




Economía circular y cadena de suministro agroalimentaria

Circular Economy and the Agri-Food Supply Chain

Inmaculada Marqués Pérez^a, Inmaculada Guaita Pradas^b y Luis Oswaldo Rodríguez Mañay^c

^aINECO, Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València, , imarques@esp.upv.es; ^bDepartamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València, , iguaita@esp.upv.es y ^cUniversidad Central del Ecuador, , luirodm2@alumni.upv.es.

How to cite: Marqués-Pérez, I.; Guaita-Pradas, I. y Rodríguez Mañay, L. O. 2025. Economía circular y cadena de suministro agroalimentaria. En libro de actas: *Congreso Internacional de Economía y Derecho de la Empresa Agroalimentaria y Cooperativa*. Valencia, 2025.

Doi: <https://doi.org/10.4995/CIEDEAC2025.2025.19362>

Abstract

This research paper analyzes the possibility of developing new, more circular integrated supply chain management models. The analysis is carried out by exploring the literature to identify potential solutions proposed for integrating circular economy principles into the Agri-Food Supply Chain (AFSC). This research aims to compile a collection of techniques and business models resulting from the application of circularity strategies in the AFSC. The identification, selection, evaluation, and synthesis of relevant research studies were carried out using the PRISMA analysis method. As a result, circularity practices were identified, and their implications for economic, environmental, and social sustainability were analyzed. Difficulties or challenges to their implementation were also identified, as well as policy measures to promote them.

Keywords: Agrifood, supply chain, circular economy, literature review

Resumen

Este trabajo de investigación analiza la posibilidad de desarrollar nuevos modelos de gestión de la cadena de suministro integrada más circulares. El análisis se lleva a cabo mediante la exploración de la literatura para identificar posibles soluciones propuestas para integrar los principios de la economía circular en la Cadena de Suministro Agroalimentaria (CAA). Esta investigación tiene como objetivo recopilar técnicas y modelos de negocio resultantes de la aplicación de estrategias de circularidad en la CAA. La identificación, selección, evaluación y síntesis de estudios de investigación relevantes se llevó a cabo mediante el método de análisis PRISMA. Como resultado, se identificaron prácticas de circularidad y se analizaron sus implicaciones para la sostenibilidad

económica, ambiental y social. También se identificaron las dificultades o desafíos para su implementación, así como las medidas políticas para promoverlas.

Palabras clave: *agroalimentación, cadena de suministro, economía circular, revisión de literatura.*

Introducción

Los sistemas agroalimentarios enfrentan actualmente importantes retos. De una parte, el crecimiento económico desmedido genera la sobre explotación de los recursos productivos que resulta en la escasez de recursos y la degradación medioambiental. Entre ellos destaca, en primer lugar, el uso excesivo de agua que puede llevar a la escasez y degradación de fuentes hídricas; en segundo lugar, la tierra porque a menudo su uso intensivo agrícola lleva a la deforestación y la pérdida de biodiversidad, afectando negativamente los ecosistemas naturales. Y por último la energía, ya que la producción, el procesamiento y el transporte de alimentos requieren grandes cantidades de energía, contribuyendo a las emisiones de gases de efecto invernadero (Khan et al., 2024) (Zhang & Zhang, 2024).

En relación con el impacto ambiental, se pueden destacar las emisiones de gases de efecto invernadero. La contaminación con el uso de fertilizantes y pesticidas químicos puede contaminar el suelo y el agua, afectando la salud de los ecosistemas y las comunidades locales (Tully & Ryals, 2017). Y los residuos plásticos porque el embalaje de alimentos genera grandes cantidades de residuos plásticos que terminan en vertederos o en el medio ambiente (Yates et al., 2021).

El Cambio climático por otra parte, plantea una gran amenaza para la seguridad alimentaria debido a la dependencia crítica de la producción agroalimentaria de las condiciones ambientales (Kirwan et al., 2017).

Además, el crecimiento acelerado de la población mundial, que ha pasado de 1.600 millones en 1900 a casi 8.000 millones en 2020, y se espera que alcance los casi 10.000 millones en 2050, está incrementando significativamente la demanda de alimentos. Es por ello que hoy en día, el hambre y la desnutrición siguen siendo un problema importante en los países en desarrollo, pero un tercio de los alimentos producidos en todo el mundo se desperdician en los países desarrollados. Esto da como resultado pérdidas en los recursos de producción (como tierra, agua, energía e insumos) y emisiones evitables de gases de efecto invernadero (Gustavsson et al., 2011).

A todo esto, se une las continuas crisis sociales, económicas y políticas, con las últimas tensiones causadas por la pandemia de la Covid19, así como, las crecientes tensiones geopolíticas que afectan al normal flujo comercial, y consecuentemente al flujo de alimentos, a la inflación, etc. (Hohenstein, 2022).

Estos problemas van desde la producción hasta los consumidores, pasando por las etapas de procesamiento, transporte y distribución. Este conjunto de actividades ordenadas y encadenadas en una secuencia “de la granja a la mesa” conforman la Cadena de Suministro Agroalimentaria (AFSC por sus siglas en inglés). Su gestión va a ser crítica para afrontar los retos actuales de los sistemas agroalimentarios y garantizar el éxito y la sostenibilidad del sector. Así, el llamado a una cadena de suministro agroalimentaria más sostenible (SAFSC) es un tema que ha alcanzado un creciente interés en la última década (Ricciolini et al., 2024).

