

IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL USO DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA FRUTICULTURA: REVISIÓN DE LA LITERATURA

IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE- BASED SOLUTIONS FOR THE OPTIMIZATION OF WATER RESOURCES USE IN FRUIT GROWING: LITERATURE REVIEW

Diana Marcela Romero Suárez
Ingeniera industrial. Especialista en Gerencia del Talento Humano.
Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)
<https://orcid.org/0000-0001-8786-4597>
diana.romero@unad.edu.co



RESUMEN

La fruticultura, como una de las principales actividades agrícolas a nivel mundial, enfrenta desafíos significativos relacionados con la gestión eficiente del agua. En este contexto, la implementación de soluciones basadas en inteligencia artificial (IA) se presenta como una alternativa prometedora para optimizar el uso de recursos hídricos. Este artículo revisa la literatura sobre el uso de IA en la fruticultura, con énfasis en técnicas como el aprendizaje automático, los sistemas de riego inteligentes y la

teledetección, que permiten mejorar la eficiencia del agua en los cultivos frutales. Se discuten los avances más relevantes, así como las oportunidades y desafíos para la adopción de estas tecnologías en la fruticultura, con un enfoque especial en los contextos donde los recursos hídricos son limitados.

Palabras clave: fruticultura; inteligencia artificial; recursos hídricos; riego inteligente; teledetección; aprendizaje automático.





ABSTRACT

Fruit farming, as one of the major agricultural activities worldwide, faces significant challenges related to efficient water management. In this context, the implementation of artificial intelligence (AI) solutions represents a promising alternative to optimize water use. This article reviews the literature on AI applications in fruit farming, with emphasis on techniques such as machine learning, intelligent irrigation systems, and remote sensing, which help

improve water efficiency in fruit crops. The most relevant advances are discussed, as well as the opportunities and challenges for the adoption of these technologies in fruit farming, with a particular focus on contexts where water resources are limited.

Keywords: fruit farming; artificial intelligence; water resources; intelligent irrigation; remote sensing; machine learning.



INTRODUCCIÓN

La fruticultura es una de las ramas más importantes de la agricultura global, pues desempeña un papel clave en la seguridad alimentaria y en la economía de muchos países, incluidos aquellos en desarrollo. La creciente demanda de frutas a nivel mundial ha impulsado la expansión de esta industria, pero también ha generado una mayor presión sobre los recursos naturales, especialmente el agua. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019), el crecimiento en la producción de frutas, junto con las fluctuaciones climáticas, afecta la sostenibilidad de los recursos hídricos en muchas regiones. En este contexto, la sostenibilidad ambiental es un aspecto crítico para garantizar la viabilidad a largo plazo de la fruticultura.

La agricultura es responsable de aproximadamente el 70 % del uso global de agua dulce (World Bank, 2021) y, dentro de este sector, la fruticultura requiere grandes cantidades de agua debido a la alta demanda hídrica de muchos cultivos frutales. El manejo ineficiente del agua no solo amenaza la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, sino que también provoca efectos ambientales negativos, como la desertificación y la degradación de la calidad del agua (Yadav *et al.*, 2022). En respuesta a estos desafíos, las tecnologías basadas en inteligencia artificial (IA) se perfilan como herramientas prometedoras para optimizar el uso de agua en la fruticultura, al tiempo que minimizan los impactos ambientales y

mejoran la sostenibilidad del sector. De esta manera, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo optimizar el uso de recursos hídricos en la fruticultura por medio de la implementación de la inteligencia artificial?

La implementación de soluciones basadas en IA ofrece varios beneficios en términos de sostenibilidad. Por ejemplo, los sistemas de riego inteligente, que utilizan algoritmos de aprendizaje automático para ajustar el riego según las condiciones del suelo y el clima, han demostrado ser eficaces para reducir el consumo de agua sin comprometer la productividad de los cultivos (Sangeetha *et al.*, 2022). Además, la IA puede ayudar a predecir patrones climáticos y gestionar el uso de agua de manera más eficiente, contribuyendo así a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la sobreutilización de recursos (Mana *et al.*, 2024).

El propósito de esta revisión de literatura es analizar el estado actual de las investigaciones sobre la aplicación de IA en la fruticultura, enfocándose en cómo estas tecnologías están contribuyendo a la optimización del uso de recursos hídricos y promoviendo la sostenibilidad ambiental. A través de esta revisión, se pretende identificar los principales enfoques metodológicos utilizados, los beneficios observados en la práctica y las implicaciones ambientales de su implementación.

