

HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR DIGITAL: EL ROL DE LA POLÍTICA FISCAL EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN ESPAÑA

PUBLICACIÓN ANTICIPADA

El Comité Editorial de la revista Iustitia aprueba la publicación anticipada del presente manuscrito dado que ha culminado el proceso editorial de forma satisfactoria. No obstante, advierte a los lectores que esta versión en PDF es provisional y puede ser modificada al realizar la corrección de estilo y la diagramación del documento.

ACCEPTED FOR PUBLICATION

The Editorial Board of Iustitia approves the early publication of this manuscript since the editorial process has been satisfactorily completed. However, it warns readers that this PDF version is provisional and may be modified by proof-reading and document layout processes.

Hacia una economía circular digital: el rol de la política fiscal en la gestión de residuos en España

Toward a digital circular economy: the role of fiscal policy in waste management in Spain

Arantxa Serrano Cañadas

Abogada, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España. Magister en Acceso a la Abogacía y a la Procura, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España. Investigadora predoctoral en el área de Derecho Financiero y Tributario, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España.

arantxa.serrano@uclm.es

<https://orcid.org/0009-0000-4205-6510>

Recibido: 22 de septiembre de 2025

Aceptado: 23 de febrero de 2026

Cómo citar este artículo:

Serrano Cañadas, A. (2026). Hacia una economía circular digital: el rol de la política fiscal en la gestión de residuos en España. *Iustitia*, 24(28). <https://doi.org/10.15332/iust.v24i28.3318>

Resumen

La transición hacia una economía circular requiere de un cambio estructural en los patrones de producción, consumo y gestión de residuos. Este artículo analiza el papel que desempeñan la fiscalidad y la digitalización como catalizadores de dicho cambio, explorando su interacción desde una perspectiva normativa y operativa. Se examinan los marcos legales vigentes, los instrumentos fiscales disponibles, las barreras existentes y las potencialidades de tecnologías como el IoT, blockchain o la inteligencia artificial en la optimización de la gestión de residuos. A partir de una revisión crítica y propositiva, se propone un modelo de intervención coordinada entre instrumentos fiscales y soluciones digitales para fomentar la prevención, reutilización y reciclaje de residuos, garantizando la sostenibilidad económica y ambiental.

Palabras clave: economía circular, fiscalidad verde, digitalización, residuos.

Abstract

The transition towards a circular economy requires a structural shift in production, consumption, and waste management patterns. This article analyzes the role of taxation and digitalization as catalysts for this transformation, exploring their interaction from both normative and operational perspectives. It examines existing legal frameworks, available fiscal instruments, current barriers, and the potential of technologies such as IoT, blockchain, and artificial intelligence to optimize waste management. Based on a critical and forward-looking review, the article proposes a coordinated intervention model that integrates fiscal instruments and digital solutions to promote waste prevention, reuse, and recycling, while ensuring economic and environmental sustainability.

Key words: Circular economy, green taxation, digitalization, waste.

Introducción

La gestión de residuos representa uno de los desafíos ambientales más acuciantes del siglo XXI. La aceleración del consumo, el crecimiento poblacional y la expansión de las economías digitales han generado una presión sin precedentes sobre los ecosistemas naturales. En este contexto, los sistemas fiscales, tradicionalmente concebidos como instrumentos para la recaudación de ingresos públicos, se encuentran cada vez más en el centro del debate sobre cómo orientar las economías hacia modelos más sostenibles, resilientes e inclusivos. Este artículo propone explorar de manera integral cómo la fiscalidad puede ser empleada no solo como una herramienta de financiamiento estatal, sino también como un mecanismo estratégico para prevenir y gestionar los residuos, tanto físicos como digitales, en el marco de una transición ecológica y tecnológica.

El viraje hacia una tributación verde y digital no es simplemente una cuestión técnica o económica, sino una transformación estructural que redefine las prioridades políticas, las relaciones entre el Estado y el mercado, y los comportamientos ciudadanos. En este nuevo paradigma, la fiscalidad verde -aquella que grava las actividades contaminantes o incentiva prácticas sostenibles - se encuentra estrechamente vinculada con los procesos de digitalización, los cuales permiten una mejor trazabilidad de los residuos, una mayor eficiencia en la aplicación de impuestos ambientales, y la creación de plataformas tecnológicas que faciliten la economía circular.

A medida que las tecnologías digitales remodelan nuestras formas de producir, consumir y desechar, también abren la puerta a nuevas formas de fiscalización y de gobernanza ambiental. Por

ejemplo, el uso de inteligencia artificial, blockchain o big data puede optimizar la recolección de residuos, detectar prácticas ilícitas como el vertido ilegal, o incluso automatizar la aplicación de incentivos fiscales para quienes adopten prácticas sostenibles. Así, la digitalización no solo potencia la eficacia de las medidas fiscales, sino que redefine el alcance y la granularidad de la intervención pública en la esfera ambiental.

No obstante, la transición hacia una tributación digital y verde también implica importantes retos jurídicos, éticos y socioeconómicos. La implementación de impuestos ecológicos puede generar tensiones distributivas si no se acompaña de políticas de compensación adecuadas, y la digitalización del sistema tributario requiere garantizar la equidad en el acceso a tecnologías y la protección de datos. Asimismo, la efectividad de estas medidas dependerá en gran medida de la cooperación entre distintos niveles de gobierno y de la articulación con los sectores productivos y la ciudadanía.

Este artículo se propone analizar, desde una perspectiva crítica y propositiva, las oportunidades que ofrece la fiscalidad para prevenir y gestionar los residuos en el contexto de la digitalización de las economías. A partir de experiencias comparadas, estudios de caso y marcos normativos emergentes, se explorarán las principales herramientas fiscales disponibles —como impuestos al vertido, tasas de reciclaje, incentivos a la innovación verde y esquemas de responsabilidad extendida del productor—, así como los desafíos que plantea su implementación en entornos cada vez más digitalizados.