Según diferentes autores, la cadena de suministro se ha definido como un grupo de empresas que se coordinan para asegurar el flujo eficiente de un determinado bien en términos de servicio (Lambert & Cooper (2000), Cooper et al. (1997), La Londe & Masters (1994), y Forrester (1972)). También, como un conjunto de operaciones consecutivas requeridas por la organización para suministrar y transformar materias primas y componentes en un producto final valioso y entregarlo al cliente final (Gholian-Jouybari et al. (2023), Christopher (2016) y (De la Calle Vicente & Naves, 2016)).

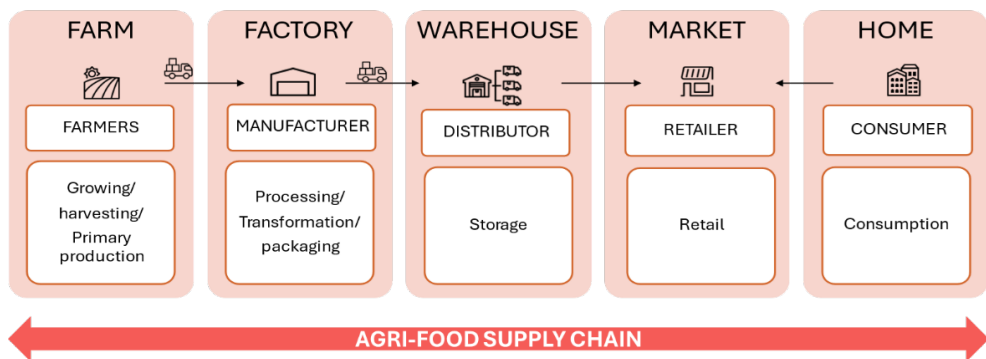


Fig. 1. Cadena de Suministro Agroalimentaria. Fuente: Elaboración propia

La cadena de suministro agroalimentaria es una de las cadenas de suministro más extensas y complejas, con multitud de actores y sus complejas actividades interconectadas. Implica todas las actividades desde la producción de productos agrícolas, desde su cultivo hasta su consumo, incluida su transformación mediante una serie de pasos de manipulación y procesamiento. Y una red compleja de partes interesadas, incluidos los agricultores (a menudo el eslabón más débil de la cadena de suministro, como lo demuestra la cadena de valor), los manipuladores postcosecha, los procesadores de alimentos (la industria de procesamiento y transformación), los transportistas y distribuidores y, en última instancia, los clientes finales y los consumidores, involucrados directa o indirectamente con objetivos comunes como garantizar la calidad de los alimentos, la seguridad alimentaria, la inocuidad de los alimentos y la sostenibilidad (Gholian-Jouybari et al., 2023) (Agnusdei & Coluccia, 2022) (Hohenstein, 2022). Esposito et al (2020) incluyen también en el análisis de la AFSC inversores y tomadores de decisiones públicos. Su gestión va a ser crítica para afrontar los

retos actuales de los sistemas agroalimentarios y garantizar el éxito y sostenibilidad del sector.

Desde la perspectiva de sostenibilidad a los objetivos «tradicionales» de la propia cadena de, coste, calidad en el servicio y fiabilidad, se unen también los aspectos sociales y medioambientales (Carter & Roghers, 2008; Dubey et al., 2017). Esta idea ha ido ganando presencia en los estudios de la cadena agroalimentaria, dada la interdependencia de los procesos productivos, que requiere de una visión holística de toda la cadena y de su sostenibilidad, para optimizar los beneficios resultantes de cualquier mejora. (Accorsi & Manzini, 2019)(Notarnicola et al., 2012).

Tradicionalmente, las cadenas de suministro utilizadas se han basado en un modelo lineal de producción “tomar-hacer-desechar” que como ya se ha indicado anteriormente han dado como resultado el uso intensivo de recursos naturales, una generación significativa de residuos, la degradación medioambiental y el cambio climático (Hamam et al., 2021a).

La Economía Circular (CE por sus siglas en inglés) se define como un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes durante el mayor tiempo posible y reducir al mínimo los residuos (European Commission, 2020). Emerge como una solución potencial para lograr la sostenibilidad de la cadena de suministro a través del control del flujo de materiales minimizando las emisiones, utilizando energías renovables y eliminando los desechos a partir del diseño de sistemas de circuito cerrado y la reutilización de materiales y recursos (EMF, 2012, 2013, 2015). El propósito es aumentar la utilización de los recursos existentes al tiempo que se reduce la entrada de nuevos recursos y la pérdida de recursos, basándose en procesos de mantenimiento, reparación, reutilización, renovación, remanufactura y reciclaje (Krstić et al., 2024). La CE contribuye a la implementación de una economía más ecológica mediante un nuevo modelo de negocio y oportunidades de empleo innovadoras (Hamam et al., 2021b).

En el sector agroalimentario, CE es un patrón de sostenibilidad que busca lograr una producción sostenible de bienes y servicios minimizando el consumo de recursos y la generación de residuos mediante la utilización de materiales recuperados, agua y energía (D’Adamo, 2019) (Murray et al., 2017) ((EMF), 2015). Banerjee et al. (2024) enfatizan que adoptar un enfoque de reutilización, remanufactura, recuperación y reciclaje de materiales a lo largo de la cadena de suministro de alimentos tiene un impacto socioeconómico directo.