Además, se explorará el impacto ambiental positivo de la adopción de soluciones de





IA, como la disminución en el uso de insumos agrícolas y la mejora en la eficiencia del uso del agua, lo que reduce la contaminación y la degradación del suelo (Kumar *et al.*, 2024). Este análisis también discutirá los retos metodológicos que enfrentan los investigadores al desarrollar y aplicar estos sistemas, y cómo las herramientas de IA pueden integrarse de manera más efectiva en los modelos actuales de producción agrícola.

Finalmente, esta revisión subraya la utilidad metodológica de la IA para abordar

problemas complejos en la gestión del agua, permitiendo una toma de decisiones basada en datos que se ajusta a las variaciones climáticas y a las condiciones específicas de cada cultivo. Esta capacidad de adaptación es crucial en contextos donde la disponibilidad de agua es limitada y donde el impacto ambiental debe controlarse cuidadosamente para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la fruticultura (Liakos *et al.*, 2018).

METODOLOGÍA

Este estudio se basa en una revisión sistemática exploratoria con el propósito de identificar las soluciones que aplican inteligencia artificial y que contribuyen a la optimización del uso del agua en la producción frutícola. Asimismo, se busca determinar en qué tipos de cultivo han sido implementadas dichas soluciones dentro del ámbito académico y en la literatura científica.

Para el desarrollo de la metodología, se consultaron las bases de datos WOS y Science Direct, abarcando publicaciones comprendidas entre el 2020 y el 2024. La estrategia de

búsqueda empleó ecuaciones en inglés con los términos “*artificial intelligence*”, “*water efficiency*” y “*fruit farming*”, los cuales fueron traducidos al español como “inteligencia artificial”, “eficiencia hídrica” y “fruticultura”. Se combinaron estas palabras clave para obtener resultados más específicos dentro de las bases de datos seleccionadas.

En el proceso de selección de artículos, se definieron los siguientes criterios de inclusión:

- Publicaciones comprendidas entre el 2020 y el 2024
- Documentos escritos en español, inglés o portugués
- Estudios originales de investigación
- Artículos cuyos resúmenes mencionan explícitamente el uso de inteligencia artificial en la optimización del recurso hídrico en cultivos frutales o similares.



Para gestionar la información obtenida, los registros que cumplían con los criterios de inclusión fueron exportados al *software* Mendeley, donde se realizó la eliminación de duplicados. Luego, se construyó una base de datos estructurada utilizando una matriz de referencia PICO y Microsoft Excel. En esta matriz se organizaron las variables en dos categorías: información principal (año de publicación, autores, título del artículo, país de publicación y nombre de la revista) e información de investigación (palabras clave, objetivos, diseño metodológico, análisis de datos, método de recolección de datos, hallazgos principales, pregunta de investigación y soluciones identificadas).

De esta manera, se efectuó una lectura detallada y un análisis crítico de los artículos seleccionados, examinando las soluciones propuestas en relación con las variables establecidas. Se identificaron tanto los métodos empleados para mejorar la eficiencia hídrica en la fruticultura como los tipos de cultivos en los que fueron aplicados. Además, se cuantificó la recurrencia de estas soluciones en la literatura revisada.

Este enfoque metodológico permite desarrollar un análisis sistemático y exhaustivo, asegurando que las soluciones basadas en inteligencia artificial se alineen con las necesidades específicas del sector frutícola y contribuyan significativamente a una gestión eficiente del agua en la agricultura.

RESULTADOS

Como resultado de la aplicación de los criterios de inclusión establecidos en la metodología de esta revisión sistemática exploratoria, se realizó un proceso de búsqueda enfocado en identificar estudios originales publicados entre el 2020 y agosto del 2024. La investigación se centró en analizar cómo la inteligencia artificial (IA) ha sido utilizada para mejorar la eficiencia en el uso del agua en la fruticultura. A continuación, se presenta un resumen del procedimiento de selección de documentos,

detallando la cantidad de registros obtenidos en la búsqueda inicial y el número final de artículos incluidos tras la aplicación de cada criterio. De esta manera, esta revisión abarcó un total de 38 publicaciones científicas relacionadas con la optimización del recurso hídrico a través de IA. La tabla 1 muestra el proceso de revisión y filtrado de documentos, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y la combinación de las palabras clave para la búsqueda.





