









ORIGINAL

Analysis of research trends on the implementation of information systems in the agricultural sector

Análisis de las tendencias de investigación sobre la implementación de sistemas informáticos en el sector agrícola

Verenice Sánchez-Castillo¹  , Rita Ávila Romero²  , Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga²  

¹Universidad de la Amazonia. Florencia, Colombia.

²Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Economía. Ciudad de México, México.

Citar como: Sánchez-Castillo V, Ávila Romero R, Juárez Olascoaga R. Análisis de las tendencias de investigación sobre la implementación de sistemas informáticos en el sector agrícola. Data and Metadata 2024; 3:442. <https://doi.org/10.56294/dm2024442>

Enviado: 11-03-2024

Revisado: 10-06-2024

Aceptado: 29-07-2024

Publicado: 30-07-2024

Editor: Adrián Alejandro Vitón-Castillo 

Nota: Este artículo deriva del proyecto de investigación SIP-IPN 20242305 y SIP-IPN 20240075.

ABSTRACT

The process of introducing computer systems in the agricultural sector, also known as Agriculture 4.0, seeks to optimize agricultural production and management at different stages of the agricultural production system. The purpose of the study was to explore research trends on the implementation of computer systems in the agricultural sector. The research approach was quantitative, with a descriptive scope and based on bibliometric procedures. The research was conducted in the SCOPUS database in the period between 1994 and 2023. A total of 73 investigations were obtained. The behavior of the research was heterogeneous, but a stable trend towards the growth of the field could be identified. Regarding the structure of knowledge, research in the area of biological sciences and agriculture predominated with 25 articles. The most productive country is India and the affiliation of the same country was Kumaun University India and the Czech University of Life Sciences Prague, both with four investigations ($n=4$). The most cited journal with 110 citations was Ecological Informatics, a journal that has an impact factor of 0,92. Four main lines of research were identified from the keyword co-occurrence analysis.

Keywords: Bibliometric Analysis; Descriptive Study; Agricultural Sector; Computer Systems.

RESUMEN

El proceso de introducción de sistemas informáticos en el sector agrícola, también conocido como Agricultura 4.0, busca la optimización de la producción y gestión agrícola en diferentes etapas del sistema productivo agrícola. El propósito del estudio fue explorar las tendencias de investigación sobre la implementación de sistemas informáticos en el sector agrícola. El enfoque de investigación fue cuantitativo, con alcance descriptivo y basado en procedimientos bibliométricos. La pesquisa se condujo la base de datos SCOPUS en el período comprendido entre 1994 y 2023. Se obtuvieron un total de 73 investigaciones. El comportamiento de las investigaciones fue heterogéneo, pero se pudo identificar una tendencia estable hacia el crecimiento del campo. En cuanto a la estructura del conocimiento, predominaron las investigaciones en el área de las ciencias biológicas y de la agricultura con 25 artículos. El país más productor es la India y la filiación del mismo país fue Kumaun University India y el Czech University of Life Sciences Prague ambas con cuatro investigaciones ($n=4$). La revista más citada con 110 citas fue Ecological Informatics, revista que posee un factor de impacto de 0,92. Del análisis de coocurrencia de palabras clave se identificaron cuatro líneas de investigación principales.

Palabras clave: Análisis Bibliométrico; Estudio Descriptivo; Sector Agrícola; Sistemas Informáticos.

INTRODUCCIÓN

La informatización del sector agrícola constituye no solo una necesidad a tono con los tiempos presentes y previsiblemente futuros, además, es un campo de estudio fundamental en el contexto del afrontamiento a problemas sociales y medioambientales acuciantes.^(1,2,3,4) También denominadas como Agricultura 4.0, las estrategias basadas en la introducción de sistemas informáticos buscan la optimización de la producción y gestión agrícola en diferentes etapas del sistema productivo.^(5,6,7,8)

se sustenta en el diseño, desarrollo, implantación y evaluación de la optimización integrada de la producción agrícola, auxiliada en tecnologías punteras.^(7,9,10) Esta revolución tecnológica en el sector permite la captación y transmisión de datos sobre el campo, cultivo y explotación en tiempo real.^(11,12,13)

Este campo no solo se dirige a cuestiones meramente tecnológicas, sino que se considera como el componente rector del análisis del conjunto total de tecnologías factibles de implementar en la producción agrícola, lo que también supone profundos procesos de toma de decisiones.^(14,15) Las tecnologías que definen la Agricultura 4.0 incluyen el Internet de las Cosas (IoT),^(16,17) el *Big Data*,^(11,18,19,20) la Inteligencia Artificial,^(21,22,23) entre otras. Estas tecnologías permiten recopilar de forma inmediata datos de cada una de las operaciones realizadas sobre el campo, monitorizar la maquinaria y recopilar información tanto de los suelos como de los sensores meteorológicos.^(24,25) Algunas de las prestaciones más relevantes son las imágenes satelitales, que permiten conocer el estado y evolución de los cultivos en cuanto a vigor y sanidad vegetal, al igual que los drones, que se utilizan para supervisar los cultivos.^(6,25)

Algunos ejemplos de sistemas informáticos aplicados en el sector agrícola son:

