

INFORME

1 - 2024

LA GEOGRAFÍA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LAS REGIONES DE LA UNIÓN EUROPEA

Elisenda Jové

*Universitat de Barcelona, Cátedra de Sostenibilidad
Energética (UB-Funseam, IEB)*

Eva Coll Martínez

LEREPS, Université de Toulouse

Josep Maria Arauzo-Carod

Universitat Rovira i Virgili, ECO-SOS & IU-RESCAT



NOTA DE AUTOR. Este documento ha sido realizado para Funseam -Fundación para la Sostenibilidad Energética y Ambiental-. Tanto el contenido como las conclusiones del documento reflejan la opinión de los autores. Estas opiniones no vinculan a las Empresas Patronas de Funseam

ÍNDICE

1. Introducción	4
2. La economía circular	6
2.1. Definición y medición de la economía circular	6
2.2. Dimensión regional de economía circular	10
3. Metodología y base de datos	13
3.1. Metodología análisis espacial	13
3.2. Base de datos	15
4. Resultados: análisis exploratorio de datos espaciales	16
5. Conclusiones	22
6. Referencias	23
Anexo 1	28

LA GEOGRAFÍA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LAS REGIONES DE LA UNIÓN EUROPEA

1. Introducción

La economía circular se posiciona como una alternativa sostenible al predominante modelo económico lineal, que consiste en extraer recursos naturales en cualquier parte del mundo, para ser transformados en productos que posteriormente serán usados por consumidores y, finalmente, desechados una vez finalizadas su vidas útiles o reemplazados por nuevas versiones. La Comisión Europea es sin duda una de las instituciones más comprometidas con la inclusión de los principios de la economía circular en su agenda política (Alberich et al., 2023). Los primeros pasos en materia de circularidad se remontan al último trimestre de 2015, momento en el cual se presentó el primer plan europeo bajo el título “Cerrar el círculo: un plan de acción de la Unión Europea para la economía circular” (Comisión Europea, 2015). Este plan enfatizó la minimización de la generación de residuos y la extensión, durante el mayor tiempo posible, del valor de los productos, materiales y recursos dentro de la economía. La decidida apuesta por la circularidad de la economía europea no había hecho más que iniciar su carrera de largo recorrido. En marzo de 2020, se publicó un nuevo plan de acción renovado orientado a acelerar la transición hacia un modelo de crecimiento regenerativo que contribuyera a aumentar el uso de materiales reciclados y a reducir la huella de consumo (Comisión Europea, 2020). Además, recientemente la circularidad se ha posicionado dentro del seno europeo como uno de los impulsores esenciales de la estrategia de competitividad a largo plazo para fortalecer la resiliencia y la autonomía estratégica (Comisión Europea, 2023a). Todos estos esfuerzos consolidan el trabajo iniciado con el plan de 2015 y establecen criterios sólidos hacia la mejora de la circularidad de los modelos de producción y consumo en Europa.

La adopción de estrategias circulares es, al mismo tiempo, un proceso complejo y una oportunidad, ya que implica la necesidad de coordinar distintas políticas (energía, clima, industria, innovación, empleo, etc.) e involucra a una amplia gama de agentes (Arsova et al., 2021). De hecho, el último Plan de Acción Circular de la Unión Europea describe la transición hacia la economía circular como un proceso “sistémico, profundo y transformador” e insiste en la necesidad de trabajar en una efectiva cooperación del conjunto de partes interesadas en

todos los ámbitos de actuación, desde la propia Unión Europea hasta los niveles nacionales, regionales y locales (Comisión Europea, 2020). Esta visión muestra que la transición a la economía circular requiere una gobernanza multinivel, donde las administraciones públicas regionales y locales juegan un papel central en muchos aspectos clave de esta transición.

Sin duda, la transformación de las estructuras productivas actuales debe ir acompañada de una transformación de las estructuras espaciales de las actividades económicas. En concreto, la literatura económica insiste en que las regiones son unidades administrativas claves en el apoyo a la implementación de estrategias, leyes y regulaciones nacionales y de la Unión Europea, así como en la coordinación de los actores locales (Arsova et al., 2022; Henrysson, y Nuur, 2021; Vanhamäki et al., 2020). En esta misma dirección avanzan los trabajos de Bourdin et al., (2022) y del Comité Europeo de las Regiones (2020), que destacan que el éxito de las políticas de la Unión Europea para fomentar la economía circular está estrechamente ligado a las iniciativas a nivel local y regional, ya que las regiones están en la posición más adecuada para detectar y abordar los principales desafíos dada su mayor proximidad a las cuestiones ambientales, sociales y económicas. Asimismo, Tapia et al., (2021) nos recuerda que la participación de los agentes locales no sólo acelera la transición hacia la circularidad, sino que también garantiza su éxito futuro.

Si bien el Plan de Acción Circular constituye un marco común que vertebra a los distintos enfoques de los Estados miembros; la selección final de las medidas implementadas está en manos de los gobiernos nacionales y regionales, así como su intensidad y alcance dando lugar a una política fragmentaria que agrava las diferencias en cuanto al avance hacia la circularidad dentro de la propia Unión Europea (Doménech y Bahn-Walkowiak, 2019; *European Environment Agency*, 2020; Friant et al., 2021). Dado que la Unión Europea aspira a convertirse en una economía plenamente circular, una pregunta primordial a responder es cómo se están especializando las regiones en acciones orientadas a cerrar el círculo, para a continuación, identificar los potenciales cuellos de botella en el desarrollo del nuevo modelo circular.

A pesar de haberse reconocido la importancia de la dimensión regional en la formulación e implementación de los principios circulares, sigue existiendo una falta de conocimiento, tanto en la literatura académica como en los documentos de políticas públicas sobre el papel que deben desempeñar las regiones en la transición hacia una economía circular. Esto puede venir explicado tanto por el hecho que la economía circular es un concepto complejo en el debate sobre políticas públicas con un alcance y potencial real aun controvertidos, como por la falta de

datos estadísticos oficiales, no solo en cuanto a la desagregación a nivel espacial sino también en cuanto a la continuidad y actualización de estos datos (Arsova et al., 2022; Niang et al., 2023).

En este sentido, el presente Informe Funseam pretende contribuir en el análisis regional de la economía circular. Tras esta introducción, se revisa los elementos fundamentales de la economía circular y la literatura existente para comprender cómo la dinámica territorial puede influir en una transición exitosa. A continuación, aprovechando el conjunto de datos *Flash Eurobarómetro 498* de la Comisión Europea, el informe presenta evidencia empírica que enriquece el discurso sobre la especialización territorial en acciones de economía circular de empresas europeas. Los resultados contribuyen a identificar contextos regionales que pueden obstaculizar la implementación de estrategias de economía circular. Finalmente, en el último apartado se presentan las conclusiones más relevantes.

2. La economía circular

2.1. Definición y medición de la economía circular

Aunque la economía circular no es un concepto completamente nuevo (ver, por ejemplo, Stahel y Reday, 1976; Pearce y Turner, 1989), recientemente una parte importante de literatura académica ha centrado su atención en su conceptualización y medición (Arsova et al., 2022; Kirchherr et al., 2023; Lozano et al., 2021, Saidani et al., 2019).