Tabla 1. Selección de artículos

criterio/Base de datos	WOS	Science Direct
Búsqueda inicial	199	250
C1. Documentos desde el 2020 hasta el 2024	130	149
C2. Artículos de investigación	108	137
C3. Artículos en inglés, portugués y español	107	81
C4. Revisión del resumen	30	8
Total de artículos seleccionados	38	

Fuente: elaboración propia.

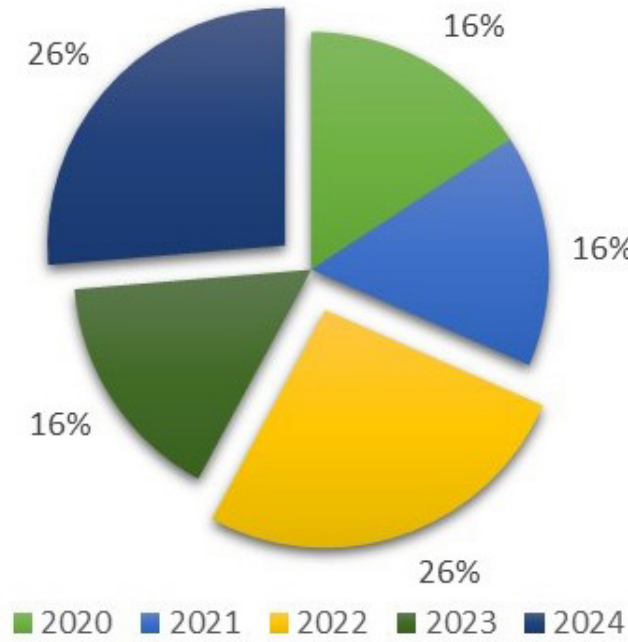
Según la información presentada en la tabla 1, la búsqueda preliminar en la base de datos WOS arrojó 199 documentos, de los cuales 130 correspondían a publicaciones dentro del rango de años definido (2020-2024). De estos, 108 fueron clasificados como artículos de investigación y, tras aplicar el criterio de idioma, se seleccionaron 107 documentos escritos en inglés, portugués o español. Finalmente, al revisar los resúmenes y confirmar que abordaban el tema “optimización de recursos hídricos en fruticultura mediante IA”, se definió el conjunto final de artículos a analizar. Por otro lado, en la base de datos Science Direct se identificaron 250 publicaciones, de las cuales 149 cumplían con el criterio temporal y 137 correspondían a investigaciones originales. Luego de aplicar la restricción de idioma, el número se redujo a 81 artículos y, al evaluar los resúmenes bajo

el criterio temático, solo 8 estudios cumplieron con los requisitos. En total, la revisión incluyó 38 documentos que satisfacían con todos los criterios de selección.

El análisis de la evolución de la producción científica en este ámbito muestra un crecimiento progresivo desde el 2020. Los años con mayor cantidad de publicaciones fueron el 2022 y el 2024, cada uno con una participación del 26 % en la totalidad de los artículos analizados. En comparación, los años 2020, 2021 y 2023 reflejan una estabilidad en la producción de estudios sobre esta temática, con un 16 % de publicaciones cada uno, como se visualiza en la figura 1. Es importante destacar que, para el 2024, únicamente se consideraron artículos publicados durante el primer semestre.

