

Aplicación de diversas tecnologías en la agricultura

Application of diverse technologies in agriculture

David G. García-Hernández ¹; Juan M. Ballesteros-Torres ¹; Juan C. Torres-Cruz ²; Sergio Lugo-Urbina ²; Marisa A. Lugo-Sánchez ²; Carmina M. Lugo-Briones ²; Nancy M. Castillo-Ojeda ²; Cindy Joanna Caballero-Prado ³; Joel H. Elizondo-Luévano ^{1,2*}

1. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 66455, México; david.garciahrz@uanl.edu.mx (D.G.G.-H.); juan.ballesterostr@uanl.edu.mx (J.M.B.-T.); joel.elizondolv@uanl.edu.mx (J.H.E.-L.)
2. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, General Escobedo, Nuevo León, 66050, México; juan.torrescrz@uanl.edu.mx (J.C.T.-C.); sergio.lugoubn@uanl.edu.mx (S.L.-U.); marisa.lugoshz@uanl.edu.mx (M.A.L.-S.); carmina.lugobrns@uanl.edu.mx (C.M.L.-B.); nancy.castillooj@uanl.edu.mx (N.M.C.-O.); joel.elizondolv@uanl.edu.mx (J.H.E.-L.)
3. Universidad de Monterrey, San Pedro Garza García, Nuevo León, 66238, México; cindy.caballero@udem.edu (C.J. C.-P.)

* **Correspondencia:** joel.elizondolv@uanl.edu.mx (J.H.E.-L.)

Resumen:

El rápido crecimiento de la población mundial, sumado al deterioro ambiental, presenta desafíos urgentes para la producción agrícola. Para el año 2040, se calcula que la población mundial superará los 9 mil millones, lo cual incrementará la demanda de alimentos. Dentro de este marco, la introducción de tecnologías innovadoras en la agricultura aparece como una solución clave para asegurar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad del sistema productivo. En este artículo se analiza el impacto de herramientas como la inteligencia artificial, la robótica, los sensores inteligentes y la agricultura de precisión en la transformación del sector agrícola. Se realizó una revisión bibliográfica para analizar los beneficios que estas tecnologías ofrecen en el mejoramiento de la productividad, la gestión de los riesgos climáticos, la predicción de plagas y los rendimientos. Los resultados muestran que el uso estratégico de nuevas tecnologías puede mejorar la resiliencia y eficiencia de los sistemas agrícolas, constituyendo una vía fundamental hacia una agricultura más inteligente y sostenible. Se realizó una búsqueda de información en bases de datos de Google Académico con documentos en español e inglés y se centró el análisis en las palabras clave “agricultura” y “tecnología”.

Palabras Clave: Sensores; Automatización; Precisión; Inteligencia artificial; Tecnologías emergentes.

Abstract:

The rapid growth of the global population, along with environmental degradation, poses urgent challenges for agricultural production. It is estimated that by the year 2040, the global population will exceed 9 billion, significantly increasing the demand for food. In this context, the incorporation of innovative technologies in agriculture emerges as a key solution to ensure food security and the sustainability of production systems. This article explores the impact of tools such as artificial intelligence, robotics, smart sensors, and precision agriculture in transforming the agricultural sector. Through a literature review, the benefits of these technologies are analyzed in terms of improving productivity, managing climate-related risks, and predicting pests and crop yields. The results show that the strategic use of new technologies can increase the resilience and efficiency of agricultural systems, representing a crucial pathway toward smarter and more sustainable agriculture. The search for information was conducted using Google Scholar databases with documents in Spanish and English, focusing on the keywords “agriculture” and “technology”.

Keywords: Sensors; Automation; Precision; Artificial intelligence; Emerging technologies.