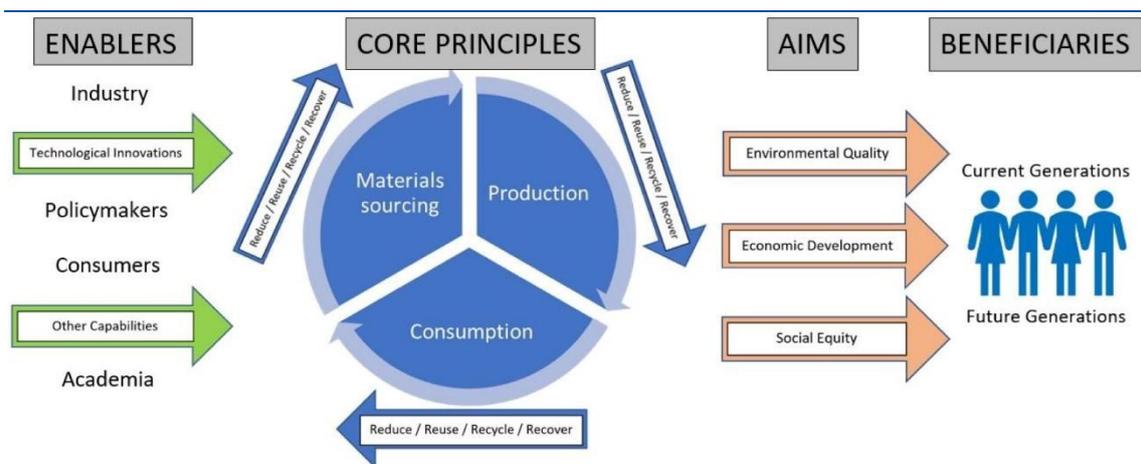
La literatura se muestra un tanto dividida con respecto a la definición de la economía circular, prueba de ello es la existencia de cientos de estudios con enfoques heterogéneos dando lugar a la coexistencia de múltiples definiciones (Kirchherr, et al., 2017, Lehmann et al., 2022). La caracterización más extendida es quizás la basada en las “3R” que define la economía circular bajo los principios de Reducir, Reutilizar y Reciclar. Esta caracterización ha sido complementada a través del marco de las 9R (Potting et al., 2017; Ren, y Albrecht, 2023). De acuerdo con este marco actualizado, las estrategias R son agrupadas según su potencial de aumento de la circularidad. En la cadena de valor, las estrategias R9 “Recuperar” y R8 “Reciclar” son las ampliamente utilizadas, sin embargo, muestran menores niveles de circularidad. En un segundo grupo de estrategias, con un mayor grado de circularidad, se encuentran aquellas orientadas a prolongar la vida útil de los productos y sus piezas (R7” Redefinir”, R6 “Manufacturar”, R5 “Restaurar”, R4 “Reparar” y R3 “Reutilizar”). Por último, las estrategias con mayor potencial a

facilitar el cambio de sistemas lineales a circulares son aquellas que buscan un uso y fabricación de productos más inteligentes (R2 “Reducir”, R3 “Repensar”, R0 “Rechazar”).

Ante la diversidad de puntos de vista en la interpretación de la economía circular, el trabajo de Kirchherr, et al., (2017) ya advertía hace unos años que podía suponer una gran limitación, ya que a medida que la economía circular crece en popularidad, su interpretación e implementación por parte de numerosos actores puede oscurecer y fragmentar su conceptualización. No obstante, en su reciente investigación, después de revisar más de 200 nuevas definiciones de economía circular, afirma que lejos de colapsar o permanecer en un punto muerto, el concepto de economía circular parece haberse consolidado en los últimos cinco años estableciéndose una serie de principios básicos, objetivos, facilitadores y beneficiarios (Kirchherr et al., 2023).

Los investigadores concluyen, que, en general, la economía circular es entendida como *“un sistema económico regenerativo que necesita un cambio de paradigma para reemplazar el concepto de fin de vida por reducir, alternativamente reutilizar, reciclar y recuperar materiales a lo largo de la cadena de suministro, con el objetivo de promover el mantenimiento del valor y el desarrollo sostenible, creando la calidad ambiental, el desarrollo económico y la equidad social, en beneficio de las generaciones actuales y futuras. Está fortalecido por una alianza de partes interesadas (industria, consumidores, formuladores de políticas, academia) y sus innovaciones y capacidades tecnológicas”* (Kirchherr, et al., 2023) (Figura 1).

Figura 1. Marco conceptual de la economía circular



Fuente: Kirchherr et al., (2023).

De esta definición se desprende la ventaja de integrar los beneficios sociales, económicos y ambientales de la economía circular y la necesidad de que las estrategias circulares deben

operar a varias escalas, tanto en términos de amplitud organizacional como de alcance geográfico para un mayor potencial (Van Bueren et al., 2021).

Más allá de conseguir un consenso compartido de su definición, prosperar en el debate sobre la economía circular implica adquirir un lenguaje común de su cuantificación. En cuanto a la medición de la economía circular, en los últimos años han proliferado numerosas métricas a varias escalas¹ (micro, meso o macro) (Corona et al., 2019; de Oliveira y Oliveira, 2023). Sin embargo, estas carecen de fundamentos teóricos o metodológicos comunes y, en ocasiones, presentan contradicciones tanto en contenido como en forma, contribuyendo en última instancia a dificultar la toma de decisiones estratégicas y la comparabilidad en el avance hacia la circularidad (Henrysson et al., 2022; Saidani et al., 2019).

Un enfoque potencial que permite abordar esta brecha es el marco de seguimiento de la economía circular desarrollado por la Comisión Europea. Se trata de un sistema de seguimiento bien consolidado y reconocido, ya que fue introducido en 2018 como parte del Plan de acción de la Unión Europea para la economía circular. Tiene el objetivo de monitorear el progreso hacia la circularidad de la Unión Europea en su conjunto y sus Estados miembros y permite establecer comparaciones entre países, lo cual es esencial para establecer puntos de referencia. En mayo de 2023 ha sido revisado y, actualmente, consta de un total de once indicadores prácticos y fáciles de interpretar agrupados en cinco secciones temáticas prioritarias. La primera relacionada con la producción y el consumo, la segunda orientada a la gestión de residuos, la tercera enfocada a las materias primas secundarias, la cuarta sección aborda la competitividad e innovación y, recientemente, se ha incorporado una quinta sección de sostenibilidad y resiliencia global (Figura 2).

Los datos de este renovado marco de seguimiento advierten que, a pesar de algunas mejoras en la circularidad, en general la economía europea sigue siendo mayoritariamente lineal y, por consiguiente, queda aún mucho margen de mejora. Por ejemplo, en el lado positivo de la balanza se encuentra el impacto laboral y medioambiental. En 2021 había contabilizados 4,3 millones de puestos de trabajo en los sectores económicos relevantes para la economía circular (representando un aumento del 11% en comparación con 2015) y se registraba una reducción de alrededor de un 25% entre 2008 y 2021 de las emisiones de gases de efecto invernadero de la Unión Europea procedentes de actividades de producción. En cambio, una evaluación temprana de la Agencia Europea de Medio Ambiente insiste en que varios de los Estados

¹ Véase Saidani et al., (2019) para un mayor detalle de los principales indicadores de circularidad desarrollados en los últimos años.

miembros corren el riesgo de no cumplir los objetivos de la Unión Europea en materia de reciclado y vertido de residuos². De modo que disponer de un conjunto de indicadores que monitorean la transición es esencial para conocer dónde se encuentran los países y diseñar más acuradamente las acciones de políticas gubernamentales necesarias que permitan minimizar posibles cuellos de botella y acelerar la transición a la economía circular.

Figura 2. Indicadores de economía circular definidos en el marco europeo de seguimiento

N.º	INDICADOR	PERTINENCIA	FUENTE
Producción y consumo			
1a-b	Consumo de materiales <i>1a Huella material (toneladas per cápita)</i> <i>1b Productividad de los recursos (EUR/kg)</i>	La disminución del consumo de materiales indica la disociación del crecimiento económico del uso de los recursos.	Eurostat
2	Contratación pública ecológica	La contratación pública representa gran parte del consumo y puede impulsar la economía circular.	Comisión Europea
3a-f	Generación de residuos <i>3a Generación total de residuos per cápita (kg per cápita)</i> <i>3b Generación total de residuos (excluidos los principales residuos minerales) por PIB (kg/EUR)</i> <i>3c Generación de residuos urbanos per cápita</i> <i>3d Residuos alimentarios (kg per cápita)</i> <i>3e Generación de residuos de envases per cápita (kg per cápita)</i> <i>3f Generación de residuos de envases de plástico per cápita (kg per cápita)</i>	En una economía circular se minimiza la generación de residuos.	Eurostat
Gestión de residuos			
4a-b	Tasas globales de reciclaje <i>4a Tasa de reciclado de residuos urbanos (%)</i> <i>4b Tasa de reciclado de todos los residuos, excluidos los principales residuos minerales (%)</i>	Aumentar el reciclado forma parte de la transición hacia una economía circular.	Eurostat
5a-c	Tasas de reciclado de flujos de residuos específicos <i>5a Tasa de reciclado de residuos de envases en general (%)</i> <i>5a Tasa de reciclado de residuos de envases de plástico (%)</i> <i>5c Tasa de reciclado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos recogidos por separado (%)</i>	Los avances en el reciclado de flujos de residuos clave son esenciales para la sostenibilidad y la resiliencia.	Eurostat
Materias primas secundarias			
6a-b	Contribución de los materiales reciclados a la demanda de materias primas <i>6a Tasa de uso circular de los materiales (%)</i> <i>6b Tasas de aporte del reciclado al final de su vida útil (%)</i>	En una economía circular se suelen utilizar materias primas secundarias para crear nuevos productos.	Eurostat, otros servicios de la Comisión Europea
7a-c	Comercio de materias primas reciclables <i>7a Importaciones procedentes de fuera de la UE (toneladas)</i> <i>7b Exportaciones procedentes de fuera de la UE (toneladas)</i> <i>7c Comercio dentro de la UE (toneladas)</i>	El comercio de materiales reciclables refleja la relevancia del mercado interior y la participación mundial en la economía circular.	Eurostat
Competitividad e innovación			