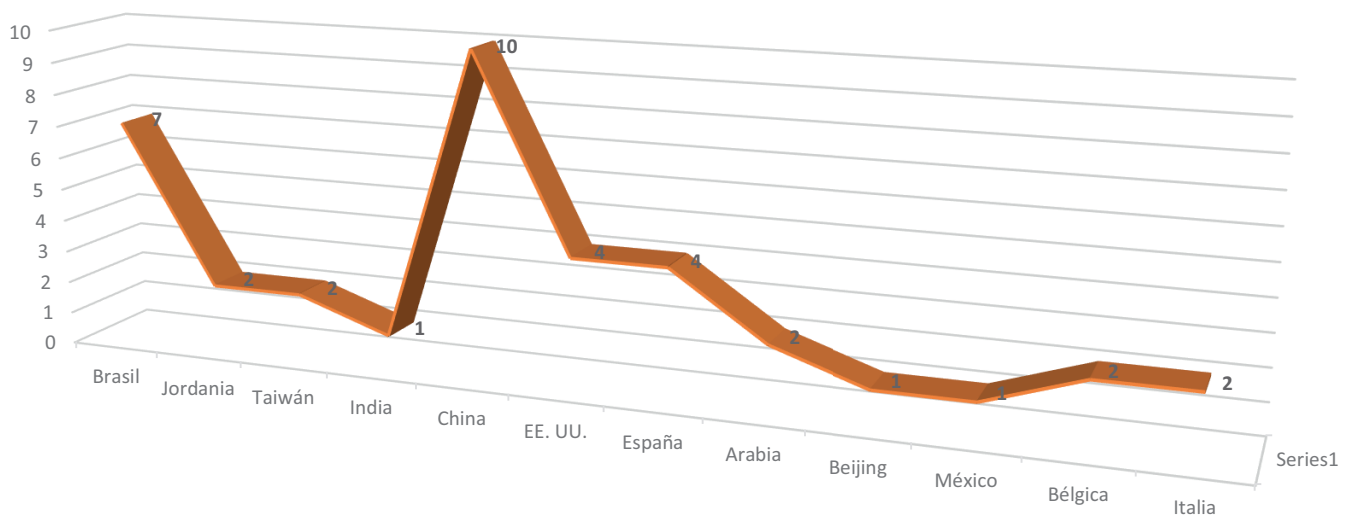


Figura 1. Tendencia en el tiempo de la literatura



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Países tendencia de la literatura



Fuente: elaboración propia.

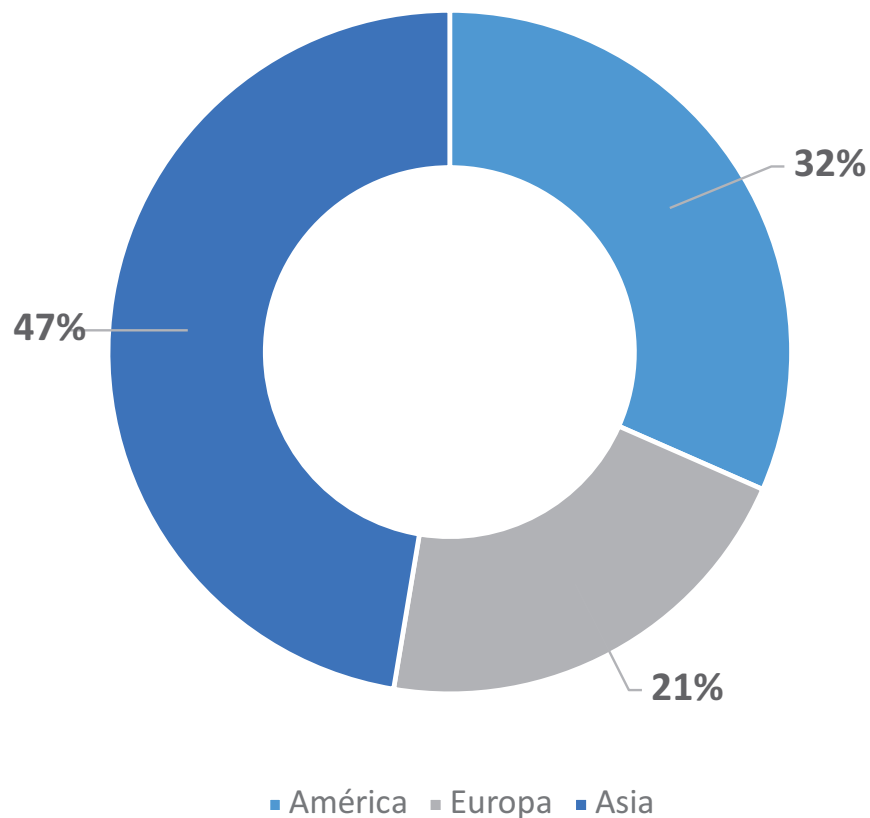


En cuanto a la distribución geográfica de la producción científica, los países con mayor número de publicaciones sobre el tema incluyen a China, con 10 artículos, seguida por Brasil con 7, mientras que Estados Unidos y España registran 4 publicaciones cada uno. Con una menor representación, Jordania, Taiwán, Arabia Saudita, Bélgica e

Italia contribuyen con 2 artículos cada uno, y países como India, México y la ciudad de Beijing aportan 1 publicación cada uno. Estos datos reflejan que Asia lidera la producción de investigaciones en esta área, con un 47 % del total de artículos revisados, seguida por América con un 32 % y Europa con un 21 %, tal como se observa en la figura 3.