1. Planificación de recursos empresariales para Agricultura: constituye un ejemplo de diseño integral dirigido a necesidades propias de este sector, lo que no solo incluye los aspectos relacionados con el cultivo, sino que soporta procesos financieros y relacionados con el suministro.⁽²⁶⁾
2. Software de Agricultura Inteligente: Este software utiliza tecnologías modernas como drones, inteligencia artificial, macrodatos, IoT, satélites, etc., para optimizar y automatizar los procesos rutinarios en la agricultura.^(27,28,29)
3. Sistemas de Información en el Sector Agrícola: Estos sistemas facilitan un diseño optimizado del cultivo a partir del análisis de la calidad, provee herramientas para gestionar los procesos ganaderos y sus modelos de explotación, comprende el control de plagas, la gestión de los registros de la organización y facilita la toma de decisiones en el examen de riesgos y pérdidas.^(1,2)

Entre las ventajas de la Agricultura 4.0 se encuentran el mejor seguimiento de las operaciones agrícolas; la gestión más eficiente de los recursos;⁽³⁰⁾ introducir mejoras en la calidad del producto final;⁽³¹⁾ reducir costos; así como la promoción de prácticas que contribuyen a la preservación medioambiental mediante la reducción de residuos, el análisis climático, las acciones de sostenibilidad.^(32,33,34,35) Sin embargo, presentan como principal desafío superar brechas tecnológicas y promover una gestión agrícola inclusiva e integrada a los sistemas industriales, de gobernanza y comunitario.^(36,37)

Otro importante instrumento es la inteligencia artificial (IA), la cual expande su presencia en el sector agrícola,^(38,39) a la vez que proporciona tecnología de vanguardia para cosechar con mejor productividad y rendimiento de los cultivos.⁽⁴⁰⁾ Un ejemplo de esto son los tractores autónomos que realizan múltiples tareas,⁽⁴¹⁾ y el uso de robots que pueden realizar fácilmente múltiples tareas en el campo agrícola.⁽⁴²⁾

En cuanto a las particularidades de la informatización del sector agrícola, aparece la variabilidad de determinados productos según contexto o estación, las problemáticas asociadas al proceso (compra-venta de insumos, traspotación y almacenamiento), así como la propia cultura y marco legal del sector.⁽⁴³⁾ Además, la introducción de las TIC supone un necesario de análisis de los fines, contextos y requisitos de capacitación de cara a la optimización de todos los componentes del sector.^(44,45)

En este sentido, el futuro del campo parece prometedor. En el caso europeo, los antecedentes han demostrado las potencialidades del proceso para aportar a la solución de problemas sociales concretos, promover relaciones entre diferentes sectores, mejorar la eficiencia de los procesos productivos y contribuir al cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible.⁽⁴⁶⁾ Sin embargo, los estudios también ponen bajo análisis la necesidad de implicar a múltiples stakeholders, propiciar procesos de formación ajustados a los contextos y las necesidades de los agricultores, así como el respaldo a los procesos de diversificación tecnológica.

En consecuencia, el propósito fundamental del estudio fue explorar las tendencias de investigación sobre la implementación de sistemas informáticos en el sector agrícola.

MÉTODO

El enfoque adoptado fue cuantitativo y fundamentado en los principales elementos metodológicos y procedimentales de este tipo de estudios de revisión.^(47,48,49) En función del propósito del estudio, su racionalidad y alcance, la pesquisa fue descriptiva y se organizó en función de la determinación temporal y estructural de tendencias.⁽⁵⁰⁾ La decisión de realizar un estudio bibliométrico se sustentó en su aporte a la comprensión de tendencias, la evaluación de las dinámicas de producción intelectual y las asociaciones entre autores, países

e instituciones, más destacados.⁽⁵¹⁾ En aras de profundizar en la evolución del campo y alcanzar también un representación del comportamiento actual, se identificó como periodo de estudio el rango 1994 - 2023. El estudio se desarrolló en la base de datos SCOPUS (<https://www.scopus.com/>).

Para la ejecución de la búsqueda se diseñó la fórmula que sigue: TITLE-ABS-KEY (“informatics” AND “system” AND “agricultural”) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “ar”)).

La pesquisa se condujo el 19 de febrero del 2024 y se obtuvieron un total de 73 investigaciones (N=73). El procesamiento fue realizado por dos investigadores independientes y se descargó un fichero en formato “.RIS” se utilizó el gestor bibliográfico EndNote X8 en apoyo a este trabajo.

Los indicadores que se analizaron se relatan en la tabla 1.

Tabla 1. Relación de los indicadores y sus unidades		
Indicadores	Descripción	Fuente de información
Indicadores de tendencia		
Año de publicación	Estudia el comportamiento de las investigaciones y su frecuencia en el tiempo. Se utilizó la línea de tendencia ajustada en función del mayor valor de R ² .	SCOPUS (se descargó en ficheros .XLSX (formato hoja de Excel) y procesados en el software Microsoft Excel)
Indicadores de producción		
Área del conocimiento ofrecida	Se analizan la cantidad de documentos por áreas del conocimiento.	SCOPUS (se descargó en ficheros .XLSX (formato hoja de Excel) y procesados en el software Microsoft Excel)
Producción por país	Se analizan la cantidad de documentos por país.	
Producción por filiación institucional	Se analizan la cantidad de documentos por filiación institucional.	
Indicadores de Impacto		
Revistas	Análisis del impacto de las principales revistas a partir del número de citas (CC), factor de impacto (IF), país editor y cuartil (Q).	CC: SCOPUS IF, Q y h-index: Scimagojr Journal Rank (https://www.scimagojr.com/)

Además, se introdujo una exploración de la colaboración autorial obtenido con el software VOSweiver y se obtuvo el mapa bibliométrico *network* la red de coocurrencia de palabras clave con las principales líneas de investigación. El objetivo de estos procedimientos fue visualizar la existencia de posibles nichos de colaboración y descriptores más empleados.