Introducción

Una de las principales preocupaciones a nivel global es el rápido crecimiento de la población, esto a raíz de que se estima que, para el 2040, la población mundial superará los 9 mil millones de personas, lo que incrementa significativamente la demanda de recursos, implicados entre ellos los alimentos. Esta situación, sumada al deterioro acelerado del medio ambiente, impulsa la necesidad de adoptar sistemas de producción agrícola más eficientes y sustentables, que garanticen el abastecimiento alimentario sin comprometer los recursos naturales (FAO, 2017). Para ello, la innovación tecnológica enfocada al uso de herramientas que permitan el apoyo a la agricultura, como la inteligencia artificial, la robótica y la biotecnología, están impactando todos los sectores de esta área, por lo que se considera importante incorporar estos avances para enfrentar los desafíos del cambio climático y garantizar la seguridad alimentaria (Trigo & Elverdin, 2020).

A lo largo del tiempo, la agricultura ha sufrido cambios importantes, desde depender mayormente de la mano de obra hasta la incorporación de tecnologías que han permitido mejorar la productividad y los rendimientos en toda la cadena agroindustrial (Liu et al., 2020). Esta transformación se ha logrado mediante la adopción progresiva de tecnologías innovadoras, las cuales han aportado beneficios importantes al sector agrícola en el transcurso del tiempo (Ozdogan et al., 2017). Con cada revolución tecnológica que ha vivido el sector agrícola, se han generado aprendizajes fundamentales para mejorar los procesos, y han servido para impulsar su desarrollo con el uso de nuevas herramientas y conocimientos (Liu et al., 2020). Así lo prueban los sensores inteligentes y los sistemas de agricultura de precisión, que han revolucionado el monitoreo de los suelos y los cultivos esto según Qiao et al., (2022).

Los sensores remotos permiten evaluar las condiciones del campo en tiempo real, facilitando una respuesta rápida ante riesgos como sequías o enfermedades. Esta capacidad de respuesta incrementa la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a eventos climáticos extremos. Otro avance clave adicional es la incorporación de inteligencia artificial en la predicción de potenciales riesgos de infestaciones provocadas por plagas, además de la estimación de rendimientos en la producción. (Cob-Parro et al., 2024), señalan que los algoritmos de aprendizaje automático permiten prever escenarios agrícolas y optimizar estrategias de manejo, lo que contribuye a reducir las pérdidas económicas y a mejorar la calidad de las cosechas. Con base a una recopilación y revisión de artículos científicos, se pretende analizar y plasmar cómo las nuevas tecnologías están transformando la agricultura, destacando los principales desafíos y soluciones tecnológicas actuales (Figura 1).



Figura 1. Aplicación de las nuevas tecnologías en la agricultura.

Agricultura de precisión

La agricultura inteligente o de precisión aplica tecnologías de la información para gestionar datos, analizarlos, tomar decisiones y enfrentar los desafíos agrícolas actuales, promoviendo una producción más eficiente y sostenible. Su objetivo es transformar los procesos agrícolas, mejorando la productividad y eficiencia mediante el uso de tecnologías (*Internet of Things, IoT*). Sin embargo, es importante evaluar su impacto ambiental de manera integral (Lascano, 2026). El uso de sensores IoT (sensores de humedad del suelo, temperatura, riego automático y monitoreo en tiempo real) en cultivos como la pitahaya, mejora la toma de decisiones en tiempo real, permitiendo que los agricultores utilicen los recursos disponibles de manera más eficiente, lo que, a su vez, reduce el impacto ambiental (Zambrano, 2020). Al optimizar recursos y aumentar la productividad, esta metodología juega un papel crucial para enfrentar las limitaciones climáticas y socioeconómicas, contribuyendo a los objetivos globales de seguridad alimentaria y hambre cero; aunado a esto, la conjunción de tecnologías como *blockchain*, inteligencia artificial (IA), teledetección y sensores mejora la producción, eleva la calidad y disminuye el impacto ambiental (Avola et al., 2024).