Figura 3. Continentes tendencia de la literatura

Distribución de continentes



Fuente: elaboración propia.



Identificación de las soluciones hacia la optimización de los recursos hídricos implementando IA

Considerando los registros identificados durante los periodos de referencia en la revisión de la literatura, la tabla 2 presenta las soluciones para la optimización de los recursos hídricos mediante la implementa-

ción de IA en la fruticultura, y en la tabla 3 se muestran los tipos de cultivos en los que se implementan estas soluciones, categorizadas según el número de referencias en la literatura científica.

Tabla 2. Frecuencia en la literatura de soluciones identificadas

Soluciones de optimización de recursos hídricos implementando IA en la fruticultura	Frecuencia
Sistema de riego por goteo controlado por IA	13
<i>Deep learning</i>	7
<i>Machine learning</i>	6
Evapotranspiración de referencia (ETo)	5
<i>Computer vision CV</i>	3
Predicción del rendimiento	2
Modelo ecohidrológico	1
Internet de las cosas	1

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 2, resultado de la revisión sistemática exploratoria, se identifican como las soluciones más frecuentes en la literatura el sistema de riego por goteo controlado por IA, *deep learning*, *machine learning* y evapotranspiración de referencia (ETo) todas basadas en inteligencia artificial. En contraste, las soluciones con menos referencias son: el modelo ecohidrológico e internet de las cosas.

Teniendo en cuenta la tabla 3, se identifican los tipos de cultivo frutícolas en los que se implementan las soluciones con inteligencia artificial más referenciadas en los estudios. Los cultivos más frecuentes en la literatura son: cítricos, piña, mango, uvas y manzana. En contraste, los menos mencionados son: café, fresa, pera, tomate de árbol, papaya, maracuyá, banano, aguacate y melocotón.



Tabla 3. Frecuencia de los tipos de cultivos en los que se implementan soluciones con inteligencia artificial

Tipos de cultivos en los que se implementan soluciones con inteligencia artificial	Frecuencia
Cítricos	9
Piña	6
Mango	4
Uvas	3
Manzana	3
Sandia	2
Fresa	2
Pera	2
Tomate de árbol	2
Papaya	1
Maracuyá	1
Banano	1
Aguacate	1
Melocotón	1

Fuente: elaboración propia.

Para complementar los resultados obtenidos en esta revisión sistemática exploratoria, se llevó a cabo un análisis bibliométrico enfocado en la investigación sobre cultivos frutales. Este análisis permitió validar los datos recopilados y visualizar la estructura del conocimiento en la temática estudiada. A partir de la base de datos WOS, se generó una red bibliométrica en la que se identificaron siete agrupaciones formadas por la relación entre palabras clave recurrentes en la literatura científica.

El primer grupo (morado) se centra en aspectos relacionados con la calidad de la fruta, estableciendo conexiones con términos como “cadena de suministro”, “*software*”, “diversidad genética” y cultivos específicos como la sandía y el melocotón. El segundo grupo (verde) se organiza en torno al tomate de árbol y su relación con los cítricos, abordando temas como viabilidad, fertilidad y crecimiento del fruto. Por su parte, el tercer grupo (amarillo) está vinculado a la productividad y presenta conexiones con análisis