La literatura sobre CE está fragmentada y se centra en campos más establecidos, poniendo poca atención a la implementación y las implicaciones para los modelos de negocios y las cadenas de suministro (De Angelis et al., 2018). En el sector alimentario, los estudios que exploran la CE están floreciendo, pero se encuentran muy fragmentados. Los estudios exhaustivos disponibles son escasos y con aportaciones de investigación dispersas (Hamam et al., 2021a), y se observa una falta de un marco holístico para explicar los procesos y

resultados de la CE en el sector alimentario y brindar vías para futuras investigaciones (Ouro-Salim & Guarnieri, 2022a).

Objetivo

El presente trabajo de investigación analiza la posibilidad del desarrollo de nuevos modelos de gestión integral de la cadena de suministro, más circulares, investigando a través de la literatura posibles soluciones propuestas para la integración de principios de economía circular en la cadena de suministro agroalimentaria. Se pretende hacer un recopilatorio de técnicas y modelos de negocio resultado de la aplicación de estrategias de circularidad en el AFSC.

Metodología

Las revisiones de bibliografía son una herramienta muy útil para compendiar la literatura existente en torno a una cuestión de investigación, que permita identificar el enfoque, las tendencias y los problemas relativos a la cuestión de investigación en el momento actual. Un primer paso es identificar la literatura existente en torno a la cuestión de investigación, para lo que se parte de las bases de datos científicas de referencia: SCOPUS, Web of science, etc. Como segundo paso, evaluar mediante un análisis crítico de los artículos de investigación seleccionados, cuáles son los resultados alcanzados en tono a la cuestión de investigación, que aspectos están en discusión y donde pueden estar los gaps de conocimiento para seguir avanzando en la referida cuestión. Para el desarrollo de las revisiones sistemáticas, en general se establece algunos criterios de delimitación, como puede ser por ejemplo el periodo en análisis, con el objeto de centrar y acotar la investigación (Dora et al., 2021).



Fig. 2. Etapas de la revisión

Se han propuesto diferentes metodologías de revisión sistemática como la propuesta por (Tranfield et al., 2003), planteada en tres etapas como se muestra en al Figura 2.

La búsqueda de manuscritos se realizó en la web of science, utilizando las palabras: “circular economy”, refino con “supply chain”, refino con “Agrifood”/“Agri-food”, y refino final con “SCOR”. No se estableció ninguna limitación temporal, ya que la progresión de la producción de artículos sobre este tema muestra una notable expansión de la actividad de investigación en esta área durante los últimos ocho años, con apenas aportaciones en años anteriores.

Resultados

	Web of science	Scopus
Búsqueda_1		
“circular economy”	(33.279 resultados)	(25.230 resultados)
“supply chain”	(3.553 resultados)	(1.898 resultados)
“Agrifood”	(25 resultados)	(5 resultados)
Búsqueda_2		
“circular economy”	(33.279 resultados)	(25.230 resultados)
“supply chain”	(3.553 resultados)	(1.898 resultados)
“Agri-food”	(116 resultados)	(52 resultados)
Búsqueda_3		
“circular economy”	(33.279 resultados)	(25.230 resultados)
“supply chain”	(3.553 resultados)	(1.898 resultados)
“Agrifood”	(25 resultados)	(52 resultados)
SCOR	(0 resultados)	(0 resultados)
Búsqueda_4		
“circular economy”	(33.279 resultados)	(25.230 resultados)
“supply chain”	(3.553 resultados)	(1.898 resultados)
“Agri-food”	(116 resultados)	(52 resultados)
SCOR	(0 resultados)	(0 resultados)

Tabla 1. Búsquedas realizadas

La Tabla 1 recoge los resultados de las búsquedas realizadas. Un primer gap del conocimiento que se detectó es la falta de trabajos de investigación en torno a la gestión y desempeño de una cadena de suministro agroalimentaria más circular tomando en consideración las determinaciones del modelo SCOR.

La identificación, selección, evaluación y síntesis de los estudios de investigación relevantes puede realizarse siguiendo el método de análisis PRISMA (siglas en inglés de Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis) (Moher et al., 2009). El esquema seguido es el que se recoge en la Figura 3.

En un primer momento, se comprobó la existencia de documentos duplicados identificados en las dos bases de datos. Posteriormente, se comprobó la naturaleza de los documentos, eliminando aquellos que no se correspondían con manuscritos publicados en revistas científicas de alto impacto. A continuación, se realizó un identificación y selección de los estudios relevantes a partir de la revisión del título y el abstract. Se eliminaron aquellos manuscritos duplicados, y aquellos manuscritos que no aportaban información relativa a soluciones de circularidad en la cadena de suministro agroalimentaria resultando un total de 118 manuscritos.