Tecnología y equipamiento

Las herramientas y tecnologías utilizadas con el fin de lograr los objetivos expresados con anterioridad se exponen a continuación:

Tecnología de tasa variable (VRT)

En la agricultura de precisión, una labor crucial es el uso fluctuante de fertilizantes, herbicidas o pesticidas, por lo que la optimización de estos aditamentos, en función de las condiciones del campo y el tipo de cultivo, ha direccionado a la agricultura al uso de la Tecnología de Tasa Variable (VRT), que facilita la modificación de las tasas de uso de recursos según la variabilidad del terreno, para ello, estas tecnologías incluyen el uso de sensores y receptores GPS, utilizados para suministrar datos geolocalizados que determinan los puntos de ajuste concretos para que los controladores de dosis suministren diversas cantidades de productos agroquímicos en lugares determinados (Nowak, 2021).

Sensores remotos

Otra de las tecnologías es el uso de sensores remotos, los cuales posibilitan la recolección, estudio y representación de datos espaciales y temporales, simplificando la detección de patrones y tendencias asociados a enfermedades vegetales, estrés hídrico, carencias nutricionales y otros desafíos que impactan la productividad en la agricultura; además, la combinación de información de diversas fuentes, tales como imágenes satelitales, datos meteorológicos y mapas de terreno, facilita una valoración completa de las condiciones del campo y la realización de elecciones fundamentadas, permitiendo optimizar cultivos y el uso de recursos (Ashraf et al., 2023).

Riego de precisión

Con base al uso eficiente del agua, El riego de precisión posibilita que los agricultores apliquen el volumen preciso de agua en instantes determinados, en contraposición al riego tradicional. El modo automático de este sistema lo transforma en una solución inteligente y flexible que puede ser ajustada de acuerdo con los diferentes contextos de uso, evitando, como principal consecuencia, el desperdicio del recurso hídrico, así como la reducción de la contaminación del mismo; aunado a esto, se optimizan las cantidades adecuadas para potencial el cultivo e incrementar rendimientos de la producción agrícola (Nonvide, 2024).

Robots agrícolas

Otra de las tecnologías recientemente implementadas es el uso de robots agrícolas, que han mostrado utilidad, aunque todavía en fase de integración. Se ha observado que estos ofrecen ventajas como ahorro de costos, mayor eficiencia en el manejo de plagas y cosechas; aunque, como puntos adversos, enfrentan desafíos técnicos y sociales, influyendo en su rendimiento en campo; si bien su implementación promete avanzar hacia una agricultura más sostenible, también plantea retos ambientales que pueden comprometer el medio ambiente, por lo que es necesario implementar estas tecnologías, teniendo en cuenta estrategias que permitan reducir el impacto ecológico y la disminución de la huella de carbono (Guevara-Reyes et al., 2024).

Uso de Inteligencia Artificial (IA)

La inteligencia artificial (IA) ha mostrado ser una herramienta de importancia para muchos aspectos, y la agricultura no es la excepción, esta herramienta ha demostrado ser eficaz en la detección de plagas mediante análisis avanzados de imágenes, reconocimiento de patrones y algoritmos de aprendizaje automático; apoyando en la identificación de plagas en tiempo real, con mayor precisión que los métodos tradicionales, que suelen depender de inspecciones manuales, más lentas y menos precisas; lo anterior se ha demostrado a través de la utilización de redes neuronales convolucionales (CNN), que permiten entrenar modelos para reconocer características específicas de plagas en imágenes capturadas por drones o dispositivos móviles, lo que mejora notablemente la detección temprana y la toma de decisiones (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018). Otras evidencias señalan que la integración de IA con sensores avanzados, como cámaras hiperespectrales y térmicas, facilita la identificación de cambios en los cultivos asociados a la actividad de plagas, como variaciones en la temperatura o la reflectancia de las hojas; al analizar los datos en sistemas automatizados no solo permiten una detección más rápida, sino que también proporcionan recomendaciones sobre las intervenciones necesarias, optimizando el uso de pesticidas y reduciendo su impacto ambiental (Sujawat & Chouhan, 2021). Estas evidencias sugieren que la introducción de IA en la agricultura es posible gracias a avances tecnológicos como el análisis de macrodatos, la robótica, el internet, la disponibilidad de sensores accesibles y cámaras, la tecnología de drones e incluso la cobertura de internet en áreas rurales dispersas (Oyakhilomen & Zibah, 2014). Estas tecnologías de manera complementada están transformando la agricultura, esto a través de la mejora en la eficiencia y precisión del control de plagas, favoreciendo prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes, optimizando el uso de recursos y maximizando los rendimientos a la vez que se minimizan las pérdidas (Gastesi et al., 2024).

