

Innovación tecnológica en los sistemas de producción alimentaria: Un estudio bibliométrico

Technological innovation in food production systems: A bibliometric study

Beymar Saavedra Loayza*
Universidad Técnica de Oruro
Oruro - Bolivia
forestgumpfcav@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2797-8442>

Dante Ayaviri-Nina
Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba - Ecuador
dayaviri@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3078-1771>

*Correspondencia:
forestgumpfcav@gmail.com

Cómo citar este artículo:
Saavedra, B., & Ayaviri-Nina, D. (2025). Innovación tecnológica en los sistemas de producción alimentaria: Un estudio bibliométrico. *Esprint Investigación*, 4(4), 73-90. <https://doi.org/10.61347/ei.v4i4.185>

Recibido: 1 de septiembre de 2025
Aceptado: 5 de octubre de 2025
Publicado: 13 de noviembre de 2025

Resumen: Los análisis bibliométricos permiten examinar la evolución y el comportamiento de la producción científica a lo largo del tiempo, identificando tendencias y avances en campos específicos del conocimiento. En este sentido, el presente estudio realiza un análisis bibliométrico sobre la relación entre la innovación tecnológica y los sistemas de producción alimentaria. Para ello, se consideran artículos publicados en revistas indexadas en Scopus entre 1983 y 2025. La búsqueda, permitió contar con 245 documentos, 2249 autores y un crecimiento anual de 12,78%. El análisis se llevó a cabo utilizando los softwares Bibliometrix y VOSviewer, los cuales permitieron caracterizar formal y temáticamente la producción científica mediante indicadores bibliométricos como la producción anual y por país, la productividad por tipo de institución, los artículos más citados, las revistas con mayor número de publicaciones y el análisis de palabras clave en relación con las variables estudiadas. La tendencia de investigación en el ámbito de la innovación tecnológica y los sistemas de producción agropecuaria son: cultivo de algodón, ganado vacuno, energía del agua, desarrollo verde, compuestos bioactivos, microalgas, biosíntesis, regresión lineal y nuevas innovaciones, que son líneas que seguirán contribuyendo al desarrollo y crecimiento económico y seguridad alimentaria. Estas derivan de líneas centrales como sostenibilidad, seguridad alimentaria y desarrollo sustentable. Se concluye que hay un crecimiento sostenido en la investigación sobre innovación tecnológica y producción alimentaria, con énfasis en sostenibilidad y seguridad alimentaria.

Palabras clave: Innovación, producción alimentaria, sistemas, tecnología.

Abstract: Bibliometric analyses allow for examining the evolution and behavior of scientific production over time, identifying trends and advances in specific fields of knowledge. In this context, the present study conducts a bibliometric analysis of the relationship between technological innovation and food production systems. Articles published in journals indexed in Scopus between 1983 and 2025 were considered, yielding a total of 245 documents, 2,249 authors, and an annual growth rate of 12.78%. The analysis was carried out using the Bibliometrix and VOSviewer software, which enabled the formal and thematic characterization of scientific production through bibliometric indicators such as annual and country-level productivity, institutional output, most-cited articles, leading journals, and keyword analysis related to the studied variables. Research trends in technological innovation and agricultural production systems focus on cotton cultivation, cattle farming, hydropower, green development, bioactive compounds, microalgae, biosynthesis, linear regression, and emerging innovations—lines that continue to contribute to economic growth and food security. These are derived from core themes such as sustainability, food security, and sustainable development. The study concludes that research on technological innovation and food production shows sustained growth, emphasizing sustainability and food security.

Keywords: Food production, innovation, systems, technology.

Copyright: Derechos de autor 2025 Beymar Saavedra Loayza, Dante Ayaviri-Nina.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NonComercial 4.0.

1. Introducción

La producción mundial de alimentos ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo, impulsada en gran medida por la innovación tecnológica, que se ha convertido en un factor clave para mantener el equilibrio entre el crecimiento poblacional y la disponibilidad alimentaria, procurando al mismo tiempo la protección del medio ambiente. Las aplicaciones tecnológicas en la agricultura han avanzado de manera notable, contribuyendo al aumento del rendimiento y la calidad de los cultivos, así como a satisfacer la creciente demanda global de alimentos (Hamdan et al., 2022).

El progreso tecnológico en la agricultura desempeña un papel esencial en la mejora de la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia (Gherțescu et al., 2025). Las Naciones Unidas proyectan que la población mundial crecerá de aproximadamente 7 mil millones en la actualidad a 9300 millones en 2050 (Lee, 2011). El rápido crecimiento poblacional y el cambio climático representan una gran amenaza para nuestros sistemas alimentarios actuales (Sekoai et al., 2024). Estos desafíos subrayan la necesidad de sistemas sostenibles de producción alimentaria (Trujillo-Cayado et al., 2025).

Es importante destacar que la implementación tecnológica y las trayectorias de comercialización, la regulación y el desarrollo de políticas deben considerar las prioridades y actitudes públicas (Naab et al., 2021). Un indicador de la generación tecnológica, es el registro de patentes (Li et al., 2024). Los gobiernos de todo el mundo buscan impulsar la productividad y mejorar los medios de vida de los agricultores, abordando desafíos como el cambio climático, la seguridad alimentaria y la escasez de mano de obra; mediante la aplicación de tecnologías digitales, pero en muchos casos las tasas de adopción en los países en desarrollo siguen siendo bajas, principalmente por la incertidumbre de los rendimientos a obtener (Geng et al., 2024). Además del crecimiento poblacional y el medio ambiente, es fundamental considerar el cambio climático para asegurar una producción alimentaria basada en sistemas sostenibles (Trujillo-Cayado et al., 2025).

La intensificación sostenible (IS), conocida como una estrategia cuyo fin es el incremento de los alimentos sin expandir las tierras, cuidando al medio ambiente; responde a los desafíos concurrentes de aumentar la producción de alimentos y, al mismo tiempo, reducir el impacto ambiental de la agricultura (Li et al., 2024). Pero hoy en día las actividades humanas se están desarrollando en un entorno alterado, caracterizado por la contaminación, que supera los límites permisibles. Donde la agricultura intensiva ha dejado una huella considerable en forma de quimización y salinización del suelo, erosión y minimización de la materia orgánica. En estas condiciones, es necesario modernizar el sector agrícola y desarrollar un nuevo enfoque conceptual para la agricultura (Hajiyeva et al., 2024). En Indonesia, la innovación tecnológica aplicada al sector agrícola incrementó la productividad y la seguridad alimentaria, experiencia que debería ser tomada en cuenta por los países (Muis et al., 2025).

Los sistemas de producción de alimentos también han evolucionado con el tiempo, tanto para el sector agrícola, como pecuario. Por su parte, Roxburgh y Rodríguez (2016), señalan que durante la primera mitad del siglo XXI la producción de alimentos necesitará aumentar en un 50-70% utilizando casi la misma cantidad de tierra y bajo presiones crecientes del cambio climático, para satisfacer la demanda de un mundo cada vez más poblado. Así también, Santurtún et al. (2012) afirman que los sistemas pecuarios, buscan una producción sustentable e integran diversos elementos como: protección al ambiente, inocuidad de los alimentos, bienestar animal y beneficios para los productores locales.

