

Inteligencia Artificial y Biotecnología: Hacia una Agricultura Sostenible y Eficiente

Artificial Intelligence and Biotechnology: Towards Sustainable and Efficient Agriculture

Ericka Denice Herrera Cardoso¹, Ma. Fabiola León Galván^{1,2}, María Elena Sosa Morales^{1,2}, Jorge Erick Ruiz Nieto^{1,3},
Jonathan Cepeda Negrete^{1,4}

¹División de Ciencias de la Vida, Programa de Posgrado en Biociencias,

²División de Ciencias de la Vida, Departamento de Alimentos,

³División de Ciencias de la Vida, Departamento de Agronomía.

⁴División de Ciencias de la Vida, Departamento de Ingeniería Agrícola.

Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca, Carretera Irapuato-Silao km 9, Irapuato, Guanajuato, México, 36500
ed.herreracardoso@ugto.mx¹, fabiola@ugto.mx^{1,2}, msosa@ugto.mx^{1,2}, jorge.ruiz@ugto.mx^{1,3}, j.cepeda@ugto.mx^{1,4}

Resumen

La inteligencia artificial (IA) se ha convertido en una tecnología clave en diversos campos, incluidas las ciencias biológicas. Su capacidad para analizar grandes cantidades de datos y realizar predicciones precisas está revolucionando la investigación biológica impactando significativamente en la biotecnología. La integración de la IA en la biotecnología ha mejorado procesos, diseño de organismos sintéticos y mejora de cultivos. Este progreso ha acelerado el desarrollo en áreas clave, particularmente en la biotecnología vegetal, que ha sido fundamental para mejorar la productividad agrícola y la sostenibilidad. Mediante técnicas como la modificación genética, se han desarrollado cultivos más resistentes a plagas y enfermedades, así como variedades con mayores rendimientos. En el contexto actual, donde la agricultura enfrenta desafíos globales como el cambio climático y la creciente demanda alimentaria, la relevancia de esta biotecnología y su integración con la IA es cada vez más evidente.

Palabras clave: Agricultura, Biotecnología, Inteligencia artificial.

Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) ha emergido como una tecnología revolucionaria en una variedad de campos, incluyendo las ciencias biológicas. Su capacidad para analizar enormes cantidades de datos, identificar patrones complejos y generar predicciones precisas está transformando áreas de investigación y aplicación, como la biotecnología. Esta disciplina, centrada en la manipulación de organismos vivos para la producción de bienes y servicios, se ha visto beneficiado por la IA al mejorar la eficiencia en la optimización de procesos y en la toma de decisiones basadas en datos, respondiendo así a los retos científicos actuales.

En la biotecnología agrícola, la IA está desempeñando un papel clave en la respuesta a desafíos globales como el cambio climático, la escasez de recursos y la creciente demanda de alimentos. En las últimas décadas, la biotecnología verde ha avanzado significativamente con la creación de cultivos más resistentes a plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas mediante la ingeniería genética. Sin embargo, la integración de estas técnicas con la IA está potenciando aún más el desarrollo agrícola. Gracias a algoritmos avanzados y datos en tiempo real, los agricultores pueden optimizar el uso de insumos como agua y fertilizantes, y mejorar la gestión de sus cultivos.

La agricultura enfrenta desafíos históricos y contemporáneos, como el cambio climático y el aumento de la población mundial, entre muchos otros (Figura 1). Estos problemas han resaltado la necesidad de encontrar enfoques tecnológicos sostenibles que puedan asegurar una producción suficiente de alimentos, con menor impacto ambiental (Tilman et al., 2002). La convergencia entre la IA y la biotecnología promete transformar la agricultura, desde la mejora genética de cultivos hasta la automatización de procesos, revolucionando la forma en que se producen alimentos y se gestionan los recursos naturales para enfrentar los desafíos futuros.



Figura 1. Principales retos que enfrenta la agricultura en la actualidad.

Biotechnología: Aplicaciones y Avances en Agricultura

La biotecnología es un campo interdisciplinario que combina principios de ingeniería y ciencias biológicas para desarrollar productos y tecnologías innovadoras en diversas áreas, utilizando organismos vivos o productos biológicos (Verma et al., 2011). Este campo abarca una amplia gama de aplicaciones que incluyen desde el uso de bacterias, hongos, plantas y animales, lo que la convierte en una tecnología clave para sectores como la industria, la medicina y la agricultura.

