

Orujo de oliva y economía circular: una revisión bibliométrica de las tres últimas décadas¹

Alejandro Lenin Monroy Vergara², Noribal Jorge Zegarra Alvarado³, José Oswaldo Cazorla Galdós⁴,
Martha Gallegos Arata⁵, Estela Eresvinda Lizana Puelles⁶, Raúl Cartagena-Cutipa⁷

Resumen

El orujo de oliva ha sido objeto de considerable producción científica, pero las investigaciones específicas sobre economía circular (EC) son menos frecuentes. Para abordar esta brecha, se realizó un análisis bibliométrico de 1.835 artículos de la base de datos Scopus, cubriendo el período de 1993 a 2023, y se examinó la interrelación entre países, autores, organizaciones y revistas utilizando Bibliometrix y VOSViewer. Los resultados revelan un aumento en las publicaciones a partir de 2010, con un máximo de 245 publicaciones.

Inicialmente, la investigación se centraba en el aceite de oliva, pero en la última década el interés se ha trasladado hacia el orujo de oliva y la economía circular. Italia, España y Portugal son líderes en este campo, con España destacando en publicaciones y organización de investigación. La Universidad de Jaén, especialmente su Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales, es la más productiva. La revista Journal of Agricultural and Food Chemistry es la más destacada, y los autores Castro E., Perego P. y Aliakbarian B. son los más influyentes. Las principales tendencias en economía circular incluyen la

- 1 Artículo de revisión, desarrollado en la Universidad Privada de Tacna, Perú, en el periodo de marzo a septiembre del 2023, con autofinanciamiento.
- 2 Maestría en Docencia Universitaria y Gestión Educativa de la Universidad Privada de Tacna, ingeniero químico. Docente de la Universidad Privada de Tacna. Correo: alemonroyv@upt.pe, Orcid: 0000-0002-9113-1182.
- 3 Doctor en Ciencia y Tecnologías Medioambientales de la Universidad Nacional de San Agustín, Perú, ingeniero químico. Decano y docente de la Universidad Privada de Tacna. Correo: nzegarra2021@gmail.com, Orcid: 0000-000-2153-9713.
- 4 Maestría en Ecología de la Universidad del Altiplano Puno, Perú, biólogo. Docente de la Universidad Privada de Tacna. Correo: jcazorlag@yahoo.es, Orcid: 0000-0002-7494-645.
- 5 Maestría en Gestión Medioambiental y Desarrollo Sostenible de la Universidad Jorge Basadre G., Perú, ingeniero en industrias alimentarias. Docente de la Universidad Privada de Tacna. Correo: mgallegos@upt.pe, Orcid: 0000-0001-9041-0377.
- 6 Doctora en Administración de la Universidad Privada de Tacna, Perú, contadora pública. Docente de la Universidad Privada de Tacna. Correo: estlizanap@upt.pe, Orcid: 0000-0001-5143-072X.
- 7 Doctor en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Jorge Basadre G., Perú, ingeniero agroindustrial. Docente investigador de la Universidad Privada de Tacna. Correo: raucartagenac@upt.pe, Orcid: 0000-0002-3419-7097.

Autor para Correspondencia: raucartagenac@upt.pe
Recibido: 11/10/2023 Aceptado: 23/07/2024

*Los autores declaran que no tienen conflicto de interés

optimización de procesos de conversión de biomasa para energía, la obtención de compuestos bioactivos y enzimas, el uso de biofertilizantes en agricultura orgánica y la valorización de residuos como biomateriales para construcción. Se requieren estudios adicionales para evaluar la escalabilidad

de estas investigaciones y fomentar la sostenibilidad mediante el desarrollo de tecnologías y prácticas más eficientes y ecológicas.

Palabras clave: economía circular, orujo de oliva, revalorización.

Olive Pomace and Circular Economy: A Bibliometric Review of the Last Three Decades

Abstract

Olive pomace has been the subject of significant scientific research, yet studies specifically focusing on the circular economy (CE) are less frequent. To address this gap, a bibliometric analysis was conducted on 1,835 articles from the Scopus database, covering the period from 1993 to 2023. This analysis examined the interrelationships among countries, authors, organizations, and journals using Bibliometrix and VOSViewer software. The results show a growing trend in publications since 2010, peaking at 245 publications. Initially, research was focused on olive oil, but over the past decade, interest has shifted towards olive pomace and circular economy. Italy, Spain, and Portugal are the leading countries in this field, with Spain standing out for its

number of publications and active research organizations. The University of Jaén, particularly its Department of Chemical, Environmental, and Materials Engineering, is the most productive organization. The Journal of Agricultural and Food Chemistry is the most prominent journal, and authors Castro E., Perego P., and Aliakbarian B. are the most influential. Key research trends in the circular economy include the optimization of biomass conversion processes for energy generation, the extraction of bioactive compounds and enzymes, the application of biofertilizers in organic farming, and the valorization of waste as building materials. Further studies are needed to assess the scalability of these research areas and to promote sustainability through the development of more efficient and eco-friendly technologies and practices.

Keywords: circular economy, olive pomace, revaluation.

Bagaço de azeitona e economia circular: Uma revisão bibliométrica das três últimas décadas

Resumo

O bagaço de oliva tem sido objeto de pesquisa científica significativa, porém os estudos focados especificamente em economia circular são menos frequentes. Para abordar essa lacuna, foi realizada uma análise bibliométrica de 1.835 artigos da base de dados Scopus, cobrindo o período de 1993 a 2023. Esta análise examinou as inter-relações entre países, autores, organizações e periódicos usando os softwares Bibliometrix e VOSViewer. Os resultados mostram uma tendência crescente nas publicações desde 2010, atingindo um pico de 245 publicações. Inicialmente, a pesquisa focava no azeite de oliva, mas na última década, o interesse deslocou-se para o bagaço de oliva e economia circular. Itália, Espanha e Portugal são os países líderes neste campo, com a Espanha se destacando pelo número de publicações e organizações de pesquisa ativas. A Universidade de Jaén, particularmente seu Departamento de Engenharia Química, Ambiental e de Materiais, é a organização mais produtiva. O Journal of Agricultural and Food Chemistry é o periódico mais proeminente, e os autores Castro E., Perego P. e Aliakbarian B. são os mais influentes. As principais tendências de pesquisa na economia circular incluem a otimização dos processos de conversão de biomassa para geração de energia, a extração de compostos bioativos e enzimas, a aplicação de biofertilizantes na agricultura orgânica e a valorização de resíduos como materiais de construção.

Mais estudos são necessários para avaliar a escalabilidade dessas áreas de pesquisa e promover a sustentabilidade através do desenvolvimento de tecnologias e práticas mais eficientes e ecológicas.

Palavras-chave: economia circular, bagaço de azeitona, valorização.

Introducción

En un mundo con creciente demanda de recursos y acumulación de residuos, la reutilización de materiales y recuperación de recursos naturales, son fundamentales, por ello el enfoque de la economía circular (EC) ha surgido como una estrategia importante que busca minimizar los impactos ambientales mediante reutilización, reciclaje, al mismo tiempo que permite reducir la pérdida de valor (Farida *et al.*, 2024), este enfoque es esencial para preservar el medio ambiente y lograr el desarrollo sostenible (Barros *et al.*, 2020; Geissdoerfer *et al.*, 2017; Chebbi *et al.*, 2021), además fomenta un ciclo continuo de recursos (Homrich *et al.*, 2018), mitigando la explotación agotadora de estos y reduciendo la acumulación de residuos. Su adopción promete beneficios económicos, ambientales y sociales (Araujo Galvão *et al.*, 2018), que podrían impulsar el crecimiento económico a través de la creación de nuevas empresas y oportunidades laborales, ahorro en costos de materiales, la disminución de la volatilidad de precios, la mejora en la seguridad del suministro entre otros (Kalmykova *et al.*, 2018).