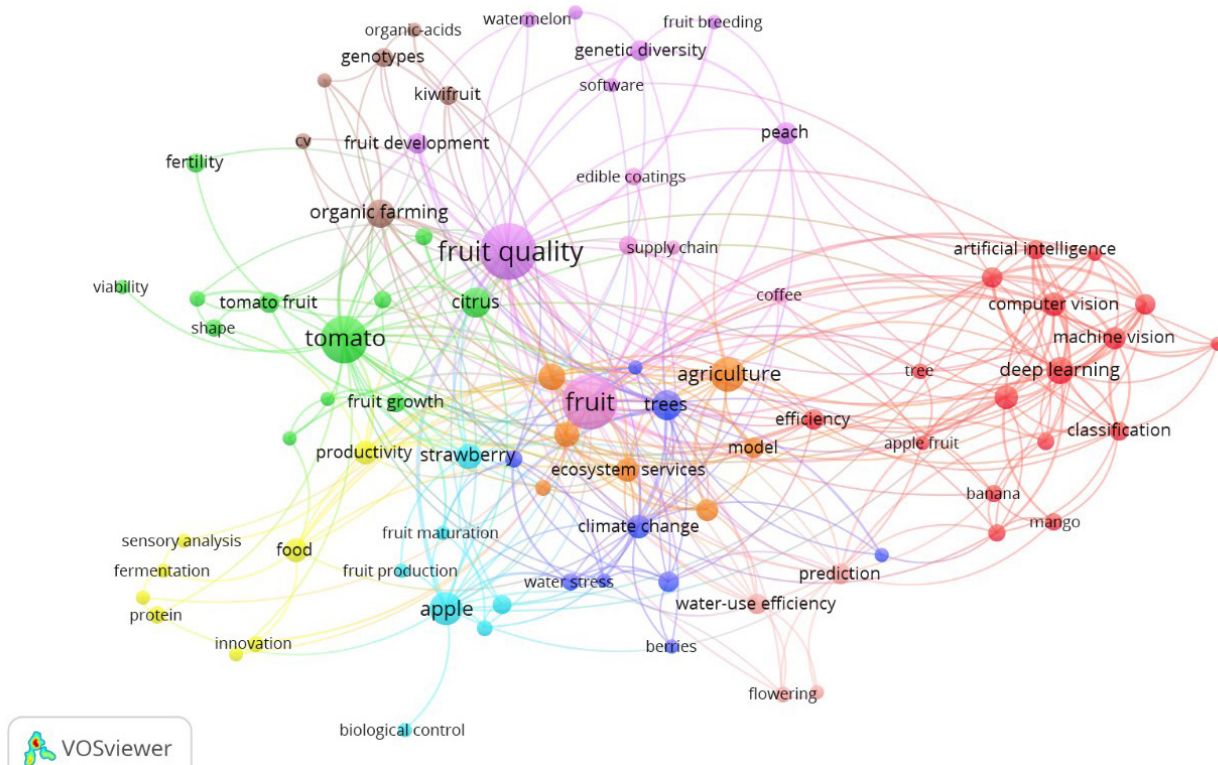
sensorial, fermentación, proteínas, innovación y el sector alimentario en general.

El cuarto grupo (naranja) agrupa estudios relacionados con la agricultura, los servicios ecosistémicos y los modelos aplicados en este ámbito. El quinto grupo (celeste) se enfoca en la producción de frutas, considerando aspectos como la maduración, el control biológico y cultivos como la manzana y la fresa. En cuanto al sexto grupo (azul), su temática principal es el impacto del cambio climático en la fruticultura. Finalmente, el séptimo grupo (rojo) se especializa en inteligencia artificial, estableciendo asociacio-

nes con términos como aprendizaje profundo (*deep learning*), aprendizaje automático (*machine learning*), visión por computador y clasificación de cultivos, destacando su aplicación en especies como el banano, la manzana y el mango.

A través de esta segmentación temática, se identificaron los conceptos clave utilizados en las revistas indexadas, lo que permitió validar y confirmar los principales cultivos en los que se han aplicado soluciones basadas en inteligencia artificial, en concordancia con los hallazgos de la revisión sistemática exploratoria realizada.

Figura 4. Nodos de tipos de cultivos en los que se implementan soluciones con inteligencia artificial



Fuente: elaboración propia.



DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática exploratoria revela una tendencia creciente en la investigación sobre la optimización de los recursos hídricos a través de la inteligencia artificial. En particular, la gestión del agua en la fruticultura es de gran relevancia debido al aumento de la demanda hídrica y a la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles. La inteligencia artificial ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar la eficiencia en el uso del agua en este sector. La combinación de estas tecnologías con sistemas de riego automatizados permite tomar decisiones en tiempo real, reducir el desperdicio de agua y mejorar la productividad agrícola (Vargas-Crispin *et al.*, 2021). Entre estos sistemas, se destacan los modelos predictivos basados en el aprendizaje automático, capaces de anticipar las necesidades hídricas de los cultivos mediante datos históricos de clima, suelo y crecimiento vegetal, optimizando así los tiempos y volúmenes de riego y evitando el malgasto de agua (Zhang *et al.*, 2022).