La aplicación de tecnologías basadas en la manipulación genética de animales enfrenta limitaciones éticas, culturales y de aceptación social; el rechazo de los consumidores y la baja demanda de estos productos determinarán si llegan a integrarse en el sistema alimentario (Naab et al., 2021). Los autores Caicedo et al. (2020), señalan que, en el contexto del sistema productivo agrícola, la adaptabilidad

cumple un papel relevante, en razón a que los procesos deben ajustarse para que los cultivos logren vincularse para producir productos alternativos y que en ocasiones la adaptabilidad inadecuada se debe a problemas adaptativos causada por las nuevas exigencias como el cambio climático, enfermedades, factores socioeconómicos entre otros. El sector agrícola está incorporando actualmente nuevas tecnologías de otras áreas; de manera específica se conoce como agricultura 4.0. Sin embargo, la integración de tecnologías de diferentes campos del conocimiento ha supuesto un reto para la investigación, lo que ha generado dificultades teóricas y prácticas (Mühl & de Oliveira, 2022).

La Agricultura de precisión como innovación tecnológica, es un sistema de gestión agrícola que proporciona un enfoque holístico para gestionar la variabilidad espacial y temporal de los cultivos o suelos para mejorar el rendimiento y la sostenibilidad de la explotación agrícola y se convierte en una respuesta potencial a la problemática global que afecta a los sistemas de producción (cambio climático, crisis de los mercados de combustibles, crisis de materias primas, pandemia de COVID-19 y últimamente la guerra en curso en Ucrania), de esta manera puede contribuir al desarrollo sostenible (Finco et al., 2023).

Las tecnologías avanzadas y la innovación son fundamentales para promover sistemas alimentarios sostenibles, ya que permiten abordar los desafíos de su transformación y comprender mejor la seguridad alimentaria y la nutrición a nivel global (Khan et al., 2021). Las innovaciones no son solo tecnológicas, sino también organizativas e institucionales (Meynard et al., 2017). En Estados Unidos, donde se concentra gran parte de la producción de alimentos e innovación tecnológica, autores como Dimitri y Efland (2020), señalan que las nuevas tecnologías aplicadas en el país del norte facilitaron un enfoque en menos cultivos, pero de cultivo más intensivo y los mercados globales más abiertos absorbieron la producción. Señalando las mismas preocupaciones que las innovaciones tecnológicas traen consigo: la calidad de la tierra y el medio ambiente, el impacto comunitario de la agricultura convencional y el sistema más amplio de producción y distribución de alimentos. Al respecto Kebede et al., (2024), establecen que las tecnologías aplicadas a la agricultura, ganadería y acuicultura no solo sirven para la mejora de los rendimientos, sino también para el monitoreo y recolección de datos.

A medida que la tecnología avanza y surgen nuevas soluciones, los responsables políticos deben equilibrar la continuidad con la innovación para mantener sistemas eficaces de datos sobre la producción alimentaria, a la vez que exploran nuevos enfoques para abordar los desafíos emergentes. Así también, Galanakis et al. (2025) presentan los impulsores identificados como categoría principal a la tecnología, la innovación y cadena de suministro, y su impacto en la seguridad alimentaria en seis dimensiones (acceso, disponibilidad uso, estabilidad, agencia y sostenibilidad). La primera subcategoría se relaciona con la investigación, innovación, información y tecnología, con variables como investigación sobre gobernanza e institucionalidad, innovación social, innovación del modelo de negocio, soluciones de información y tecnología, avances en las tecnologías energéticas, avances tecnológicos en la resiliencia de los cultivos y automatización. La segunda subcategoría denominada rendimiento de las cadenas de suministro con las variables infraestructura y transporte, gestión de equipos e instalaciones, operaciones logísticas, falta de flexibilidad para cambiar, ciberataques y apagones de internet, riesgo técnico/tecnológico y disponibilidad de entrada. Por último, la tercera subcategoría designada a pérdida de alimentos, con las variables condiciones de almacenamiento inadecuadas, procesamiento, envasado y contaminación de alimentos.

Las investigaciones realizadas sobre innovación tecnológica relacionadas con el sistema de producción alimentaria son diversas de manera general, pero en poca cantidad con el tema específico. Las más relevantes identificadas se detallan a continuación: 1) Innovaciones tecnológicas en la biofortificación agronómica con hierro: una revisión de los sistemas de producción de arroz y frijol en

Brasil (Oliveira et al., 2025); 2) Innovaciones tecnológicas en la agricultura: impacto en la eficiencia productiva (Hajiyeva et al., 2024); 3) Innovaciones tecnológicas en liofilización: mejora de la eficiencia, la sostenibilidad y la calidad de los alimentos (Al Faruq et al., 2025) y 4) Avances tecnológicos y necesidades de los agricultores: mapeo de brechas y oportunidades en la agricultura de cultivos en hileras (Hameed et al., 2025).

La bibliografía científica sobre innovación tecnológica en los sistemas de producción alimentaria ha mostrado una evolución constante desde sus inicios en 1992, con una tasa de crecimiento del 12,78% (Akbari et al., 2020). En este contexto, el objetivo de la presente investigación es analizar de manera integral el estado actual del conocimiento en este campo, identificando las principales tendencias, avances teóricos y áreas de investigación que han definido la relación entre tecnología e innovación en la producción de alimentos.

2. Metodología

El método aplicado se basa en un análisis bibliométrico de la producción científica sobre innovación tecnológica en los sistemas de producción alimentaria, utilizando una ecuación de búsqueda de constructos en la base de datos Scopus, reconocida por su fiabilidad y cobertura integral de literatura académica (Dirpan et al., 2023). Este enfoque permite generar información valiosa para orientar a responsables políticos, investigadores y profesionales (Faisal et al., 2025), así como ofrecer una visión amplia del panorama intelectual y de las tendencias de investigación en el área (Prabakusuma et al., 2023). Según Ayaviri-Nina et al. (2023), los estudios bibliométricos facilitan la observación y el análisis del comportamiento y la evolución de la producción científica. En esta línea, Ghertescu et al. (2025) destacan que la metodología bibliométrica, mediante el análisis de coocurrencia de palabras clave, redes de coautoría y colaboraciones institucionales e internacionales, permite comprender con detalle la dinámica y el desarrollo del campo de estudio.

Las herramientas Bibliometrix y VOSViewer cumplen las funciones de conteo de palabras clave y creación de mapas estratégicos adecuadas para este tipo de estudios bibliométricos (Mühl & de Oliveira, 2022). Los criterios de búsqueda y los parámetros de análisis se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Criterios de búsqueda y parámetros de análisis

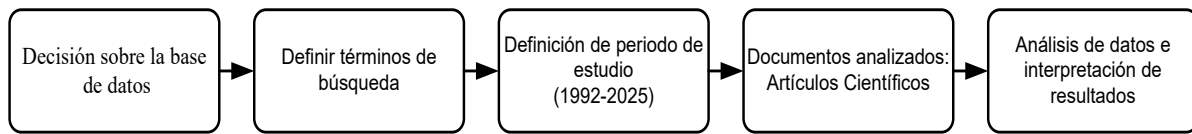
Criterios de búsqueda	
Base de datos:	Scopus
Idioma:	Inglés y español
Periodo de análisis:	1992 – 2025
Fecha de consulta:	Agosto 30, 2025
Tipo de documentos:	Artículos científicos
Tipo de revista:	Todos los tipos
Campo y términos de búsqueda:	Innovación tecnológica - sistemas de producción alimentaria
Resultado total:	245

Parámetros de análisis:

1. Producción científica anual, 2. Productividad por tipo de institución, 3. Artículos más citados, 4. Revistas con más publicaciones sobre innovación tecnológica y sistemas de producción alimentaria, 5. Palabras clave y relación con los temas y Principales líneas de investigación.