Con el propósito de abordar desafíos ambientales, se promueve la EC en varios campos (Schroeder *et al.*, 2019),

observándose un notable aumento en las investigaciones enfocadas tanto en el reciclaje de materiales no biogénicos (Milios, 2018) como en aquellos provenientes de fuentes biológicas renovables como la agroindustria, un sector clave en la economía global (Loris, 2018) que enfrenta retos significativos debido a la generación de residuos a lo largo de su cadena de valor. Este problema es evidente en la actividad olivícola, donde se producen grandes cantidades de residuos, aproximadamente 7 kg por cada kg de aceite de oliva producido (Polonio *et al.*, 2022). El alperujo u orujo de oliva, un subproducto predominante (Medouni-Haroune *et al.*, 2018), tiene efectos adversos sobre el medio ambiente. Estas preocupaciones han sido abordadas en algunos estudios como los realizados por Abid *et al.* (2023) y Moreno-Maroto *et al.* (2019) quienes destacan su alta acidez, compuestos fenólicos y emisiones de dióxido de azufre, con efectos perjudiciales en el aire, el suelo y el agua, además de causar olores desagradables.

La EC busca mejorar la sostenibilidad en la agroindustria, sin embargo, la circularidad de los flujos de esta biomasa está influenciada por diversas condiciones, como su biodegradabilidad, formas de reutilización y el vertido de sus residuos, lo que puede generar problemas ambientales y sociales (Schipfer *et al.*, 2024). El orujo de oliva, considerado un residuo orgánico que contiene altos niveles de polifenoles, ácidos grasos libres y otros compuestos fitotóxicos que podrían ser letales para las plantas o inhibir su crecimiento si se encuentran en concentraciones inapropiadas (Carmona *et*

al., 2023), ha sido estudiado bajo enfoques biológicos, químicos y físicos para su gestión (Donner *et al.*, 2022). Tiene potencial para ser un recurso valioso, especialmente en la producción de biocombustibles, fertilizantes y la recuperación de biocompuestos, lo que resalta su importancia en la EC al promover su reutilización sostenible en lugar de su desecho.

Numerosos estudios han valorado los compuestos bioactivos que pueden contener los orujos de oliva, como fenoles y enzimas (Khwaldia *et al.*, 2022; Tapia-Quirós *et al.*, 2020; Tapia-Quirós *et al.*, 2022; Nunes *et al.*, 2020; Berbel y Posadillo, 2018). Otros han empleado los orujos en biomateriales como envases y ladrillos biodegradables (De Moraes Crizel *et al.*, 2018; Eliche-Quesada y Leite-Costa, 2016) y generación de bioenergía (Dermeche *et al.*, 2013). También se ha utilizado para absorber metales pesados y eliminar contaminantes (Pagnanelli *et al.*, 2003; Nuhoglu y Malkoc, 2009; Banat *et al.*, 2007), así como para mejorar el suelo al transformarlo en biofertilizante (Parras-Alcántara *et al.*, 2016; Diacono *et al.*, 2019). Estos ejemplos demuestran la versatilidad del orujo de oliva en la EC, apoyando la sostenibilidad y reduciendo el impacto ambiental en diversas industrias.

A pesar de la existencia de producción científica sobre el orujo de oliva, los temas específicos abordados siguen siendo escasos bajo el paradigma actual de la EC, el enfoque parece ser relativamente reciente en el ámbito académico. Por ello, para obtener una visión integral de la producción científica relacionada con el aprovechamiento del orujo de oliva desde

la perspectiva de la EC, es fundamental identificar las tendencias emergentes y áreas clave de investigación. Esto incluye determinar los principales actores en la producción científica para facilitar la colaboración internacional y establecer redes de investigación efectivas. Además, es importante reconocer las oportunidades y desafíos actuales en esta área de estudio, con el fin de orientar futuras investigaciones hacia soluciones prácticas y sostenibles.

Por lo tanto, el objetivo del estudio fue llevar a cabo un análisis bibliométrico de las tendencias actuales y futuras en la revalorización del orujo de oliva bajo el enfoque de la EC en la agroindustria, con la finalidad de proporcionar una base sólida y cuantitativa que permita comprender el estado y la evolución de las investigaciones en las últimas tres décadas, destacando las áreas de mayor interés y oportunidades para futuras investigaciones.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo mediante un análisis bibliométrico, tal como lo definen Dias *et al.* (2023) quienes indican que es una metodología utilizada para identificar el volumen y el patrón de crecimiento de la literatura en un área emergente específica. De manera similar, otros autores como Guleria y Kaur (2021) y Gutiérrez-Salcedo *et al.* (2018) indican que la bibliometría es una ciencia que evalúa las publicaciones científicas en un campo específico a través de estudios cuantitativos y estadísticos basados en bases de datos bibliográficas.

Todos los artículos científicos fueron identificados en la base de datos Scopus el 5 de mayo de 2023. La estrategia de análisis consistió en combinar los términos “*Circle AND economy*” OR “*circular-economy*” OR “*circular AND economy*” OR “*circular AND economic*” OR “*olive AND pomace*” OR “*alperujo*” OR “*pomace AND biocomposites*” AND “*use AND of AND pomace*”, que estuviesen incluidos en el título, las palabras clave y el resumen. La recopilación de datos se llevó a cabo utilizando Microsoft Office Excel 2019. Posteriormente, se empleó el paquete Bibliometrix® en R (versión 4.3.0), consultado el 11 de mayo de 2023, para cuantificar parámetros como el número de publicaciones, países, citas, organizaciones, revistas y autores (Aria y Cuccurullo, 2017). Este análisis consideró los últimos treinta años, desde 1993 hasta 2023.

Además, se utilizó VOSviewer® 1.6.19 (Centre for Science and Technology Studies, Universidad de Leiden, Leiden, Países Bajos), para analizar el desempeño de las publicaciones, representando la producción, coautoría, coocurrencia y las citas de países, organizaciones, autores, palabras clave y revistas a lo largo de las tres décadas.