Además de la solución mencionada, la revisión sistemática exploratoria sobre la optimización de los recursos hídricos en cultivos de fruticultura destaca una variedad de enfoques metodológicos. Se identifican estrategias de análisis y monitoreo de datos agrícolas que buscan correlacionar información climática, microclimática, la humedad del suelo y otros parámetros, con el fin de gestionar el riego mediante sensores que utilizan la tecnología del internet de las cosas

(IoT) (Singh *et al.*, 2023). También se reconocen soluciones que investigan técnicas y tecnologías globales para reducir el desperdicio de agua, aplicando análisis de datos y algoritmos basados en inteligencia artificial (Rocha *et al.*, 2024). Entre estas técnicas, el uso de *big data* para analizar grandes volúmenes de datos climáticos permite prever patrones de lluvia y sequía (Preite y Vignali, 2024), ayuda a los agricultores a planificar sus estrategias de riego y a predecir el consumo de agua tanto en ciudades inteligentes como en campos agrícolas (Pawar *et al.*, 2024).

La revisión resalta la importancia de los algoritmos de aprendizaje automático y profundo, que integran múltiples fuentes de datos para ofrecer recomendaciones y soluciones orientadas a un uso más eficiente del agua en la fruticultura y así a la mejora del rendimiento agrícola (Mana *et al.*, 2024; Krishnan *et al.*, 2022).

De esta manera, las soluciones identificadas representan enfoques innovadores para optimizar los recursos hídricos en el sector agrícola, particularmente en los cultivos de fruticultura, a través del uso de tecnologías avanzadas basadas en inteligencia artificial. Desde modelos predictivos hasta sistemas de monitoreo en tiempo real, estas tecnologías están revolucionando la gestión de los recursos hídricos y fomentando prácticas más sostenibles y eficientes (Vargas-Crispin *et al.*, 2021).



CONCLUSIONES

La revisión sistemática exploratoria realizada en este estudio ha permitido identificar y clasificar las soluciones basadas en inteligencia artificial (IA) más mencionadas en la literatura científica para optimizar el uso de los recursos hídricos en la fruticultura, así como los cultivos donde estas soluciones se aplican con mayor frecuencia. El análisis ha revelado que el riego inteligente, el *deep learning* y el *machine learning* son las soluciones más destacadas, debido a su eficacia y aplicabilidad en la gestión eficiente del agua. Estas herramientas han demostrado su capacidad para aumentar la precisión y la eficiencia en los sistemas de riego, contribuyendo a una agricultura más sostenible.

En cuanto a los cultivos, se ha identificado que aquellos en los que la optimización del riego y la gestión de los recursos hídricos han tenido mayor relevancia son los de cítricos, piña, mango, uvas y manzana. Por otro lado, en cultivos como papaya, pera y melocotón, apenas se están comenzando a explorar formas de mejorar la gestión hídrica. En muchos casos, las soluciones desarrolladas para un cultivo pueden adaptarse a otros, ajustando o los algoritmos según las características específicas del cultivo, el clima y otros parámetros.

En el contexto colombiano, la adopción de estas tecnologías aún está en sus primeras etapas, pero tiene un gran potencial para transformar las prácticas agrícolas actuales. La implementación de sistemas de riego controlados por IA, utilizando *deep learning* y *machine learning*, podría revolucionar la

gestión del agua en el sector agrícola del país, especialmente en un escenario marcado por la variabilidad climática y la escasez de recursos hídricos, que constituyen desafíos constantes. Estas tecnologías permitirían una mayor eficiencia en el uso del agua, contribuyendo a la sostenibilidad agrícola en Colombia.

Sin embargo, en este mismo contexto existen diversas barreras que dificultan la implementación de estas soluciones. Entre los principales obstáculos se destacan la falta de infraestructura tecnológica adecuada, el acceso limitado a datos precisos y en tiempo real, y la necesidad de capacitación técnica para los agricultores y otros actores del sector. Para superar estos desafíos, será necesario un enfoque colaborativo que involucre a instituciones gubernamentales, académicas y del sector privado, así como una inversión sostenida en innovación tecnológica y en el desarrollo de capacidades locales.