RESULTADOS

La dinámica tendencial de las publicaciones fue heterogénea, con picos y caídas pronunciados, resultados identificados con un índice de 52,3 % de confianza (figura 1). El año de mayor producción fue el 2021, donde se publicaron nueve documentos. Este resultado no coincidió con un estudio análogo dirigido a explorar la relación entre productividad y la integración de las TIC.⁽⁵²⁾

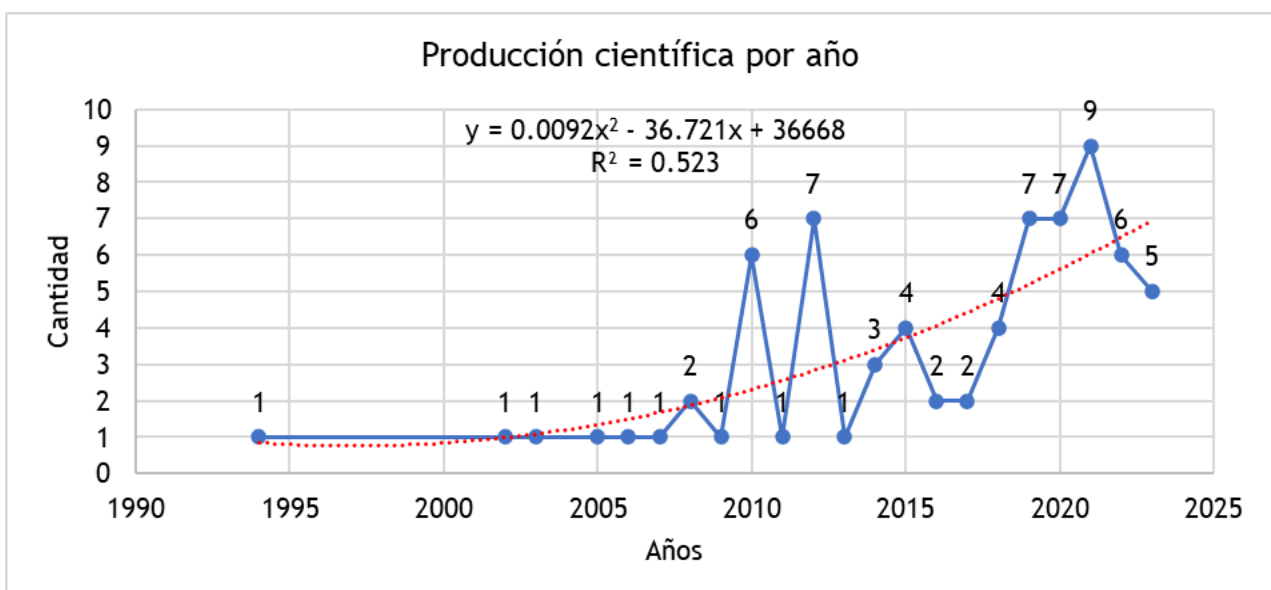


Figura 1. Producción científica por año

Con respecto a las principales subestructuras disciplinares, se identificaron 19 áreas del conocimiento. Un análisis de las áreas de investigación con más de siete investigaciones (n=7), evidenció que la más representativa es las ciencias biológicas y de la agricultura con 25 (n=25) que representan el 19 %, seguido de las ciencias ambientales y las ciencias de la computación con 22 y 18 investigaciones respectivamente. Este resultado fue previsible debido a las matrices de conocimientos relacionadas a nivel de conceptos y se pudo observar en diferentes estudios similares.^(52,53)