Resultados

Descripción general del estudio

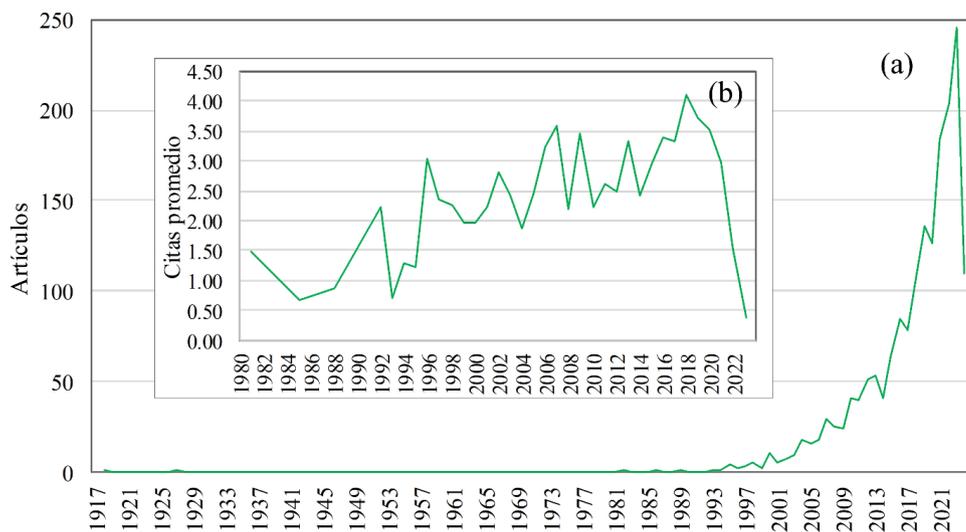
La **figura 1** en su parte (a) ilustra la evolución de la investigación en el campo del orujo de oliva y la EC a lo largo del tiempo. Se observan dos períodos distintos: 1917-1989 y 1992-2023. Antes de 1992, hubo pocos estudios, el primero en 1917 y otro en 1926. Tras un lapso de más de 50 años,

la investigación se reanudó en los años 80 con tres artículos, desde 1992, el número de publicaciones aumentó de manera constante, con un pico de 245 en 2022 y 110 hasta la fecha en 2023. Además, en la

parte (b) muestra que el número promedio de citas superó uno en 1996, aumentando aún más en los años siguientes, alcanzando un máximo de cuatro en 2018.

Figura 1.

Resumen de tendencias temporales de producción de artículos por año (a). Resumen de citas promedio anuales (b)



Nota. Elaboración de los autores a partir de los datos de Scopus.

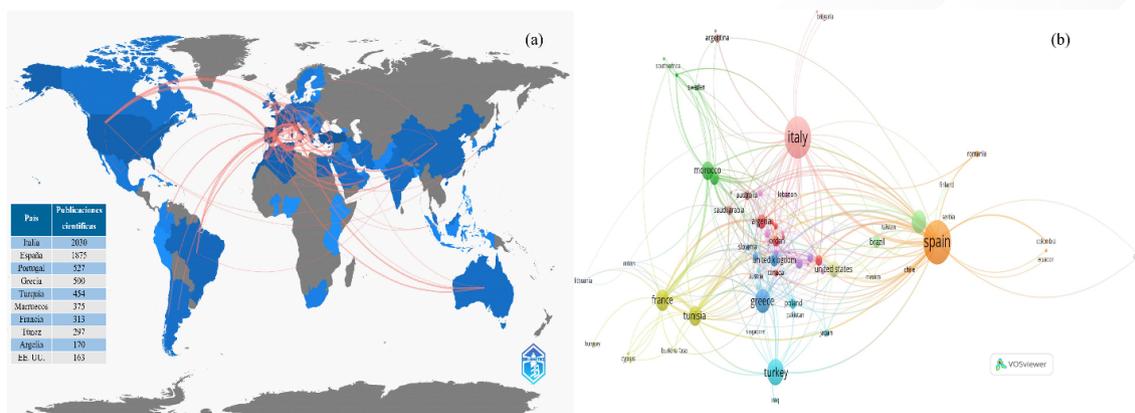
Análisis de países, organizaciones y autores

La **figura 2** representan la distribución global (a) y la cooperación entre países (b). Italia lidera con 2.030 publicaciones, seguida de España (1.875), Portugal y Grecia (ambos con más de 500). España e Italia tuvieron un crecimiento constante en el número anual de publicaciones, superando a otros países. En la **tabla 1**, España lidera en citas (10.522),

seguida de Grecia (3.406), Turquía (2.669) y Portugal (1498). En citas promedio por artículo, Estados Unidos destacó con 34,9, seguido de Grecia (31,2), España (27,4), Italia (23,7), y Turquía y Francia con tasas similares. A pesar de más citas totales en España e Italia, las tasas promedio eran más bajas posiblemente debido a la calidad de algunos artículos.

Figura 2.

Distribución e interacción global de investigación sobre orujo de oliva y economía circular



Nota. Adaptado de los software Bibliometrix (a) y VOSviewer (b).

Tabla 1.

Listado de los diez países con más publicaciones

País	Publicaciones	Citas totales	Promedio de citas
Italia	2030	8215	23,7
España	1875	10 522	27,4
Portugal	527	1498	17
Grecia	500	3406	31,2
Turquía	454	2669	20,2
Marruecos	375	490	7,9
Francia	313	1151	20,6
Túnez	297	891	15,9
Argelia	170	745	14,2
Estados Unidos	163	1 013	34,9

Nota. Elaborada por los autores a partir de los datos de Scopus.

La **tabla 2** muestra que el Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales de la Universidad de Jaén lideró la producción de artículos (10) y ocupa el segundo lugar en citas (104). Le sigue el Centro de Estudios Avanzados en Ciencias de la Tierra, Energía y Medio Ambiente de la

Universidad de Jaén con nueve publicaciones, aunque respecto al número de citas es el mayor (120). En tercer lugar, se ubicó el Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica de la Universitat de Barcelona con cinco publicaciones y 93 citas.

Tabla 2.

Organizaciones activas con más publicaciones sobre orujo de oliva y economía circular

Nº	Organizaciones	Documentos	Citaciones	Fuerza total de enlaces	País
1	Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales, Universidad de Jaén	10	104	15	España
2	Centro de Estudios Avanzados en Ciencias de la Tierra, Energía y Medio Ambiente, Universidad de Jaén	9	120	15	España
3	Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica, Universitat de Barcelona	5	93	21	España
4	Department of Ecology, Abbes Laghrour University	3	6	15	Argelia
5	Biotechnology, Water, Environment and Health Laboratory, Abbes Laghrour University	3	6	15	Argelia
6	Centro de Investigación Biomédica en Red de Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina.	3	30	14	España
7	Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería Multiescala, Universitat Politècnica de Catalunya.	3	28	13	España
8	Institute for Adriatic Crops and Karst Reclamation.	3	16	13	Croacia
9	Instituto de Biología Experimental e Tecnológica (iBET).	2	23	13	Portugal
10	Departamento de Nutrición y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Granada.	2	48	12	España

Nota. Elaborada por los autores a partir de los datos de Scopus.

Las tres principales organizaciones fueron de España. Otras organizaciones con tres documentos varían desde el Departamento de Ecología de la Universidad Abbes Laghrour (Argelia) hasta el Instituto de Cultivos Adriáticos y Recuperación del Karst (Croacia). Entre ellas, la organización española de Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina destacó con 30 citas. La organización que más cooperó fue el Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica de la Universitat de

Barcelona, con una fuerza total de enlace (FTE) de 21.

Un total de 5.567 autores han contribuido a la investigación en el tema. Entre ellos, Castro E., Perego P. y Aliakbarian B. se destacan como los más productivos, con 23, 16 y 14 publicaciones respectivamente (**tabla 3**). En el campo del orujo de oliva, Castro E. lidera con un índice h de 14, un índice g de 23 y 590 citas totales, señalando la calidad e influencia de sus artículos. El artículo más

citado de Castro E. es *Biorefinery based on olive biomass: state of the art and future trends* que ofrece una revisión de biomasa de

poda de olivo, huesos de aceituna y orujo de aceituna, además de identificar compuestos para la biorrefinería.

Tabla 3.