En el ámbito agrícola, la biotecnología vegetal ha sido crucial para mejorar la productividad y promover prácticas agrícolas más sostenibles. Una de las principales herramientas utilizadas es la modificación genética, que ha permitido el desarrollo de cultivos más resistentes a plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas, como la sequía y las temperaturas extremas. Estos cultivos no solo ayudan a garantizar la seguridad alimentaria en contextos de cambio climático, sino que también reducen la necesidad de pesticidas y otros insumos químicos, contribuyendo a una agricultura más amigable con el medio ambiente (Ranjha et al., 2022).

Edición genética de precisión con CRISPR/Cas9

La tecnología de edición genética CRISPR/Cas9 ha revolucionado el fitomejoramiento al permitir realizar modificaciones precisas en los genomas de plantas de interés agrícola. Este avance ha hecho posible el desarrollo de variedades de cultivos más eficientes, tolerantes a sequía y resistentes a plagas, adaptándose rápidamente a las necesidades cambiantes del entorno agrícola (Shan et al., 2014).

Sostenibilidad y biofortificación

La biofortificación de cultivos es otra área clave en la que la biotecnología ha contribuido significativamente, en ella se mejora el contenido nutricional de los alimentos. Un ejemplo destacado de esto es el desarrollo del arroz dorado, una variedad de arroz genéticamente modificada para producir betacaroteno, precursor de la vitamina A, con el objetivo de combatir la deficiencia de esta vitamina en regiones donde el arroz es un alimento básico (Tang et al., 2009). Este tipo de innovaciones subraya el potencial de la biotecnología no solo para aumentar el rendimiento agrícola, sino también para mejorar la calidad de los alimentos, haciendo que la producción agrícola sea tanto más eficiente como más nutritiva.

La biotecnología está abriendo nuevas oportunidades para la agricultura sostenible mediante el desarrollo de biopesticidas y biofertilizantes, productos que reducen el uso de productos químicos tradicionales y ayudan a mantener la salud del suelo y los ecosistemas (Jaganathan et al., 2018). Estos avances son esenciales para enfrentar los desafíos del presente, como la escasez de recursos naturales, el cambio climático y la necesidad de alimentar a una población mundial en crecimiento.

Inteligencia Artificial en la Agricultura

La inteligencia artificial se refiere a la creación de sistemas inteligentes capaces de realizar tareas que, por lo general, requerirían inteligencia humana, tales como el aprendizaje, la resolución de problemas y la toma de decisiones (Holzinger et al., 2023). Aunque se ha establecido como una herramienta esencial en el sector tecnológico, su aplicación se ha expandido a las ciencias de la vida, incluyendo la medicina, la microbiología, la genómica y la biotecnología (Leite et al., 2021).

Aplicación de la gestión de cultivos

Las tecnologías basadas en IA han adquirido un papel fundamental en la industria agroalimentaria, particularmente en la agricultura, al proporcionar herramientas que permiten tomar decisiones precisas y predictivas con el fin de aumentar la productividad. Las tecnologías basadas en IA han transformado la agricultura al ofrecer algoritmos que facilitan la estimación de rendimientos, clasificación de patrones y anticipación de problemas. Esto permite abordar desafíos como la detección temprana de plagas, selección de tratamientos apropiados, gestión eficiente del riego y evaluación de factores bióticos y abióticos (Nath et al., 2024).

IA para la automatización y robótica agrícola

Además de ayudar en la toma de decisiones, la IA está revolucionando la mecanización agrícola. Robots inteligentes que utilizan visión por computadora e IA están siendo desarrollados para realizar tareas como la cosecha y la siembra de manera autónoma, reduciendo la necesidad de mano de obra y mejorando la eficiencia (Bai et al., 2022).

El interés en la aplicación de IA en la agricultura ha sido notable, como se observa en el incremento significativo de publicaciones académicas en este campo, reflejando su creciente importancia y potencial para futuras innovaciones (Figura 2).