Es importante resaltar que estas herramientas son potenciadas por el uso de estrategias que permitan el análisis de datos de una manera eficiente y que ayude a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre la producción, basándose en la realidad y el comportamiento que los datos muestran sobre el clima, el suelo, las semillas, las plagas, las enfermedades, la cosecha y el mercado (Glackin, 2019).

La agricultura ha experimentado una revolución gracias a la adopción de tecnologías emergentes, lo que ha posibilitado una producción más eficiente, sostenible y capaz de adaptarse a los cambios. La agricultura de precisión aparece como un eje central que permite una gestión detallada y localizada de los cultivos mediante sensores, tecnología de tasa variable y sistemas automatizados de riego. Estos avances permiten optimizar el uso de los recursos y minimizar los impactos ambientales negativos. La inteligencia artificial ha resultado especialmente útil para detectar con anticipación plagas y enfermedades, mejorando la toma de decisiones y disminuyendo el uso excesivo de agroquímicos. Por otro lado, el uso de robots aún enfrenta desafíos técnicos y de aceptación social, pero promete mejoras significativas en la eficiencia operativa y la reducción de costos. Sin embargo, estos avances tecnológicos deben ponerse en marcha teniendo en cuenta su huella ecológica, como el manejo de los desechos electrónicos y el consumo energético, con el fin de evitar nuevos problemas ambientales. La presente revisión destaca que la adopción tecnológica debe ir acompañada de políticas de sostenibilidad, educación digital y acceso equitativo en el medio rural (tabla 1).

Tabla 1. Cuadro comparativo de las nuevas tecnologías en la agricultura.

| Tecnología | Funciones | Beneficios | Ref. |
|------------------|--|--|-----------------------|
| Sensores IoT | Monitoreo en tiempo real de variables como humedad, temperatura y nutrientes del suelo. | Optimización del uso de recursos hídricos y fertilizantes. | Zambrano, 2020 |
| VRT | Aplicación precisa de insumos (fertilizantes, pesticidas) según las necesidades específicas del terreno. | Eficiencia y productividad de los cultivos. | Nowak, (2021) |
| Sensores Remotos | Obtención de datos espaciales y temporales | Detección temprana de enfermedades y estrés hídrico. | Ashraf et al., (2023) |

| | | | |
|------------------|---|--|--|
| | mediante satélites o drones para monitorear cultivos. | | |
| AshaRA | Control automático del suministro de agua basado en las necesidades del cultivo y condiciones climáticas. | Uso eficiente del agua. | Nonvide, 2024 |
| Robots Agrícolas | Automatización de siembra, cosecha y control de plagas. | Precisión y eficiencia de operaciones agrícolas. | Guevara-Reyes et al., (2024) |
| IA | Análisis de grandes volúmenes de datos para optimizar decisiones agrícolas. | Incremento en el rendimiento agrícola. | Kamilaris et al., (2018); Sujawat et al., (2021) |

VRT: Tecnología de Tasa Variable; IA: Inteligencia Artificial; RA: Riego Automatizado; Ref: Referencia.

Conclusión

La transformación digital del sector agrícola es esencial para enfrentar los desafíos del siglo XXI, como el cambio climático, la escasez de recursos y el aumento poblacional. Las nuevas tecnologías ofrecen soluciones prometedoras que mejoran la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Sin embargo, su éxito depende de una implementación equitativa, formación continua y evaluación de impactos ambientales. Es importante destacar que, para que estas tecnologías se introduzcan dentro del área agrícola, es importante la vinculación de diversas áreas del conocimiento, universidades, centros de investigación, iniciativa privada y gobierno, permitiendo una sinergia útil para potencializar los beneficios de las prácticas agrícolas.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por las becas de maestría brindadas a los beneficiarios J.C.T.-C. (CVU 2055508); S.L.-U. (CVU 2055592); M.A.L.-S. (CVU 2054751); C.M.L.-B. (CVU 2054822) y N.M.C.-O. (CVU 2054711).