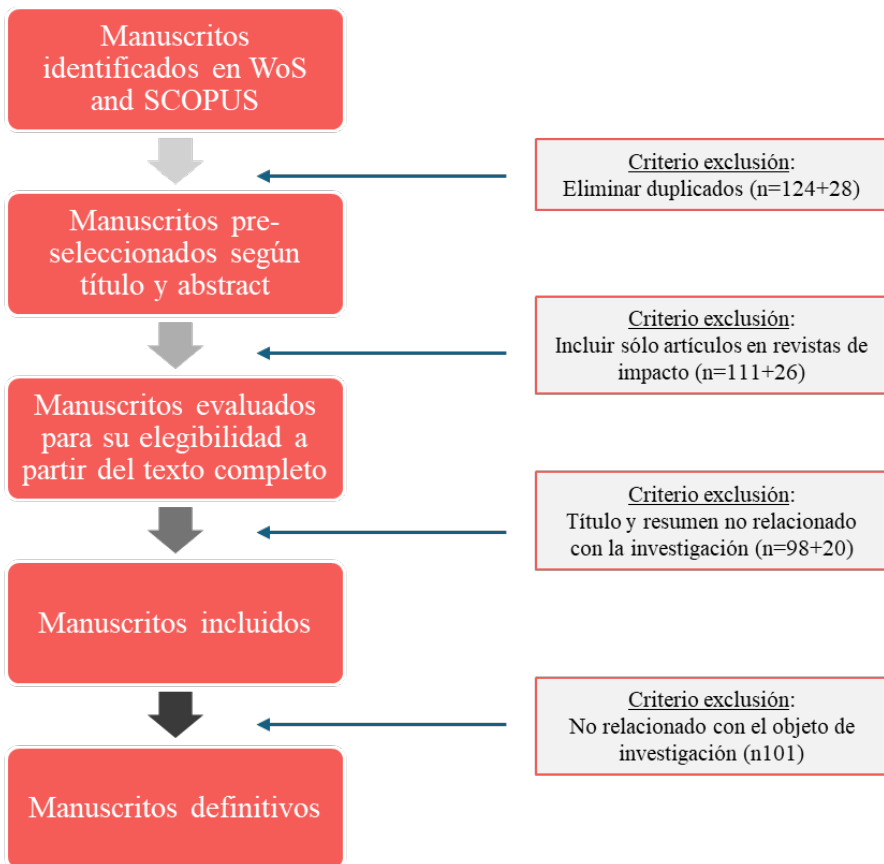


Fig. 3. Análisis PRISMA

Todos ellos son objeto de análisis, en función de la información contenida en el texto completo, para determinar si el estudio aporta información relativa a soluciones de circularidad en la cadena de suministro agroalimentaria.

Entre estos se diferenciaron los manuscritos que eran SLR (por sus siglas en inglés Revisión Sistemática de la Literatura). Se analizaron para comprobar los resultados de las revisiones previas.

Como ya se ha comentado previamente, los trabajos de circularidad en el AFSC son relativamente escasos, y se observa la falta de un marco holístico para explicar los procesos y resultados de CE en el sector alimentario y a partir de los cuales proponer vías para futuras investigaciones (Ouro-Salim & Guarnieri, 2022) (De Angelis et al., 2018). Sin embargo, están experimentando una tendencia positiva en evolución y representan un tema de investigación desafiante que está captando la atención de los académicos (Agnusdei & Coluccia, 2022).

Muchos de los trabajos seleccionados, resultaron ser revisiones de bibliografía, hasta 30. Recogen las principales características y perspectivas de la investigación en tono a la EC en el AFSC. Establecen que el desarrollo y la implementación de estrategias de circularidad pasa por el desarrollo de modelos de negocio circulares en los que se cree productos con valor añadido y se mejore la eficiencia de los recursos (Donner et al., 2020a). También identifican estrategias y políticas, proponen algunas herramientas de análisis de la circularidad (son más escasos). Muchos trabajos se centran en el eslabón productor de la cadena agroalimentaria. Gran número de trabajos se centran en el desperdicio y las soluciones de circularidad para los restos, residuos o subproductos en la cadena

Según Spada et al., (2025) la CE está relacionada con los llamados principios de las R's, y las soluciones de circularidad se agrupan en propuestas para: Reducir (principio de reducir la demanda de materiales vírgenes aumentando la eficiencia y eliminando la pérdida de recursos); Reparar y Reutilizar (acciones para preservar el valor de los recursos y productos a lo largo del tiempo); Reciclar (implica acciones que conducen a la creación de nuevo valor, principalmente a partir de la reutilización o reciclaje de materiales descartados de la cadena de valor, como la biomasa; Recuperar (recuperación que se enmarca en la regeneración de la corriente, como la recuperación de energía, como la digestión anaeróbica o según enfoques de corrientes de ciclo múltiple o reutilización en cascada, implicando en algunos casos el reacondicionamiento y remanufactura. En este sentido, pasar de una economía lineal a una circular en el ámbito agroalimentario requiere de modelos de negocio innovadores, como la logística inversa, nuevas visiones de las relaciones entre clientes y proveedores ya que las responsabilidades se comparten pues el cliente también es corresponsable de la calidad de los productos de su proveedor puesto que su producción es utilizada en parte como insumo por su proveedor, y nuevas formas de organización y estrategias de marketing con la intervención de varias cadenas de valor (Donner et al., 2020b).

En relación a la logística inversa, la CE en la cadena de suministro agroalimentaria aprovecha las oportunidades de los ciclos inversos (closed-loops) y en cascada (open-loops) de

productos, subproductos y residuos para permitir flujos circulares que implican la recuperación de materiales con distinta finalidad (Rodias et al., 2021).

Las nuevas formas de organización o colaboración entre varias cadenas de valor se entienden por la posibilidad de hibridación entre sectores que sólo aparentemente están distantes entre sí. Por ejemplo, Tedesco et al. (2023) defienden la integración de los canales locales de suministro de corcho, lana de ovejas y tierra con el diseño y la fabricación de biomateriales de construcción.