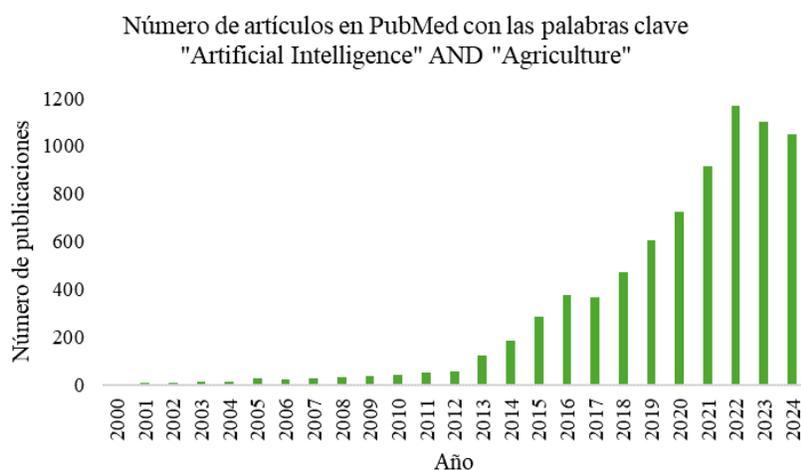


Figura 2. Número de artículos sobre el uso de inteligencia artificial en la investigación agrícola.

La IA en la Biotecnología agrícola

Diversos factores como el cambio climático, el crecimiento poblacional y la pérdida de tierras cultivables han impulsado la búsqueda de enfoques innovadores para lograr la producción de cultivos más sostenible



(Holzinger et al., 2023). Durante la última década, la integración de la IA y la biotecnología en beneficio de la agricultura ha experimentado un crecimiento significativo, como lo demuestra el aumento progresivo en las investigaciones sobre estas áreas (Figura 3).

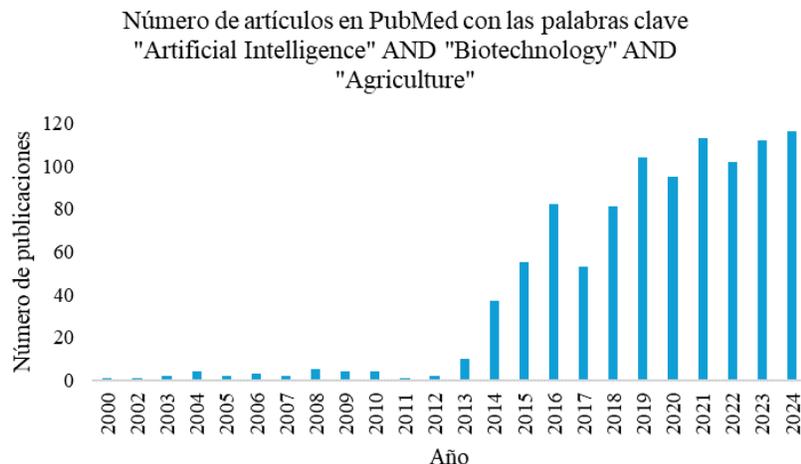


Figura 3. Número de artículo sobre la integración de inteligencia artificial, la biotecnología y la agricultura.

Análisis de datos genómicos y optimización de la ingeniería genética

El avance de las tecnologías de alto rendimiento en las ciencias biológicas ha generado grandes volúmenes de datos "ómicos" tan complejos que han superado la capacidad de análisis visual o estadístico tradicional. Este desafío ha impulsado el uso de IA para manejar y extraer información que va más allá de la capacidad humana. En el campo del fitomejoramiento, la IA ha sido fundamental para acelerar el desarrollo de nuevas variedades de plantas, desde el análisis genómico hasta las técnicas avanzadas de mejoramiento.

La IA permite evaluar rápidamente el crecimiento de las plantas e identificar los genes relacionados con rasgos que incrementan el rendimiento y brindan resistencia frente a condiciones adversas, como el cambio climático y las enfermedades. El uso de metodologías de aprendizaje automático se ha incrementado notablemente en áreas como la predicción genómica, la selección genómica y la selección asistida por marcadores. Empresas agrícolas de renombre mundial han invertido en tecnologías basadas en IA que aprovechan la vasta cantidad de datos disponibles para optimizar el rendimiento agrícola, reducir costos y mejorar la productividad. A medida que la IA sigue avanzando, se espera que estas tecnologías afronten desafíos cada vez más complejos en la ciencia de las plantas (Thudi et al., 2021; Khan et al., 2022).