² <https://www.eea.europa.eu/publications/many-eu-member-states>

8a-c	Inversiones privadas, puestos de trabajo y valor añadido bruto relacionados con los sectores de la economía circular <i>8a Inversiones privadas</i> (% del PIB) <i>8b Empleo</i> (% de empleo) <i>8c Valor añadido bruto</i> (% del VAB)	La economía circular contribuye a la creación de empleo y al crecimiento.	Eurostat
9	Innovación ecológica <i>9 patentes relacionadas con la gestión de residuos y el reciclado</i> (número y número por millón de habitantes)	Las tecnologías innovadoras relacionadas con la economía circular impulsan la competitividad de la UE a escala mundial.	Centro Común de Investigación de acuerdo con la PATSTAT
Sostenibilidad y resiliencia mundiales			
10a-	Sostenibilidad mundial		
b	<i>10a Huella de consumo</i> (índice 2010 = 100 y número de veces que se superan los límites del planeta) <i>10b Emisiones de GEI procedentes de las actividades de producción</i> (kg per cápita)	La huella de consumo indica en qué medida los sistemas de producción y consumo se encuentran dentro de los límites del planeta. La economía circular contribuye a la neutralidad climática.	Centro Común de Investigación y Eurostat
11a-	Resiliencia		
b	<i>11a Dependencia de las importaciones de materiales</i> (%) <i>11b Autosuficiencia de la UE en cuanto a materias primas</i> (%)	La economía circular contribuye a la seguridad del suministro de materias primas y ayuda a abordar los riesgos de suministro, en concreto el de las materias primas fundamentales.	Eurostat, otros servicios de la Comisión Europea

Fuente: Comisión Europea (2023b)

2.2. Dimensión regional de economía circular

A pesar de que la estrategia territorial y la gestión eficiente de los recursos están profundamente conectadas, el discurso de la economía circular a menudo establece una perspectiva desterritorializada (Cerceau, 2018). Una visión general de las contribuciones empíricas sobre la dimensión espacial de las estrategias orientadas a la economía circular muestra que la mayoría de las investigaciones se refieren a nivel de países (enfoques agregados) o a estudios de casos de empresas; siendo los análisis a nivel regional aún bastante escasos (Arsona et al., 2022; Bourdin et al., 2022).

Una de las principales barreras en el avance del conocimiento en el campo de la economía circular y su componente regional ha sido la baja disponibilidad de datos de buena calidad, en otras palabras, la falta de bases de datos actualizadas y desagregadas espacialmente (Arsova et al., 2022; Henrysson et al., 2022). Si bien se ha puesto de manifiesto en la sección anterior que existe un marco de seguimiento europeo que monitoriza la evolución de la circularidad en los distintos Estados miembros, la escasez o inexistencia de datos en ciertos casos a niveles inferiores (contextos subnacionales) dificulta considerablemente la réplica de los indicadores

propuestos a nivel nacional (Henrysson et al., 2022). Adicionalmente, la literatura teórica y empírica también reconoce que las estadísticas nacionales a menudo dan una fotografía muy alejada de las realidades territoriales, pudiendo ofrecer una imagen limitada y no adecuada para los decisores de políticas públicas. Todo ello ha implicado un esfuerzo para desarrollar esquemas de monitoreo a nivel regional, si bien mayoritariamente, aun a un nivel teórico (Avdiushchenko, 2018). En algunos casos se incluyen algunas recomendaciones para la selección de indicadores circulares (Elia et al., 2017) o bien se analizan un grupo pequeño de territorios específicos a través de casos de estudio como primer paso hacia un esquema consolidado y armonizado de seguimiento de la circularidad a nivel regional (Bianchi et al., 2023; Henrysson et al., 2022).

Pese a la importancia de la dinámica territorial como factor clave para una transición exitosa hacia una economía circular, la falta de datos de buena calidad ha obstaculizado la comprensión y comparación del nivel de circularidad entre diferentes regiones. Sin embargo, la novedosa contribución de Silvestri et al., (2020) intenta resolver esta limitación a través de elaboración de indicadores compuestos³ para evaluar si existen diferencias entre las regiones en cuanto a la implementación de la economía circular. A pesar de haber utilizado fuentes estadísticas que son proxis (aproximaciones a indicadores de economía circular como la esperanza de vida, el PIB o los residuos generados), se trata de las primeras contribuciones empíricas que permite una primera clasificación de las regiones europeas en cuatro grandes grupos. El primer grupo está formado por algunas de las regiones más innovadoras y desarrolladas de la Unión Europea, por ejemplo, se ubica en esta categoría la región de la Isla de Francia (Francia), Brabant Wallon, Amberes y Región de Bruselas (Bélgica), Berlín y Hamburgo (Alemania) y Catalunya (España). Estas regiones destacan por tener un rendimiento circular por encima de la media europea. El segundo grupo engloba las regiones más ricas de Europa, como Freiburg (Alemania), la Comunidad de Madrid (España) y algunas de las regiones más desarrolladas de Italia como Lombardía, Véneto y la provincia de Trento. Este grupo se identifica por mostrar un buen comportamiento inicial en materia de circularidad, pero no presenta buenas posiciones en el ranking en cuanto a su dinamismo y potencial a lo largo del tiempo. El tercer grupo está formado por regiones de Europa del este y se caracteriza por partir de una situación desfavorable en materia de circularidad, pero muestra un elevado componente dinámico que captura el potencial de la economía circular. Por último, el cuarto grupo se encuentra la gran mayoría de

³ Los indicadores compuestos son un tipo particular de indicadores que resumen en un solo número la medición de varios subindicadores.

las regiones italianas y se presenta valores modestos en circularidad y con poca proyección de mejora.

Estos resultados demuestran que no todas las regiones europeas avanzan al mismo ritmo hacia la senda de la economía circular y, por eso, es importante abordarla desde una dimensión regional. De hecho, otro de los aspectos clave en que está avanzando la literatura económica en los últimos años es en determinar qué papel juegan los factores territoriales en el desarrollo de una economía circular a nivel regional y local. En este sentido, la contribución de Tapia *et al.*, (2021) proporciona un marco conceptual sobre los principales factores territoriales clave que dan forma a los sistemas de ciclo cerrado. Estos son 1) factores terrestres que determinan la dotación física para dar respuesta a la creciente demanda de materiales secundarios y bióticos, 2) factores de aglomeración como la concentración de empresas, consumidores y/o factores de producción, 3) factores territoriales duros que engloban las infraestructuras de accesibilidad y conectividad, 4) tecnología e innovación, 5) factores territoriales más suaves relacionados con la creación de conocimiento y (6) acuerdos institucionales y de gobernanza que facilitan la colaboración con los distintos actores del ecosistema innovador. Los investigadores insisten en que cada uno de los factores contribuye a la circularidad con matices diferenciados. Por ejemplo, los factores de aglomeración y los factores territoriales son esenciales en la definición de las condiciones marco de las transformaciones circulares, en cambio los factores territoriales más duros permiten la economía circular en la práctica, mientras que los factores suaves se posicionan como catalizadores de las transformaciones circulares. De manera similar y, a pesar de centrarse en indicadores técnicos de la economía circular (flujos de materiales y residuos) y examinar únicamente tres casos de estudio de las regiones más ricas de Europa, el trabajo de Bianchi *et al.*, (2023) prueba que la distribución y combinación de factores socioeconómicos (población, empresas y configuraciones urbanas), junto con la disponibilidad de recursos naturales determinan las condiciones marco de las estrategias circulares. En particular, en las regiones escandinavas, dada la presencia de grandes reservas de recursos renovables, los investigadores observan la adopción de soluciones circulares basadas en el uso en cascada de la biomasa. En cambio, en Luxemburgo, la presencia de un tejido socioeconómico denso y la falta de materias primas primarias han favorecido el desarrollo de estrategias circulares basadas en la optimización de los ciclos técnicos a través de la recuperación de materiales. Paralelamente, Niang *et al.*, (2023) se centran en analizar las actividades en la economía circular a nivel local para el caso específico de Francia. Los resultados demuestran que el crecimiento del empleo en la economía circular es mayor que el crecimiento del empleo total y destacan que el número de empresas circulares se concentra principalmente en las áreas metropolitanas.