En el mismo sentido, el sistema agroalimentario genera una gran cantidad de subproductos a lo largo de la cadena de suministro, por lo que es un sector que tiene un enorme potencial dentro de los sistemas de recuperación de materiales y energía (Hamam et al., 2023). Ouro-Salim & Guarnieri (2022) propone la simbiosis industrial mediante la colaboración entre diferentes entidades industriales para compartir esfuerzos con el fin de promover la ecoinnovación y el cambio cultural a largo plazo y mejorar los procesos empresariales y técnicos para la recuperación de energía a partir de restos orgánicos o subproductos. Muradin et al. (2018) en un estudio sobre circularidad en torno a la producción de biogás de la industria alimentaria para la valorización energética de residuos de alimentos en plantas de biogás, han constatado que la ecoeficiencia es función del tipo de materia prima utilizada, su transporte y la posibilidad de aprovechamiento del calor generado, y que la mayor eficiencia se alcanza cuando la planta de biogás se sitúa junto a la planta de procesamiento de alimentos. En la misma línea, requiere, según Corrado & Sala (2018) la interconexión entre los procedimientos biotecnológicos y la coproducción de biocombustibles y bioproductos como clave estratégica dirigida a maximizar el uso de los residuos alimentarios y a incrementar los ingresos del sector productivo.

En la presente revisión, se aporta como novedad la identificación de prácticas de circularidad, y de las implicaciones en términos de sostenibilidad a nivel económico, medioambiental, social. También las dificultades o retos para su implementación, así como medidas de política que las impulsen.

En la Tabla 2 adjunta una muestra de algunas de las acciones identificadas en la revisión.

Manuscript	CE	Sustainability	Challenge	Policymakers
<p>Evaluating Circular Strategies for the Resilience of Agri-Food Business: Evidence From the Olive Oil Supply Chain. (Spada et al., 2024)</p>	<p>Estrategias de reciclaje, valorización, y recirculación de recursos internos:</p> <p>*restos de materia orgánica como digestato en planta de biogás para la producción de energía eléctrica, que a su vez genera residuos orgánicos y estiércol reutilizables en la explotación</p> <p>*restos de orujo, resultante del molido de las aceitunas para la extracción del aceite se utiliza para la obtención de energía termal</p>	<p>MA: restaurar regenerar el suelo</p> <p>E: cambia la estructura de costes y resultados, ya que el reciclaje permite la reducción de costes de producción</p> <p>E: permite crear y capturar mayor valor, lo que genera mayores retornos de las inversiones.</p>	<p>Los costes de inversión pueden ser una barrera económica relevante que dificulte la adopción de estrategias circulares, especialmente para las pequeñas y medianas empresas con acceso limitado al crédito, que por ora parte representan una gran parte de la realidad empresarial en el sector agroalimentario.</p>	<p>Intervenciones en el modelo productivo, como la estimulación de la reutilización de subproductos o la activación de simbiosis con otras empresas, así como la implicación de las comunidades locales</p>

Manuscript	CE	Sustainability	Challenge	Policymakers
Exploring Antimicrobial Compounds from Agri-Food Wastes for Sustainable Applications (Di Maro et al 2024)	Transforming agri-food wastes and by-products into valuable products. Wide range of possible applications ranging from cosmetics to food packaging.	MA: evitar el importante impacto del desperdicio agroalimentario en términos de energía consumida, uso de agua y emisiones de carbono E: valorización de productos	*Los altos costos relacionados con su extracción, *Los desafíos técnicos en la gestión de la complejidad de la cadena de suministro, *La infraestructura limitada, *Las barreras normativas y políticas *La percepción pública	Promover investigación en nuevas tecnologías rentables y escalables para la valorización de la biomasa.

Tabla 2. Análisis de estrategias o propuestas de circularidad en la cadena agroalimentaria

A partir del análisis de las diferentes propuestas de circularidad, se pretende realizar una propuesta de clasificación que permita definir una taxonomía o sistema de clasificación común de las actividades o actuaciones de circularidad en la cadena agroalimentaria.

Medidas-Estrategias de circularidad en el AFSC		SC involucrados	Resultados en términos de sostenibilidad
1	Reducir el uso de recursos naturales como el agua (Rodías, et al. 2021)	1 1	Reutilizar las aguas residuales de las operaciones agroalimentarias y sustituir recursos hídricos de origen superficial o subterráneo
		1 2	Reutilizar las aguas del drenaje agrícola
2	Reutilización de la biomasa para producir energía	2 1	Aprovechamiento de biomasa de residuos agrícolas como fuente de energía en plantas de biogás: utilizar restos orgánicos para la fabricación de pelets como biomasa para generar energía. La bionergía puede producirse para autoconsumo o verse a la red.
3	Reutilización de la biomasa para producir fertilizantes orgánicos	3 1	Compostaje de restos orgánicos para utilizar directamente como enmiendas del suelo o fertilizantes en el suelo para utilizar en la explotación