Figura 1

Diagrama de flujo de los pasos de la metodología

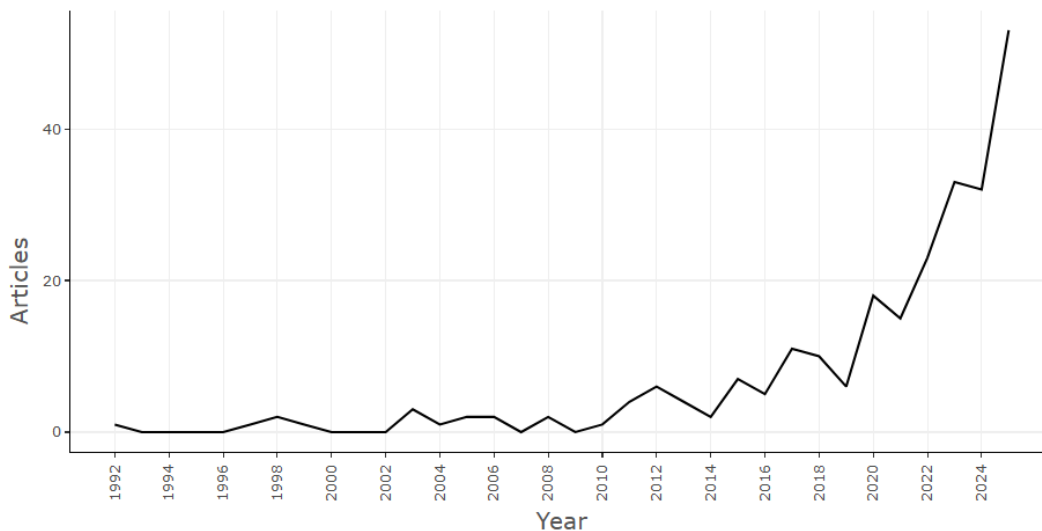


3. Resultados

Los resultados de la producción científica se muestran en la Figura 2, donde se observa que el primer artículo publicado sobre el tema corresponde al autor Altieri (1992), publicado por “*Agriculture, Ecosystems y Environment*”, cuyo artículo titula: “Desarrollo agrícola sostenible en América Latina: explorando las posibilidades”, el cual señala que, para alcanzar una agricultura productiva sostenible en América Latina, se debe aplicar innovaciones tecnológicas, cambios en las políticas y esquemas económicos. Hasta el 2019, la tendencia de publicaciones relacionadas al tema sigue una directriz de una a nueve publicaciones por año. En el lapso de 2020-2024, se tiene publicaciones en un número mayor a diez por año, siendo el año 2025, el que registra 53 artículos publicados, lo que representa un aumento de 5200% con respecto a la primera publicación realizada en 1992. El último artículo publicado, en agosto de 2025 pertenece a Hameed et al. (2025) y titula “Avances tecnológicos y necesidades de los agricultores: Identificación de brechas y oportunidades en la agricultura de cultivos en hileras”, el cual señala que el aumento de la demanda de producción alimentaria, la escasez de mano de obra y las preocupaciones ambientales impulsan la necesidad de tecnologías agrícolas innovadoras.

Figura 2

Producción científica anual



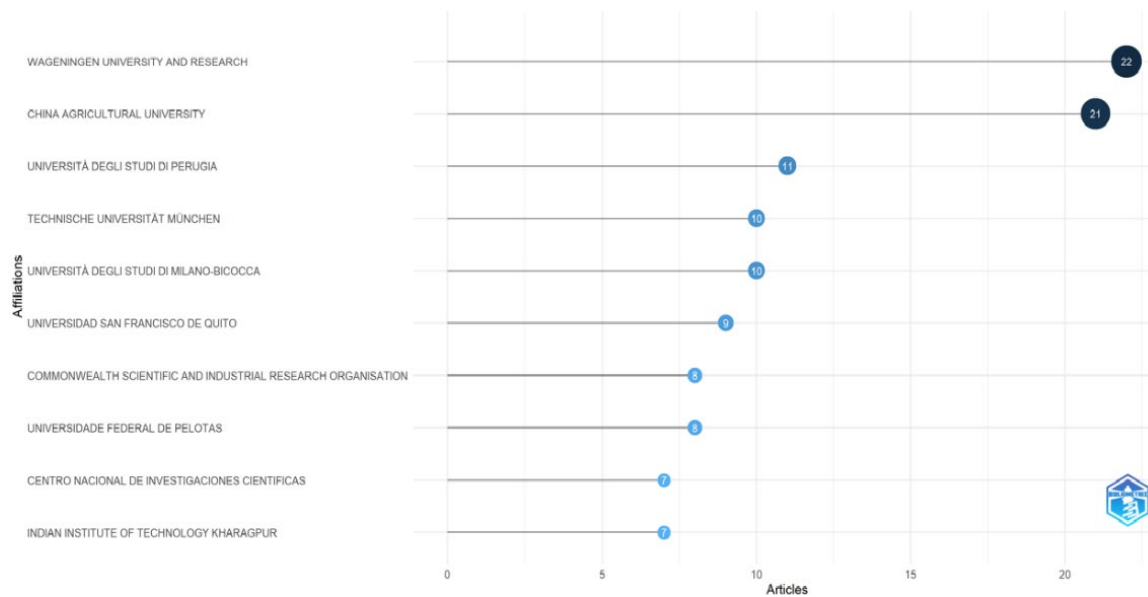
Productividad por institución

En relación con la contribución de las universidades a la producción científica sobre innovación tecnológica y sistemas de producción alimentaria (Figura 3), participaron 113 instituciones; entre ellas, destacan la “Universidad e Investigación de Wageningen” (Holanda) con 22 artículos; seguida por la “Universidad Agrícola” (China) con 21 artículos; más abajo, la “Universidad de Perugia” (Italia) con 11 artículos; seguido de las universidades de “Universidad Técnica de Múnich” (Alemania) y la

“Universidad De Milán-Bicocca” (Italia), cada uno con 10 artículos; posteriormente la “Universidad San Francisco de Quito” (Ecuador) con 9 artículos; seguido por la “Organización de Investigación Científica e Industrial de la Commonwealth” (Australia) y “Universidad Federal de Pelotas” (Brasil), cada uno con ocho artículos; por último el “Centro Nacional de Investigaciones Científicas” y el “Instituto Indio de Tecnología de Kharagpur”, cada una con siete artículos.

Figura 3

Productividad por tipo de institución



Citaciones por autor

La Tabla 2, muestra los 5 autores y artículos más citados en relación con las variables de estudio (innovación tecnológica y sistema de producción alimenticia). Los temas más citados, sin duda, ofrecen temas relevantes relacionados a la innovación tecnológica en la producción de alimentos y su relación con otras variables, como la economía agrícola, economía circular, bioeconomía, seguridad alimentaria, soberanía alimentaria y otros; lo que abre un abanico de posibilidades para la creación o ampliación de otras líneas de investigación.