Al final, lo que está en juego no es solo la eficiencia del sistema tributario o la eficacia en la gestión de residuos, sino la capacidad de las sociedades para avanzar hacia un modelo de desarrollo que respete los límites planetarios sin dejar a nadie atrás. El diálogo entre fiscalidad, sostenibilidad y tecnología no es una opción, sino una necesidad urgente en el camino hacia un futuro más limpio, justo y digitalmente inclusivo.

Economía circular vs. economía lineal

El modelo económico lineal, aún predominante en la actualidad, se basa en la lógica de “comprar, fabricar y desechar”, lo que conlleva una generación creciente de residuos y una vinculación estructural entre el crecimiento económico y el desarrollo tecnológico con la disponibilidad de recursos naturales vírgenes (Goddin et al., 2019), sin embargo, como es sabido por todos, dichos

recursos son limitados y se encuentran próximos a sus umbrales ecológicos (Rockström et al., 2009).

Frente a esta lógica extractiva y descartable, la Fundación Ellen MacArthur -organización sin ánimo de lucro y referente en la promoción de la economía circular (EC)- propone un enfoque alternativo, restaurativo y regenerativo. La economía circular se articula en torno a la reincorporación constante de los flujos de materiales y energía en los sistemas productivos, evitando su conversión en residuos (Fundación Ellen MacArthur y Centro McKinsey para los Negocios y el Medio Ambiente, 2015)¹. Dentro de este paradigma, el diseño sin residuos y la diferenciación entre ciclos biológicos y técnicos son aspectos fundamentales.

Esta diferenciación se establece según el modo en que los materiales retornan al sistema productivo: en el ciclo biológico, los materiales orgánicos son devueltos al entorno natural mediante procesos como el compostaje, lo que contribuye a la regeneración de los ecosistemas y al fortalecimiento de la biosfera; mientras que en el ciclo técnico, se procura prolongar al máximo la vida útil de los materiales mediante su mantenimiento, reparación y reutilización, conservando su valor agregado durante el mayor tiempo posible. Posteriormente, estos materiales pueden ser reciclados, lo que implica su descomposición en componentes básicos, aunque con una pérdida de valor respecto al ciclo original (Webster, 2017).

Según la Fundación Ellen MacArthur (2018), la transición desde el modelo de producción lineal hacia uno circular requiere una transformación estructural que involucre a todos los actores económicos: empresas, gobiernos, organizaciones e individuos. Esta transformación implica la revisión y adaptación de hábitos, procesos y estructuras laborales, así como una reconfiguración de las cadenas de valor, con el objetivo de optimizar los flujos de materiales y económicos.

En contraposición al modelo lineal, el enfoque circular se fundamenta en tres principios esenciales: (a) la regeneración de los recursos naturales, (b) la eliminación de residuos y fuentes de contaminación y (c) la mejora constante de la eficiencia de los procesos y la durabilidad de los productos. Este nuevo paradigma amplía el tradicional enfoque de las 3R (reducir, reutilizar, reciclar), incorporando nuevas estrategias como el rediseño, la refabricación y la reparación, y sumando nociones como “repensar” los modelos de negocio (Jonker et al., 2017) o “regenerar” y “recuperar”, subrayando el carácter restaurativo de la economía circular.

¹ Vid. en este sentido: [Cómo crear una economía circular | Fundación Ellen MacArthur](#)

Para la plena implementación de un modelo económico completamente circular, la Fundación Ellen MacArthur (2018) identifica cinco pilares fundamentales:

Diseño sin generación de residuos. Tanto los materiales técnicos como los biológicos deben ser concebidos desde su origen para facilitar su reutilización y reintegración en los sistemas productivos, manteniendo su valor y minimizando el uso energético requerido. Esta lógica contrasta con los sistemas de reciclaje tradicionales, en los que suele producirse una degradación de la calidad de los materiales.

Resiliencia mediante la diversidad. En un contexto global caracterizado por la incertidumbre y el cambio acelerado, se favorecen las redes productivas diversas, compuestas por múltiples vínculos y relaciones. La modularidad, adaptabilidad y versatilidad son atributos clave en un sistema circular robusto.

Uso exclusivo de fuentes de energía renovables. Este principio se enfoca especialmente en satisfacer las demandas energéticas de los ciclos biológicos restaurativos, minimizando el uso de fuentes fósiles y no renovables.

Pensamiento sistémico. La implementación de la economía circular exige una comprensión profunda de las interrelaciones entre actores, procesos y estructuras dentro del sistema económico en su conjunto. Implica asumir la complejidad y la necesidad de retroalimentación continua, así como la capacidad de adaptación frente a entornos dinámicos.

Pensamiento en cascada. En el caso de los materiales biológicos, la creación de valor se potencia mediante su uso secuencial en distintos ciclos y sectores productivos. El aprovechamiento escalonado de subproductos y residuos permite extender su utilidad antes de ser devueltos al entorno natural.

En el caso específico del sector textil, se vuelve prioritario diseñar sistemas en los cuales las prendas al final de su vida útil no se consideren residuos, sino insumos para nuevas aplicaciones o materias primas para nuevos ciclos productivos. La aplicación del pensamiento en cascada permitiría, por ejemplo, reutilizar materiales textiles en otras industrias, contribuyendo así a una economía de ciclo cerrado. Una mayor cooperación intersectorial y la consolidación de redes colaborativas entre los distintos actores implicados en el ciclo de vida de los productos permitirían reducir las pérdidas de materiales y, en consecuencia, disminuir la demanda de recursos vírgenes y energía.