			(reuse), para vender		
4	Valorización de materiales de origen biológico (restos, subproductos o residuos agrícolas/ganaderos) (Donner et al, 2021) (Sheme, et al, 2019)	4	Uso en cascada de biomasa para generar productos con alto valor añadido (restos, residuos como frutos dañados, cáscaras, ...) para la elaboración de zumos, u otros productos como cosméticos, aceites esenciales, ...	AFSC othersS C-Manufacturers	Disminuir el volumen de residuos agrícolas o ganaderos
		4	Restos orgánicos valorizados para la elaboración de piensos	AFSC	
		4	Aprovechamiento como fuente de energía en plantas de biogás	AFSC-Farmers ESC-Grid operator	
		4	Aprovechamiento en biorefinerías para la fabricación de fertilizantes, biofuels, etc	AFSC othersS C-Manufacturers	
		4	Aprovechamiento para la fabricación de biomateriales: desarrollo de nuevos materiales y componentes de construcción (Tedesco et al, 2023)	AFSC SC-Building	
		3	Aprovechamiento en biorefinerías para la fabricación de biomateriales:		

			desarrollo de nuevos materiales para el envasado de alimentos		
5	3R model para el desperdicio de alimentos	5	Reducir el volumen de desperdicio	AFSC-Consumers	Disminuir el volumen de desperdicio alimentario
		5	Reutilizar mediante la redistribución del excedente de alimentos comestibles	AFSC-Retailer/Consumers PA, ONG's, otras plataformas sociales, ...	
		5	Reciclar mediante la generación de nuevos productos con valor a partir de restos de alimentos y subproductos	AFSC-Retailer/Consumers Recyclers othersS C-Manufacturers	

Tabla 3. Clasificación de actividades de circularidad

Discusión

En términos generales, según Vural et al. (2024), la circularidad en el AFSC constituye la capacidad central de reorganización y depende de otras dos capacidades: el desarrollo de nuevos productos y las capacidades de reconfiguración de recursos para lograr la resiliencia de la cadena de suministro. Para Hamam et al. (2021), la circularidad entendida a lo largo del AFSC, incluye flujos desde los puntos de consumo a los puntos de producción (enfoques típicos de logística inversa) lo que requiere la colaboración con otras empresas a lo largo de toda la cadena de suministro para conseguir un modelo circular lo más eficaz posible. Es importante, en relación a los procesos de recirculación de determinados alimentos, atender las cuestiones relativas a las preferencias de los consumidores y la aceptabilidad de estos procesos de recuperación y/o reintegración del desperdicio (Hellali & Korai, 2023).

También implica otros flujos que no implican retornos a la empresa focal e involucran otras cadenas de suministro. Por ello es necesario considerar la gestión de la posproducción para

incluir flujos hacia adelante (bucles abiertos) en cadenas de suministro alternativas, que impliquen retornos al final de la vida útil, pero también sinergias de subproductos asociados y flujos de recuperación de desechos (Batista et al., 2019).

La implementación de dichos flujos circulares aumenta la complejidad y amplía el alcance de las operaciones de la cadena de suministro en el contexto de AFSC, y debe tener en cuenta una perspectiva holística que integre los diferentes tipos de flujos circulares que permitan la recuperación de materiales dentro y entre las organizaciones en las cadenas de suministro que involucran (Batista et al., 2019).

Por otra parte, resulta utópico, dada la complejidad del AFSC, definir un único modelo de CE para todo el sector (Esposito et al., 2020). Existen estudios sobre circularidad de la cadena de suministro para algunos productos, en concreto, como el desarrollado por Boccia et al., (2019) para el tomate, Naziri et al., (2014) para aceite de oliva, vino, y arroz; en la industria cárnica (Accorsi et al., 2019); Bas-Bellver et al., (2020) para zanahorias, puerros, apio y repollo, para café (Trollman et al., 2022), para el marisco y sus derivados o subproductos (Hassoun et al., 2023), para las explotaciones lecheras (Entrena-Barbero et al., 2024). Spada et al., (2025), estudia en un solo trabajo tomates y cebollas para el macrogrupo de verduras y, naranjas, limones, manzanas y uvas para el macrogrupo de frutas etc.

La transición a la CE no es fácil y se enfrenta a varias barreras, como limitaciones en el conocimiento y la habilidad, la capacidad tecnológica, la logística y la infraestructura, las barreras políticas e institucionales (Kumar et al., 2024). Spada et al., (2025) apuntan también entre las principales barreras, el coste de las soluciones tecnológicas y la necesidad de medir y cuantificar si la aplicación de las estrategias circulares aumenta la sostenibilidad económica de las explotaciones. Para García-García et al., (2024) una cuestión importante es la identificación y cuantificación de los flujos de residuos, subproductos u otros restos que se generan a lo largo de la AFSC, y los tipos de residuos problemáticos, para desarrollar soluciones alternativas que mejoren la sostenibilidad de la cadena.

Los responsables de las políticas deben comprender el comportamiento de las partes interesadas en torno a la sostenibilidad del AFCS para diseñar intervenciones políticas que faciliten la adopción de nuevas tecnologías. A través de intervenciones políticas adecuadas, como la regulación, la legislación, los impuestos, la educación y los incentivos, las políticas pueden crear efectos a nivel de empresa individual y de sector industrial (Hamam et al., 2021b).

Conclusiones

En esta revisión se ha hecho un recopilatorio de técnicas y modelos de negocio resultado de la aplicación de estrategias de circularidad en el AFSC.

Es necesario aumentar el conocimiento y medir adecuadamente la sostenibilidad de diferentes estrategias de circularidad en diferentes productos, en estudios de casos reales. Poder conocer el coste de la inversión y la implementación de las medidas de circularidad, así como el retorno en términos de sostenibilidad, es decir, en beneficios económicos, medioambientales y sociales, y de resiliencia ante cambios en el coste de los inputs y el precio de los outputs. Los resultados contribuirán a que empresarios y decisores adopten y promuevan innovaciones de CE.