La reducida cantidad de contribuciones hasta el momento indican que el debate sobre la economía circular desde un punto de vista regional se encuentra en una etapa temprana (Arsova *et al.*, 2022). Se ha observado que los impulsores y mecanismos locales para la economía circular son fuertemente específicos del contexto, de modo que la autoridad regional desempeña un papel vital en la movilización y cooperación de recursos y actores locales. Sin embargo, los pocos análisis empíricos existentes con datos proxis, procedentes de encuestas ad hoc o los basados en casos de regiones específicas distan mucho de ser representativas de un panorama territorial polifacético como es el europeo. Todavía queda mucha labor de investigación para comprender mejorar la dinámica territorial como elemento clave de la transición hacia una economía circular. Para ello, en las siguientes páginas, se resumen las principales conclusiones de un análisis empírico titulado “*The circular economy in EU regions: drivers and barriers*” elaborado por Josep Maria Arauzo-Carod, Eva Coll-Martínez y Elisenda Jové-Llopis que corresponde a un capítulo del libro *Cities, regions, and the circular economy: Theory and practice*⁴. Este estudio determina el nivel de circularidad de un gran conjunto de datos de más de 10.000 pymes ubicadas en 208 regiones de la Unión Europea y analiza las principales barreras a las que estas deben enfrentarse en su avance a la circularidad a través de metodologías de análisis espaciales. En definitiva, se proporcionan resultados relevantes que suponen una contribución considerable a la escasa literatura empírica.

3. Metodología y base de datos

3.1. Metodología análisis espacial

En primer lugar, para identificar los patrones espaciales de las acciones de economía circular en las regiones europeas, se calcula el índice de cociente de localización (CL). Este índice es una herramienta ampliamente utilizada por la literatura, ya que permite identificar el grado de especialización de unidad espacial con respecto a otras más amplias. En concreto, este índice compara la especialización relativa de las regiones NUTS 2⁵ en una acción de economía circular en relación con la media de la Unión Europea-27 (UE-27) y se define como:

⁴ Para un mayor detalle del estudio véase Arauzo-Carod, J.M., Coll-Martínez, E., Jové-Llopis, E. (2024). “*The circular economy in EU regions: drivers and barriers*” en Bourdin, S., van Leeuwen, E. y Torre, A., *Cities, regions, and the circular economy: Theory and practice*. Edward Elgar Publishing (forthcoming).

⁵ NUTS 2 en España equivale a nivel de comunidad autónoma. Ver Anexo 1 para mayor detalle de la clasificación NUTS.

$$CL_{ij} = (E_{ij}/E_j) / (E_i/E)$$

Donde:

- E_{ij} es el número de empresas que toman la acción de economía circular j en la región i ,
- E_j es el número total de empresas en la UE-27 que implementan la acción de economía circular j ,
- E_i es el número total de empresas que responden a la Encuesta en la región i ,
- E es el número total de empresas en la zona (UE-27).

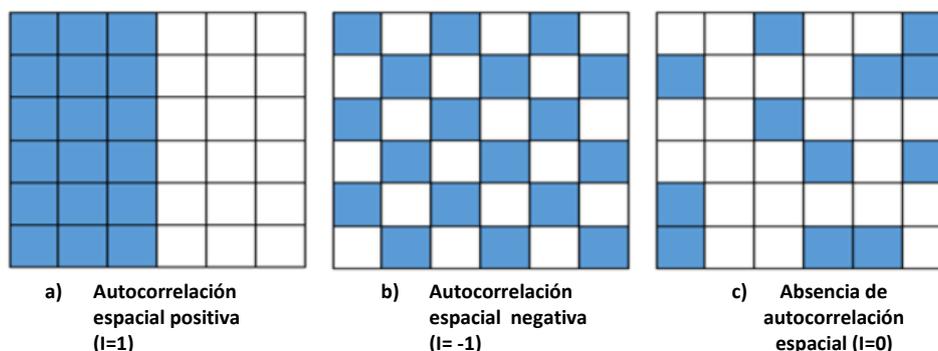
Valores de este índice por encima de uno indican que la agrupación de una acción de economía circular j en la región i es mayor que el promedio europeo, por lo que hay una concentración de empresas que toman esta acción circular en la región. Es decir, la región está especializada en esta acción de economía circular. En cambio, valores inferiores a uno indican que no existe especialización en esta actividad circular en el territorio considerado.

Paralelamente, para detectar posibles disparidades espaciales y los efectos de contagio en términos del desempeño de la economía circular entre regiones vecinas, se aplican técnicas de autocorrelación espacial. La autocorrelación espacial se define como la correlación de una variable consigo misma debido a la ubicación espacial de las observaciones, es decir, existe autocorrelación espacial cuando el valor de una variable en cualquier punto del espacio depende de los valores en los puntos vecinos. De modo que los valores espaciales de la variable no son aleatorios y dependen de las distancias y relaciones socioeconómicas entre regiones vecinas. Se dice que es positiva cuando se agrupan geográficamente valores similares de la variable a estudiar –las unidades geográficas cercanas son más parecidas que las distantes de acuerdo con la primera ley de la geografía de Tobler (Tobler, 1970). Por el contrario, es negativa, cuando se agrupan geográficamente variables diferentes a la variable a estudiar –las unidades geográficas cercanas son más diferentes que las distantes. Finalmente, la autocorrelación espacial es igual a cero, cuando las observaciones de la variable se distribuyen aleatoriamente en el espacio, de modo que estos valores no tienen nada que ver con la posición de las regiones (Figura 3).

Existen varios indicadores que permiten comprobar la existencia de autocorrelación espacial (Anselin, 1988). En concreto, en este trabajo se calcula el indicador de autocorrelación espacial global I de Moran (Moran, 1948), uno de los más antiguos y reconocido por la literatura económica. Este indicador se calcula para rechazar la hipótesis nula y determinar si es probable o poco probable que el patrón espacial presente resultados aleatorios. Los valores del I de Moran se interpretan de la siguiente manera: si oscilan entre -1 y 0, existe autocorrelación

espacial negativa; si es 0, existe una distribución aleatoria de la variable y, finalmente, si van de 0 a 1, hay autocorrelación espacial positiva⁶.

Figura 3. Patrones de autocorrelación espacial mediante la I de Moran



Fuente: Elaboración propia a partir Moran (1948)

3.2. Base de datos

La fuente de los datos utilizados en este informe es la Encuesta Flash Eurobarómetro 498 sobre “Pequeñas y medianas empresas, eficiencia de los recursos y mercados verdes, oleada 5”. Esta encuesta fue realizada por la Comisión Europea entre noviembre de 2021 y diciembre de 2021 y contiene información recopilada a partir de entrevistas a 14.158 directivos de pymes de los 27 Estados miembros de la Unión Europea e incluye una serie de preguntas que permiten explorar la situación de las pymes en actividades relacionadas con la economía circular y las barreras a las que se enfrentan.

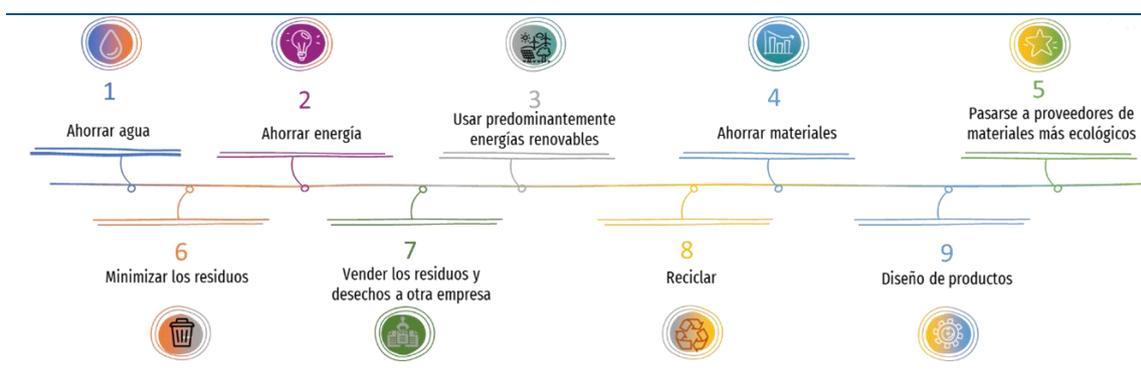
En particular, de acuerdo con esta base de datos, se entiende que una empresa está orientada hacia un proceso circular si afirma haber implementado alguna de las nueve acciones siguientes para mejorar la eficiencia de los recursos: 1) ahorrar agua, 2) ahorrar energía, 3) usar predominantemente energías renovables (incluyendo producción propia con paneles solares), 4) ahorrar materiales, 5) pasarse a proveedores de materiales más ecológicos, 6) minimizar los residuos, 7) vender los residuos y desechos a otra empresa, 8) reciclar, mediante la reutilización