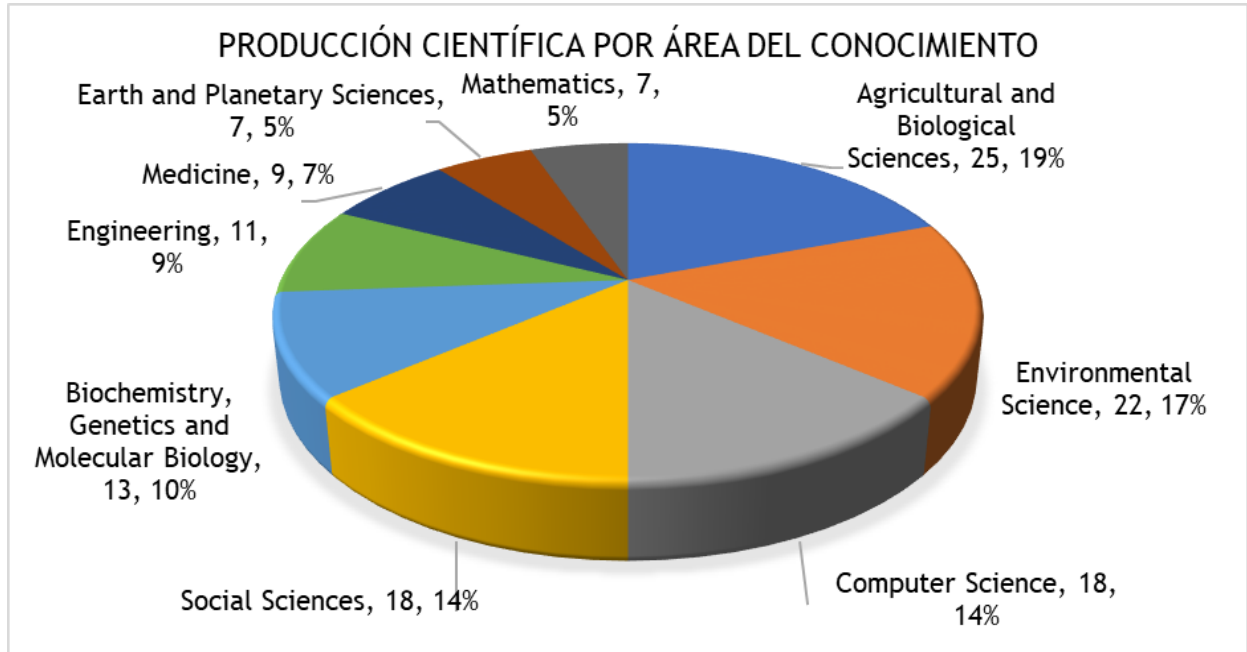


Figura 2. Producción según subestructura del conocimiento

Un análisis de la producción científica por países evidenció que 42 países han publicado sobre la temática. Un análisis de los países con más de tres publicaciones (figura 3), el país más productor es la India con 19 investigaciones (n=19), seguido de Estados Unidos y China con 17 y siete investigaciones respectivamente. Un análisis bibliométrico y temático sobre la Agricultura 4.0 arrojó, además, la importancia de países como Brasil, Alemania e Italia.⁽⁵⁴⁾

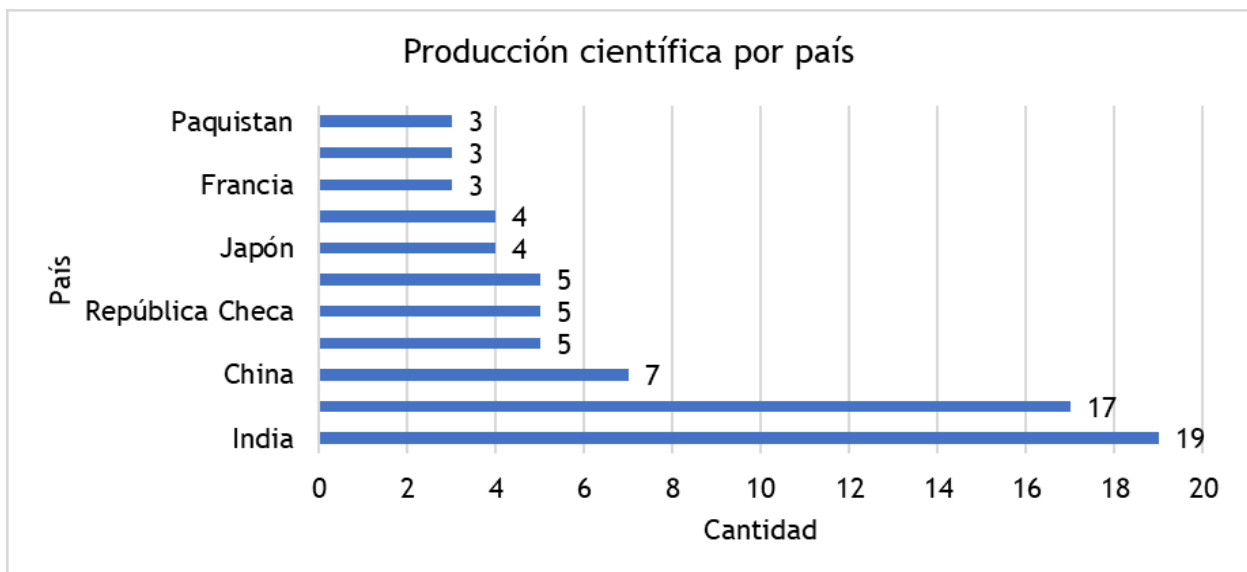


Figura 3. Producción científica por país

Un análisis de las instituciones con más de dos investigaciones (figura 4), el Kumaun University India y el Czech University of Life Sciences Prague ambas con cuatro investigaciones (n=4), seguido de la Universidad de Arizona con tres investigaciones (n=3). Este resultado no coincidió con otros estudios similares, lo que resalta