Antecedentes

A lo largo de las últimas décadas, el modelo económico predominante ha sido el denominado modelo lineal, caracterizado por una secuencia de extracción, producción, consumo y eliminación de productos. Este sistema depende de la disponibilidad de grandes volúmenes de energía y recursos de bajo coste, lo que ha generado impactos medioambientales negativos significativos. Actualmente, el consumo de estos recursos se acerca a los límites de su capacidad física, lo que ha impulsado a las empresas a buscar soluciones que resulten beneficiosas tanto en términos de competitividad como de sostenibilidad ambiental.

Ante esta situación, la Economía Circular surge, como ya se adelantaba, como una alternativa cada vez más respaldada, fundamentada en tres principios esenciales: el diseño orientado a minimizar residuos y contaminación, la prolongación del ciclo de vida de productos y materiales, y la restauración de los sistemas naturales. La implementación de estos principios requiere una transformación profunda en las cadenas de valor y en los modelos de negocio, permitiendo así la transición hacia un paradigma económico más sostenible (Kirchherr, Reike y Hekkert, 2017).

El interés por la Economía Circular ha ido en aumento tanto en el ámbito empresarial como en el político. Un hito relevante fue el compromiso de la Comisión Europea en diciembre de 2014 de desarrollar un paquete de medidas sobre Economía Circular que abarcara todo el ciclo económico, más allá de la mera reducción de residuos (EEA, 2016). Desde entonces, se han evaluado los avances y se han introducido nuevas iniciativas para facilitar la transición hacia este modelo. El “European Green Deal” (Comisión Europea, 2019) destaca la importancia de la transformación digital como elemento clave para alcanzar los objetivos de sostenibilidad, y contempla la adopción de una estrategia industrial que afronte simultáneamente los retos de la digitalización y la transición ecológica. En el contexto español, el Gobierno también ha desarrollado estrategias específicas para promover la Economía Circular (MINECO, 2018)².

A pesar del potencial de las tecnologías digitales para conectar en tiempo real a los diferentes actores y recursos dentro de nuevos ecosistemas económicos, su aprovechamiento en el ámbito de la Economía Circular ha sido limitado hasta ahora. No podemos olvidar que estas tecnologías representan herramientas fundamentales para la gestión eficiente de la información y el conocimiento, elementos esenciales para cualquier proceso de transformación. Así pues, la

² Vid. MINECO (2018) «España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular».

digitalización permite, entre otras cosas, concebir nuevas formas de diseñar, gestionar y monitorizar actividades, facilitando el mantenimiento predictivo de equipos, la logística de residuos y la regeneración de sistemas naturales mediante el uso de tecnologías cognitivas e inteligencia artificial (Morlet et al., 2016).

En definitiva, más allá de reducir el impacto ambiental del sistema económico vigente, la digitalización ofrece la oportunidad de transformar el modelo lineal hacia una Economía Circular, potenciando la sostenibilidad y la competitividad a través de la innovación tecnológica.

Retos: La importancia de la creación de valor y los niveles de cambio

La búsqueda de un desarrollo sostenible ha impulsado la aparición de enfoques innovadores que van más allá de la simple gestión de residuos o emisiones. En la actualidad, las empresas se ven cada vez más obligadas a tomar decisiones estratégicas relacionadas con el medio ambiente, lo que implica modificar tanto las cadenas de valor como los modelos de negocio, con el fin de transformar el mercado hacia alternativas más sostenibles. En este contexto, la economía circular, inspirada en la ecología industrial³, se presenta como una estrategia clara y efectiva que se centra en el análisis de los flujos físicos de recursos.

En el marco de la economía circular, el valor se genera principalmente mediante la prolongación de la vida útil de los activos, el incremento de su utilización, la reducción en el uso de materiales vírgenes y la disminución de residuos y externalidades negativas. Según Morlet et al. (2016), estas oportunidades pueden concretarse de las siguientes formas:

Prolongación y mantenimiento de los activos. Mantener productos, componentes y materiales en uso durante más tiempo reduce la necesidad de fabricar nuevos bienes a partir de recursos primarios, conservando así el valor generado en la producción. Esto se logra mediante el diseño de productos duraderos y fácilmente reparables, así como la implementación de mantenimiento predictivo para evitar fallos que acorten la vida útil de los activos. Además, este enfoque contribuye a disminuir el consumo de recursos finitos como los combustibles fósiles.

Optimización del uso de los activos. Es fundamental maximizar la utilización de los activos, ya sea a través del intercambio entre usuarios, el uso compartido de bienes privados o la mejora de la productividad de los recursos en las operaciones. Este principio también abarca el

³ Vid. en este sentido; MARTÍNEZ ALIER, J. (2003): “Ecología Industrial y Metabolismo Socioeconómico: concepto y evolución histórica” en *Economía Industrial*, 351

incremento del uso de activos que generen menos externalidades negativas y la preferencia por recursos renovables.

Revalorización en cascada. Consiste en dar una nueva vida a los activos o recursos al final de un ciclo de uso, ya sea mediante la remanufactura, la restauración o, en última instancia, el reciclaje de materiales para sustituir recursos vírgenes en la producción de nuevos bienes. Este proceso implica desplazar los recursos hacia mercados secundarios o aplicaciones de menor valor.

Regeneración del capital natural. La economía circular también promueve la conservación y mejora de la productividad a largo plazo de los sistemas naturales, como suelos, océanos, bosques y humedales. Esto incluye la devolución de nutrientes y carbono a la tierra, la prevención de la erosión y la gestión sostenible de los recursos naturales.

Virtualización de los activos. La virtualización implica ofrecer servicios o utilidades de manera digital, reduciendo o eliminando la necesidad de productos físicos. Ejemplos de ello son la música, los libros o las películas digitales, así como la fabricación aditiva o impresión 3D, que transforman los modelos de distribución tradicionales.