⁶ El cálculo de este indicador requiere la definición de una matriz espacial-vecina (W). Las matrices W se pueden construir de diferentes maneras (por ejemplo, vecinos basados en la distancia, k-vecinos más cercanos, vecinos contiguos (compartiendo frontera física) y vecinos basados en la distancia inversas, entre otros). Dadas las características de nuestros datos con NUTS 1 para Alemania y NUTS 2 para el resto de los países de la UE-27, y considerando investigaciones previas en la misma zona geográfica (ver, por ejemplo, López-Bazo et al., 1999; Le Gallo y Ertur, 2003, o Dall'Erba y Le Gallo, 2008), la mejor opción ha sido definir la matriz W como una matriz de distancias inversa considerando los diez vecinos más cercanos (las diez regiones más cercanas).

de materiales o residuos dentro de la empresa, 9) diseñar productos que sean más fáciles de mantener, reparar o reutilizar (Figura 4).

Más allá de permitir capturar el nivel de circularidad a través de un amplio abanico de acciones circulares que implementan las pymes europeas y alejarse así de enfoques limitados con indicadores unidimensionales; uno de los principales puntos fuertes de esta base de datos es que el fichero de microdatos contiene los códigos de las regiones donde se encuentran las sedes empresariales, de modo que cada pyme puede ser geolocalizada en el territorio. Esto permite calcular los indicadores de circularidad a nivel regional (NUTS 2)⁷, , excepto en Alemania donde solo se proporciona información a nivel NUTS 1. Como resultado, el conjunto final de unidades territoriales está compuesto por 208 regiones. La mayoría de las bases de datos empíricas proporcionan solo información agregada a nivel de país, por lo que tener esta dimensión en la misma base de datos permite enriquecer significativamente el análisis y comprender con mayor detalle la dimensión regional.

Figura 4. Acciones de economía circular



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Encuesta Flash Eurobarómetro 498

4. Resultados: análisis exploratorio de datos espaciales

La Unión Europea ha adoptado una variedad de políticas ambiciosas en materia circularidad centradas en cerrar el ciclo de vida de los productos. El análisis exploratorio espacial que a continuación se detalla proporciona información valiosa sobre la distribución y concentración de prácticas sostenibles dentro de la Unión Europea, ya que ofrecer una representación visual

⁷ Ver Anexo 1 para mayor detalle de la clasificación NUTS.

de las regiones que han adoptado los principios de la economía circular, así como algunas barreras que pueden desalentar la adopción de acciones circulares.

La Figura 5 muestra los resultados del cociente de localización para cada una de las nueve acciones de circularidad identificadas en 2021. En concreto, este mapa se puede leer de la siguiente forma: valores altos del cociente de localización indican una mayor especialización de las regiones en estrategias circulares y se muestran en verde oscuro, mientras que los valores más bajos muestran una menor especialización y se presentan en verde claro.

Una primera exploración a los aspectos espaciales de las estrategias sostenibles dentro de la Unión Europea revela patrones, variaciones regionales y posibles barreras en la implementación de estrategias circulares. Los resultados señalan una elevada diversidad entre las regiones europeas, pudiendo observar los efectos de las políticas públicas locales hacia la circularidad. De hecho, se observa cierta concentración de regiones en la implementación activa de acciones de economía circular, mientras que en otras regiones europeas la puesta en marcha de estrategias circulares sigue siendo limitada.

Asimismo, los resultados muestran que la especialización en acciones de economía circular a nivel regional depende fuertemente del tipo de acción circular que se quiere emprender, existiendo una elevada heterogeneidad entre ellas. En general, las regiones de Suecia, Dinamarca y España son las más especializadas en adoptar acciones orientadas a cerrar el círculo, posicionándose como regiones líderes del cambio de un modelo tradicional lineal a uno circular. Las evidencias anteriores pueden atribuirse a una combinación de factores como las políticas gubernamentales, la conciencia pública y la presencia en estas regiones de industrias que son particularmente adecuadas para prácticas circulares.

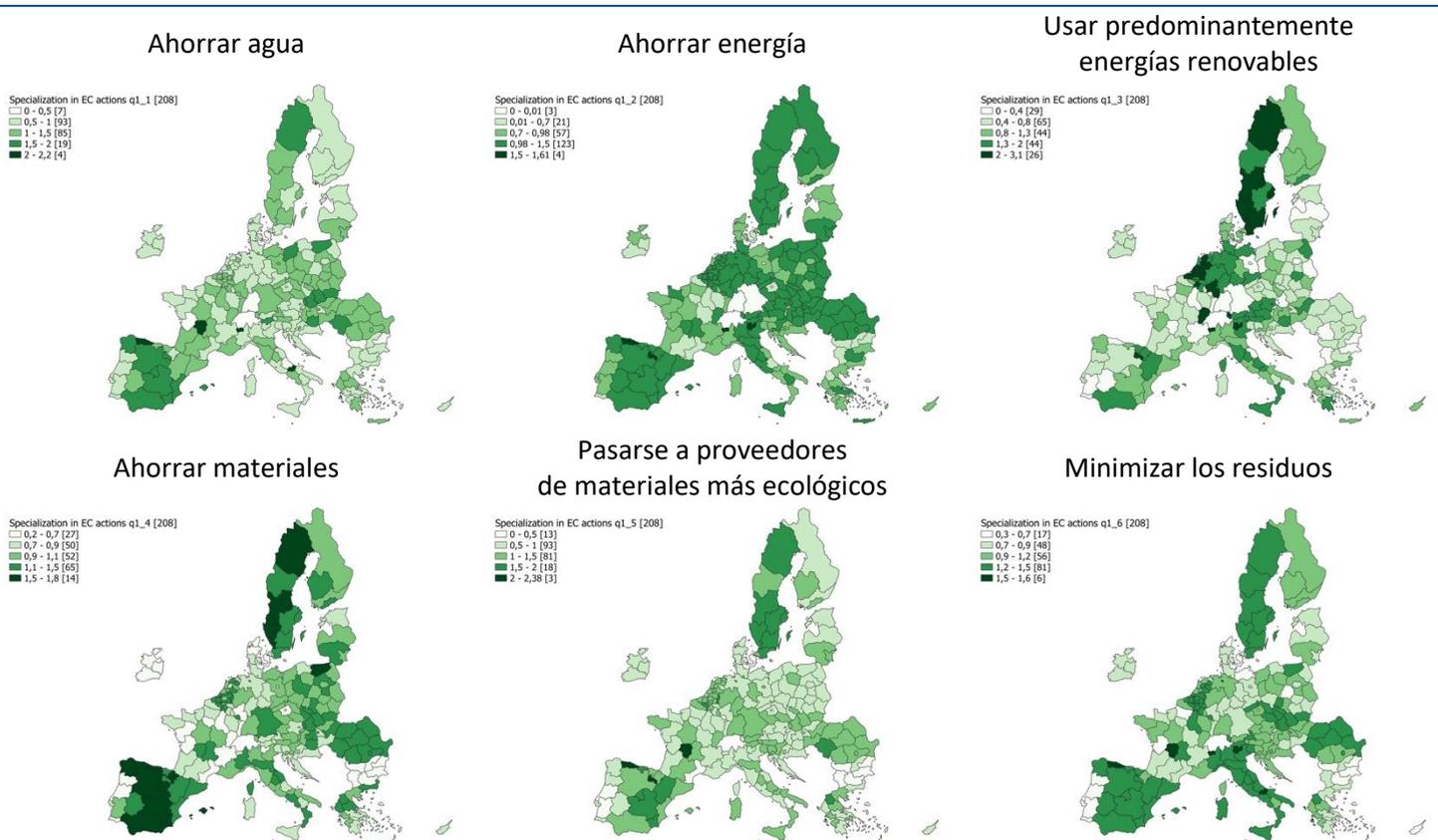
Ahora bien, cuando se examina con cierta profundidad los diferentes tipos de acciones circulares, los resultados muestran que las regiones de Europa del Este también presentan una elevada especialización en procesos orientados a reducir el uso de recursos naturales (agua, energía, materiales y residuos), situándose como actores activos en términos de reducción de los flujos de los recursos. Este resultado sugiere que dichas regiones pueden centrarse más en mejorar la eficiencia de los recursos y reducir el desperdicio en sus procesos de producción. Esto podría deberse a factores como la disponibilidad de recursos naturales o la necesidad de reducir costes en industrias que dependen en gran medida de los recursos.