la importancia de explorar diversas líneas y descriptores dentro de la base.⁽⁵⁴⁾

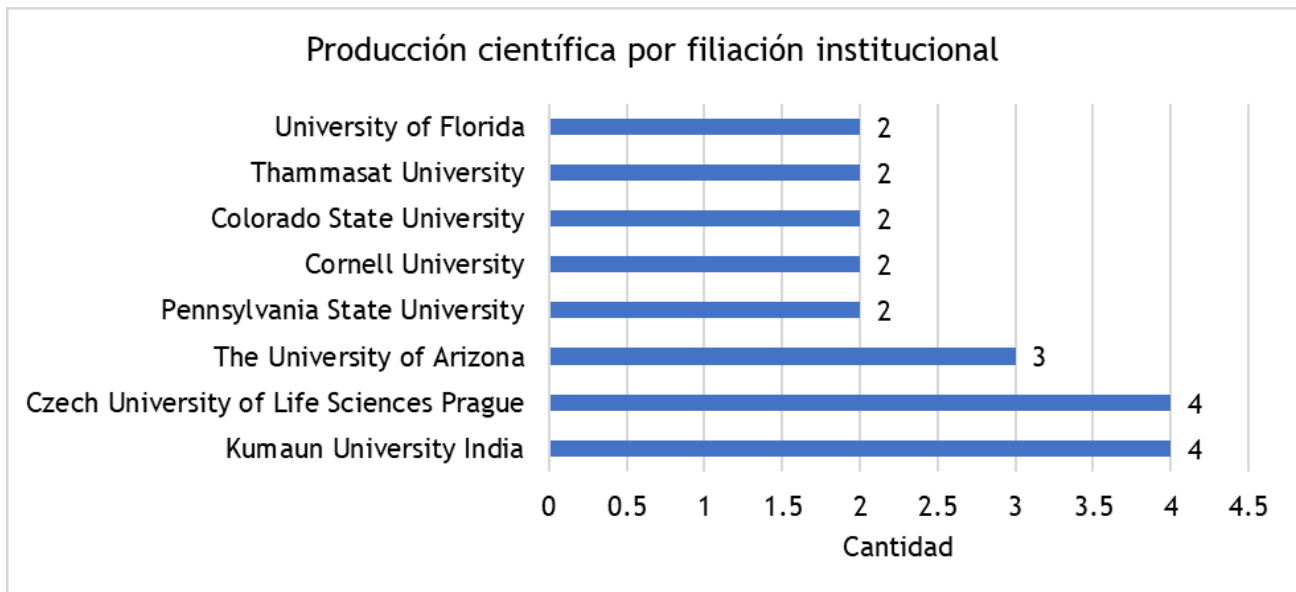


Figura 4. Producción científica por filiación institucional

La tabla 2 muestra el ranking de las revistas más citadas en el área del conocimiento en el período seleccionado. La revista más citada, con 110 citas, fue *Ecological Informatics*, revista que posee un factor de impacto de 0,92. Los países editoriales más representativos fueron Holanda, Estados Unidos y Suiza. La revista de mayor factor de impacto es *Genome Research* con 4,91. De las 10 revistas nueve se encuentran en el cuartil 1 (Q1) y solo una en el cuartil 2 (Q2). Este resultado demuestra la relevancia y crecimiento del campo, si bien todavía se precisa una mayor visibilización de la producción científica en revistas de alto impacto.

Revista	CC	IF	País	Q
1. <i>Ecological Informatics</i>	110	0,92	Holanda	Q1
2. <i>Sustainability (Switzerland)</i>	107	0,66	Suiza	Q1
3. <i>Genome Research</i>	77	4,91	Estados unidos	Q1
4. <i>Science of the Total Environment</i>	62	1,95	Holanda	Q1
5. <i>Remote Sensing Applications: Society and Environment</i>	58	0,88	Holanda	Q1
6. <i>Frontiers in Plant Science</i>	56	1,23	Suiza	Q1
7. <i>Groundwater for Sustainable Development</i>	46	1,08	Holanda	Q1
8. <i>Journal of Environmental Studies and Sciences</i>	44	0,53	Estados unidos	Q2
9. <i>Journal of Biomedical Informatics</i>	39	1,08	Estados unidos	Q1
10. <i>Water (Switzerland)</i>	37	0,72	Suiza	Q1

Se realizó un análisis de coocurrencia de palabras clave (figura 5), que arrojó como clúster principal la informática y a su alrededor los sistemas de soporte a la toma de decisiones y su influencia o impacto en la economía. Muy ligado a este se encuentran la agricultura, las cadenas de suministro de alimentos, los sistemas geoinformáticos y el desarrollo sostenible. Se identificaron cuatro líneas de investigación principales:

1. Los estudios relacionados con la identificación teórica de herramientas informáticas que influyan en la mejora de los procesos en el sector agrícola.
2. Identificación y aplicación de sistemas informáticos para la mejora de los procesos en el sector agrícola.
3. La agricultura 4.0 o agricultura de precisión sus ventajas y desventajas e influencias futuras en el desarrollo sostenible en el sector.
4. Las aplicaciones de la inteligencia artificial mediante casos prácticos en el sector agrícola.

Se identificaron cuatro líneas de investigación principales: Los estudios relacionados con la identificación teórica de herramientas informáticas que influyan en la mejora de los procesos en el sector agrícola, la identificación y aplicación de sistemas informáticos para la mejora de los procesos en el sector agrícola, la agricultura 4.0 o agricultura de precisión sus ventajas y desventajas e influencias futuras en el desarrollo sostenible en el sector y las aplicaciones de la inteligencia artificial mediante casos prácticos en el sector agrícola. Además, se comprobó la tendencia a pequeñas agrupaciones de autores representativos, asociados entre sí a través de vínculos institucionales y nacionales, lo que sugiere la importancia de los colegios invisibles en el campo.