Como se ha señalado, un reciclaje eficiente exige que las empresas adapten sus procesos productivos y establezcan sistemas de recuperación de productos al final de su vida útil, lo que requiere la implantación de una logística inversa. Este enfoque ya se aplica en sectores como el del acero y el aluminio, donde se estima que el 80% del aluminio producido sigue en circulación.

La Comisión Europea, en su plan de acción, destaca que el principal desafío para los gestores consiste en desarrollar una gestión integral que involucre a todas las partes interesadas, fomentando su compromiso y aprovechando sinergias para evitar obstáculos, especialmente en lo relativo a la aceptación social y al respaldo institucional.

No obstante, hasta ahora, la mayoría de los avances han sido de carácter incremental y parcial, sin modificar sustancialmente la lógica de la economía lineal. Frente a estas mejoras limitadas, la digitalización ofrece la posibilidad de llevar a cabo transformaciones más profundas y estratégicas, permitiendo una auténtica reconfiguración de los modelos de negocio y de las organizaciones. Para aprovechar plenamente estas oportunidades, la economía circular debe orientarse hacia un cambio sistémico, que implique una transformación radical en lugar de simples ajustes incrementales.

De otro lado, a modo ilustrativo y de acuerdo con Carrillo-Hermosilla, del Río González y Könnölä (2009), la implantación de la Economía Circular puede abordarse desde tres perspectivas o niveles de transformación, que pueden aplicarse de manera progresiva o simultánea:

1. Cambios incrementales en los procesos existentes: Este primer nivel se centra en la optimización de los procesos y tecnologías actuales, introduciendo mejoras graduales que permitan reducir el consumo de recursos, minimizar la generación de residuos y aumentar la eficiencia. Estas adaptaciones suelen consistir en ajustes en los sistemas de producción, la utilización de materiales reciclados o la implementación de prácticas de gestión ambiental más responsables. Si bien este enfoque contribuye a una mayor sostenibilidad, su alcance es limitado, ya que no altera de manera fundamental la estructura del sistema económico.
2. Innovaciones en productos y servicios: En un segundo nivel, la Economía Circular impulsa la creación y el desarrollo de productos y servicios innovadores que incorporan criterios de sostenibilidad desde su diseño. Esto implica la fabricación de bienes pensados para una mayor durabilidad, reparabilidad y reutilización, así como la oferta de servicios que sustituyen la propiedad por el acceso o el uso compartido. Este enfoque promueve modelos de negocio alternativos y fomenta la transición hacia una economía basada en el aprovechamiento eficiente de los recursos.
3. Transformaciones sistémicas o cambios radicales: El tercer nivel representa una transformación profunda del sistema, que afecta no solo a los procesos productivos y a los productos, sino también a la organización de los mercados, las cadenas de valor y las relaciones entre los diferentes actores económicos y sociales. Este enfoque requiere la adopción de nuevas formas de colaboración, la integración de tecnologías digitales avanzadas y la redefinición de los marcos regulatorios e institucionales. Solo a través de este tipo de cambios estructurales es posible alcanzar una economía verdaderamente circular, capaz de generar impactos positivos significativos tanto en el ámbito ambiental como en el económico.

En síntesis, la transición hacia la Economía Circular puede abordarse desde distintas escalas de intervención, siendo necesario avanzar de las mejoras incrementales hacia transformaciones más profundas y sistémicas para lograr una sostenibilidad y competitividad plenas (Carrillo-Hermosilla, del Río González y Könnölä, 2009).

Digitalización en la economía circular desde el paradigma de los residuos

Estrategias digitales para una economía circular: prevenir, reutilizar y reciclar

Prevención como eje clave

La prevención de residuos implica la adopción de diversas medidas orientadas a reducir su generación desde el origen. Entre ellas destacan el ecodiseño de productos, la disminución del consumo, la reutilización y la reparación. Estas acciones se concretan, entre otros aspectos, en el uso de materiales reciclables, la optimización de los embalajes y la implementación de prácticas de producción más eficientes.

En este contexto, la digitalización de la economía se presenta como una herramienta clave para reforzar dichas estrategias, al favorecer una comunicación eficaz entre los distintos actores de la cadena de valor. Tecnologías como el big data, el blockchain y el Internet of Things (IoT) hacen posible la recopilación y procesamiento de datos relativos al funcionamiento de los bienes comercializados.

Esta información resulta fundamental para anticipar necesidades de mantenimiento - prolongando así la vida útil de los productos- y para detectar fallos potenciales que, una vez corregidos, permiten optimizar los procesos productivos futuros (REJEB, The IoT..., 2022). De forma complementaria, el uso de geolocalizadores contribuye al seguimiento y control de productos a lo largo de su ciclo de vida, mientras que técnicas de machine learning procesan los datos generados mediante inteligencia artificial para mejorar la eficiencia del sistema.

Además, la digitalización permite avanzar hacia la desmaterialización de bienes físicos. Modelos basados en la economía colaborativa, por ejemplo, reducen la necesidad de fabricar nuevos productos para satisfacer demandas funcionales, contribuyendo así a prevenir la generación de residuos. En la misma línea, el empleo de software de modelado tridimensional facilita el desarrollo de productos y prototipos en entornos virtuales, lo que disminuye significativamente el uso de materiales como papel, metales o plásticos durante las fases de diseño.

La realidad aumentada, por su parte, ofrece nuevas posibilidades para apoyar la remanufactura y la formación técnica de empleados, minimizando la necesidad de producir prototipos físicos. Asimismo, puede ser utilizada en campañas de concienciación dirigidas a los consumidores, promoviendo un uso más eficiente y responsable de los productos.

Las tecnologías digitales también fortalecen la trazabilidad y la transparencia en las cadenas de suministro, lo que a su vez facilita la detección de puntos críticos para reducir residuos. En este sentido, el desarrollo de aplicaciones móviles desempeña un papel destacado, al ofrecer información sobre el impacto ambiental de los productos, orientar al consumidor hacia decisiones más sostenibles y promover prácticas como la reparación o el intercambio, en lugar de la eliminación.