Autores activos con más publicaciones

Id	Autor	Documentos	Citaciones	Índice h	Índice g	Índice m	Fuerza total de enlaces
1	Castro E.	23	590	14	23	1,4	462
2	Perego P.	16	583	11	16	0,85	414
3	Aliakbarian B.	14	575	11	14	0,85	406
4	Romero I.	17	240	9	10	0,41	382
5	Casazza A.A.	12	512	9	12	0,7	378
6	Demopoulos C.A.	11	354	11	11	0,65	346
7	Servili M.	15	472	9	15	0,36	317
8	Zabetakis I.	8	173	7	8	0,54	298
9	Montemurro F.	18	470	10	18	0,5	261
10	Nasopoulou C.	7	142	6	7	0,47	257

Nota. Elaborada por los autores a partir de los datos de Scopus.

Perego P., el segundo autor más citado (583), ha estado publicando desde 2011 y su artículo más citado es *Valorization of olive oil solid waste using high pressure-high temperature reactor* (Aliakbarian *et al.*, 2011), cuenta con 104 citas. Exploró la extracción de fenoles del orujo de oliva bajo diferentes condiciones.

Análisis de revistas relevantes y publicaciones altamente influyentes

Los artículos analizados provienen de 239 revistas diferentes, con el *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *Food Chemistry* y *European Journal of Lipid Science and Technology* liderando con 44, 42 y 38

publicaciones respectivamente (**tabla 4**). Las diez principales revistas contribuyeron con 309 (17,6 %) de los artículos. Desde 1993, el número anual de publicaciones en las cinco principales revistas ha aumentado gradualmente, siendo el *Journal of Agricultural and Food Chemistry* el que experimentó el crecimiento más rápido.

Tabla 4.

Revistas con más publicaciones

ID	Revista	Documentos	Factor de impacto	Cuartil en categoría	Índice h	Índice g	Índice m	Citas totales
1	Journal of agricultural and food chemistry	44	1,1	Q1	26	44	0,93	1990
2	Food chemistry	42	1,62	Q1	26	42	0,87	1855
3	European journal of lipid science and technology	38	0,53	Q2	16	24	0,76	664
4	Foods	36	0,77	Q1	11	16	1,83	292
5	Molecules	28	0,7	Q1	9	26	0,6	694
6	Waste and biomass valorization	27	0,6	Q2	10	17	1,11	322
7	JAOCs, journal of the american oil chemists' society	26	0,41	Q2	15	26	0,6	877
8	Bioresource technology	23	2,47	Q1	19	23	0,86	1263
9	Fuel	22	1,38	Q1	13	22	0,77	505
10	Energies	21	0,63	Q1	10	15	1,11	246

Nota. Elaborada por los autores a partir de los datos de Scopus.

El informe de citas de revistas en 2023 revela que *Bioresource Technology* ostenta el factor de impacto más alto (2,47), seguido por *Food Chemistry* (1,62). En términos de índices h, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* y *Food Chemistry* lideran con 26.

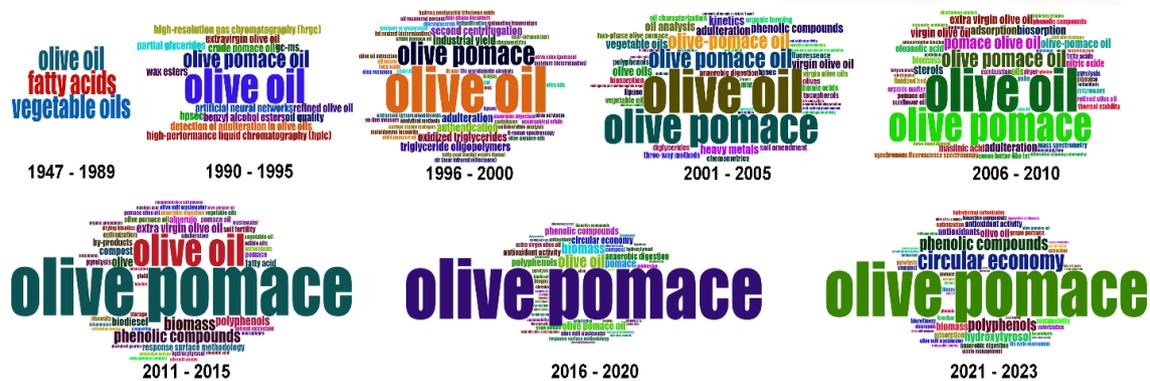
Análisis de palabras clave

El análisis de palabras clave es vital para resumir tendencias de investigaciones durante los años, en la **figura 3** se muestra la evolución temporal de palabras clave en una nube de 50 palabras. En los primeros años

(1947-1989), dominaron los estudios acerca del aceite de oliva, ácidos grasos y aceites vegetales. Luego (1990-1995), surgió orujo de aceite de oliva. De 1996 a 2000, aceite de oliva siguió siendo prominente, pero el orujo de aceite de oliva presentó un crecimiento. De 2006 a 2010, el término orujo de oliva aumentó, apareciendo 18 veces, junto con términos relacionados.

Figura 3.

Gráfico en la nube de palabras clave de alta frecuencia en el campo de orujo de oliva y la economía circular



Nota. Tomado del software Bibliometrix.

De 2011 al 2015, orujo de oliva (47 veces) lideró, seguido por aceite de oliva (26 veces) y términos como biomasa y compuestos fenólicos (11 veces). De 2016 a 2020, la palabra orujo de oliva dominó (153 veces), seguido por aceite de oliva (34 veces), y otros como biomasa y polifenoles (21-22 veces). EC surgió 20 veces. En los años 2021 al 2023, orujo de oliva prevaleció (170 veces), seguido de cerca por EC (58 veces). Otros términos no superaron 34 menciones.

Tendencias en investigación bajo el enfoque de economía circular

Las investigaciones analizadas permiten avizorar las tendencias en investigación, en general, se encontraron con mayor frecuencia estudios relacionados con la optimización de procesos de conversión de biomasa, particularmente para la generación de energía. Destacan investigaciones sobre gasificación, sistemas de microgeneración y sistemas de transformación de energía mediante procesos de digestión anaerobia

y compostaje (Moreno-Maroto *et al.*, 2019; Videras *et al.*, 2020; Cardoza *et al.*, 2021). En segundo lugar, se muestran como tendencia las investigaciones que tienen la finalidad de obtener los compuestos bioactivos y enzimas, destacando estudios sobre la recuperación de antioxidantes (Berbel y Posadillo, 2018; Aliakbarian *et al.*, 2018; Contreras *et al.*, 2022). También son importantes las investigaciones sobre empleo del orujo de oliva transformado en biofertilizantes en agricultura orgánica (Diacono *et al.*, 2019; Berbel y Posadillo, 2018). Finalmente, otra tendencia marcada en investigaciones es la valoración de residuos aplicados como biomateriales y agregados ligeros en la mejora de los materiales de construcción (De la Casa y Castro, 2014; De Moraes Crizel *et al.*, 2018; Moreno-Maroto *et al.*, 2019).

Discusión

El análisis bibliométrico evaluó aspectos cuantitativos y cualitativos de la investigación en orujo de oliva y

EC explorando países, revistas, autores, organizaciones y palabras clave. Además, identificó redes de cooperación entre ellos. Este estudio ofrece información sobre tendencias, la evaluación del impacto, las contribuciones más influyentes, así como las direcciones futuras de las investigaciones este campo.