Tabla 2

Artículos más citados

Posición	Autores	Título	N° de Citaciones
1	(Magrini et al., 2016)	¿Por qué las leguminosas de grano rara vez están presentes en los sistemas de cultivo a pesar de sus beneficios ambientales y nutricionales? Análisis del bloqueo en el sistema agroalimentario francés.	254
2	(Meynard et al., 2017)	Diseño de innovaciones acopladas para la transición hacia la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios.	236
3	(Fasolin et al., 2019)	Proteínas alimentarias emergentes: hacia la sostenibilidad, la salud y la innovación.	216

4	(Dayioğlu & Türker, 2021)	Transformación digital para una agricultura sostenible del futuro 4.0: Una revisión.	208
5	(Mba et al., 2012)	Reorientar la mejora de los cultivos para las condiciones climáticas cambiantes del siglo XXI.	118

El artículo más citado corresponde a Magrini, et al. (2016), con 254 citas, el cual titula “¿Por qué las leguminosas de grano rara vez están presentes en los sistemas de cultivo a pesar de sus beneficios ambientales y nutricionales? Análisis del bloqueo en el sistema agroalimentario francés”; proporcionando una respuesta al mostrar que una situación de bloqueo tecnológico ha resultado de la coevolución de los sistemas de cultivo, basados en un paradigma agroquímico, políticas públicas y dinámicas de mercado que promueven los cereales. En segundo lugar, con 236 citas, se tiene el artículo titulado “Diseño de innovaciones acopladas para la transición hacia la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios” cuyo contenido describe los límites organizacionales en la temática del diseño de innovaciones reconectando elementos que beneficien a la producción sostenible del sistema alimentario (Meynard et al., 2017). En tercer lugar, con 216 citas, se encuentra el artículo titulado “Proteínas alimentarias emergentes: hacia la sostenibilidad, la salud y la innovación”, presenta una visión general de las fuentes de proteínas alternativas más prometedoras, su aplicación en la producción de sistemas alimentarios innovadores y sus posibles efectos en la salud humana (Fasolin et al., 2019). En cuarto lugar, “Transformación digital para una agricultura sostenible del futuro 4.0: Una revisión”, cuyo objetivo es obtener soluciones holísticas en una visión sistemática, basadas en los recursos agua, energía y alimentos para la transformación digital agrícola que desempeñará un papel en el desarrollo sostenible. Por último, en quinto lugar, se tiene a Mba et al. (2012), con el artículo titulado “Reorientar la mejora de los cultivos para las condiciones climáticas cambiantes del siglo XX”, que destaca algunas de las herramientas científicas y tecnológicas que deberían ser la base de todos los programas de fitomejoramiento. También argumenta, que el fitomejoramiento debe ser facilitado por políticas adecuadas, incluyendo aquellas que fomenten la innovación y la inversión.

Revistas con mayor número de publicaciones

En cuanto a las revistas con mayor número de publicaciones, durante el período analizado se identificaron 72 revistas que abordan las variables innovación tecnológica y sistemas de producción alimentaria. De ellas, las 23 más destacadas se presentan en el ranking correspondiente (Tabla 3), reflejando las principales fuentes de difusión científica en este campo de estudio. La revista con más artículos (diez) es “Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos” esta revista aborda los avances más recientes y prometedores en el campo de la ciencia y la tecnología alimentaria, destacando sus aplicaciones actuales y potenciales en la industria. Su enfoque combina rigor científico con una presentación accesible, lo que la convierte en una fuente clave para el seguimiento de las principales tendencias de investigación e innovación en el sector alimentario. Los artículos relacionados de manera directa con las variables de innovación tecnológica y sistemas de producción alimentaria son: 1) La trazabilidad agroalimentaria hoy: Impulsando la innovación hacia la eficiencia, la sostenibilidad, el abastecimiento ético y La seguridad en las cadenas de suministro de alimentos (Rossi et al., 2025) e Innovación en la industria alimentaria (Earle, 1997).

La revista que se encuentra en segundo lugar, con ocho publicaciones es “Sistemas Agrícolas”, cuya temática está relacionada con las interacciones entre los componentes de los sistemas agrícolas, sus niveles jerárquicos y otros sistemas de uso de la tierra. Los artículos relacionados de manera directa con las variables de estudio son: 1) Diseño de innovaciones acopladas para la transición hacia la

sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios (Meynard et al., 2017) y 2) ¿Cómo la asignación de tierras y la innovación tecnológica afectan la sostenibilidad de la agricultura en las Pampas Argentinas?: Un análisis ampliado del ciclo de vida (Rótoló et al., 2015).

En tercer lugar, con seis publicaciones esta la revista “Fronteras en sistemas alimentarios sostenibles”, una revista multidisciplinaria de investigación básica y aplicada que explora soluciones sostenibles para abordar el problema de la seguridad alimentaria mundial. Los artículos relacionados de manera directa con las variables en cuestión son: 1) Sistemas de innovación para tecnologías alimentarias emergentes: evidencia del desarrollo de proteínas cultivadas en Tailandia (Eichhorst et al., 2025) y 2) Hacia un radar de innovación para la carne cultivada: exploración de tecnologías de proceso para la carne cultivada y afirmaciones sobre sus impactos sociales (Woelken et al., 2024). En el cuarto lugar, se tiene a la revista “Agricultura (Suiza)”, una revista científica internacional, de acceso abierto y revisada por pares, publicada quincenalmente en línea por el “Instituto Multidisciplinario de Publicaciones Digitales (MDPI)”, cuyas líneas de investigación se relacionan con ciencias agrícolas y biológicas, agronomía, ciencia de los cultivos, ciencia de los alimentos y ciencia de las plantas. Los artículos vinculados directamente a las variables innovación tecnológica y sistemas de producción alimentaria son: 1) Avances tecnológicos y necesidades de los agricultores: mapeo de brechas y oportunidades en la agricultura de cultivos en hileras (Hameed et al. 2025) y 2) El papel potencial de la innovación tecnológica en la transformación de los sistemas alimentarios sostenibles: una revisión (Khan et al., 2021).

En quinto lugar del ranking y con cuatro publicaciones, la revista “Agricultura y valores humanos”, publica investigaciones que examinan críticamente los valores, las relaciones, los conflictos y las contradicciones de los sistemas agrícolas y alimentarios contemporáneos, además aborda el impacto de las instituciones, políticas y prácticas agrícolas y alimentarias en las poblaciones humanas, el medio ambiente, la gobernanza democrática y la equidad social. Los artículos de esta revista relacionados con las variables de investigación son: 1) La digitalización cotidiana en la alimentación y la agricultura: Introducción al simposio (Forney et al., 2022) y 2) La construcción de legitimidad para las tecnologías desarrolladas en respuesta a la regulación ambiental: el caso de la tecnología de reducción de emisiones de amoníaco para la industria ganadera intensiva flamenca (Van der Velden et al., 2023).

Con respecto a los países con mayor número de revistas publicadas, el Reino Unido ocupa el primer lugar, con cinco revistas de factor de impacto Q1 y Q2 y un total de 24 artículos publicados. En segundo lugar, se encuentra Suiza, también con cinco revistas Q1 y Q2 y 17 artículos publicados. En tercer lugar, se ubican los Países Bajos, con seis revistas clasificadas en Q1 y Q3 y 13 artículos. En cuarto lugar, está Italia, con dos revistas Q1 y Q3 y cuatro artículos publicados. Posteriormente, aparecen países con una sola revista en el siguiente orden: Estados Unidos (dos artículos, Q1), Brasil (dos artículos, Q3), Singapur (dos artículos, Q3), Bélgica (dos artículos, Q4) y Ucrania (tres artículos, Q4). En comparación, un estudio bibliométrico similar sobre agricultura inteligente e innovación tecnológica (1977–2025) evidenció que China concentra la mayor proporción de publicaciones en el área, seguida de Estados Unidos y Australia, países que además presentan una alta centralidad en las redes internacionales de colaboración, lo que confirma su papel clave en la producción y difusión del conocimiento científico, mientras que Europa muestra una red de colaboración más fragmentada pero activa, y los países emergentes comienzan a fortalecer su presencia mediante alianzas estratégicas (Gherțescu et al., 2025).