Por último, cabe destacar el potencial de la inteligencia artificial para identificar patrones de consumo y generación de residuos. A través del análisis avanzado de datos, es posible diseñar estrategias de prevención más precisas y adaptadas a contextos específicos. En conjunto, todas estas herramientas digitales no solo ayudan a prevenir residuos, sino que también propician la creación de plataformas que promueven la reutilización, reduciendo así la presión sobre los recursos naturales y evitando la producción innecesaria de nuevos bienes.

Reutilizar

La reutilización constituye un eslabón fundamental en la jerarquía de gestión de residuos y es reconocida expresamente por el marco normativo europeo y nacional.

En particular, la Directiva 2008/98/CE⁴ establece objetivos concretos en materia de reutilización para determinados flujos de residuos, como los envases y los aparatos eléctricos y electrónicos. A nivel interno, el artículo 18 de la Ley 7/2022⁵ refuerza este principio al prohibir la destrucción o eliminación de excedentes de productos no perecederos que no hayan sido vendidos, imponiendo como prioridad su destino a la reutilización, ya sea mediante donación o mediante otras formas previstas en la jerarquía de gestión.

En este contexto, las plataformas digitales colaborativas se consolidan como herramientas clave para fomentar el intercambio y la reutilización de productos entre usuarios. Estas iniciativas contribuyen a alargar la vida útil de los bienes, reduciendo así la necesidad de adquirir nuevos productos y, por ende, minimizando la generación de residuos.

⁴ *Vid.* a modo de consulta: BOE.es - DOUE-L-2008-82319 Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.

⁵ *Vid.* a modo de consulta: BOE-A-2022-5809 Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

Del mismo modo, *vid.* en este sentido: Patón García, G. (2023): Fiscalidad de residuos orientada a una economía circular. Análisis tras la Ley 7/2022, de 8 de abril, de Residuos y Suelos Contaminados para una economía circular, Editorial Aranzadi.

El avance tecnológico también proporciona soluciones concretas para facilitar y optimizar la gestión de productos destinados a la reutilización. Por ejemplo, el uso de geolocalizadores y códigos de barras, habilitados por una infraestructura nacional de comunicaciones 5G, permite seguir en tiempo real la localización de los productos y articular acuerdos de gestión entre el productor y el poseedor final del residuo. Esta trazabilidad resulta especialmente útil para dar cumplimiento a las obligaciones establecidas en el Real Decreto 1055/2022, que regula aspectos clave de la responsabilidad ampliada del productor.

Además, estas tecnologías digitales no sólo favorecen la reutilización, sino que también mejoran la trazabilidad y el reciclaje de los residuos una vez generados, al permitir el seguimiento de los productos durante todo su ciclo de vida y su eventual reintegración en procesos productivos posteriores.

En esta línea, el Internet of Things (IoT) ofrece un potencial significativo para crear mercados digitales integrados, donde proveedores y consumidores puedan intercambiar bienes, componentes y materiales en distintas fases del ciclo productivo -desde materias primas hasta productos en proceso o desechos valorizables-.

Reciclar

El reciclaje constituye un pilar esencial dentro de la economía circular, al permitir la recuperación de materiales y recursos valiosos que, de otro modo, se perderían en procesos de eliminación final. Una condición indispensable para su efectividad es la adecuada separación de residuos en origen, lo que facilita su posterior clasificación y tratamiento. En este ámbito, la incorporación de tecnologías digitales -y en particular la robótica- ha supuesto un avance significativo.

El uso de robots especializados permite realizar una clasificación de residuos mucho más rápida, precisa y eficiente que los métodos manuales tradicionales. Esta automatización no solo incrementa la calidad y cantidad de materiales reciclables recuperados, sino que también reduce la exposición de los trabajadores a entornos potencialmente insalubres, mejorando así la seguridad laboral en plantas de tratamiento. Además, los sistemas robóticos de alta precisión son capaces de ejecutar tareas complejas como el desmantelamiento de productos para la recuperación selectiva de componentes y materias primas. Este tipo de tecnología resulta especialmente útil en la gestión de residuos electrónicos, que a menudo contienen metales preciosos y otros materiales críticos cuyo aprovechamiento es clave para la sostenibilidad industrial.

Otro avance de gran relevancia es el desarrollo del pasaporte digital de productos, una herramienta que facilita la trazabilidad a lo largo del ciclo de vida de los bienes. Este instrumento proporciona información clave sobre su composición, opciones de reparación y reciclaje, contribuyendo así a reducir los residuos que terminan en vertederos y fomentando la reutilización y el reaprovechamiento de materiales.

En paralelo, el uso del big data permite optimizar la eficiencia de los sistemas de reciclaje mediante la recolección y análisis de grandes volúmenes de información. Esta tecnología no solo mejora la gestión operativa de los residuos, sino que también soporta decisiones estratégicas, al identificar tendencias en la generación, separación y valorización de materiales (REJEB, *The IoT...*, 2022). Asimismo, el big data posibilita la realización de análisis geográficos y socioeconómicos que ayudan a comprender cómo se distribuyen los residuos en distintas regiones o comunidades, lo cual resulta esencial para diseñar políticas públicas adaptadas a cada realidad local.

Por último, el uso de inteligencia artificial (IA), junto con técnicas de machine learning y deep learning, permite detectar patrones de comportamiento en la producción y disposición de residuos. Estos sistemas inteligentes son capaces de anticipar conductas, segmentar perfiles de generación y ofrecer soluciones adaptadas para maximizar el reciclaje y reducir el volumen de residuos. De este modo, la tecnología se convierte en una aliada indispensable para transitar hacia un modelo de economía circular más eficiente, inteligente y sostenible.

¿Y si los residuos ya se han generado?