Este trabajo de investigación representa un punto de inicio para futuras investigaciones sobre la transición CE del AFSC. Aporta información en torno a las transformaciones de sostenibilidad que se están dando en el AFSC, las implicaciones y los retos que se plantean, y hacia donde se están dirigiendo. Y se apunta la necesidad del desarrollo de una clasificación que permita definir una taxonomía o sistema de clasificación común de las actividades o actuaciones de circularidad en la cadena agroalimentaria.

Referencias

- Accorsi, R., Bortolini, M., & Gallo, A. (2019). Modeling by-products and waste management in the meat industry. In *Sustainable Food Supply Chains: Planning, Design, and Control through Interdisciplinary Methodologies*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813411-5.00023-5>
- Accorsi, R., & Manzini, R. (2019). Sustainable food supply chains: Planning, design, and control through interdisciplinary methodologies. In *Sustainable Food Supply Chains: Planning, Design, and Control through Interdisciplinary Methodologies*. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-05053-2>
- Agnusdei, G. P., & Coluccia, B. (2022). Sustainable agrifood supply chains: Bibliometric, network and content analyses. In *Science of the Total Environment* (Vol. 824). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153704>
- Banerjee, P., Singh, D., & Kunja, S. R. (2024). Circular economy in agro food supply chain: Bibliometric and network analysis. *Business Strategy and Development*, 7(2). <https://doi.org/10.1002/bsd2.360>
- Bas-Bellver, C., Barrera, C., Betoret, N., & Seguí, L. (2020). Turning agri-food cooperative vegetable residues into functional powdered ingredients for the food industry. *Sustainability (Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/su12041284>
- Batista, L., Gong, Y., Pereira, S., Jia, F., & Bittar, A. (2019). Circular supply chains in emerging economies—a comparative study of packaging recovery ecosystems in China and Brazil. *International Journal of Production Research*, 57(23). <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1558295>

- Boccia, F., Di Donato, P., Covino, D., & Poli, A. (2019). Food waste and bio-economy: A scenario for the Italian tomato market. *Journal of Cleaner Production*, 227. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.180>
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*.
- Cooper, M. C., Ellram, L. M., & Gardner, J. T. (1997). Meshing multiple alliances. *Journal of Business Logistics*, 18(1).
- Corrado, S., & Sala, S. (2018). Food waste accounting along global and European food supply chains: State of the art and outlook. In *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.032>
- D'Adamo, I. (2019). Adopting a circular economy: Current practices and future perspectives. In *Social Sciences* (Vol. 8, Issue 12). <https://doi.org/10.3390/socsci8120328>
- De Angelis, R., Howard, M., & Miemczyk, J. (2018). Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain. *Production Planning and Control*, 29(6), 425–437. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449244>
- De la Calle Vicente, A., & Naves, A. B. , & J. J. G. (2016). La colaboración como estrategia en la cadena de suministro: una visión metodológica. *Dyna Management*, 4(1).
- Donner, M., Gohier, R., & de Vries, H. (2020a). A new circular business model typology for creating value from agro-waste. *Science of the Total Environment*, 716. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137065>
- Donner, M., Gohier, R., & de Vries, H. (2020b). A new circular business model typology for creating value from agro-waste. *Science of the Total Environment*, 716. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137065>
- Dora, M., Biswas, S., Choudhary, S., Nayak, R., & Irani, Z. (2021). A system-wide interdisciplinary conceptual framework for food loss and waste mitigation strategies in the supply chain. *Industrial Marketing Management*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.10.013>
- EMF, E. M. F. (2012). *Towards the Circular Economy, vol. 1: Economic and business rationale for a circular economy*.
- EMF, E. M. F. (2013). *Towards the Circular Economy, vol. 2: Opportunities for the consumer goods sector*.
- EMF, E. M. F. (2015). Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition. In *Ellen MacArthur Foundation (EMF)*.
- (EMF), E. M. F. (2015). Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition. In *Ellen MacArthur Foundation (EMF)*.

- Entrena-Barbero, E., Tarpani, R. R. Z., Fernández, M., Moreira, M. T., & Gallego-Schmid, A. (2024). Integrating circularity as an essential pillar of dairy farm sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 458(142508).
- Esposito, B., Sessa, M. R., Sica, D., & Malandrino, O. (2020). Towards circular economy in the agri-food sector. A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/SU12187401>
- European Commission. (2020). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Nuevo plan de acción para la economía circular: por una Europa mas limpia y competitiva (COM (2020) 98 final). *Diario Oficial de Las Comunidades Europeas*, 23. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>
- Forrester, J. W. (1972). *Dinámica industrial*. Editorial El Ateneo.
- Garcia-Garcia, G., Parra-López, C., Siddiqui, M. A., Lin, C. S. K., Maalej, H., Njeh, F., & Sayadi, S. (2024). Improving waste management strategies in the food sector: case studies from Spain, Tunisia and Hong Kong. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 26, 2265–2277.
- Gholian-Jouybari, F., Hashemi-Amiri, O., Mosallanezhad, B., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2023a). Metaheuristic algorithms for a sustainable agri-food supply chain considering marketing practices under uncertainty. *Expert Systems with Applications*, 213, 118880. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2022.118880>
- Gholian-Jouybari, F., Hashemi-Amiri, O., Mosallanezhad, B., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2023b). Metaheuristic algorithms for a sustainable agri-food supply chain considering marketing practices under uncertainty. *Expert Systems with Applications*, 217(118880).
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste: extent, causes and prevention. *International Congress: Save Food!*
- Hamam, M., Chinnici, G., Di Vita, G., Pappalardo, G., Pecorino, B., Maesano, G., & D'Amico, M. (2021a). Circular economy models in agro-food systems: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063453>
- Hamam, M., Chinnici, G., Di Vita, G., Pappalardo, G., Pecorino, B., Maesano, G., & D'Amico, M. (2021b). Circular economy models in agro-food systems: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063453>