Tabla 3*Revistas con más publicaciones sobre innovación tecnológica y sistemas de producción alimentaria*

Posición	Revistas	N° de artículos	País	Cuartil (2025)	ISSN
1	Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos	10	Reino Unido	Q1	9242244
2	Sistemas Agrícolas	8	Reino Unido	Q1	0308521X, 18732267
3	Fronteras en sistemas alimentarios sostenibles	6	Suiza	Q1	2571581X
4	Agricultura (Suiza)	5	Suiza	Q1	20770472
5	Agricultura y valores humanos	4	Países Bajos	Q1	0889048X, 15728366
6	Economía APK	3	Ucrania	Q4	22211055, 24132322
7	Revista de investigación agrícola y alimentaria	3	Países Bajos	Q1	26661543
8	Agronomía para el Desarrollo Sostenible	3	Italia	Q1	17730155, 17740746
9	Seminario: Ciencias Agrarias	2	Brasil	Q3	1676546X, 16790359
10	Revista Internacional de Sostenibilidad Agrícola	2	Reino Unido	Q1	14735903, 1747762X
11	IEEE Acceso	2	Estados Unidos	Q1	21693536
12	Fronteras en Ciencias Marinas	2	Suiza	Q1	22967745
13	Agricultura, ecosistemas y medio ambiente	2	Países Bajos	Q1	1678809
14	Acta Horticultura	2	Bélgica	Q4	5677572
15	Revista Italiana de Agronomía	2	Italia	Q3	11254718, 20396805
16	Ciencias Aplicadas (Suiza)	2	Suiza	Q2	20763417
17	Perspectivas de la agricultura	2	Reino Unido	Q1	00307270, 20436866
18	Investigación sobre la economía agrícola mundial	2	Singapur	Q3	27374777, 27374785
19	Agricultura y sistemas alimentarios renovables	2	Reino Unido	Q2	17421705, 17421713
20	Economía circular y sostenibilidad	2	Suiza	Q1	2730597X, 27305988
21	Modelado ecológico	2	Países Bajos	Q1	03043800, 18727026
22	Investigación de cultivos extensivos	2	Países Bajos	Q1	03784290, 18726852
23	Investigación alimentaria internacional	2	Reino Unido	Q1	09639969, 18737145

Nota. Elaboración propia a partir de información de Scopus, 2025.

Análisis de concurrencia

El análisis de concurrencia bibliométrico permite identificar las relaciones entre términos clave y revelar las principales conexiones temáticas y tendencias dentro de la literatura científica (Wang et al., 2021). La Figura 4 muestra que, hasta el 2018 hay una mayor investigación relacionada con las áreas de agricultura, tierra, biotecnología y rendimiento. Al respecto Arif et al., (2025) señalan que, proteger la seguridad alimentaria mundial requiere promover la resiliencia climática mediante la biotecnología (especialmente la CRISPR, que es una tecnología de edición del genoma derivada de un sistema inmunitario bacteriano que permite a los científicos modificar el ADN de manera precisa y eficiente) y las prácticas agrícolas sostenibles, especialmente a medida que el cambio climático agrava las dificultades que enfrentan los agricultores, en particular los pequeños agricultores en zonas vulnerables. Roxburgh & Rodríguez, (2016) señalan que como primer paso para aumentar la productividad, el enfoque debería centrarse en brindar a los agricultores con menores rendimientos, recomendaciones sencillas para el manejo agronómico básico que consideren las especificidades del clima y las condiciones del suelo locales, antes de introducir innovaciones tecnológicas costosas (por ejemplo, fertilizantes y herbicidas).

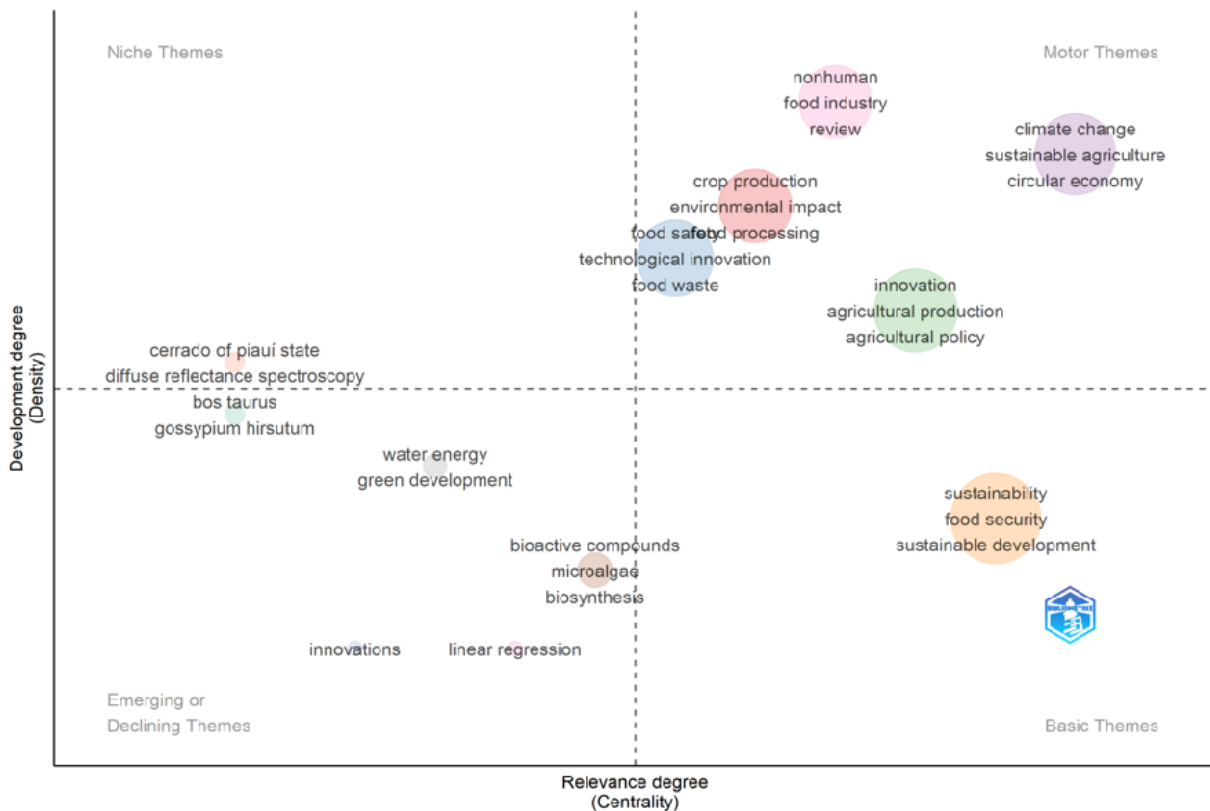
Entre los años 2020 y 2021, resaltan investigaciones en las áreas de economía, cambio climático, sistema alimentario, adopción, salud, seguridad alimentaria. En economías en desarrollo, la disponibilidad de alimentos (pilar de la seguridad alimentaria) está estrechamente relacionada con el sector agrícola, que sirve predominantemente como la principal fuente de suministro de alimentos. Sin embargo, la situación puede complicarse por la baja productividad, los altos costos de importación y la inestabilidad de las cosechas. La accesibilidad (otro pilar de la seguridad alimentaria) en los límites del poder adquisitivo abarca el aspecto económico de la seguridad alimentaria (Osmonkulova et al., 2025). El cambio climático y la competencia internacional imponen nuevos escenarios para las explotaciones agrícolas, además que la agricultura contribuye escasamente al Producto Interno Bruto de un país. En estos países económicamente avanzados, la creación de sistemas agroalimentarios territoriales parece ser una estrategia a seguir. De cara al futuro, las empresas agrícolas, también debido a su función económica y social, deben ser empresas que producen para el mercado (Sgroi, 2023).