Una vez generados los residuos, se hace indispensable adoptar medidas eficaces para su correcta gestión y eventual eliminación. Este tratamiento debe realizarse conforme a lo establecido en la Directiva 1999/31/CE y la Ley 7/2022, entre otras normativas aplicables. Aunque el artículo 2.2 de esta última ley establece como objetivos tanto la prevención de la generación de residuos como el tratamiento adecuado de los residuos existentes, la práctica revela un enfoque predominantemente centrado en la gestión posterior a su generación.

En efecto, tanto las regulaciones europeas como las nacionales ponen mayor énfasis en el tratamiento de los residuos ya producidos, lo que ha venido marcando la orientación principal de las políticas públicas en esta materia (Nogueira López, 2022).

Un ejemplo de esta orientación es la Estrategia Española de Economía Circular, que, si bien promueve una política de reducción de residuos, lo hace mediante objetivos que carecen de fuerza vinculante y que funcionan más como una guía programática que como una obligación legal.⁶

En este escenario, la digitalización emerge como un elemento fundamental para mejorar la gestión de residuos en todas sus fases: desde la recolección hasta su disposición final. La incorporación de tecnologías inteligentes permite desarrollar soluciones innovadoras que no sólo optimizan los procesos, sino que también contribuyen a reducir costes operativos y mejorar la sostenibilidad del sistema.

Por ejemplo, el Internet de las Cosas (IoT) permite la monitorización en tiempo real de los contenedores de residuos, lo que facilita la planificación eficiente de las rutas de recogida en función de su nivel de llenado. Esta optimización evita desplazamientos innecesarios, reduce el consumo energético y mejora el rendimiento de los servicios públicos o privados de recogida.

Asimismo, las plantas de tratamiento pueden incorporar tecnologías avanzadas como la visión por computadora, el aprendizaje automático y la robótica, que mejoran la clasificación de los residuos reciclables, aumentando la recuperación de materiales valiosos y disminuyendo el volumen destinado a vertederos.

Por otro lado, el uso de big data permite identificar patrones de generación de residuos, lo que facilita el diseño de estrategias de gestión más eficaces, adaptadas a las necesidades específicas de cada territorio o sector. Estas herramientas permiten, por ejemplo, detectar puntos críticos de generación o evaluar el rendimiento de políticas de reciclaje.

A su vez, las plataformas digitales colaborativas favorecen la participación activa de ciudadanos, empresas y administraciones, promoviendo una recogida selectiva más eficiente y fomentando la cultura de la economía circular.

Finalmente, la tecnología blockchain añade una capa de transparencia y seguridad a los procesos de gestión de residuos, al garantizar la trazabilidad de los materiales desde su origen hasta su destino final. Esto no solo facilita el cumplimiento normativo, sino que también genera confianza entre los distintos actores implicados, asegurando que las obligaciones medioambientales se cumplen de forma verificable.

⁶ En este contexto, la actuación gubernamental se ha centrado, en gran medida, en la eficiencia en la gestión de los residuos, más que en su prevención.

En suma, la integración de tecnologías digitales en la gestión de residuos no sólo optimiza los procesos operativos, sino que transforma el enfoque tradicional hacia uno más inteligente, colaborativo y orientado a la sostenibilidad.

Incentivo: Reducción de costes

Como ya se ha visto, la digitalización no solo contribuye a la reducción de residuos en la economía circular, sino que también puede generar importantes beneficios económicos, incluida la reducción de costos operativos y el aumento de la eficiencia. Por ejemplo, la optimización de los procesos de gestión de residuos mediante tecnologías digitales puede reducir los gastos asociados a la recolección, transporte y tratamiento de residuos.

Además, la recuperación de materiales y componentes valiosos a partir de residuos puede generar ingresos adicionales para las empresas. La incorporación de nuevas tecnologías al proceso productivo también puede contribuir al desarrollo de la fidelidad de las marcas, y, con ello, a la expansión de las empresas.

Esta fidelidad puede resultar tradicionalmente de la realización de campañas publicitarias por la empresa acerca de las acciones realizadas atendiendo a su compromiso de responsabilidad social y ambiental. En el entorno digital esta fidelidad puede derivar del uso de sistemas digitales que garanticen la transparencia de las operaciones, la trazabilidad de los productos y una menor huella ambiental de los bienes comercializados.

Debe operarse, asimismo, una reducción en los costos de cumplimiento de deberes formales relacionados con la digitalización y la economía circular, pudiendo de esta forma liberar a las empresas los fondos necesarios para la orientación de las inversiones. La existencia de cargas importantes en el cumplimiento de deberes formales puede derivar en que la innovación quede para el momento en que sea posible ponerla en marcha una vez satisfechos los requerimientos gubernamentales.

Es necesario, por tanto, que exista un debido balance entre la creación de deberes a cargo de las empresas y los estímulos a la digitalización. El cumplimiento de deberes de información, por ejemplo, puede representar importantes cargas económicas para las empresas.

Barreras en términos de digitalización

Aunque como se indicó con carácter precedente, la integración de tecnologías digitales en la economía circular representa una oportunidad fundamental para transformar la forma en que producimos, consumimos y gestionamos los recursos. Sin embargo, esta transición no está exenta de obstáculos. Existen importantes barreras estructurales, financieras, normativas y organizativas que dificultan el despliegue efectivo de herramientas como el big data, el blockchain, el Internet de las Cosas (IoT) o la inteligencia artificial. Estas limitaciones pueden tener consecuencias directas tanto sobre la sostenibilidad ambiental como sobre la competitividad económica de empresas e instituciones.

Uno de los principales frenos es el elevado coste de inversión inicial requerido para adoptar tecnologías digitales avanzadas. La modernización de infraestructuras, la capacitación del personal y la integración de nuevos sistemas implican un esfuerzo económico significativo que no todas las empresas están en condiciones de asumir. Este desafío se vuelve especialmente crítico para las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), que suelen operar con márgenes más estrechos y menor capacidad de endeudamiento o financiación externa.