En cambio, las regiones de los países que se adhirieron más temprano al proyecto europeo (UE-15) obtienen mejores resultados en estrategias circulares encaminadas al reciclaje, la

reutilización o la recuperación (incluidos los Países Bajos – Zelanda; Bélgica – Hainaut) y el uso de energía renovable (incluidos Austria – Vorarlberg; Bélgica – West-Vlaanderen y Antwerpen; Alemania – Renania-Palatinado; Italia – Valle de Aosta; Países Bajos – Overijssel y Flevoland). Esto podría ser el resultado de prácticas industriales históricas e inversiones en infraestructura que han permitido a estos países desarrollar un marco de economía circular más sólido.

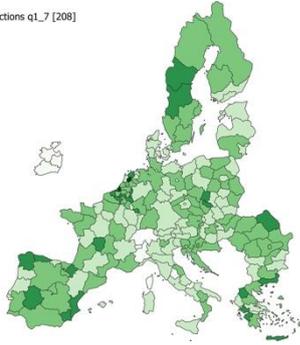
La evidencia recopilada a través del cociente de localización sugiere la existencia de una dependencia espacial en la participación de las regiones europeas en acciones de economía circular, existiendo similitudes clave entre regiones cercanas. Sin embargo, para ir un paso más allá, y determinar si existen posibles agrupaciones de regiones donde se concentran empresas circulares (asumiendo una distribución aleatoria), se acude a medidas de autocorrelación espacial. En particular, se ha implementado el estadístico I global de Moran (ver Tabla 1). Este estadístico determina si el valor que toma una variable (en este caso el número de empresas involucradas en las diferentes acciones de economía circular) en un determinado lugar (es decir, una región europea) está relacionada o no con los valores que toma la variable en los territorios vecinos.

Figura 5: Especialización en acciones de economía circular de las empresas europeas en 2021 (Cociente de localización)



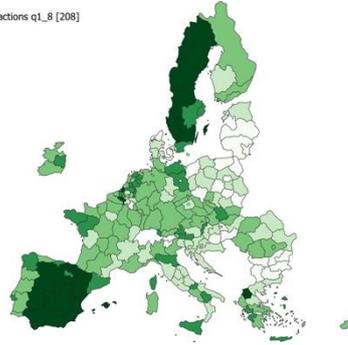
Vender los residuos y desechos a otra empresa

Specialization in EC actions q1_7 [208]
 0 - 0,5 [10]
 0,5 - 1 [85]
 1 - 1,5 [88]
 1,5 - 2 [23]
 2 - 2,079 [2]



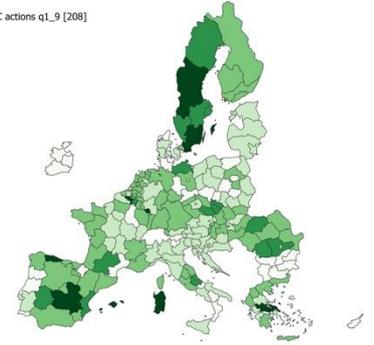
Reciclar

Specialization in EC actions q1_8 [208]
 0 - 0,6 [27]
 0,6 - 1 [53]
 1 - 1,2 [74]
 1,2 - 1,5 [35]
 1,5 - 2 [19]



Diseñar productos que sean más fáciles de mantener, reparar o reutilizar

Specialization in EC actions q1_9 [208]
 0 - 0,6 [33]
 0,6 - 1 [69]
 1 - 1,5 [78]
 1,5 - 1,8 [17]
 1,8 - 2,8 [11]



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Encuesta Flash Eurobarómetro 498

Los resultados de la Tabla 1 indican un grado moderado de autocorrelación espacial (*clusterización*) para la mayoría de las acciones de economía circular consideradas. Entre ellas, la acción “uso predominante de energías renovables” muestra el valor más alto (0,270), mientras que la acción “reciclaje” tiene el valor más bajo (0,131). En otras palabras, la adopción “energías renovables” está vinculada positivamente a la adopción de la misma acción por las regiones más cercanas. Curiosamente, existe una autocorrelación espacial significativa y moderada (0,200) en el número de empresas que planean emprender acciones de economía circular en los próximos años. En general, todos los valores son positivos y significativos (aunque son valores lejanos al valor máximo de autocorrelación espacial positiva = 1), lo que sugiere la existencia de un patrón espacial que ayuda a difundir la adopción de acciones de economía circular entre regiones vecinas en la UE-27.

Tabla 1: Autocorrelación espacial de las acciones de economía circular (I de Moran)

VARIABLE	ESTADÍSTICO DE I DE MORAN
Ahorrar agua	0.182***
Ahorrar energía	0.198***
Usar predominantemente energías renovables	0.270***
Ahorrar materiales	0.224***
Pasarse a proveedores de materiales más ecológicos	0.142***
Minimizar los residuos	0.196***
Vender los residuos y desechos a otra empresa	0.207***
Reciclar	0.131***
Diseño de productos	0.199***

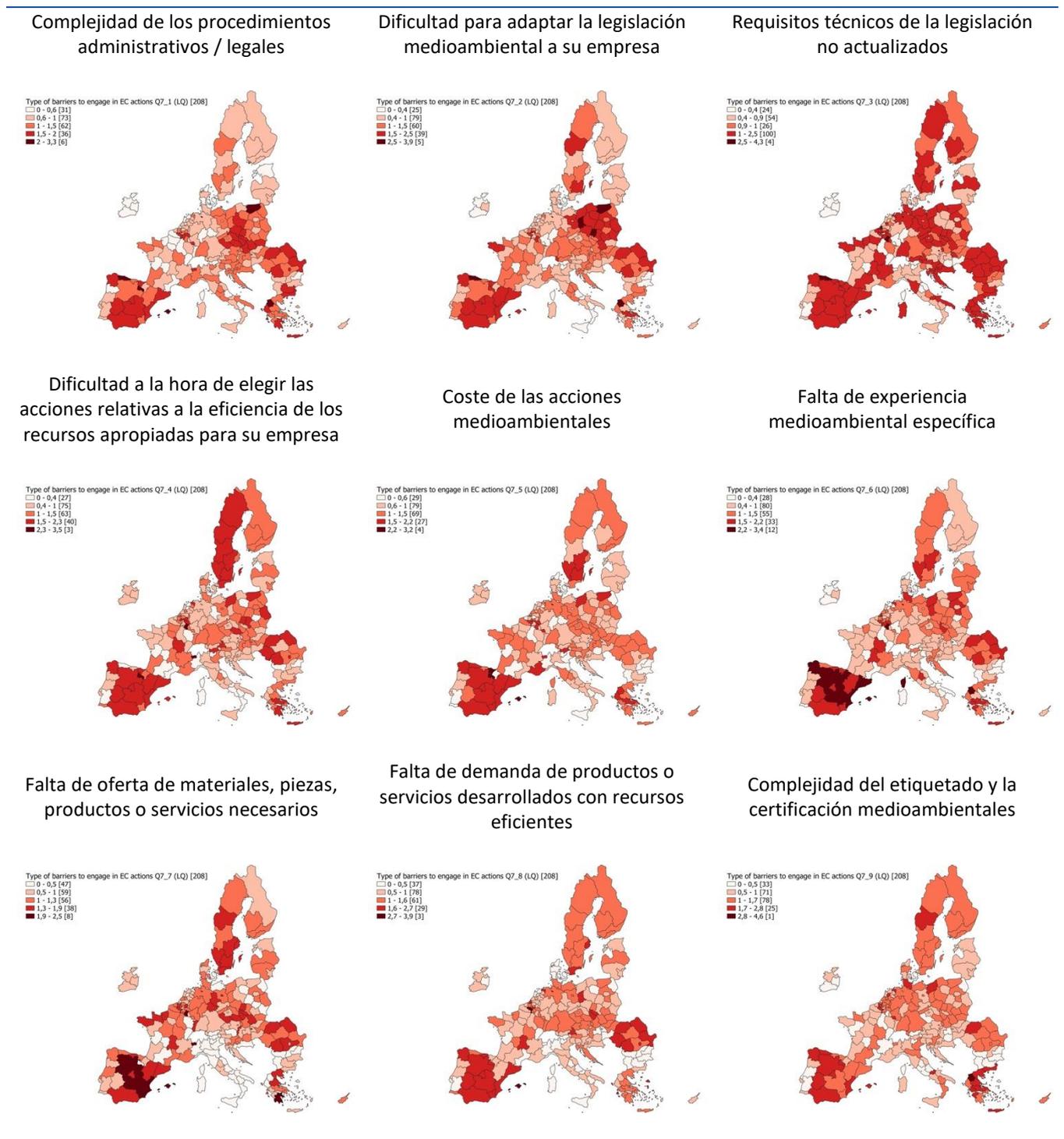
Empresas que planean tomar acciones de economía circular	0.200***
--	----------