Conclusiones

La biotecnología desempeña un papel crucial en la modernización de la agricultura, permitiendo enfrentar desafíos globales como el cambio climático y la creciente demanda de alimentos. En particular, la biotecnología vegetal se enfoca en mejorar la sostenibilidad agrícola mediante el desarrollo de cultivos más resistentes a plagas, enfermedades y condiciones abióticas adversas, al tiempo que se optimiza la calidad nutricional. Además, es fundamental para la producción de biofertilizantes y bioinsecticidas, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles. La integración de la IA en la biotecnología agrícola abre nuevas oportunidades para personalizar las estrategias de manejo agrícola, optimizar la selección de características genéticas y maximizar el rendimiento. Esta sinergia entre la IA y la biotecnología promete revolucionar la

producción agrícola, contribuyendo a la seguridad alimentaria global en un contexto de cambios ambientales y demandas crecientes.

Referencias

- Bai, Y., Zhang, B., Xu, N., Zhou, J., Shi, J., & Diao, Z. (2022). Vision-based navigation and guidance for agricultural autonomous vehicles and robots: A review. *Computers And Electronics In Agriculture*, 205, 107584. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107584>
- Holzinger, A., Keiblinger, K., Holub, P., Zatloukal, K., & Müller, H. (2023). AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology. *New biotechnology*, 74, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2023.02.001>
- Jaganathan, D., Ramasamy, K., Sellamuthu, G., Jayabalan, S., & Venkataraman, G. (2018). CRISPR for Crop Improvement: An Update Review. *Frontiers in plant science*, 9, 985. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00985>
- Khan, M. H. U., Wang, S., Wang, J., Ahmar, S., Saeed, S., Khan, S. U., Xu, X., Chen, H., Bhat, J. A., & Feng, X. (2022). Applications of Artificial Intelligence in Climate-Resilient Smart-Crop Breeding. *International journal of molecular sciences*, 23(19), 11156. <https://doi.org/10.3390/ijms231911156>
- Leite, M. L., de Loiola Costa, L. S., Cunha, V. A., Kreniski, V., de Oliveira Braga Filho, M., da Cunha, N. B., & Costa, F. F. (2021). Artificial intelligence and the future of life sciences. *Drug discovery today*, 26(11), 2515–2526. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.07.002>
- Nath, P. C., Mishra, A. K., Sharma, R., Bhunia, B., Mishra, B., Tiwari, A., Nayak, P. K., Sharma, M., Bhuyan, T., Kaushal, S., Mohanta, Y. K., & Sridhar, K. (2024). Recent advances in artificial intelligence towards the sustainable future of agri-food industry. *Food chemistry*, 447, 138945. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138945>
- Ranjha, M. M. A. N., Shafique, B., Khalid, W., Nadeem, H. R., Mueen-Ud-Din, G., & Khalid, M. Z. (2022). Applications of Biotechnology in Food and Agriculture: a Mini-Review. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India. Section B*, 92(1), 11–15. <https://doi.org/10.1007/s40011-021-01320-4>
- Shan, Q., Wang, Y., Li, J., Zhang, Y., Chen, K., Liang, Z., Zhang, K., Liu, J., Xi, J. J., Qiu, J. L., & Gao, C. (2013). Targeted genome modification of crop plants using a CRISPR-Cas system. *Nature biotechnology*, 31(8), 686–688. <https://doi.org/10.1038/nbt.2650>
- Tang, G., Qin, J., Dolnikowski, G. G., Russell, R. M., & Grusak, M. A. (2009). Golden Rice is an effective source of vitamin A. *The American journal of clinical nutrition*, 89(6), 1776–1783. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27119>
- Thudi, M., Palakurthi, R., Schnable, J. C., Chitkineeni, A., Dreisigacker, S., Mace, E., Srivastava, R. K., Satyavathi, C. T., Odeny, D., Tiwari, V. K., Lam, H. M., Hong, Y. B., Singh, V. K., Li, G., Xu, Y., Chen, X., Kaila, S., Nguyen, H., Sivasankar, S., Jackson, S. A., ... Varshney, R. K. (2021). Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture. *Journal of plant physiology*, 257, 153351. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153351>
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671–677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Verma, A. S., Agrahari, S., Rastogi, S., & Singh, A. (2011). Biotechnology in the realm of history. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 3(3), 321–323. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.84430>