A esto se suma la escasa disponibilidad de recursos financieros, que reduce aún más la posibilidad de implementar soluciones tecnológicas a medio o largo plazo. La digitalización, en muchos casos, compite con otras prioridades presupuestarias urgentes dentro de las organizaciones, relegando los proyectos de innovación sostenible a un segundo plano. En consecuencia, muchas empresas solo abordan estos procesos cuando ya existe una exigencia regulatoria o un riesgo inminente de obsolescencia, lo cual retrasa la transformación estructural necesaria.

Por otro lado, la ausencia de incentivos fiscales específicos constituye una barrera notable. La falta de medidas tributarias que promuevan la digitalización con fines sostenibles representa una oportunidad perdida para las administraciones públicas. Resulta imprescindible establecer mecanismos que premien la transición hacia modelos de negocio basados en servicios, como el alquiler, la reutilización o las plataformas de suscripción, en lugar de la mera venta de productos. Tales medidas podrían incluir deducciones fiscales, subvenciones directas o créditos blandos para la adquisición de tecnología y formación de personal. Como destaca Hofmann Trevisan (2023), una fiscalidad bien diseñada no solo debería imponer obligaciones, sino también proporcionar estímulos suficientes para facilitar el cambio.

Además, la falta de coordinación e integración entre los distintos actores de la cadena de valor representa un problema estructural. En muchos sectores, los flujos de información entre fabricantes, distribuidores, consumidores y gestores de residuos son fragmentarios o directamente inexistentes. Esta desconexión impide una trazabilidad adecuada de los productos y recursos, obstaculiza la colaboración y reduce la eficiencia de los sistemas digitales. La implementación de tecnologías como el blockchain podría ayudar a resolver este problema, permitiendo registrar y compartir datos de forma segura, transparente y en tiempo real, facilitando así la confianza y la cooperación entre los diferentes eslabones del sistema.

En definitiva, la digitalización de la economía circular requiere una estrategia coordinada que aborde estos obstáculos de manera integral. La eliminación de barreras no puede depender exclusivamente del esfuerzo individual de las empresas, sino que exige una acción pública decidida, capaz de articular políticas fiscales, financieras y tecnológicas coherentes con los objetivos de sostenibilidad. Solo así será posible desbloquear todo el potencial transformador de las tecnologías digitales para avanzar hacia una economía verdaderamente circular, resiliente e inclusiva.

El uso del tributo como promotor de la digitalización en el contexto de la economía circular

En el contexto de la transición hacia una economía circular, la fiscalidad desempeña un papel crucial como herramienta de incentivo o desincentivo. Más allá de su función recaudatoria, el sistema tributario puede orientarse estratégicamente para promover comportamientos sostenibles y facilitar la adopción de tecnologías digitales que optimicen los recursos y reduzcan el impacto ambiental.

En primer lugar, es necesario fomentar una fiscalidad que favorezca la inversión en investigación, desarrollo e innovación tecnológica aplicadas a la economía circular. La creación de deducciones fiscales específicas puede ser un mecanismo eficaz para estimular el desarrollo de soluciones digitales sostenibles, como plataformas de trazabilidad, sistemas de gestión de residuos inteligentes, blockchain o herramientas de análisis de datos. Estas medidas pueden reducir los costes iniciales asociados a la digitalización, especialmente para las pequeñas y medianas empresas, incentivando así su participación activa en la transformación digital.

Asimismo, la implementación de impuestos ambientales progresivos, como tasas al vertido o a la incineración, puede actuar como un desincentivo a prácticas insostenibles, al tiempo que

libera recursos para financiar tecnologías limpias. De esta forma, la fiscalidad puede articular una doble función: castigar comportamientos contaminantes y recompensar aquellos que contribuyan al cierre del ciclo de vida de los productos. En esta línea, algunos estudios han señalado la utilidad de estos tributos extrafiscales para apoyar la reparación, el reciclaje y la reutilización, pilares fundamentales de la economía circular.

Otra vía relevante consiste en la revisión del marco impositivo aplicable a los productos reciclados o reacondicionados. En algunos casos, el hecho de que estos bienes estén sujetos al mismo tipo impositivo que los productos nuevos puede desincentivar su comercialización. Por ejemplo, el hecho de que la entrega de bienes de desecho esté gravada con el IVA o que ciertas actividades de reacondicionamiento no estén exentas puede ir en contra de los objetivos de circularidad (Dictamen DGT V1402-19, 12 de junio de 2019). Una adecuación normativa que reconozca las particularidades de estos productos y servicios permitiría alinearse con los objetivos de sostenibilidad europeos.

La tributación también puede contribuir a la digitalización mediante incentivos a modelos de negocio basados en el uso y no en la propiedad, como el alquiler, la suscripción o el “producto como servicio”. Estos esquemas, además de reducir la demanda de bienes materiales, permiten un mayor control sobre el ciclo de vida del producto, su mantenimiento y eventual reutilización o reciclaje. Desde este enfoque, promover fiscalmente este tipo de modelos podría acelerar la transición hacia un sistema económico más eficiente y menos intensivo en recursos.

Por otro lado, la digitalización del propio sistema tributario puede aumentar la transparencia y eficiencia de las políticas fiscales aplicadas al medio ambiente. El uso de tecnologías como el big data o el blockchain permitiría realizar un seguimiento más preciso de las actividades contaminantes o sostenibles, facilitando la aplicación diferenciada de tributos según el comportamiento real de las empresas. Esto haría posible una tributación ambiental más equitativa, proporcional y ajustada al impacto concreto de cada agente económico.