Nota: *** significativo a nivel 0.01.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Encuesta Flash Eurobarómetro 498

Un aspecto paralelo de importancia considerable para mejorar la circularidad de los territorios es conocer las principales barreras que pueden ralentizar la transición hacia una economía circular dentro de la Unión Europea. En este sentido, las barreras existentes para el desarrollo de estrategias circulares se presentan en la Figura 6, que también muestra una importante heterogeneidad espacial y temática con respecto a la importancia de estas barreras. Estos resultados refuerzan el marco conceptual existente donde se observa que la implementación de acciones circulares difiere en cada región, dependiendo de factores geográficos, ambientales, económicos y sociales (Arsova et al., 2022). En términos de su dimensión espacial, los resultados muestran que las barreras más altas se encuentran principalmente en las regiones españolas, griegas, rumanas y algunas polacas. Asimismo, también es importante señalar que la heterogeneidad espacial con respecto a las barreras requiere un gran esfuerzo en términos del compromiso de todas las instituciones públicas (regionales) involucradas para superar estas barreras. Aunque algunas de las barreras están estrechamente relacionadas con restricciones de suministro (por ejemplo, falta de suministro de materiales, piezas, productos o servicios necesarios) y parecerían fáciles de resolver transfiriendo espacialmente suministro adicional entre regiones, hay muchos otros obstáculos que están estrechamente relacionados a estructuras específicas de la región y, por consiguiente, requerirá esfuerzos adicionales para resolverlos. Estos incluyen la complejidad de los procedimientos administrativos o legales, la falta de experiencia ambiental específica, el coste de las acciones ambientales o la falta de demanda de productos o servicios eficientes en el uso de recursos. En general, tales heterogeneidades sugieren seguir un enfoque bottom-up para abordar plenamente todas las desigualdades espaciales que actúan como barreras para emprender acciones de economía circular (Vanhamäki et al., 2020; Gravagnuolo et al., 2019; Ghisellini et al., 2016).

Figura 6: Barreras a la hora de emprender acciones de economía circular para las empresas europeas en 2021 (Cociente de localización)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Encuesta Flash Eurobarómetro 498

5. Conclusiones

En la última década la economía circular se ha situado en el epicentro del debate de los discursos de los políticos. La necesidad de avanzar hacia regiones futuras más sostenibles mediante la implementación de acciones circulares está en el centro del Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019) y el marco legislativo posterior (Comisión Europea, 2020). Aunque los responsables políticos han reconocido recientemente la importancia de la dimensión regional en la implementación de los principios de la economía circular, el contenido de la investigación científica de la dimensión espacial sigue en gran medida inexplorado.

Con el objetivo de abordar algunas de las limitaciones de los estudios disponibles, que se han basado en análisis a nivel de país o han evaluado la adopción de acciones de economía circular utilizando solo indicadores unidimensionales, en este informe se ha proporcionado evidencia novedosa sobre los patrones espaciales en la implementación de diferentes estrategias circulares en el contexto de la Unión Europea.

Si bien existe una clara voluntad de cambio dentro de la Unión Europea, cuando se observa con detalle el proceso de circularidad de sus regiones, sus incertidumbres y sus obstáculos, se constata que las cosas no son tan simples. Los resultados muestran que algunas regiones europeas no están preparadas para cumplir el ambicioso objetivo de ser completamente circulares en un futuro próximo. En particular, los resultados indican que las regiones de Suecia, Dinamarca y España emergen como líderes en la adopción de estrategias circulares.

Otro hallazgo interesante es que es importante distinguir entre diferentes acciones orientadas a cerrar el círculo, de modo que el uso de indicadores unidimensionales no es adecuado para capturar la naturaleza multidimensional de la economía circular. Aunque, en general, las regiones de Suecia, Finlandia y España han prestado especial atención a la participación en actividades circulares, los resultados indican que la especialización regional varía mucho según las estrategias circulares consideradas. En concreto, el núcleo de regiones de la Unión Europea-15 presenta mejores resultados en estrategias circulares orientadas a cerrar los ciclos de recursos y materiales, como el reciclaje, la reutilización o la recuperación y el uso de energías renovables. Por el contrario, las regiones de Europa del Este están principalmente especializadas en procesos para reducir el uso de recursos naturales (agua, energía, materiales y residuos).

Las regiones europeas experimentan varios tipos de barreras al adoptar estrategias circulares; en particular, se observa que las más importantes son aquellos vinculadas a estructuras regionales específicas, como la complejidad de los procedimientos administrativos o legales, o

La falta de experiencia ambiental específica. Estas diferencias en el ámbito regional pueden generar desigualdad de condiciones si no se tienen en cuenta adecuadamente. La eliminación de estas barreras sigue siendo necesaria para no dejar atrás a aquellas regiones con una elevada carga administrativa o, debido a regímenes estrictos, con un bajo nivel de libre circulación de residuos, materiales secundarios y bienes usados.

En definitiva, una visión general de los resultados muestra una situación heterogénea en cuanto a las capacidades de las regionales para implementar acciones de economía circular. Estos resultados son importantes desde el punto de vista de del diseño de políticas públicas, ya que es esencial saber cómo se concentran o diseminan las actividades circulares en las regiones europeas. A pesar de algunos avances positivos, muchas regiones europeas tendrán que intensificar sus esfuerzos para identificar los factores que obstaculizan o ralentizan las acciones de economía circular y diseñar instrumentos a nivel regional para abordar esta situación. De lo contrario, un mosaico fragmentado de caminos hacia la economía circular dentro de la Unión Europea dificultará alcanzar la neutralidad climática para 2050.

6. Referencias

Alberich, J. P., Pansera, M., Hartley, S. (2023). *Understanding the EU's circular economy policies through futures of circularity. Journal of Cleaner Production*, 385: 135723.

Anselin, L. (1995). *Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. Research Institute Working Papers*. 200.

Arsova, S., Genovese, A., Ketikidis, P. H. (2022). *Implementing circular economy in a regional context: A systematic literature review and a research agenda. Journal of Cleaner Production*, 133117.

Arsova, S., Genovese, A., Ketikidis, P. H., Alberich, J. P., Solomon, A. (2021). *Implementing regional circular economy policies: A proposed living constellation of stakeholders. Sustainability*, 13(9): 4916.

Avdushchenko, A. (2018). *Toward a Circular Economy Regional Monitoring Framework for European Regions: Conceptual Approach. Sustainability*, 10.

Bianchi, M., Cordella, M., Menger, P. (2023). *Regional monitoring frameworks for the circular economy: implications from a territorial perspective. European Planning Studies*, 31(1): 36-54.

Bourdin, S., Galliano, D., & Gonçalves, A. (2022). Circularities in territories: opportunities & challenges. *European Planning Studies*, 30(7): 1183-1191.

Comisión Europea (2023a). Competitividad a largo plazo de la UE: más allá de 2030. Bruselas. 16.3.2023 COM (2023) 168 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0168&from=EN>

Comisión Europea (2023b). *Circular economy. New tool for measuring progress*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/20e2bf30-f2d5-11ed-a05c-01aa75ed71a1>

Comisión Europea. (2020) Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva. Bruselas. COM/2020/98 final. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF

Comisión Europea. (2019). El Pacto Verde Europeo. Bruselas. COM/2019/640 final. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF

Comisión Europea. (2015). Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular. Bruselas. COM/2015/0614. final https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0011.02/DOC_1&format=PDF

Corona, B., Shen, L., Reike, D., Carreón, J. R., Worrell, E. (2019). *Towards sustainable development through the circular economy—A review and critical assessment on current circularity metrics*. *Resources, Conservation and Recycling*, 151: 104498.

de Oliveira, C. T., Oliveira, G. G. A. (2023). *What Circular economy indicators really measure? An overview of circular economy principles and sustainable development goals*. *Resources, Conservation and Recycling*, 190: 106850.