Para el 2022 y 2023, las investigaciones muestran temas relacionados con nutrición, inteligencia artificial, conocimiento, sector alimentario, transformación, avance tecnológico, resiliencia y seguridad alimentaria mundial. Al respecto, Gackstetter et al. (2023) señalan que las innovaciones tecnológicas en la agricultura se basan principalmente en aumentar la productividad a cualquier precio, más aún hoy en día frente al cambio climático y la pérdida de biodiversidad. El satisfacer las necesidades nutricionales mundiales y, al mismo tiempo, lograr la sostenibilidad es uno de los mayores desafíos para la agricultura moderna. Por su parte, Hoogstra et al. (2024) señalan que la agricultura circular (considerando a la agricultura y pecuaria) se considera cada vez más una forma de producir alimentos respetando los límites del planeta, con una amplia variedad de iniciativas y experimentos destinados a implementar la circularidad en la práctica.

Una innovación tecnológica emergente con proyección a corto plazo es la impresión 3D de alimentos y el uso de nuevas materias primas, lo que plantea desafíos en materia de autenticación alimentaria. Esta se entiende como parte esencial de los sistemas de trazabilidad, al garantizar la verificación del origen, la identidad de la especie o variedad, la procedencia geográfica y la entidad productora (Frigerio et al., 2024). En este contexto, la innovación tecnológica debe orientarse prioritariamente hacia la sostenibilidad, promoviendo una intensificación agrícola sostenible mediante una mayor inversión en investigación y desarrollo por parte del sector público y privado (Li et al., 2024).

Figura 5

Principales líneas de investigación



Nota. Elaboración propia a partir de Bibliometrix, 2025.

En los años 80 la innovación buscaba superar las limitaciones de los productores; en los 90, fueron los sistemas de conocimiento y sistemas de información aplicados al conocimiento para un desarrollo sustentable y en las últimas dos décadas, bajo un paradigma de sistemas de innovación agrícola (AIS), se buscaba responder a los cambios con una visión sistémica, involucrando a todas las instituciones y actores involucrados (Figuroa-Rodríguez et al., 2019). Bajo este proceso histórico de evolución de la innovación tecnológica en los sistemas de producción alimentaria, la visión hacia el futuro debe orientarse considerando las líneas de investigación identificadas en el cuadrante D, integrando al mismo tiempo las lecciones y experiencias acumuladas del pasado.

4. Discusión

La investigación titulada “Agricultura inteligente e innovación tecnológica: una perspectiva bibliométrica sobre la transformación digital y la sostenibilidad”, realizada por Gherțescu et al. (2025), plantea cinco interrogantes que guardan similitud con las variables del presente estudio innovación tecnológica y sistemas de producción agrícola, centradas en: tendencias de publicaciones, conceptos y temas de investigación, autores, instituciones y países.

En cuanto a los autores y artículos más citados, destacan Magrini et al. (2016) con su estudio “¿Por qué las leguminosas de grano rara vez están presentes en los sistemas de cultivo a pesar de sus beneficios ambientales y nutricionales? Análisis del bloqueo en el sistema agroalimentario francés”, con 254 citas. Este artículo, publicado en la revista “Economía Ecológica”, se enfoca en las interacciones entre los ecosistemas y la economía humana. Le siguen Meynard et al. (2017), Fasolin et al. (2019) y

Dayioğlu y Türker (2021), cuyos trabajos superan las 200 citas (236, 216 y 218) respectivamente. Además, varios autores especializados colaboran en múltiples instituciones y revistas de distintos países, fortaleciendo redes académicas internacionales (Mühl & de Oliveira, 2022).

Respecto a los países con mayor número de publicaciones, el Reino Unido lidera con 26 revistas, seguido por Suiza con 17, Países Bajos con 13, Italia y Ucrania con tres, y finalmente Brasil, Estados Unidos, Bélgica y Singapur con dos revistas cada uno. En un estudio similar, Gherțescu et al. (2025) señalan que China concentra la mayor producción científica en el área, seguida por Estados Unidos, Australia, India y varios países europeos; mientras que los países de África y América Latina emergen como actores en crecimiento dentro de este campo.

En el análisis de palabras clave relacionadas con la innovación tecnológica y los sistemas de producción agropecuaria, el presente estudio coincide parcialmente con el trabajo de Figueroa-Rodríguez et al. (2019), "Innovación y productores: un análisis bibliométrico", compartiendo términos como seguridad alimentaria, producción, agua, agricultura sostenible y China. Asimismo, guarda similitud con el estudio "Agricultura inteligente e innovación tecnológica: una perspectiva bibliométrica sobre la transformación digital y la sostenibilidad", en palabras clave como *inteligencia artificial, seguridad alimentaria, productividad, agua, producción y China*.

Las líneas de investigación proyectadas en los cuatro cuadrantes del presente análisis difieren de las identificadas en el estudio "Una aproximación bibliométrica y temática a la agricultura 4.0" (Mühl & de Oliveira, 2022). Mientras este último enfatiza temas como suelos, fertilizantes, frutos, monitoreo, cultivos e inteligencia artificial, el presente trabajo se centra en innovación, regresión lineal, biosíntesis, microalgas, compuestos bioactivos, desarrollo verde, energía hídrica, algodón y ganado vacuno.

En cuanto a las variables analizadas innovación tecnológica y sistemas de producción agropecuaria, se destacan diversos enfoques: Roxburgh & Rodríguez (2016) plantean que, antes de introducir innovaciones costosas, el incremento de la productividad debe partir de recomendaciones agronómicas simples adaptadas al clima y al suelo local. Meynard et al. (2017) sostienen que las innovaciones no solo son tecnológicas, sino también organizativas e institucionales. Por su parte, Frigerio et al. (2024) señalan que, en el futuro, las cadenas de suministro alimentario estarán compuestas por segmentos de síntesis y manipulación más diversificados. Mühl & de Oliveira (2022) advierten sobre la necesidad de políticas que protejan a las poblaciones de los impactos negativos de las nuevas tecnologías agrícolas y promuevan una agricultura digital sostenible.

Finalmente, Gherțescu et al. (2025) destacan que el progreso tecnológico agrícola es un campo dinámico con implicaciones directas para la sostenibilidad y la competitividad, mientras que Gackstetter et al. (2023) subrayan el potencial disruptivo de los sistemas de gestión de cultivos totalmente autónomos, cuya adopción aún enfrenta barreras pese al grado de madurez tecnológica alcanzado.

5. Conclusiones

El análisis bibliométrico sobre la innovación tecnológica y su efecto en los sistemas de producción alimentaria muestra que, durante el período de estudio, la producción científica ha mantenido un crecimiento sostenido. Entre 1992 y 2025, se observa un incremento exponencial del 5200%, lo que evidencia la relevancia del campo y su potencial como área generadora de nuevas investigaciones vinculadas a diversas disciplinas del conocimiento.