REFERENCIAS

1. Dutta A, Banerjee M, Ray R. Land capability assessment of Sali watershed for agricultural suitability using a multi-criteria-based decision-making approach. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2024;196(3):237. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12393-9>
2. Ong RJ, Sudin S, Raof RAA, Choong KY, Al-Hadi AA, Yacob Y, et al. Dynamic web-based knowledge management system (KMS) in small scale agriculture. Mohali, India; 2024. p. 030013. <https://doi.org/10.1063/5.0196279>
3. Patanduk R, Budianta W, De Fatima IMD, Umar D. Application of DRASTIC method to identify the groundwater vulnerability to pollution in the sub-district of West Limboto and Limboto, Gorontalo Regency, Indonesia. *E3S Web of Conferences*. 2024;479:02003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447902003>
4. Trushkina N, Dzwigol H. A mechanism for managing the agro-clusters' development: The European practice and opportunities for Ukraine. London, UK; 2024. p. 020017. <https://doi.org/10.1063/5.0188468>
5. Bui HT, Aboutorab H, Mahboubi A, Gao Y, Sultan NH, Chauhan A, et al. Agriculture 4.0 and beyond: Evaluating cyber threat intelligence sources and techniques in smart farming ecosystems. *Computers & Security*. 2024;140:103754. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2024.103754>
6. Hazmy AI, Hawbani A, Wang X, Al-Dubai A, Ghannami A, Yahya AA, et al. Potential of Satellite-Airborne Sensing Technologies for Agriculture 4.0 and Climate-Resilient: A Review. *IEEE Sensors Journal*. 2024;24(4):4161-80. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2023.3343428>
7. Hoyos Chavarro YA, Melo Zamudio JC, Sánchez Castillo V. Sistematización de la experiencia de circuito corto de comercialización estudio de caso Tibasosa, Boyacá. *Región Científica*. 2022;1(1):20228. <https://doi.org/10.58763/rc20228>
8. Monteleone S, Alves De Moraes E, Prottil RM, Faria BTD, Maia RF. Proposal of a Model of Irrigation Operations Management for Exploring the Factors That Can Affect the Adoption of Precision Agriculture in the Context of Agriculture 4.0. *Agriculture*. 2024;14(1):134. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010134>
9. Da Silveira F, Barbedo JGA, Da Silva SLC, Amaral FG. Proposal for a framework to manage the barriers that hinder the development of agriculture 4.0 in the agricultural production chain. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023;214:108281. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108281>
10. Munyavhi A, Shumbanhete B, Mapfumo T, Marodza L. Blockchain Technology, Sustainability and Future of Public Input Distribution in Zimbabwe. *Sustainable Agricultural Marketing and Agribusiness Development*. GB: CABI; 2023. p. 115-23. <https://doi.org/10.1079/9781800622548.0012>
11. Lorencowicz E, Uziak J. Selected Problems on Data Used in Precision Agriculture. *Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture*. Cham: Springer International Publishing; 2023. p. 217-26. (Lecture Notes in Civil Engineering; vol. 289). https://doi.org/10.1007/978-3-03113090-8_23
12. Solodovnik AI, Savkin VI, Gulyaeva TI. Agro-Digital Ecosystems in Agriculture 4.0 and FoodTech Initiatives: Perspectives from Russia. *Unlocking Digital Transformation of Agricultural Enterprises*. Cham: Springer International Publishing; 2023. p. 17-23. (Innovation, Technology, and Knowledge Management). https://doi.org/10.1007/9783-031-13913-0_3
13. Szalavetz A. Agricultural Technology Start-ups-Romania and Hungary Compared. *Romanian Journal of European Affairs*. 2023;23(1):34-45. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.085165485074&part>