El análisis de tendencias revela que antes de 1998, hubo pocas publicaciones anuales, con solo tres desde 1917, indicando poca prominencia en la investigación de orujo de oliva y EC. El promedio anual de citas totales aumentó a partir de 1992, alcanzando su punto máximo en 2022 con 245 publicaciones. Esto muestra un creciente interés en el campo, inicialmente centrado en el aceite de oliva y luego en el orujo de oliva desde 2010. Los estudios sobre EC surgieron en 2020 y han crecido constantemente desde entonces, sin alcanzar su máximo a la actualidad. Estos hallazgos reflejan cambios en las áreas de enfoque y un aumento sostenido de las investigaciones, relacionado con la necesidad de explorar las posibilidades de la reutilización y revalorización de estos subproductos.

En los últimos años 25 años, la producción mundial del olivo, generadora de orujos y alperujos se ha duplicado (Radiografía Mundial del Olivo, s. f.) Sin embargo, este crecimiento plantea retos para identificar las mejores prácticas sostenibles, ya que el cambio climático podría afectar seriamente la productividad del cultivo en el futuro (Maesano *et al.*, 2021; Fraga *et al.*, 2020; Orlandi *et al.*, 2020), generando incertidumbre sobre su viabilidad a largo plazo.

Por otro lado, la tasa de crecimiento anual promedio de las publicaciones fue del 16,37 %, con un aumento más notorio entre 2012 y 2022. La investigación sobre orujo de oliva y EC está en expansión, el primero creciendo de manera sostenida y el segundo de forma explosiva, atrayendo más interés académico. Sin embargo, con el aumento de publicaciones, el promedio anual de citas totales sugiere que la calidad e impacto de los estudios pueden estar disminuyendo.

La distribución geográfica abarca todos los continentes, con Italia liderando en número de estudios (2030), aunque su impacto es menor (citado 8215 veces). España se destaca como el país más influyente (1.875 publicaciones, citado 10.522 veces), mientras que Portugal supera en publicaciones a Grecia, pero esta última tiene un mayor impacto (500 publicaciones, citado 3.406 veces). Italia y España muestran el crecimiento más rápido en publicaciones entre los diez principales países, indicando un creciente interés en estas naciones.

La destacada producción científica de España se debe en parte a su liderazgo en la producción de olivo, lo que se traduce en un impacto académico significativo. En cuanto a la colaboración internacional, España e Italia muestran una cooperación sustancial, con vínculos estrechos con Turquía, Grecia, Portugal, Marruecos, Francia y Túnez. La mayoría de las colaboraciones involucran a España con países de América del Norte (como Estados Unidos), América del Sur (incluyendo a Brasil, Argentina y Chile) y Oceanía (notablemente Australia). Sin embargo, se necesita una expansión

y diversificación futura de la red de colaboración.

Desde la perspectiva de los autores, los diez principales mantienen una influencia constante a lo largo del tiempo. Castro E. se destaca como el autor más productivo, con un área sustancial de trabajo centrado en compuestos bioactivos derivados de residuos de orujo de oliva (Contreras *et al.*, 2022; Contreras *et al.*, 2021; Gómez-Cruz *et al.*, 2021; Gómez-Cruz, Contreras, Romero *et al.*, 2021; Gómez-Cruz *et al.*, 2022; Gómez-Cruz, Del Mar Contreras, Romero *et al.*, 2021; López-Linares *et al.*, 2020; Gómez-Cruz, Romero *et al.*, 2022). Estos estudios tenían como objetivo comparar diferencias entre enfoques de biorrefinería (Cardoza *et al.*, 2021; Romero-García, 2014; Negro *et al.*, 2017; Najafi *et al.*, 2021; Martínez-Patiño *et al.*, 2019; Manzanares *et al.*, 2017) y explorar el potencial de materiales derivados de residuos de olivo (De la Casa y Castro, 2014; Contreras *et al.*, 2020). Perego P. se ubicó en la segunda posición entre los autores más productivos, con investigaciones que abarcaron no solo la extracción de compuestos bioactivos (Aliakbarian *et al.*, 2011; Paini *et al.*, 2015; Aliakbarian *et al.*, 2018) sino también sus aplicaciones en temas relacionados con la salud (Aliakbarian *et al.*, 2015; Palmieri *et al.*, 2012; Vergani *et al.*, 2018).

Es vital promover estrategias de EC para el desarrollo sostenible (Schröder *et al.*, 2020), en esa dirección, la literatura se ha centrado en procesos de producción y estrategias como remanufactura, reutilización y reciclaje (Velenturf y Purnell, 2021).

Las investigaciones revisadas permiten identificar que en este subproducto están presentes compuestos de alto valor biológico, siendo principalmente una fuente importante de antioxidantes, carbohidratos, fibra y pigmentos, entre los más relevantes se encuentran los compuestos fenólicos como el hidroxitirosol, el tirosol, los ácidos fenólicos, los secoiridoides y los flavonoides (Dermeche *et al.*, 2013; Fernández *et al.*, 2018). El hidroxitirosol es dos veces más potente que la coenzima Q10 y es equivalente a la vitamina E (Martínez *et al.*, 2018; Morgana *et al.*, 2022), otros biocompuestos identificados son los flavonoides, como la luteína que tiene efectos antimicrobianos (Franza *et al.*, 2021), estos estudios demuestran una relación directa de estos biocompuestos con beneficios para la salud debido a sus características nutraceuticas y funcionales (Anwar *et al.*, 2024).

Lo anterior también está relacionado con estudios de biorrefinerías que integran los procesos de producción diversificada, considerando que una vez extraído el compuesto bioactivo, la biomasa restante aún contiene lignocelulosa y compuestos similares, que han originado diferentes estudios con la finalidad de convertir esta biomasa en bioenergía y biocombustibles mediante rutas bioquímicas o termoquímicas, lo que permite obtener combustibles limpios y altamente eficientes (Mata Sánchez *et al.*, 2015; Galán-Martín *et al.*, 2022; Contreras *et al.*, 2022).

También resultan de interés estudios relacionados con el proceso de obtención de biofertilizantes, existen diversas investigaciones que demuestran que el

proceso de compostaje transforma sus elementos nutricionales como azúcares solubles, proteínas y elementos minerales, en compuesto húmicos más estables no fitotóxicos (Leone *et al.*, 2021; Doughmi *et al.*, 2022; Manthos *et al.*, 2022).

Desde la perspectiva de la EC, Preston *et al.* (2019) ofrecen un análisis de la cadena de valor y la transición de sistemas lineales a circulares, involucrando diversos grupos de interesados. Esto implica la creación, ralentización y reducción de ciclos en la cadena de valor, en este caso, la creación de ciclos extiende la vida útil de productos, la ralentización modifica procesos de diseño, fabricación, y la reducción de flujos adopta modelos de negocio como uso compartido y productos como servicio (Mahmoum Gombadi *et al.*, 2021), El modelo lineal es un modelo económico en el que se produce la conversión de recursos naturales en residuos a través de la producción, lo que significa que los productos se fabrican y luego se consumen y se rechazan como residuos, degradando el medio ambiente (Kounani *et al.*, 2023).

Conclusiones

El análisis bibliométrico muestra las tendencias actuales en la investigación de orujo de oliva y economía circular que evidencia un creciente interés, especialmente a partir de 2010, alcanzando un máximo de 245 publicaciones, inicialmente, el foco se centraba en el aceite de oliva, pero en la última década el interés se desplazó hacia el orujo de oliva y luego, a la economía circular. Este aumento de producción científica

reflejaría una respuesta a la duplicación de la producción de aceite de oliva en los últimos 25 años, lo que probablemente ha incrementado la generación de este subproducto.