En la clasificación de instituciones con mayor número de publicaciones, destacan la "Universidad e Investigación de Wageningen" con 22 artículos y la "Universidad Agrícola de China" con 21 artículos.

Por su parte, el “Centro Nacional de Investigaciones Científicas” y el “Instituto Indio de Tecnología de Kharagpur” registran una menor producción, con siete artículos cada uno.

En cuanto a los artículos más citados, destaca el titulado “¿Por qué las leguminosas de grano rara vez están presentes en los sistemas de cultivo a pesar de sus beneficios ambientales y nutricionales? Análisis del bloqueo en el sistema agroalimentario francés”, encabeza la lista con 254 citas. Le siguen “Diseño de innovaciones acopladas para la transición hacia la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios” (236 citas), “Proteínas alimentarias emergentes: hacia la sostenibilidad, la salud y la innovación” (216 citas) y “Transformación digital para una agricultura sostenible del futuro: una revisión” (208 citas).

Los países con mayor número de publicaciones, en orden de relevancia, son el Reino Unido, Suiza, Países Bajos, Italia, Ucrania, Brasil, Estados Unidos, Bélgica y Singapur. Respecto al análisis de concurrencia bibliométrico, las tendencias de investigación de los últimos cinco años se relacionan con temas como economía, cambio climático, sistemas alimentarios, adopción tecnológica, salud, seguridad alimentaria global, nutrición, inteligencia artificial, conocimiento, transformación, avances tecnológicos y resiliencia. Finalmente, las líneas de investigación actuales y futuras identificadas incluyen algodón, ganado vacuno, energía hídrica, desarrollo verde, compuestos bioactivos, microalgas, biosíntesis, regresión lineal y nuevas innovaciones, consolidando así un campo interdisciplinario con alto potencial de crecimiento.

Referencias

- Akbari, M., Khodayari, M., Khaleghi, A., Danesh, M., & Padash, H. (2020). Technological innovation research in the last six decades: a bibliometric analysis. *European Journal of Innovation Management*, 24(5), 1806-1831. <https://doi.org/10.1108/EJIM-05-2020-0166>
- Al Faruq, A., Farahnaky, A., Dokouhaki, M., Khatun, H. A., Trujillo, F. J., & Majzoobi, M. (2025). Technological Innovations in Freeze Drying: Enhancing Efficiency, Sustainability, and Food Quality. In *Food Engineering Reviews*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s12393-025-09415-8>
- Altieri, M. A. (1992). Sustainable agricultural development in Latin America: exploring the possibilities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 39(1-2), 1-21. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90202-M](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90202-M)
- Arif, M., Shamshad, J., Khalid, F., Kuzyakov, Y., Younas, A., & Li, L. (2025). Biotechnological and Sustainable Approaches to Climate-Resilient Agriculture. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 211(4), e70105. <https://doi.org/10.1111/jac.70105>
- Ayaviri-Nina, V. D., Flores Ruiz, D., & Fernandez, G. M. (2023). Bibliometric analysis of community-based tourism and its theoretical implications. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 51(4spl), 1765–1774. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/j_nr_file/GTG-4spl-2023.pdf#page=172
- Caicedo, J., Puyol, J., & López, M. (2020). Adaptabilidad en el sistema de producción agrícola: Una mirada desde los productos alternativos sostenibles. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 26(4), 308-327. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i4.34665>
- Dayioğlu, M. A., & Türker, U. (2021). Digital transformation for sustainable future - agriculture 4.0: A review. *Journal of Agricultural Sciences/Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(4). <https://doi.org/10.15832/ankutbd.986431>
- Dimitri, C., & Effland, A. (2020). From farming to food systems: The evolution of US agricultural production and policy into the 21st century. In *Renewable Agriculture and Food Systems* (Vol. 35, Issue 4, pp. 391–406). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1742170518000522>

- Dirpan, A., Ainani, A. F., & Djalal, M. (2023). A bibliometrics visualization analysis of active packaging system for food packaging. *Heliyon*, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18457>
- Earle, M. D. (1997). Innovation in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 8(5), 166–175. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)01026-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01026-1)
- Eichhorst, W., Blaustein-Rejto, D., Shah, S., Smith, A., & Newton, P. (2025). Innovation systems for emerging food technologies: evidence from the development of cultured proteins in Thailand. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1497792>
- Faisal, A., Biswal, P., Bhattacharya, D., Kumar, S., Banerjee, M., Bhowmick, G. D., & Swain, D. K. (2025). Towards sustainable aquaponics: a bibliometric analysis of trends, scientific developments, and thematic evolution. *Aquaculture International*, 33(6), 1-29. <https://doi.org/10.1007/S10499-025-02100-x>
- Fasolin, L. H., Pereira, R. N., Pinheiro, A. C., Martins, J. T., Andrade, C. C. P., Ramos, O. L., & Vicente, A. A. (2019). Emergent food proteins – Towards sustainability, health and innovation. *Food Research International*, 125, 108586. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2019.108586>
- Figuroa-Rodríguez, K. A., Díaz-Sánchez, E. L., Figuroa-Sandoval, B., Sangerman-Jarquín, D. M., & Figuroa-Rodríguez, Ó. L. (2019). Innovación y productores: un análisis bibliométrico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(2), 379-391. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.1750>
- Finco, A., Bentivoglio, D., Belletti, M., Chiaraluce, G., Fiorentini, M., Ledda, L., & Orsini, R. (2023). Does Precision Technologies Adoption Contribute to the Economic and Agri-Environmental Sustainability of Mediterranean Wheat Production? An Italian Case Study. *Agronomy*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy13071818>
- Forney, J., Dwiartama, A., & Bentia, D. (2022). Everyday digitalization in food and agriculture: Introduction to the symposium. *Agriculture and Human Values*, 40(2), 417-421. <https://doi.org/10.1007/s10460-022-10382-7>
- Frigerio, J., Campone, L., Giustra, M. D., Buzzelli, M., Piccoli, F., Galimberti, A., Cannavacciuolo, C., Ouled Larbi, M., Colombo, M., Ciocca, G., & Labra, M. (2024). Convergent technologies to tackle challenges of modern food authentication. *Heliyon*, 10(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32297>
- Gackstetter, D., von Bloh, M., Hannus, V., Meyer, S. T., Weisser, W., Luksch, C., & Asseng, S. (2023). Autonomous field management – An enabler of sustainable future in agriculture. *Agricultural Systems*, 206, 103607. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2023.103607>
- Galanakis, C. M., Daskalakis, M., Galanakis, I., Gallo, A., Marino, E. A. E., Chalkidou, A., & Agrafioti, E. (2025). A systematic framework for understanding food security drivers and their interactions. *Discover Food*, 5(1), 178. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00480-w>
- Geng, W., Liu, L., Zhao, J., Kang, X., & Wang, W. (2024). Digital Technologies Adoption and Economic Benefits in Agriculture: A Mixed-Methods Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/su16114431>
- Gherțescu, C., Manta, A. G., & Bădîrcea, R. M. (2025). Smart Agriculture and Technological Innovation: A Bibliometric Perspective on Digital Transformation and Sustainability. *Agriculture (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/agriculture15131388>

