainability. 2020; 12(3):1034. <https://doi.org/10.3390/su12031034>.
- ⁷ Araz Hasheminezhad et Al. A comprehensive review of sustainable solutions for reusing wind turbine blade waste materials, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479724017213>
- ⁸ Digital Product Passports: Tech-Driven Sustainability and Traceability for EV Batteries, Construction Materials, and Pilot Use Cases. Abi Research 30 Jan 2024.
- ⁹ Ducuing, C., & Reich, R. H. (2023). Data governance: Digital product passports as a case study. Competition and Regulation in Network Industries, 24(1), 3-23. <https://doi.org/10.1177/17835917231152799>
- ¹⁰ University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL) and the Wuppertal Institute. (2022). Digital Product Passport: the ticket to achieving a climate neutral and circular European economy? Cambridge, UK: CLG Europe.
- ¹¹ Digital Product Passports: Tech-Driven Sustainability and Traceability for EV Batteries, Construction Materials, and Pilot Use Cases. Abi Research 30 Jan 2024.
- ¹² Siemens Predictive Maintenance Blog.
- ¹³ Webs de Tonra y Greyparrot.
- ¹⁴ The implications of the circular economy for the labour market. Circle Economy 2023 // Estimating Employment Effects of the Circular Economy. IISD 2017.// The Circular Economy and Benefits for Society: Jobs and Climate. The Club of Rome 2017. // Skills for a greener future. Key findings International Labour Office – Geneva: ILO, 2019.
- ¹⁵ Ecodiseño Circular: Manual práctico de Ecodiseño par una economía circular, Ihobe 29/05/2024.
- ¹⁶ How to make the circular economy part of the national education system – Tips from Finland -Riitta Silvennoinen.
- ¹⁷ European Environment Agency (2022), "Investment, Jobs and Gross Value Added"; CISL (2024), No Time to Waste: Driving the EU's Resilience and Competitiveness"; European Investment Bank (2024), "Circular Economy Investment Guidelines" ; Ellen MacArthur Foundation (2023), "Financing the Circular Economy" ; European Investment Bank (2024), "Circular Economy Initiative Results" EU Technical Expert.
- ¹⁸ Circular Economy Finance Guidelines, ING.
- ¹⁹ EMF (2021) Japan's disclosure and engagement guidance: facilitating the transition to a circular economy through finance
- ²⁰ Summa Equity (2023), "Investing in a Circular and Waste-Free Europe"
- ²¹ Chatham House (2021) Financing an inclusive circular economy. De-risking investments for circular business models.
- ²² Stena Recycling (2024) "Product-as-a-service in the circular economy The nine critical challenges and how to fix them".
- ²³ Five Misperceptions Surrounding the Environmental Impacts of Single-Use Plastic Shelie A Miller.
- ²⁴ NRDC (2022) Recycling Lies: "Chemical Recycling" of Plastic Is Just Greenwashing Incineration.



Economía Circular: Un informe para el cambio estratégico.
Este informe es un encargo efectuado por el Ministerio para
la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
NIPO: 665250019