Referencias

- Ashraf, A., Ahmad, L., Ferooz, K., Ramzan, S., Ashraf, I., Khan, J. N., Shehnaz, E., Ul-Shafiq, M., Akhter, S., & Nabi, A. (2023). Remote sensing as a management and monitoring tool for agriculture: potential applications. *International Journal of Environment and Climate Change*, *13*(8), 324–343. <https://doi.org/10.9734/ijecce/2023/v13i81957>
- Avola, G., Distefano, M., Torrisi, A., & Riggi, E. (2024). Precision agriculture and patented innovation: State of the art and current trends. *World Patent Information*, *76*, 102262.
- Cob-Parro, A. C., Lalangui, Y., & Lazcano, R. (2024). Fostering agricultural transformation through AI: an open-source AI architecture exploiting the MLOps paradigm. *Agronomy*, *14*(2), 259. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020259>
- Gastesi, J. A., Mora, F. C., Villalba, J. G., & Litardo, R. M. (2024). Manejo integrado de cultivos y desarrollo sostenible. *Magazine de Las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, *9*(1), 22–35. <https://doi.org/10.33262/rmc.v9i1.3049>
- Glackin, M. (2019). Mejora de la predicción: el valor del conocimiento meteorológico sustentado en datos y en la colaboración pública y privada. *Boletín de la OMM*. *68*(1), 59- 63.

- Guevara-Reyes, R. J., Mendoza-Cela, J. U. R., Guerra-Triviño, O. L., & Villamar-Piguave, W. G. (2024). Avances actuales de la tecnología y su impacto en con el medio ambiente. *MQRInvestigar*, 8(4), 4289–4300. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.4289-4300>
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147(1), 70–90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Lascano, T. B. (2026). Fusión de IA, IoT y Big Data para Superar la Brecha de Interoperabilidad en Latinoamérica. *Arandu UTIC*, 13(1), 638–650. <https://doi.org/10.69639/arandu.v13i1.1937>
- Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2020). From industry 4.0 to agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 4322–4334. <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3003910>
- Nonvide, G. M. A. (2024). Impact of irrigation on food and nutrition security among rice farmers in Benin. *The European Journal of Development Research*, 36(6), 1343–1371. <https://doi.org/10.1057/s41287-024-00638-9>
- Nowak, B. (2021). Precision agriculture: Where do we stand? A review of the adoption of precision agriculture technologies on field crops farms in developed countries. *Agricultural Research*, 10(4), 515–522. <https://doi.org/10.1007/s40003-021-00539-x>
- Oyakhilomen, O., & Zibah, R. G. (2014). Agricultural production and economic growth in Nigeria: Implication for rural poverty alleviation. *Quarterly Journal of International Agriculture*, 53(3), 207–223.
- Ozdogan, B., Gacar, A., & Aktas, H. (2017). Digital agriculture practices in the context of agriculture 4.0. *Journal of Economics Finance and Accounting*, 4(2), 186–193. <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2017.448>
- Qiao, Y., Valente, J., Su, D., Zhang, Z., & He, D. (2022). AI, sensors and robotics in plant phenotyping and precision agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 13: 1064219. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1064219>
- Sujawat, G. S., & Chouhan, J. S. (2021). Application of artificial intelligence in detection of diseases in plants: a survey. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(3), 3301–3305. <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i3.1581>
- Trigo, E. J., & Elverdin, P. (2020). Los Sistemas de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de América Latina y el Caribe en el marco de los nuevos Escenarios de Ciencia y Tecnología. *Revista Compromiso Social*, 1(3), 116–127. <https://doi.org/10.5377/recoeso.v2i3.13437>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2024. The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 – Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd1254en>
- Zambrano, Á. L. (2020). Agricultura digital en el cultivo de Pitahaya. *Latin-American Journal of Computing*, 7(2), 22–33.