- Hajiyeva, A., Mammadova, U., Tanriverdiyeva, G., & Kovalenko, O. (2024). Technological innovations in agriculture: Impact on production efficiency. *Scientific Horizons*, 27(1), 172–182. <https://doi.org/10.48077/scihor1.2024.172>
- Hamdan, M. F., Mohd Noor, S. N., Abd-Aziz, N., Pua, T. L., & Tan, B. C. (2022). Green revolution to gene revolution: technological advances in agriculture to feed the world. *Plants*, 11(10), 1297. <https://doi.org/10.3390/plants11101297>
- Hameed, R. U., Meade, C., y Lacey, G. (2025). Technology Advancements and the Needs of Farmers: Mapping Gaps and Opportunities in Row Crop Farming. *Agriculture*, 15(15), 1664. <https://doi.org/10.3390/agriculture15151664>
- Hoogstra, A. G., Silvius, J., de Olde, E. M., Candel, J. J. L., Termeer, C. J. A. M., van Ittersum, M. K., & de Boer, I. J. M. (2024). The transformative potential of circular agriculture initiatives in the North of the Netherlands. *Agricultural Systems*, 214, 103833. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2023.103833>
- Kebede, E. A., Abou Ali, H., Clavelle, T., Froehlich, H. E., Gephart, J. A., Hartman, S., Herrero, M., Kerner, H., Mehta, P., Nakalembe, C., Ray, D. K., Siebert, S., Thornton, P., & Davis, K. F. (2024). Assessing and addressing the global state of food production data scarcity. *Nature Reviews Earth & Environment*, 5(4), 295-311. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00516-2>
- Khan, N., Ray, R. L., Kassem, H. S., Hussain, S., Zhang, S., Khayyam, M., Ihtisham, M., & Asongu, S. A. (2021). Potential role of technology innovation in transformation of sustainable food systems: A review. *Agriculture*, 11(10), 984. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100984>
- Lee, R. (2011). The outlook for population growth. *Science*, 333(6042), 569-573. <https://doi.org/10.1126/science.1208859>
- Li, Y., Herzog, F., Levers, C., Mohr, F., Verburg, P. H., Bürgi, M., Dossche, R., & Williams, T. G. (2024). Agricultural technology as a driver of sustainable intensification: insights from the diffusion and focus of patents. *Agronomy for Sustainable Development*, 44(2). <https://doi.org/10.1007/s13593-024-00949-5>
- Magrini, M. B., Anton, M., Cholez, C., Corre-Hellou, G., Duc, G., Jeuffroy, M. H., Meynard, J. M., Pelzer, E., Voisin, A. S., & Walrand, S. (2016). Why are grain-legumes rarely present in cropping systems despite their environmental and nutritional benefits? Analyzing lock-in in the French agrifood system. *Ecological Economics*, 126, 152–162. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2016.03.024>
- Mba, C., Guimaraes, E. P., & Ghosh, K. (2012). Re-orienting crop improvement for the changing climatic conditions of the 21st century. *Agriculture & food security*, 1(1), 7. <https://doi.org/10.1186/2048-7010-1-7>
- Meynard, J. M., Jeuffroy, M. H., Le Bail, M., Lefèvre, A., Magrini, M. B., & Michon, C. (2017). Designing coupled innovations for the sustainability transition of agrifood systems. *Agricultural Systems*, 157, 330–339. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2016.08.002>
- Mühl, D. D., & de Oliveira, L. (2022). A bibliometric and thematic approach to agriculture 4.0. *Heliyon*, 8(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09369>
- Muis, A., Nurnaningsih, Suirlan, R., Achmad, N. H. D., Firdayanti, & Baharuddin. (2025). Analysis of Food Sovereignty in Indonesia: Macroeconomic Data. *Research on World Agricultural Economy*, 6(2), 712–722. <https://doi.org/10.36956/rwae.v6i2.1675>

- Naab, F. Z., Coles, D., Goddard, E., & Frewer, L. J. (2021). Public perceptions regarding genomic technologies applied to breeding farm animals: A qualitative study. *BioTech*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/biotech10040028>
- Oliveira, C. F., Silva, T. G. da, Oliveira, E. K., Lucini, F., & Santos, E. F. (2025). Technological Innovations in Agronomic Iron Biofortification: A Review of Rice and Bean Production Systems in Brazil. *AgriEngineering*, 7(7), 214. <https://doi.org/10.3390/agriengineering7070214>
- Osmonkulova, G., Karbozova, A., Sheishenova, S., Tokobaeva, A., & Sheralieva, Z. (2025). Problems and prospects of food security in the agro-industrial complex of Kyrgyzstan: Economic analysis and recommendations. *Ekonomika APK*, 32(3), 44–57. <https://doi.org/10.32317/ekon.apk/3.2025.44>
- Prabakusuma, A. S., Wardono, B., Fahlevi, M., Zulham, A., Djoko Sunarno, M. T., Syukur, M., Aljuaid, M., Saniuk, S., Apriliani, T., & Pramoda, R. (2023). A bibliometric approach to understanding the recent development of self-sufficient fish feed production utilizing agri-food wastes and by-products towards sustainable aquaculture. *Heliyon*, 9(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17573>
- Rossi, S., Gemma, S., Borghini, F., Perini, M., Butini, S., Carullo, G., & Campiani, G. (2025). Agri-food traceability today: Advancing innovation towards efficiency, sustainability, ethical sourcing, and safety in food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, 163, 105154. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2025.105154>
- Rótolo, G. C., Montico, S., Francis, C. A., & Ulgiati, S. (2015). How land allocation and technology innovation affect the sustainability of agriculture in Argentina Pampas: An expanded life cycle analysis. *Agricultural Systems*, 141, 79–93. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2015.08.005>
- Roxburgh, C. W., & Rodríguez, D. (2016). Ex-ante analysis of opportunities for the sustainable intensification of maize production in Mozambique. *Agricultural Systems*, 142, 9–22. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2015.10.010>
- Santurtún, E., Tapia, G., González-Rebeles, C., & Galindo Maldonado, F. (2012). Actitudes y percepciones de consumidores en la Ciudad de México, hacia atributos de la producción sustentable de alimentos de origen animal. *Veterinaria México*, 43(2), 87-101. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5351041>
- Sekoai, P. T., Roets-Dlamini, Y., O'Brien, F., Ramchuran, S., & Chunilall, V. (2024). Valorization of food waste into single-cell protein: an innovative technological strategy for sustainable protein production. *Microorganisms*, 12(1), 166. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12010166>
- Sgroi, F. (2023). Circular economy and sustainable agri-food systems. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100815>
- Trujillo-Cayado, L. A., Sánchez-García, R. M., García-Domínguez, I., Rodríguez-Luna, A., Hurtado-Fernández, E., & Santos, J. (2025). Emerging Trends in Sustainable Biological Resources and Bioeconomy for Food Production. *Applied Sciences*, 15(12), 6555. <https://doi.org/10.3390/app15126555>
- Van der Velden, D., Dessen, J., Klerkx, L., & Debruyne, L. (2023). Constructing legitimacy for technologies developed in response to environmental regulation: the case of ammonia emission-reducing technology for the Flemish intensive livestock industry. *Agriculture and Human Values*, 40(2), 649–665. <https://doi.org/10.1007/s10460-022-10377-4>

Wang, R. L., Hsu, T. F., & Hu, C. Z. (2021). A bibliometric study of research topics and sustainability of packaging in the Greater China Region. *Sustainability (Switzerland)*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/su13105384>

Woelken, L., Weckowska, D. M., Dreher, C., & Rauh, C. (2024). Toward an innovation radar for cultivated meat: exploring process technologies for cultivated meat and claims about their social impacts. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1390720>

Transparencia

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

Los autores financiaron completamente la investigación.

Contribución de autoría

Beymar Saavedra Loayza: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

Dante Ayaviri-Nina: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

Los autores contribuyeron activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.