Domenech, T., Bahn-Walkowiak, B. (2019). *Transition towards a resource efficient circular economy in Europe: policy lessons from the EU and the member states*. *Ecological Economics*, 155: 7-19.

Elia, V., Gnoni, M., Tornese, F. (2017). *Measuring Circular Economy Strategies Through Index Methods: A Critical Analysis*. *Journal of Cleaner Production*, 142: 2741–2751.

European Environment Agency (2020): *Resource efficiency and the circular economy in Europe 2019 – even more from less*. EEA Report No 26/2019/1994. Luxembourg: Publications Office of the European Union

Friant, M. C., Vermeulen, W., Salomone, R. (2021). Analysing European Union circular economy policies: Words versus actions. *Sustainable Production and Consumption*, 27: 337-353.

Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S. (2016). *A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic Systems.*, *Journal of Cleaner Production*, 114: 11–32.

Gravagnuolo, A., Angrisano, M. Girard, L.F. (2019): *Circular economy strategies in eight historic port cities: criteria and indicators towards a circular city assessment framework*. *Sustainability*, 11(13): 3512.

Henrysson, M., Nuur, C. (2021). *The role of institutions in creating circular economy pathways for regional development*. *The Journal of Environment & Development*, 30(2): 149-171.

Henrysson, M., Papageorgiou, A., Björklund, A., Vanhuysse, F., Sinha, R. (2022). *Monitoring progress towards a circular economy in urban areas: An application of the European Union circular economy monitoring framework in Umeå municipality*. *Sustainable cities and society*, 87: 104245.

Kirchherr, J., Yang, N. H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., Hartley, K. (2023). *Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions*. *Resources, Conservation and Recycling*, 194: 107001.

Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. (2017). *Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions*. *Resources, conservation and recycling*, 127: 221-232.

Le Gallo, J., Ertur, C. (2003). *Exploratory spatial data analysis of the distribution of regional per capita GDP in Europe, 1980–1995*. *Papers in Regional Science*, 82(2): 175-201.

Lehmann, C., Cruz-Jesus, F., Oliveira, T., Damásio, B. (2022). *Leveraging the circular economy: Investment and innovation as drivers*. *Journal of Cleaner Production*, 360: 132146.

López-Bazo, E., Vayà, E. Mora, A., Suriñach, J. (1999). *Regional economic dynamics and convergence in the European union*. *The Annals of Regional Science*, 33: 343–370.

Lozano, R., Bautista-Puig, N., Barreiro-Gen, M. (2021). *Elucidating a holistic and panoptic framework for analysing circular economy. Business Strategy and the Environment*, 30(4): 1644-1654.

Moran, P. (1948). *The interpretation of statistical maps. Journal of the Royal Statistical Society*, 59: 185-193.

Niang, A., Bourdin, S., Torre, A. (2023). *The geography of circular economy: job creation, territorial embeddedness and local public policies. Journal of Environmental Planning and Management*, 1-16.

Pearce, D. W., Turner, R. K. (1989). *Economics of natural resources and the environment. Johns Hopkins University Press*.

Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., Hanemaaijer, A.J.P.V.D.L. (2017). *Circular economy: Measuring innovation in the product chain*. Disponible en: <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>

Ren, Q., Albrecht, J. (2023). *Toward circular economy: The impact of policy instruments on circular economy innovation for European small medium enterprises. Ecological Economics*, 207: 107761.

Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., Kendall, A. (2019). *A taxonomy of circular economy indicators. Journal of Cleaner Production*, 207: 542-559.

Silvestri, F., Spigarelli, F., Tassinari, M. (2020). *Regional development of Circular Economy in the European Union: A multidimensional analysis. Journal of Cleaner Production*, 255: 120218.

Tapia, C., Bianchi, M., Pallaske, G., Bassi, A. M. (2021). *Towards a territorial definition of a circular economy: exploring the role of territorial factors in closed-loop systems. European Planning Studies*, 29(8): 1438-1457.

Tobler, W. R. (1970). *Spectral analysis of spatial series*. Library Photographic Service, University of California.

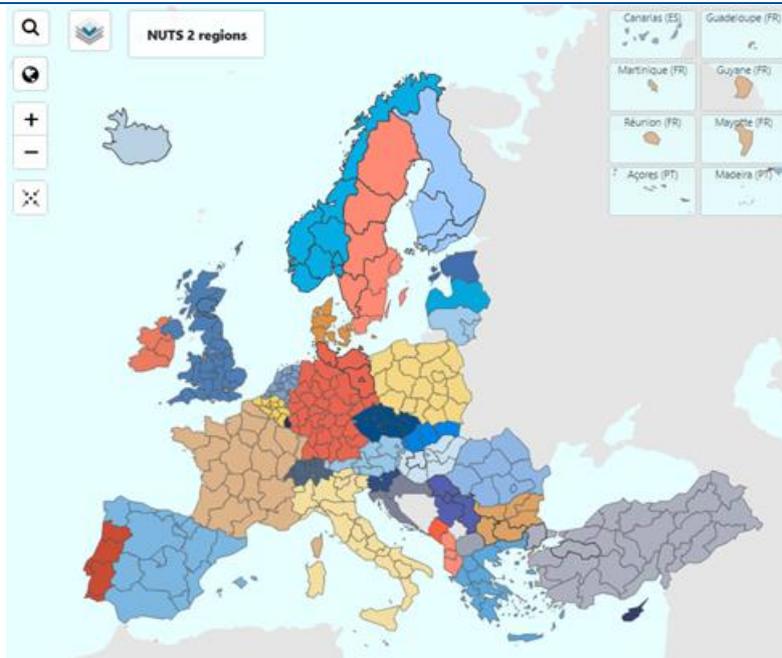
Van Bueren, B. J., Iyer-Raniga, U., Leenders, M. A., Argus, K. (2021). *Comprehensiveness of circular economy assessments of regions: a systematic review at the macro level. Environmental Research Letters*, 16(10): 103001.

Vanhamäki, S., Rinkinen, S., Manskinen, K. (2021): *dapting a Circular Economy in Regional Strategies of the European Union. Sustainability*, 13: 1518.

Vanhamäki, S., Virtanen, M., Luste, S., & Manskinen, K. (2020). *Transition towards a circular economy at a regional level: A case study on closing biological loops. Resources, Conservation and Recycling*, 156: 104716.

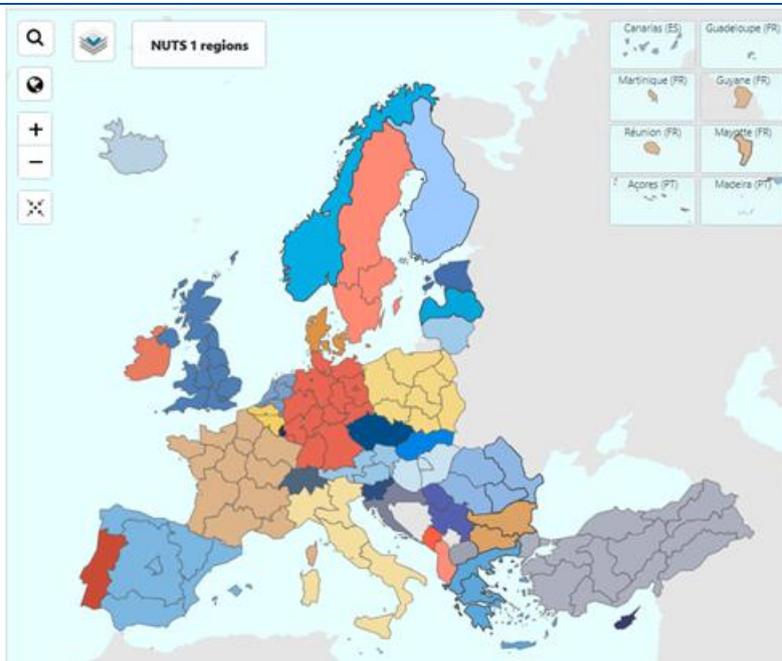
ANEXO 1

Figura A1. Clasificación NUTS 2 (Nomenclatura de unidades territoriales estadísticas)



Fuente: Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat/web/nuts/statistics-illustrated>)

Figura A2. Clasificación NUTS 1 (Nomenclatura de unidades territoriales estadísticas)



Fuente: Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat/web/nuts/statistics-illustrated>)