En síntesis, la aplicación de soluciones basadas en inteligencia artificial para la optimización de los recursos hídricos en la fruticultura se presenta como una estrategia clave para enfrentar los retos de sostenibilidad y eficiencia en la agricultura. A medida que las tecnologías como el *machine learning*, el *deep learning* y el internet de las cosas (IoT) avanzan, su implementación en la gestión del agua puede transformar profundamente las prácticas agrícolas, mejorando tanto la productividad como la conservación de los recursos naturales. No obstante, en contextos como el colombiano, es fun-





damental superar las barreras tecnológicas y de capacitación, promoviendo un enfoque colaborativo que permita adaptar estas innovaciones a las realidades locales. Con una

inversión adecuada en investigación y desarrollo, estas tecnologías pueden contribuir a asegurar un futuro más resiliente y sostenible para el sector agrícola.

REFERENCIAS

- Krishnan, S. R., Nallakaruppan, M. K., Chengoden, R., Koppu, S., Iyapparaja, M., Sadhasivam, J., y Sethuraman, S. (2022). Smart water resource management using artificial intelligence: A review. *Sustainability*, 14(20), 13384. <https://doi.org/10.3390/su142013384>
- Kumar, P., Anand, S., Ranjan, R. K., Aakriti, K., y Kumar, A. (2024). Advancement in remote sensing for monitoring fruit orchards satyam anand. En *Recent advancements in pomology* (pp. 155–168). Shine Book Publishing. <https://www.researchgate.net/publication/381226670>
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., y Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- Mana, A. A., Allouhi, A., Hamrani, A., Rahman, S., el Jamaoui, I., y Jayachandran, K. (2024). Sustainable AI-based production agriculture: Exploring AI applications and implications in agricultural practices. *Smart Agricultural Technology*, 7, 100416. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100416>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación: Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. FAO. <https://doi.org/10.4060/CA6030ES>
- Parvathi Sangeetha, B., Kumar, N., Ambalgi, A. P., Abdul Haleem, S. L., Thilagam, K., y Vijayakumar, P. (2022). IOT based smart irrigation management system for environmental sustainability in India. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 101973. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.101973>
- Pawar, S., Patel, P., y Mirajkar, A. B. (2024). Relevance of intuitionistic fuzzy optimization approach in planning of a multi-objective water resource system. *Water Resources Management*, 38(8), 2935-2959. <https://doi.org/10.1007/s11269-024-03799-8>
- Preite, L., y Vignali, G. (2024). Artificial intelligence to optimize water consumption in agriculture: A predictive algorithm-based irrigation management system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 223, 109126. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109126>



- Rocha, L. O. D. S., Guimarães, C. R. R., y Oliveira, R. A. P. D. (2024). Exploração do uso eficiente de recursos hídricos na agricultura: Investigação de técnicas de irrigação e tecnologias para a minimização do desperdício de água. *Revista foco*, 17(4), e4950. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n4-128>
- Singh, J., Singh, S. P., Kaur, B., Mansi, Dimri, S., Mishra, S., Chauhan, N., Kukreti, T., Sharma, B., Arora, S., Uniyal, D., Agrawal, Y., Akhtar, S., Rather, M. A., Naik, B., Kumar, V., Gupta, A. K., Rustagi, S., & Preet, M. S. (2023). Insights into the harvesting tools and equipment's for horticultural crops: From then to now. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100814. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100814>
- Vargas-Crispin, W. S., Montes-Raymundo, E., Castrejón-Valdez, M., e Hinojosa-Benavides, R. A. (2021). *Machine learning* como herramienta para determinar la variación de los recursos hídricos. *Scientific Research Journal*, 1(1), 56-69. <https://doi.org/10.53942/srjci.v1i1.46>
- World Bank. Global Water Security & Sanitation Partnership. (2021). Annual Report 2021: Global Water Security & Sanitation Partnership. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/annual-report-2021-global-water-security-and-sanitation-partnership>
- Yadav, M., Vashisht, B. B., Jalota, S. K., Kumar, A., y Kumar, D. (2022). Sustainable water management practices for intensified agriculture En S. K. Dubey, P. K. Jha, P. K. Gupta, A. Nanda, y V. Gupta (eds.), *Soil-water, agriculture, and climate change* (vol. 113, pp. 131-161). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12059-6_8
- Zhang, Y., Wang, X., Liu, J., & Li, H. (2022). Multi-objective optimization of water resources allocation in Han River Basin (China) integrating efficiency, equity and sustainability. *Scientific Reports*, 12(1), 21045. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24958-8>