La mayor producción científica está relacionada con países productores como Italia, España y Portugal, siendo España la que cuenta con la mayor cantidad de organizaciones activas. La revista *Journal of Agricultural and Food Chemistry* se destaca como la más prominente en este campo. También son notables en esta área los autores Castro E, Perego P. y Aliakbarian B., quienes son influyentes en la investigación. El enfoque se centra en la valorización de compuestos fenólicos, la generación de bioenergía y aplicaciones sostenibles.

Las tendencias de investigación bajo el enfoque de la economía circular se centran en la optimización de procesos de conversión de biomasa para la generación de energía, la obtención de compuestos bioactivos y enzimas, la aplicación de biofertilizantes en la agricultura orgánica y la valorización de residuos como biomateriales para la construcción. Estas áreas de estudio no solo promueven la sostenibilidad, sino que también abren nuevas oportunidades para el desarrollo de tecnologías y prácticas más eficientes y ecológicas.

Referencias

Abid, K., Jabri, J., Yaich, H., Malek, A., Rekhis, J. and Kamoun, M. (2023). Bioconversion of alperujo into an alternative feed for ruminants by pretreatment with live yeasts and/

- or exogenous fibrolytic enzymes. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(23), 64747-64754. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27056-4>.
- Aliakbarian, B., Casale, M., Paini, M., Casazza, A. A., Lanteri, S. and Perego, P. (2015). Production of a novel fermented milk fortified with natural antioxidants and its analysis by NIR spectroscopy. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 62(1), 376-383. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.037>.
- Aliakbarian, B., Casazza, A. A. and Perego, P. (2011). Valorization of olive oil solid waste using high pressure-high temperature reactor. *Food Chemistry*, 128(3), 704-710. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.092>.
- Aliakbarian, B., Sampaio, F. C., de Faria, J. T., Pitangui, C. G., Lovaglio, F., Casazza, A. A., Converti, A. and Perego, P. (2018). Optimization of spray drying microencapsulation of olive pomace polyphenols using Response Surface Methodology and Artificial Neural Network. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 93, 220-228. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.048>
- Araujo Galvão, G. D., de Nadae, J., Clemente, D. H., Chinen, G. and de Carvalho, M. M. (2018). Circular economy: Overview of barriers. *Procedia CIRP*, 73, 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.011>.
- Aria, M. and Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Banat, F., Al-Asheh, S., Al-Ahmad, R. and Bni-Khalid, F. (2007). Bench-scale and packed bed sorption of methylene blue using treated olive pomace and charcoal. *Bioresource Technology*, 98(16), 3017-3025. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.10.023>
- Barros, M. V., Salvador, R., de Francisco, A. C. and Piekarski, C. M. (2020). Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: From waste to energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 131(109958), 109958. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109958>.
- Berbel, J. and Posadillo, A. (2018). Review and analysis of alternatives for the valorisation of Agro-industrial Olive oil by-products. *Sustainability*, 10(1), 237. <https://doi.org/10.3390/su10010237>.
- Cardoza, D., Romero, I., Martínez, T., Ruiz, E., Gallego, F. J., López-Linares, J. C., Manzanares, P. and Castro, E. (2021). Location of biorefineries based on Olive-derived biomass in Andalusia, Spain. *Energies*, 14(11), 3052. <https://doi.org/10.3390/en14113052>
- Carmona, I., Aguirre, I., Griffith, D. M. and García-Borrego, A. (2023). Towards a circular economy in virgin olive

- oil production: Valorization of the olive mill waste (OMW) “alpeorujo” through polyphenol recovery with natural deep eutectic solvents (NADESs) and vermicomposting. *The Science of the Total Environment*, 872, 162198. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162198>.
- Chebbi, A., Franzetti, A., Duarte Castro, F., Gomez Tovar, F.H., Tazzari, M., Scaffoni, S. and Vaccari, M. (2021). Potentials of winery and Olive oil residues for the production of rhamnolipids and other biosurfactants: A step towards achieving a circular economy model. *Waste and Biomass Valorization*, 12(8), 4733–4743. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01315-8>.
- Contreras, M. del M., Gómez-Cruz, I., Feriani, A., Alwasel, S., Harrath, A. H., Romero, I., Castro, E. and Tlili, N. (2022). Hepatopreventive properties of hydroxytyrosol and mannitol-rich extracts obtained from exhausted olive pomace using green extraction methods. *Food & Function*, 13(22), 11915–11928. <https://doi.org/10.1039/d2fo00888b>
- Contreras, M. del M., Gómez-Cruz, I., Romero, I. and Castro, E. (2021). Olive pomace-derived biomasses fractionation through a two-step extraction based on the use of ultrasounds: Chemical characteristics. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(1), 111. <https://doi.org/10.3390/foods10010111>
- Contreras, M. del M., Romero, I., Moya, M. and Castro, E. (2020). Olive-derived biomass as a renewable source of value-added products. *Process Biochemistry*, 97, 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.06.013>.
- De la Casa, J. A. and Castro, E. (2014). Recycling of washed olive pomace ash for fired clay brick manufacturing. *Construction and Building Materials*, 61, 320–326. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.03.026>.
- De Moraes Crizel, T., De Oliveira Rios, A., D. Alves, V., Bandarra, N., Moldão-Martins, M. and Hickmann Flôres, S. (2018). Active food packaging prepared with chitosan and olive pomace. *Food Hydrocolloids*, 74, 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.007>.
- Dermeche, S., Nadour, M., Larroche, C., Moulti-Mati, F. and Michaud, P. (2013). Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies. *Process Biochemistry*, 48(10), 1532–1552. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2013.07.010>.
- Dermeche, S., Nadour, M., Larroche, C., Moulti-Mati, F. and Michaud, P. (2013). Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies. *Process Biochemistry (Barking, London, England)*, 48(10), 1532–1552. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2013.07.010>.
- Diacono, M., Persiani, A., Testani, E., Montemurro, F. and Ciaccia, C. (2019). Recycling agricultural wastes and by-products in organic farming:

- Biofertilizer production, yield performance and carbon footprint analysis. *Sustainability*, 11(14), 3824. <https://doi.org/10.3390/su11143824>.
- Dias, F. de O., Bonfim, H. dos S., Matos, G. B. da C. and Bombardelli, J. (2023). Bibliometric Analysis of Scientific Production on Carbon Credits (2012–2021). *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 17(1), e03101. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n1-026>.
- Donner, M., Erraach, Y., López-i-Gelats, F., Manuel-i-Martin, J., Yatribi, T., Radić, I. and El Hadad-Gauthier, F. (2022). Circular bioeconomy for olive oil waste and by-product valorisation: Actors' strategies and conditions in the Mediterranean area. *Journal of Environmental Management*, 321(115836). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115836>.
- Doughmi, A., Benradi, F., Cherkaoui, E., Khamar, M., Nounah, A. and Zouahri, A. (2022). *Fertilizing power evaluation of different mixtures of organic household waste and olive pomace*. Estonian University of Life Sciences. <https://doi.org/10.15159/AR.22.049>.
- Eliche-Quesada, D. and Leite-Costa, J. (2016). Use of bottom ash from olive pomace combustion in the production of eco-friendly fired clay bricks. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 48, 323–333. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.042>.
- Farida, Y., Siswanto, N. and Vanany, I. (2024). Reverse logistics toward a circular economy: Consumer behavioral intention toward polyethylene terephthalate (PET) recycling in Indonesia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10(100807), 100807. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100807>.
- Fernández, M. de L. Á., Espino, M., Gomez, F. J. V. and Silva, M. F. (2018). Novel approaches mediated by tailor-made green solvents for the extraction of phenolic compounds from agro-food industrial by-products. *Food Chemistry*, 239, 671–678. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.150>.
- Fraga, H., Pinto, J. G., Viola, F. and Santos, J. A. (2020). Climate change projections for olive yields in the Mediterranean Basin. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 40(2), 769–781. <https://doi.org/10.1002/joc.6237>.
- Franza, L., Carusi, V., Nucera, E. and Pandolfi, F. (2021). Luteolin, inflammation and cancer: Special emphasis on gut microbiota. *BioFactors (Oxford, England)*, 47(2), 181–189. <https://doi.org/10.1002/biof.1710>.
- Galán-Martín, Á., Contreras, M. del M., Romero, I., Ruiz, E., Bueno-Rodríguez, S., Eliche-Quesada, D. and Castro-Galiano, E. (2022). The potential role of olive groves to deliver carbon dioxide removal in a carbon-neutral Europe: Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 165(112609), 112609. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112609>.

- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P. and Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.
- Gómez-Cruz, I., Contreras, M. del M., Carvalheiro, F., Duarte, L. C., Roseiro, L. B., Romero, I. and Castro, E. (2021). Recovery of bioactive compounds from industrial exhausted Olive pomace through ultrasound-assisted extraction. *Biology*, 10(6), 514. <https://doi.org/10.3390/biology10060514>.
- Gómez-Cruz, I., Contreras, M. del M., Romero, I. and Castro, E. (2021). Sequential extraction of hydroxytyrosol, mannitol and triterpenic acids using a green optimized procedure based on ultrasound. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(11), 1781. <https://doi.org/10.3390/antiox10111781>.
- Gómez-Cruz, I., Contreras, M. del M., Romero, I. and Castro, E. (2022). Optimization of microwave-assisted water extraction to obtain high value-added compounds from exhausted Olive pomace in a biorefinery context. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(14), 2002. <https://doi.org/10.3390/foods11142002>.
- Gómez-Cruz, I., del Mar Contreras, M., Romero, I. and Castro, E. (2021). A biorefinery approach to obtain antioxidants, lignin and sugars from exhausted olive pomace. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 96, 356-363. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.01.042>.
- Gómez-Cruz, I., Romero, I., Contreras, M. del M., Labidi, J., Hernández-Ramos, F., Roseiro, L. B., Duarte, L. C., Castro, E. and Carvalheiro, F. (2022). Combined extraction and ethanol organosolv fractionation of exhausted Olive pomace for bioactive compounds. *Advanced Sustainable Systems*, 6(4), 2100361. <https://doi.org/10.1002/adsu.202100361>.
- Guleria D. and Kaur G. (2021). Bibliometric analysis of ecopreneurship using VOSViewer and RStudio bibliometrix, 1989-2019. *Library Hi Tech*, 39(4), 1001-1024. <https://doi.org/10.1108/LHT-09-2020-0218>.
- Gutiérrez-Salcedo, M., Martínez, M. A., Moral-Munoz, J. A., Herrera-Viedma, E. and Cobo, M. J. (2018). Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. *Applied Intelligence*, 48, 1275-1287. <https://doi.org/10.1007/s10489-017-1105-y>
- Homrich, A. S., Galvão, G., Abadia, L. G. and Carvalho, M. M. (2018). The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production*, 175, 525-543. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.064>.
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M. and Rosado, L. (2018). Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation, and*

- Recycling*, 135, 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>.
- Khwaldia, K., Attour, N., Matthes, J., Beck, L. and Schmid, M. (2022). Olive byproducts and their bioactive compounds as a valuable source for food packaging applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(2), 1218–1253. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12882>.
- Kounani, A., Pavludi, A. and Aggelopoulos, S. (2023). Circular economy in Olive oil industry: The case of Greece. In *Handbook of Sustainability Science in the Future* (pp. 1–26). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68074-9_166-1.
- Kounani, A., Pavludi, A. and Aggelopoulos, S. (2023). Circular economy in Olive oil industry: The case of Greece. In *Handbook of Sustainability Science in the Future* (pp. 1–26). Springer International Publishing.
- Anwar, M. A., Galal, D., Khalifa, I., Zahran, H. A., Capanoglu, E. and Farag, M. A. (2024). Metabolomics: A compilation of applications for enhancing agricultural traits, disease resistance, biotic interaction, byproducts valorization, and quality control purposes of olive. *Trends in Food Science & Technology*, 143, 104311. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104311>.
- Leone, A., Romaniello, R., Tamborrino, A., Beneduce, L., Gagliardi, A., Giuliani, M. and Gatta, G. (2021). Composting of Olive mill pomace, Agro-industrial sewage sludge and other residues: Process monitoring and agronomic use of the resulting composts. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(9), 2143. <https://doi.org/10.3390/foods10092143>.
- López-Linares, J. C., Ruiz, E., Romero, I., Castro, E. and Manzanares, P. (2020). Xylitol Production from Exhausted Olive Pomace by *Candida boidinii*. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, 10(19), 6966. <https://doi.org/10.3390/app10196966>.
- Loris, A. (2018). The politics of agribusiness and the business of sustainability. *Sustainability*, 10(5), 1648. <https://doi.org/10.3390/su10051648>.
- Maesano, G., Chinnici, G., Falcone, G., Bellia, C., Raimondo, M. and D'Amico, M. (2021). Economic and environmental sustainability of Olive production: A case study. *Agronomy (Basel, Switzerland)*, 11(9), 1753. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091753>.
- MahmoumGonbadi, A., Genovese, A. and Sgalambro, A. (2021). Closed-loop supply chain design for the transition towards a circular economy: A systematic literature review of methods, applications and current gaps. *Journal of Cleaner Production*, 323(129101), 129101. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129101>.
- Manthos, G., Zagklis, D., Papapanou, M., Zafiri, C. and Kornaros, M. (2022).