nerID=40&md5=0d1b0e49bbc9d48685113d86ae57addd

14. El Moutaouakil K, Falih N. Deep learning-based classification of cattle behavior using accelerometer sensors. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*. 2024;13(1):524. <https://doi.org/10.11591/ijai.v13.i1.pp524-532>
15. Kazama EH, Tedesco D, Carreira VDS, Barbosa Júnior MR, De Oliveira MF, Ferreira FM, et al. Monitoring coffee fruit maturity using an enhanced convolutional neural network under different image acquisition settings. *Scientia Horticulturae*. 2024;328:112957. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112957>
16. Juwono FH, Wong WK, Verma S, Shekhawat N, Lease BA, Apriono C. Machine learning for weed-plant discrimination in agriculture 5.0: An in-depth review. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2023;10:13-25. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2023.09.002>
17. Zafra-Aycardi MA, Rico-Bautista D, Mejía-Bugallo DA, Sequeda-Serrano JA. The Internet of Things as a Technological Tool and Its Application in the Management and Control of Data for Agriculture 4.0. *SN Computer Science*. 2023;5(1):56. <https://doi.org/10.1007/s42979-023-02428-2>
18. Jouini O, Sethom K. A Blockchain Based Authentication Mechanism for IoT in Agriculture 4.0. *Advanced Information Networking and Applications*. Cham: Springer International Publishing; 2023. p. 67-76. (Lecture Notes in Networks and Systems; vol. 654). https://doi.org/10.1007/978-3-031-28451-9_6
19. López González YY. Aptitud digital del profesorado frente a las competencias TIC en el siglo XXI: una evaluación de su desarrollo. *Región Científica*. 2023;2(2):2023119. <https://doi.org/10.58763/rc2023119>
20. Miranda Larroza MM, Sanabria Zotelo ME. Estrategias didácticas en plataformas educativas: experiencia de docentes de Licenciatura en Administración en universidad pública de Paraguay. *Región Científica*. 2023;2(1):202330. <https://doi.org/10.58763/rc202330>
21. Ali B, Ilieva A, Zakeri A, Iliev O. From Industry 4.0 Toward Agriculture 4.0. *Intelligent Systems and Applications [Internet]*. Cham: Springer Nature Switzerland; 2024. p. 636-51. (Lecture Notes in Networks and Systems; vol. 824). https://doi.org/10.1007/978-3-03147715-7_43
22. Debortoli DO, Brignole NB. Inteligencia empresarial para estimular el giro comercial en el microcentro de una ciudad de tamaño intermedio. *Región Científica*. 2024;3(1):2024195. <https://doi.org/1058763/rc2024195>
23. Lin M, Chen C, Lu J. Intelligent classifier for various degrees of coffee roasts using smart multispectral vision system. *Journal of Field Robotics*. 2024;41(3):639-53. <https://doi.org/10.1002/rob.22285>
24. Eddamiri S, Bassine FZ, Ongoma V, Epule Epule T, Chehbouni A. An automatic ensemble machine learning for wheat yield prediction in Africa. *Multimedia Tools and Applications*. 2024;83(25):66433-59. <https://doi.org/10.1007/s11042-024-18142-x>
25. Ghosh B, Roy S, Ahmed N, De D. Dew Aeroponics: Dew-Enabled Smart Aeroponics System in Agriculture 4.0. *Dew Computing [Internet]*. Singapore: Springer Nature Singapore; 2024. p. 261-87. (Internet of Things). https://doi.org/10.1007/978-981-99-4590-0_13
26. Kouriati A, Moulougianni C, Kountios G, Bournaris T, Dimitriadou E, Papadavid G. Evaluation of Critical Success Factors for Enterprise Resource Planning Implementation Using Quantitative Methods in Agricultural Processing Companies. *Sustainability*. 2022;14(11):6606. <https://doi.org/10.3390/su14116606>
27. Guatemala Mariano A, Martínez Prats G. Capacidades tecnológicas en empresas sociales emergentes: una ruta de impacto social. *Región Científica*. 2023;2(2):2023111. <https://doi.org/10.58763/rc2023111>
28. Jiang F. A Study on Intelligent Agricultural Monitoring System Based on Internet of Things. *Proceedings of Asia Pacific Computer Systems Conference 2021 [Internet]*. Singapore: Springer Nature Singapore; 2023. p. 23-31. (Lecture Notes in Electrical Engineering; vol. 978). https://doi.org/10.1007/978-98119-7904-0_3
29. Wang X, Yu S, Wen Z, Zhang L, Fang C, Jiang L. Application of Modern GIS and Remote Sensing

Technology Based on Big Data Analysis in Intelligent Agriculture. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2023;51(9):1891-901. <https://doi.org/10.1007/s12524-022-01512-z>

30. García Peña M, López Ocmin LS, Romero-Carazas R. Control interno de inventario y la gestión de resultados de un emporio comercial de la región de San Martín - Perú. *Región Científica*. 2023;2(2):202392. <https://doi.org/10.58763/rc202392>

31. Sanabria Martínez MJ. Construir nuevos espacios sostenibles respetando la diversidad cultural desde el nivel local. *Región Científica*. 2022;1(1):20222. <https://doi.org/10.58763/rc20222>

32. Aguiar S, Barros E. A Soil pH Sensor and a Based on Time-Series Prediction IoT System for Agriculture. 2023 XIII Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering (SBESC) [Internet]. Porto Alegre, Brazil: IEEE; 2023. p. 1-6. <https://doi.org/10.1109/SBESC60926.2023.10324263>

33. Higuera Carrillo EL. Aspectos clave en agroproyectos con enfoque comercial: Una aproximación desde las concepciones epistemológicas sobre el problema rural agrario en Colombia. *Región Científica*. 2022;1(1):20224. <https://doi.org/10.58763/rc20224>

34. Kar GN, Verma P, Mahato S, Santra A, Kundu S, Bose A. An IoT-Enabled Multi-Sensor System with Location Detection for Agricultural Applications. *MAPAN - Journal of Metrology Society of India*. 2023;38(2):375-82. <https://doi.org/10.1007/s12647-022-00617-7>

35. Shaik KS, Thumboor NSK, Veluru SP, Bommagani NJ, Sudarsa D, Muppagowni GK. Enhanced SVM Model with Orthogonal Learning Chaotic Grey Wolf Optimization for Cybersecurity Intrusion Detection in Agriculture 4.0. *International Journal of Safety and Security Engineering*. 2023;13(3):509-17. <https://doi.org/10.18280/ijssse.130313>

36. Da Silveira F, Lermen FH, Amaral FG. An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021;189:106405. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106405>

37. Debauche O, Mahmoudi S, Manneback P, Lebeau F. Cloud and distributed architectures for data management in agriculture 4.0 : Review and future trends. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. 2022;34(9):7494-514. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.09.015>