- Hamam, M., Spina, D., Raimondo, M., Di Vita, G., Zanchini, R., Chinnici, G., Tóth, J., & D'Amico, M. (2023). Industrial symbiosis and agri-food system: Themes, links, and relationships. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1012436>
- Hassoun, A., Crobotova, J., Trollman, H., Jagtap, S., Garcia-Garcia, G., Parra-López, C., Nirmal, N., Özogul, F., Bhat, Z., Aït-Kaddour, A., & Bono, G. (2023). Use of industry 4.0 technologies to reduce and valorize seafood waste and by-products: A narrative review on current knowledge. In *Current Research in Food Science* (Vol. 6). <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100505>
- Hellali, W., & Korai, B. (2023). The impact of innovation level and emotional response on upcycled food acceptance. *Food Quality and Preference*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104849>
- Hohenstein, N. O. (2022). Supply chain risk management in the COVID-19 pandemic: strategies and empirical lessons for improving global logistics service providers' performance. *International Journal of Logistics Management*, 33(4). <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0109>
- Khan, M., Papadas, D., Arnold, L., & Behrendt, K. (2024). Sustainability challenges in the multi-tier crop agri-food sector: a systematic review. *Agricultural and Food Economics*, 12(25).
- Kirwan, J., Maye, D., & Brunori, G. (2017). Acknowledging complexity in food supply chains when assessing their performance and sustainability. *Journal of Rural Studies*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.03.008>
- Kumar, A., Mangla, S. K., & Kumar, P. (2024). Barriers for adoption of Industry 4.0 in sustainable food supply chain: a circular economy perspective. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 73(2), 385–411. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2020-0695>
- La Londe, B. J., & Masters, J. M. (1994). Emerging Logistics Strategies: Blueprints for the Next Century. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24(7). <https://doi.org/10.1108/09600039410070975>
- Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 29(1). [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00113-3)
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>

- Muradin, M., Joachimiak-Lechman, K., & Foltynowicz, Z. (2018). Evaluation of eco-efficiency of two alternative agricultural biogas plants. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/app8112083>
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, 140(3). <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Naziri, E., Nenadis, N., Mantzouridou, F. T., & Tsimidou, M. Z. (2014). Valorization of the major agrifood industrial by-products and waste from Central Macedonia (Greece) for the recovery of compounds for food applications. *Food Research International*, 65(PC). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.013>
- Ouro-Salim, O., & Guarnieri, P. (2022a). Circular economy of waste in agrifood supply chain: A review. *Thunderbird International Business Review*, 64(4). <https://doi.org/10.1002/tie.22274>
- Ouro-Salim, O., & Guarnieri, P. (2022b). Circular economy of waste in agrifood supply chain: A review. *Thunderbird International Business Review*, 64(4). <https://doi.org/10.1002/tie.22274>
- Ricciolini, E., Rocchi, L., Paolotti, L., Gennari, N., Ottaviani, A., de la Rúa, F. R., & Boggia, A. (2024). Sustainability of European agri-food supply chain using MRP-PCI multicriteria analysis method. *Agricultural and Food Economics*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40100-024-00304-y>
- Rodias, E., Aivazidou, E., Achillas, C., Aidonis, D., & Bochtis, D. (2021). Water-energy-nutrients synergies in the agrifood sector: A circular economy framework. In *Energies* (Vol. 14, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/en14010159>
- Spada, E., Carlucci, D., C. L., C. G., D'Amico, M., Falcone, G., Giannoccaro, G., G. G., Iofrida, N., Stempfle, S., & De Luca, A. I. (2025). Evaluating Circular Strategies for the Resilience of Agri-Food Business: Evidence From the Olive Oil Supply Chain. *Business Strategy and the Environment*, 0, 1–17.
- Tedesco, S., Montacchini, E., & Lacirignola, A. (2023). Supply Chains in Transition for the Development of Building Components: Three Educational Experiences in a Circular Economy Perspective. *Sustainability*, 15(20). <https://doi.org/10.3390/su152014992>
- Trollman, H., Garcia-Garcia, G., Jagtap, S., & Trollman, F. (2022). Blockchain for Ecologically Embedded Coffee Supply Chains. *Logistics*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/logistics6030043>

- Tully, K., & Ryals, R. (2017). Nutrient cycling in agroecosystems: Balancing food and environmental objectives. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(7). <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1336149>
- Vural, C., Balci, G., Balci, E., & Gocer, A. (2024). Looking inside the panarchy: reorganisation capabilities for food supply chain resilience against geopolitical crises. *Supply Chain Management: An International Journal*, 30(7), 1–19.
- Yates, J., Deeney, M., Rolker, H. B., White, H., Kalamatianou, S., & Kadiyala, S. (2021). A systematic scoping review of environmental, food security and health impacts of food system plastics. *Nature Food*, 2(2). <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00221-z>
- Zhang, Q., & Zhang, H. (2024). Assessing Agri-Food Waste Valorization Challenges and Solutions Considering Smart Technologies: An Integrated Fermatean Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach. *Sustainability*, 16(14), 6169.