- High-rate in-vessel continuous composting of olive mill byproducts. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 151, 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.07.037>.
- Manzanares, P., Ruiz, E., Ballesteros, M., Negro, M. J., Gallego, F. J., López-Linares, J. C. and Castro, E. (2017). Residual biomass potential in olive tree cultivation and olive oil industry in Spain: valorization proposal in a biorefinery context. *Revista de Investigacion Agraria [Spanish Journal of Agricultural Research]*, 15(3), e0206. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-10868>.
- Martínez, L., Ros, G. and Nieto, G. (2018). Hydroxytyrosol: Health benefits and use as functional ingredient in meat. *Medicines (Basel, Switzerland)*, 5(1), 13. <https://doi.org/10.3390/medicines5010013>
- Martínez-Patiño, J. C., Gómez-Cruz, I., Romero, I., Gullón, B., Ruiz, E., Brnčić, M. and Castro, E. (2019). Ultrasound-assisted extraction as a first step in a biorefinery strategy for valorisation of extracted Olive pomace. *Energies*, 12(14), 2679. <https://doi.org/10.3390/en12142679>.
- Mata Sánchez, J., Pérez Jiménez, J. A., Díaz Villanueva, M. J., Serrano, A., Núñez, N. and López Giménez, J. (2015). New techniques developed to quantify the impurities of olive stone as solid biofuel. *Renewable Energy*, 78, 566-572. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.01.049>.
- Medouni-Haroune, L., Zaidi, F., Medouni-Adrar, S. and Kecha, M. (2018). Olive pomace: From an Olive mill waste to a resource, an overview of the new treatments. *Journal of Critical Reviews*, 1-6. <https://doi.org/10.22159/jcr.2018v5i5.28840>.
- Milios, L. (2018). Advancing to a Circular Economy: three essential ingredients for a comprehensive policy mix. *Sustainability Science*, 13(3), 861-878. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0502-9>.
- Moreno-Maroto, J. M., Uceda-Rodríguez, M., Cobo-Ceacero, C. J., De Hoces, M. C., MartínLara, M. Á., Cotes-Palomino, T., López García, A. B. and Martínez-García, C. (2019). Recycling of 'alperujo' (olive pomace) as a key component in the sintering of lightweight aggregates. *Journal of Cleaner Production*, 239(118041), 118041. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118041>.
- Moreno-Maroto, J. M., Uceda-Rodríguez, M., Cobo-Ceacero, C. J., De Hoces, M. C., MartínLara, M. Á., Cotes-Palomino, T., López García, A. B. and Martínez-García, C. (2019). Recycling of 'alperujo' (olive pomace) as a key component in the sintering of lightweight aggregates. *Journal of Cleaner Production*, 239(118041), 118041. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118041>.
- Morgana, N. M., Magdalena, E., Fernandez, M. de L. A. and Fernanda, S. M. (2022). NADES for food industry innovation:

- novel bioadditives based on olive oil byproducts. *Food and Bioproducts Processing*, 134, 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2022.05.007>.
- Najafi, E., Castro, E. and Karimi, K. (2021). Biorefining for olive wastes management and efficient bioenergy production. *Energy Conversion and Management*, 244, 114467. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114467>.
- Nasopoulou, C. and Zabetakis, I. (2013). Agricultural and aquacultural potential of Olive pomace A review. *Journal of Agricultural Science*, 5(7). <https://doi.org/10.5539/jas.v5n7p116>.
- Negro, M. J., Manzanares, P., Ruiz, E., Castro, E. and Ballesteros, M. (2017). The biorefinery concept for the industrial valorization of residues from olive oil industry. In *Olive Mill Waste* (pp. 57-78). Elsevier. [10.1016/B978-0-12-805314-0.00003-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805314-0.00003-0).
- Nuhoglu, Y. and Malkoc, E. (2009). Thermodynamic and kinetic studies for environmentally friendly Ni (II) biosorption using waste pomace of olive oil factory. *Bioresource Technology*, 100(8), 2375–2380. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.016>.
- Nunes, L. J. R., Loureiro, L. M. E. F., Sá, L. C. R. and Silva, H. F. C. (2020). Evaluation of the potential for energy recovery from olive oil industry waste: Thermochemical conversion technologies as fuel improvement methods. *Fuel (London, England)*, 279, 118536. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118536>.
- Orlandi, F., Rojo, J., Picornell, A., Oteros, J., Pérez-Badía, R. and Fornaciari, M. (2020). Impact of climate change on Olive crop production in Italy. *Atmosphere* 11(6), 595. <https://doi.org/10.3390/atmos11060595>.
- Pagnanelli, F., Mainelli, S., Vegliò, F. and Toro, L. (2003). Heavy metal removal by olive pomace: biosorbent characterisation and equilibrium modelling. *Chemical Engineering Science*, 58(20), 4709–4717. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2003.08.001>.
- Paini, M., Aliakbarian, B., Casazza, A. A., Lagazzo, A., Botter, R. and Perego, P. (2015). Microencapsulation of phenolic compounds from olive pomace using spray drying: A study of operative parameters. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 62(1), 177-186. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.022>.
- Palmieri, D., Aliakbarian, B., Casazza, A. A., Ferrari, N., Spinella, G., Pane, B., Cafueri, G., Perego, P. and Palombo, D. (2012). Effects of polyphenol extract from olive pomace on anoxia-induced endothelial dysfunction. *Microvascular Research*, 83(3), 281-289. <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2012.02.010>.
- Parras-Alcántara, L., Lozano-García, B., Keesstra, S., Cerdà, A. and Brevik, E. C. (2016). Long-term effects of

- soil management on ecosystem services and soil loss estimation in olive grove top soils. *The Science of the Total Environment*, 571, 498-506. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.016>
- Polonio Baeyens, D., Villanueva, A. J. and Gómez-Limón, J. A. (2022). Cuantificación de los recursos biomásicos del sector oleícola en Andalucía: una aproximación actualizada. *C3-Bioeconomy: Circular and Sustainable Bioeconomy*, 3, 7-34. <https://doi.org/10.21071/c3b.vi3.14172>
- Preston, F., Lehne, J. and Wellesley, L. (2019). An inclusive circular economy: priorities for developing countries. *Royal Institute of International Affairs*. 1-80. <https://goo.su/ROi6>.
- Radiografía mundial del olivo*. (n.d.). Agraria. pe Agencia Agraria de Noticias. Retrieved July 22, 2024, from <https://agraria.pe/noticias/radiografia-mundial-del-olivo-19025>.
- Romero-García, J. M., Niño, L., Martínez-Patiño, C., Álvarez, C., Castro, E. and Negro, M. J. (2014). Biorefinery based on olive biomass. State of the art and future trends. *Bioresource Technology*, 159, 4214-32. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.03.062>.
- Schipfer, F., Burli, P., Fritsche, U., Hennig, C., Stricker, F., Wirth, M., Proskurina, S. and Serna-Loaiza, S. (2024). The circular bioeconomy: a driver for system integration. *Energy, Sustainability and Society*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s13705-024-00461-4>.
- Schröder, P., Lemille, A. and Desmond, P. (2020). Making the circular economy work for human development. *Resources, Conservation, and Recycling*, 156, 104686. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104686>.
- Schroeder, P., Anggraeni, K. and Weber, U. (2019). The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 77-95. <https://doi.org/10.1111/jiec.12732>
- Tapia-Quirós, P., Montenegro-Landívar, M. F., Reig, M., Vecino, X., Alvarino, T., Cortina, J. L., Saurina, J. and Granados, M. (2020). Olive mill and winery wastes as viable sources of bioactive compounds: A study on polyphenols recovery. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 9(11), 1074. <https://doi.org/10.3390/antiox9111074>.
- Tapia-Quirós, P., Montenegro-Landívar, M. F., Reig, M., Vecino, X., Cortina, J. L., Saurina, J. and Granados, M. (2022). Recovery of polyphenols from agri-food by-products: The Olive oil and winery industries cases. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(3), 362. <https://doi.org/10.3390/foods11030362>.
- Velenturf, A. P. M. and Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1437-1457. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018>.

Vergani, L., Vecchione, G., Baldini, F., Grasselli, E., Voci, A., Portincasa, P., Ferrari, P. F., Aliakbarian, B., Casazza, A. A. and Perego, P. (2018). Polyphenolic extract attenuates fatty acid-induced steatosis and oxidative stress in hepatic and endothelial cells. *European Journal of Nutrition*, 57(5), 1793-1805. <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1464-5>.

Videras, M., Melgar, S. G., Cordero, A. S. and Andújar Márquez, J. M. (2020). Future impact of climate change on buildings' energy consumption in subtropical climates. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*.