Finalmente, la fiscalidad puede apoyar la creación de infraestructuras digitales públicas, como registros electrónicos de productos, pasaportes digitales o bases de datos sobre materiales. Estas herramientas permiten la trazabilidad y gestión eficiente de los residuos y fomentan la transparencia en toda la cadena de valor. Su financiación mediante fondos fiscales podría reducir la carga para las empresas, facilitando su integración en los procesos productivos.

En definitiva, avanzar hacia una tributación digital, verde y orientada a resultados supone un elemento clave para acompañar la digitalización en la economía circular. Requiere una revisión integral del marco fiscal actual, orientado no sólo a la eficiencia recaudatoria, sino al cumplimiento de objetivos ambientales y sociales. La transición hacia modelos productivos más sostenibles y digitalizados no será viable sin un sistema fiscal que actúe como verdadero motor del cambio.

Reflexiones finales

La transición hacia una economía circular digital no es una simple reconfiguración técnica del modelo productivo, sino una profunda metamorfosis civilizatoria que interpela los fundamentos jurídicos, económicos, tecnológicos y culturales de nuestras sociedades. Este artículo muestra con claridad que estamos ante una oportunidad y a la vez una urgencia: repensar la función de los tributos en clave ecológica y tecnológica.

Desde una perspectiva jurídica, se vislumbra un nuevo horizonte normativo en el que el Derecho Tributario deja de limitarse a la recaudación para convertirse en un instrumento proactivo de gobernanza ambiental y transformación social. La fiscalidad verde, en articulación con la digitalización, abre paso a formas más precisas y eficaces de intervención pública. Instrumentos como los impuestos al vertido, los incentivos a la reutilización o los esquemas de responsabilidad extendida del productor adquieren, en este marco, una potencia reguladora sin precedentes. Pero esta expansión funcional del tributo exige también una renovación de los principios jurídicos clásicos, especialmente en cuanto al principio de capacidad económica, la progresividad, la equidad territorial y el derecho a la protección de datos.

En el plano económico, el documento demuestra que la economía circular no es solo un imperativo ecológico, sino una estrategia de competitividad a largo plazo. La digitalización de procesos permite optimizar costes, recuperar materiales valiosos y generar nuevos mercados basados en la reutilización, el ecodiseño o la remanufactura. Sin embargo, este cambio requiere inversión, capacidades y voluntad política. Resulta paradójico que, en un momento de emergencia climática, las barreras más difíciles de superar no sean tecnológicas, sino institucionales, normativas y de mentalidad.

Las conclusiones nos llevan a pensar que una economía circular digital implica una nueva economía política de la fiscalidad, donde los tributos no solo deben ser ecológicos y digitales, sino también justos, pedagógicos y participativos. La gobernanza fiscal en este nuevo paradigma no

puede seguir siendo vertical ni reactiva. Requiere diálogo multinivel, transparencia algorítmica, interoperabilidad institucional y justicia intergeneracional.

Además, el artículo nos interpela a nivel filosófico: ¿cuál es el papel del ser humano en un ecosistema productivo que ya no se basa en la acumulación infinita sino en la regeneración de lo existente? ¿Estamos preparados cultural y políticamente para abandonar la lógica del “usar y tirar” no solo en los objetos, sino en las relaciones económicas y sociales?

Por tanto, más allá del diagnóstico técnico, el texto encierra una propuesta visionaria: una economía circular digital no será viable si no se convierte en un proyecto colectivo de sociedad. Las herramientas están disponibles, los beneficios son cuantificables y los riesgos de inacción son evidentes. Lo que falta es una articulación coherente entre política fiscal, infraestructura digital y participación ciudadana.

En síntesis, la economía circular digital no es un destino inevitable, sino una construcción deliberada. Para que sea efectiva, no basta con innovar tecnologías o ajustar normas: hay que redibujar el contrato fiscal-social bajo principios de sostenibilidad, equidad y corresponsabilidad. En ese proceso, la fiscalidad debe dejar de ser vista como una carga y pasar a ser comprendida como una herramienta emancipadora para diseñar el futuro común.

Referencias

- Carrillo-Hermosilla, J., Del Río González, P., y Konnölä, T. (2009). *Eco-innovation: When sustainability and competitiveness shake hands*. Palgrave Macmillan.
- Ellen MacArthur Foundation and Granta Design. (2015). *Circularity indicators: An approach to measuring circularity – Methodology*. <https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/77e62bc9924c20d0/original/Circularity-Indicators-Methodology.pdf>
- Hofmann Trevisan, A., Lobo, A., Guzzo, D., de Vasconcelos Gomes, L. A., y Mascarenhas, J. (2023). Barriers to employing digital technologies for a circular economy: A multi-level perspective. *Journal of Environmental Management*, 332. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117437>

- Jonker, J., Stegeman, H., y Faber, N. (2017). *The circular economy: Developments, concepts, and research in search for corresponding business models*.
- Kirchherr, J., Reike, D., y Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Martínez Alier, J. (2003). Ecología industrial y metabolismo socioeconómico: Concepto y evolución histórica. *Economía Industrial*, (351), 15–26. <https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/351/Economia02.pdf>
- Morlet, A., Blériot, J., Opsomer, R., Linder, M., Henggeler Antunes, A., y Bauer, F. (2016). *Intelligent assets: Unlocking the circular economy potential*. Ellen MacArthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/intelligent-assets-unlocking-the-circular-economy-potential>
- Nogueira López, A. (2022). ¿Circular o en bucle? La insuficiente transformación de la legislación de residuos. *Revista Aragonesa de Administración Pública*, 21, 11–27.
- Patón García, G. (2023). *Fiscalidad de residuos orientada a una economía circular: Análisis tras la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular*. Aranzadi
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Webster, K. (2017). *The circular economy: A wealth of flows*. Ellen MacArthur Foundation Publishing. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/the-circular-economy-a-wealth-of-flows-2nd-edition>