38. Kiran Pandiri DN, Murugan R, Goel T. Smart soil image classification system using lightweight convolutional neural network. *Expert Systems with Applications*. 2024;238:122185. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122185>

39. Kitole FA, Mkuna E, Sesabo JK. Digitalization and agricultural transformation in developing countries: Empirical evidence from Tanzania agriculture sector. *Smart Agricultural Technology*. 2024;7:100379. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100379>

40. Mahato M, Bharambe U, Govilkar S, Dhavale C, Moharkar L. Leveraging Big Data Analytics and Conversational AI for Agriculture. *Big Data Computing* [Internet]. Boca Raton: CRC Press; 2023. p. 180-95. <https://doi.org/10.1201/9781032634050-9>

41. Raza MMS, Li S, Issa SF. Global Patterns of Agricultural Machine and Equipment Injuries- A Systematic Literature Review. *Journal of Agromedicine*. 2024;29(2):214-34. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2024.2304704>

42. Wakchaure M, Patle BK, Mahindrakar AK. Application of AI techniques and robotics in agriculture: A review. *Artificial Intelligence in the Life Sciences*. 2023;3:100057. <https://doi.org/10.1016/j.aailsci.2023.100057>

43. Kaushalya TVH, Wijewardana BYS, Karunasena A, Kavishika MGG, Gamage STA, Weerasinghe L. CEYLAGRO: Information Technological Approach for an Optimized and Centralized Agriculture Platform. 2020 2nd International Conference on Advancements in Computing (ICAC) [Internet]. Malabe, Sri Lanka: IEEE; 2020. p. 198-203. <https://doi.org/10.1109/ICAC51239.2020.9357313>

44. Bulut C, Wu PF. More than two decades of research on IoT in agriculture: a systematic literature review. *Internet Research*. el 21 de mayo de 2024;34(3):994-1016.
45. Kruger S, Steyn AA. Adopting Smart Technologies of Industry 4.0 to Formulate Data for Enhanced Business Intelligence. *Digital-for-Development: Enabling Transformation, Inclusion and Sustainability Through ICTs [Internet]*. Cham: Springer Nature Switzerland; 2023. p. 154-71. (Communications in Computer and Information Science; vol. 1774). https://doi.org/10.1007/978-3-031-28472-4_10
46. Jorge-Vázquez J, Chivite-Cebolla MP, Salinas-Ramos F. The Digitalization of the European Agri-Food Cooperative Sector. Determining Factors to Embrace Information and Communication Technologies. *Agriculture*. 2021;11(6):514. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060514>
47. Ledesma F, Malave González BE. Patrones de comunicación científica sobre E-commerce: un estudio bibliométrico en la base de datos Scopus. *Región Científica*. 2022;1(1):202214. <https://doi.org/10.58763/rc202214>
48. Linnenluecke MK, Marrone M, Singh AK. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of Management*. 2020;45(2):175-94. <https://doi.org/10.1177/0312896219877678>
49. Sánchez Suárez Y, Marqués León M, Hernández Nariño A, Suárez Pérez MM. Metodología para el diagnóstico de la gestión de trayectorias de pacientes en hospitales. *Región Científica*. 2023;2(2):2023115. <https://doi.org/10.58763/rc2023115>
50. Castañeda Ramos R, Arias Diaz D, Santos Maldonado AB. Control de bienes patrimoniales y su relación en el saneamiento físico e información contable en las municipalidades de Lima. *Región Científica*. 2023;2(1):202341. <https://doi.org/10.58763/rc202341>
51. Sánchez-Castillo V, Pérez-Gamboa AJ, Gómez-Cano CA. Trends and evolution of Scientometric and Bibliometric research in the SCOPUS database. *Bibliotecas, Anales de Investigacion [Internet]*. 2024;20(1). <http://revistas.bnjm.sld.cu/index.php/BAI/article/view/834>
52. Armenta-Medina D, Ramirez-delReal TA, Villanueva-Vásquez D, Mejia-Aguirre C. Trends on Advanced Information and Communication Technologies for Improving Agricultural Productivities: A Bibliometric Analysis. *Agronomy*. 2020;10(12):1989. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121989>
53. Ribeiro MIB, Fernandes AJG, Lopes IM, Fernandes APR. A Bibliometric Analysis About the Use of ICT in the Agricultural Sector. Guarda T, Portela F, Santos MF, editores. *Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability [Internet]*. Springer International Publishing; 2021. p. 589-99. (Communications in Computer and Information Science; vol. 1485). https://doi.org/10.1007/978-3-030-90241-4_45
54. Mühl DD, De Oliveira L. A bibliometric and thematic approach to agriculture 4.0. *Heliyon*. mayo de 2022;8(5):e09369. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09369>

FINANCIACIÓN

La investigación fue auspiciada por los proyectos SIP-IPN 20242305 y SIP-IPN 20240075.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Curación de datos: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Análisis formal: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Adquisición de fondos: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Investigación: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Metodología: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Administración del proyecto: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Recursos: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Software: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Supervisión: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Validación: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Visualización: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Redacción - borrador original: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.

Redacción - revisión y edición: Verenice Sánchez-Castillo, Rita Ávila Romero, Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga.