

De la agricultura tradicional a la Inteligencia Artificial: Soluciones innovadoras para aumentar la producción y el rendimiento de los cultivos

Rita Flores-Asis ¹, José Roberto Grande-Ramírez ², Alina Evelyn Badillo Márquez ², Ramiro Meza-Palacios ^{2,*}, Alejandra C. Valdés-Álvarez ³

¹ Universidad Veracruzana, Facultad de Negocios y Tecnologías, Ixtaczoquitlán, México/Departamento de Ingeniería en Gestión de Tecnologías de Información, Universidad Virtual del Estado de Guanajuato-UVEG, México.

² División de Estudios de Posgrado, Tecnológico Nacional de México TecNM, Campus Orizaba, Veracruz, México.

³ TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán, Ave. Tecnológico s/n colonia La Gloria, Cd. Serdán, Puebla.

* Autor de correspondencia: ramiro.mepa@gmail.com

Artículo de divulgación científica

Recibido: 3 de junio de 2025

Aceptado: 3 de septiembre de 2025

Publicado: 30 de noviembre de 2025

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i3.465>

Resumen: La agricultura es un sector prioritario en la economía y la seguridad alimentaria, actualmente, la agricultura se enfrenta a retos como el cambio climático y el incremento de la demanda alimentaria, la inclusión de la inteligencia artificial (IA) ha permitido que se pueda innovar en las prácticas agrícolas tradicionales. Se ha utilizado IA para el desarrollo de diferentes herramientas que permiten analizar grandes volúmenes de datos provenientes de variables como clima, suelo, cultivos y otros parámetros físicos y bioquímicos que permiten facilitar decisiones informadas para optimizar el uso de recursos y aumentar la productividad.

Existen herramientas como redes neuronales, sistemas expertos y algoritmos de inferencia que han demostrado su eficacia en la predicción y optimización de rendimiento de la producción, en el uso de nuevos mecanismos para la fertilización y la gestión de recursos, ajustándose a las necesidades específicas de cada cultivo y región. En el presente trabajo se expone un panorama general de algunas de las herramientas basadas en mecanismo de inferencia impulsados por IA que se han implementado con éxito en el sector agrícola, y que han logrado optimizar los recursos favoreciendo la productividad y la rentabilidad económica.

Palabras clave: agroindustria; inteligencia artificial; RNA; sistemas expertos

Introducción

La inteligencia artificial (IA) en la agricultura se puede definir como el uso de algoritmos y modelos computacionales que permiten a las máquinas procesar y analizar grandes volúmenes de datos agrícolas, identificar patrones y relaciones, y tomar decisiones o hacer predicciones para optimizar la productividad, eficiencia y sostenibilidad en el sector agroalimentario. Esto abarca aplicaciones como la agricultura de precisión, el monitoreo de cultivos, el análisis predictivo, la automatización de procesos y la mejora de la calidad y seguridad alimentaria (Taneja *et al.*, 2023).

La transición de la agricultura tradicional hacia la adopción de tecnologías innovadoras representa uno de los mayores avances en la historia de la producción agrícola. Durante siglos, la agricultura se basó en prácticas empíricas y técnicas heredadas, limitando el potencial de los cultivos frente a desafíos como el crecimiento poblacional, el cambio climático y la escasez de recursos. Sin embargo, la revolución tecnológica en el sector agroalimentario ha abierto nuevas posibilidades para aumentar la productividad y el rendimiento de los cultivos de manera sostenible y eficiente (Albahri *et al.*, 2023).

Hoy en día, soluciones como la agricultura de precisión, el uso de sensores, la inteligencia artificial, la edición genética, los sistemas hidropónicos y la automatización permiten optimizar el uso de insumos, mejorar la toma de decisiones y adaptar los cultivos a condiciones ambientales cambiantes. Estas innovaciones no solo incrementan los rendimientos, sino que también contribuyen a la sostenibilidad ambiental y a la seguridad alimentaria global, al reducir el uso de agroquímicos, conservar recursos y mejorar la resiliencia de los sistemas agrícolas (Yang, X., 2024).

El desarrollo y la integración de estas tecnologías requieren la colaboración entre científicos, agricultores, empresas y gobiernos, así como la capacitación y el acceso equitativo a las herramientas digitales. Así, la agricultura del futuro se perfila como un sector dinámico, capaz de responder a los retos globales mediante la aplicación de soluciones inteligentes y sostenibles.

El sector agroindustrial es uno de los pilares de la economía global, impacta en la seguridad alimentaria de la población, además de influir directamente en el desarrollo económico mundial. En México, por ejemplo, se estima una participación en el producto interno bruto (PIB) de prácticamente el 2% (Statista, 2024), generando empleo y promoviendo el comercio exterior, a través de las exportaciones (Ambriz, 2024).

Retos actuales de la agroindustria

La importancia de la agroindustria se extiende más allá de la economía, ya que también es de vital importancia para el desarrollo social y rural. La agroindustria representa un canal de estabilidad a futuro que permita el crecimiento económico y la posibilidad de un desarrollo sustentable, que puede influir potencialmente en el posicionamiento productivo de las potencias económicas (Purroy Vasquez *et al.*, 2024).

La IA se ha convertido en una herramienta clave en muchas áreas del sector agroindustrial, incluyendo la agricultura. Este sector enfrenta grandes desafíos, como el cambio climático y el crecimiento de la población, y la IA puede ayudar a hacer frente a estos problemas. Con el aumento de la demanda de alimentos, la agricultura está buscando nuevas formas de mejorar su eficiencia y productividad. La IA ofrece un enfoque revolucionario al permitir el análisis de grandes volúmenes de datos, como se observa en la Figura 1, facilitando la toma de decisiones informadas que pueden mejorar tanto el rendimiento de los cultivos como la sostenibilidad del uso de recursos.

La IA ha transformado la agroindustria, modernizando las prácticas agrícolas tradicionales y mejorando la eficiencia y productividad de los cultivos. La IA funciona imitando la forma en que el cerebro humano aprende de la experiencia. Utilizando ciertos métodos matemáticos, la IA puede predecir futuros eventos, lo que permite a los agricultores tomar decisiones más informadas y anticiparse a las condiciones climáticas y otras variables (Barragán González, 2024). Esto permite tener mejor soporte para la toma de decisiones en los diferentes procedimientos agrícolas, como el momento ideal para la siembra, la fertilización y la cosecha de los diferentes productos agrícolas, permitiendo hacer un mejor uso de los recursos naturales y económicos. Por lo tanto, la IA se utiliza en múltiples ámbitos de la agricultura, contribuyendo a aumentar el rendimiento de los cultivos y a minimizar los riesgos asociados. Los datos generados a partir de diferentes ámbitos agrícolas, como el clima, el suelo, la temperatura, la humedad, el riego, los requisitos de siembra y otros criterios relacionados con los cultivos, se analizan e integran para realizar predicciones agrícolas.

Desarrollo

La IA aplicada al sector agrícola para aumentar la rentabilidad de los cultivos, no solo es necesario prever momentos clave como la siembra y la cosecha, sino también tener en cuenta los precios de los insumos y minimizar los riesgos, como la falta de lluvia, las malas hierbas y las plagas. Además, la IA se utiliza para la previsión de precios de cultivos y productos básicos, así como para la automatización agrícola mediante robots, en algunos casos, se implementa modelos para predecir los rendimientos de los cultivos agrícolas utilizando una red neuronal artificial (RNA). Una RNA

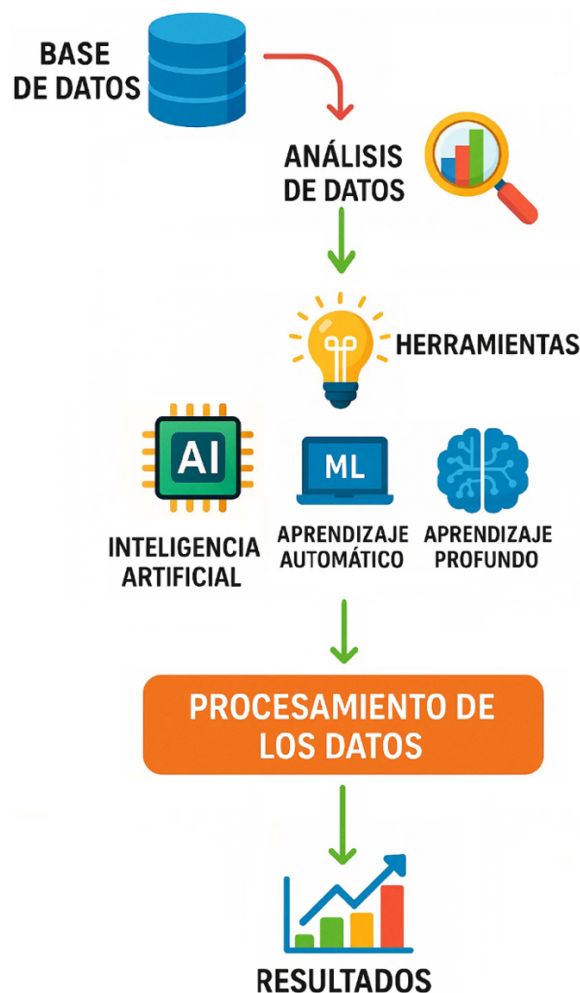


Figura 1. Metodología de procesamiento en la IA (creación propia).

es un sistema computacional inspirado en la estructura y funcionamiento del cerebro humano, compuesto por unidades interconectadas llamadas "neuronas artificiales" que procesan información en respuesta a estímulos externos (Moein, 2017), para predecir con gran precisión, aspectos como el rendimiento de los cultivos y el uso de energía, lo que permite optimizar la producción. Los resultados han demostrado que este enfoque puede mejorar la eficiencia y aumentar la productividad de los cultivos de mandarina, logrando un rendimiento de 25,740 kg por hectárea, lo que demuestra el impacto positivo de la inteligencia artificial en la agroindustria (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2014).

La IA también está revolucionando el monitoreo y correcto tratamiento de los cultivos. Gracias a imágenes satelitales y drones equipados con cámaras de alta resolución, los sistemas de IA pueden analizar en tiempo real el estado de los cultivos, identificando áreas afectadas por plagas, enfermedades o estrés hídrico (Barragán González, 2024). Además, la IA mejora la gestión de la cadena de suministro, optimizando rutas de transporte y predecir la demanda de productos agrícolas, lo que reduce costos operativos y minimiza el desperdicio de alimentos.

En el ámbito académico, cursos como "Introducción a la Inteligencia Artificial en la Agroindustria" ofrecen una visión general sobre cómo la IA puede transformar prácticas agrícolas, mejorar la eficiencia y optimizar la producción (Incio Flores *et al.*, 2021). Además, la IA permite la automatización de tareas repetitivas como la siembra, el riego y la cosecha, aumentando la productividad y reduciendo la necesidad de mano de obra humana.

Casos de estudio y aplicaciones prácticas

Las aplicaciones de la IA en este campo son diversas y abarcan desde la agricultura de precisión hasta la automatización de procesos. Por ejemplo, tecnologías como drones y sensores permiten monitorear las condiciones del suelo y la salud de los cultivos en tiempo real, lo que ayuda a los agricultores a detectar problemas antes de que se conviertan en crisis. Además, los sistemas inteligentes pueden predecir los rendimientos de los cultivos y ayudar a planificar mejor la siembra y la cosecha, reduciendo pérdidas y mejorando la eficiencia.

En este contexto, es crucial explorar cómo la inteligencia artificial no solo está redefiniendo las prácticas agrícolas tradicionales, sino también contribuyendo a un futuro más sostenible y eficiente en la producción alimentaria. La integración de estas tecnologías promete no solo aumentar la competitividad del sector agroindustrial, sino también garantizar un suministro alimentario más seguro y accesible para las generaciones venideras.

El desarrollo de sistemas expertos (DSS) y las tecnologías basadas en inteligencia artificial han sido aplicados con éxito para optimizar las dosis de fertilización en plantaciones agrícolas. Estos sistemas suelen utilizar modelos de simulación que consideran el estado nutricional del suelo, el balance de nutrientes en la planta, y las condiciones climáticas actuales y previstas (Rodríguez-Aguirre *et al.*, 2023).

Uno de los ejemplos más destacados es el DSS desarrollado por Silva *et al.* (2016), que emplea un enfoque de balance de nutrientes para determinar las necesidades de fertilización de los árboles de naranja, el balance de nutrientes se basa en el principio de conservación de la masa: los nutrientes que ingresan a un sistema (por ejemplo, fertilizantes) deben igualar los nutrientes que salen (cosecha) para evitar deficiencias o excesos. En agricultura, el balance se calcula considerando entradas (fertilizantes, abonos, fijación biológica) y salidas (extracción por cultivos, pérdidas por erosión o lixiviación). En este trabajo se propone un DSS que permite ajustar las dosis de fertilizantes en función de las características específicas del suelo y del árbol, lo que ha resultado en mejoras significativas en la eficiencia del uso de fertilizantes y en la productividad del cultivo (Maia da Silva *et al.*, 2016).

Investigaciones previas han mostrado cómo la inteligencia artificial puede ser útil para predecir la producción de cultivos, como las naranjas. Un enfoque que ha demostrado ser eficaz es el uso de sistemas llamados 'redes neuronales', que imitan cómo aprende el cerebro humano, por medio de neuronas artificiales, como se muestra en la Figura 2. Estos sistemas han logrado predecir con buena precisión los rendimientos de las naranjas, adaptándose bien a diferentes condiciones climáticas y regionales. Sin embargo, sigue siendo un área en desarrollo, con oportunidades para mejorar la precisión y la robustez de los modelos mediante la incorporación de datos adicionales y la refinación de las técnicas de modelado (Yang *et al.*, 2024).

La IA se ha implementado con éxito con el objetivo de predecir los rendimientos de los cultivos agrícolas, tal es el caso de una investigación realizada en 2020, en el que se utilizó un modelo de inteligencia artificial para predecir el rendimiento de los cultivos de mandarina. Este modelo emplea un tipo de red neuronal que se 'entrena' con datos sobre los nutrientes del suelo. Aunque el modelo puede generar predicciones útiles, los resultados pueden variar un poco cada vez que se ejecuta debido a la manera en que se ajustan los parámetros. A pesar de esto, sigue siendo una herramienta útil para los agricultores que buscan anticipar los resultados de sus cultivos (Dong *et al.*, 2020).

En otro estudio, los investigadores propusieron un modelo de inteligencia artificial para mejorar el rendimiento de los cultivos de banano. Este modelo se alimenta de datos sobre nutrientes en el suelo, como nitrógeno, potasio y magnesio, y predice cómo estos factores afectan el crecimiento y la calidad del fruto. Los resultados demostraron que, al reducir el uso de fertilizantes químicos, se puede mantener o incluso aumentar el rendimiento de las plantas, lo que también reduce el impacto ambiental. Este enfoque es una prueba más de cómo la inteligencia artificial puede ayudar a hacer la agricultura más sostenible y eficiente (Ramezanzpour & Farajpour, 2022).

Los algoritmos de inferencia son procedimientos computacionales diseñados para extraer conclusiones o estimaciones sobre variables desconocidas a partir de datos observados y modelos probabilísticos. “ Su objetivo principal es deducir información sobre parámetros, estados ocultos o estructuras subyacentes en presencia de incertidumbre” (Zdeborová, L., & Krzakala, F., 2015) Los resultados mostraron que este modelo fue capaz de predecir de manera precisa las necesidades de fertilización en un 92.86% de los casos, lo que facilita la tarea de los agricultores y les permite tomar decisiones más informadas y eficientes (Juhi Reshma & John Aravindhar, 2022).

En otro caso, se desarrolló un modelo para predecir los niveles de nutrientes en el suelo (como nitrógeno, fósforo y potasio) utilizando redes neuronales e inteligencia artificial. Este modelo realiza un análisis químico del suelo y utiliza la tecnología de espectroscopía para medir la concentración de estos nutrientes. Los resultados del modelo demostraron una alta precisión en la predicción de los niveles de nutrientes, lo que puede ayudar a los agricultores a optimizar el uso de fertilizantes y mejorar la salud del suelo (Malaysia, 2020). En la Tabla 1 se muestra un resumen de las principales aplicaciones de la IA en el sector agrícola.

Tabla 1. Aplicaciones de la IA en la agricultura.

Tipo de Cultivo	IA Empleada	Resultados
Mandarina	Red neuronal artificial (RNA)	Predicción del rendimiento de cultivos. Se logró un rendimiento de 25,740 kg por hectárea, demostrando el impacto positivo de la IA.
Naranja	Sistema experto (DSS) con un enfoque de balance de nutrientes	Optimización de las dosis de fertilizantes, resultando en mejoras en la eficiencia del uso de fertilizantes y en la productividad.
Naranja	Redes neuronales	Se ha demostrado que son eficaces para predecir con precisión el rendimiento de las naranjas, adaptándose a diferentes condiciones climáticas y regionales.

RED NEURONAL

Aprende imitando cómo aprende el cerebro humano

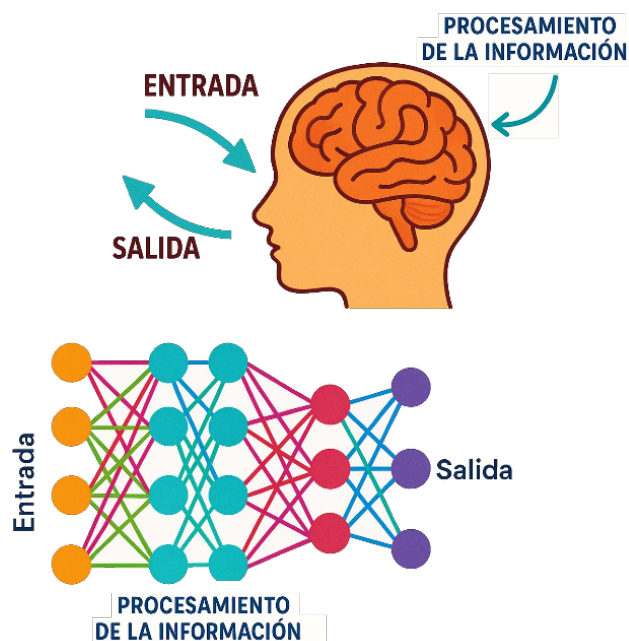


Figura 2. Proceso de aprendizaje de una red neuronal artificial (creación propia).

Tabla 1 (Continuación). Aplicaciones de la IA en la agricultura.

Tipo de Cultivo	IA Empleada	Resultados
Banano	Red neuronal artificial y algoritmo genético	Se mantuvo o aumentó el rendimiento de las plantas mientras se reducía el uso de fertilizantes químicos. Ayuda a hacer la agricultura más sostenible y eficiente.
General (para diferentes cultivos)	Algoritmos de inferencia	Análisis de parámetros químicos como el pH del suelo y los nutrientes para recomendar la cantidad exacta de fertilizantes. El modelo fue capaz de predecir las necesidades de fertilización con un 92.86% de precisión.
General (para diferentes cultivos)	Redes neuronales e inteligencia artificial	Se predijeron los niveles de nutrientes en el suelo (nitrógeno, fósforo y potasio) con alta precisión, lo que ayuda a optimizar el uso de fertilizantes y mejorar la salud del suelo.

Conclusiones

A través de este recorrido por las diferentes aplicaciones impulsadas por la inteligencia artificial (IA) logramos concluir que la IA representa una herramienta disruptiva e indispensable para la modernización y sostenibilidad de la agricultura. El estudio realizado muestra que algunas herramientas como el uso de redes neuronales, sistemas expertos y algoritmos de inferencia permiten optimizar algunas actividades relevantes en el proceso agrícola como la fertilización, el monitoreo de cultivos, la predicción de rendimientos y la gestión de recursos.

Los resultados observados en la implementación de herramientas impulsadas por IA en cultivos, como mandarina, naranja y banano, resaltan incrementos significativos en la productividad y la eficiencia de los cultivos contribuyendo a una agricultura más sostenible. Así mismo, la IA facilita la automatización de actividades repetitivas y el monitoreo en tiempo real, mejorando la capacidad de respuesta ante plagas, el control de parámetros bioquímicos y condiciones climáticas adversas.

La aplicación científica de la IA en la agricultura no solo incrementa la productividad y rentabilidad del sector, sino que también representa una estrategia para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo sustentable del sector agrícola.

A pesar de todas las ventajas que representa el uso de la IA en los procesos agroindustriales, en específico en el sector agrícola, aún existen retos que limitan su uso, por ejemplo, la inversión inicial en tecnologías de IA, sensores y conectividad es alta, dificultando el acceso para pequeños y medianos productores, especialmente en regiones con infraestructura limitada, por otro lado, la carencia de internet confiable y de infraestructura digital en zonas rurales limita la recolección y transmisión de datos necesarios para sistemas inteligentes, a lo que se suma la falta de personal capacitado y la resistencia al cambio.

Bibliografía

- Ambriz, A. (2024). Agroindustria: Importancia en México. Eezy Gro. <https://www.eezygro.com.mx/articulos/agroindustria-importancia-en-mexico>
- Albahri, G., Alyamani, A. A., Badran, A., Hijazi, A., Nasser, M., Maresca, M., & Baydoun, E. (2023). Enhancing essential grains yield for sustainable food security and bio-safe agriculture through latest innovative approaches. *Agronomy*, 13(7), 1709. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071709>
- Barragán González, A. (2024). El Impacto de la Inteligencia Artificial en la Agroindustria. HegameX. <https://www.hegameX.com/post/el-impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-la-agroindustria>
- Dong, Y., Fu, Z., Peng, Y., Zheng, Y., Yan, H., & Li, X. (2020). Precision fertilization method of field crops based on the Wavelet-BP neural network in China. *Journal of Cleaner Production*, 246, 118735. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118735>
- Incio Flores, F. A., Capuñay Sanchez, D. L., Estela Urbina, R. O., Valles Coral, M. Á., Vergara Medrano, E. E., & Elera Gonzales, D. G. (2021). Inteligencia artificial en educación: una revisión de la literatura en revistas científicas internacionales. *Apuntes Universitarios*, 12(1). <https://doi.org/10.17162/au.v12i1.974>

- Purroy Vasquez, R., Aguilar Lasserre, A. A., Meza Palacios, R., & Fernández Lambert, G. (2024). Artificial neural network (ANN) in forecasting of poverty line and economic-energetic efficiencies into the maize-based agroecosystems. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 70(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/03650340.2023.2287751>
- Juhi Reshma, S. R. & John Aravindhar D. (2022). A Systematic Approach of Classifying Soil & Crop Nutrient Using Machine Learning Algorithms. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 10(2s), 174–179. <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/2380>
- Nabavi-Pelesaraei, A., Fatehi, F., & Mahmoudi, A. (2014). Prediction of yield and economic indices for tangerine production using artificial neural networks based on energy consumption. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 4(5), 57-64.. <http://www.innspub.net>
- Maia da Silva, F. F., Ferreira, D. A., Monte, F. J. Q., de Mattos, M. C., & de Lemos, T. L. G. (2016). The orange peel as biocatalyst for the hydrolysis of esters. *Industrial Crops and Products*, 84, 22–27. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2016.01.017>
- Moein, S. (2017). Definition of artificial neural network. In *Artificial Intelligence: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 1-11). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1759-7.CH001>.
- Ramezanpour, M. R., & Farajpour, M. (2022). Application of artificial neural networks and genetic algorithm to predict and optimize greenhouse banana fruit yield through nitrogen, potassium and magnesium. *PLoS ONE*, 17(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264040>
- Rodríguez-Aguirre, E., Badillo-Márquez, A. E., Aguilar-Lasserre, A. A., & Flores-Asis, R. (2025). An agent-based model to evaluate agricultural vulnerability and risk facing climate change in strawberry production. *Crop Science*, 65(1), e21100. <https://doi.org/10.1002/csc2.21100>
- Taneja, A., Nair, G., Joshi, M., Sharma, S., Sharma, S., Jambrak, A., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Castagnini, J., Leksawasdi, N., & Phimolsiripol, Y. (2023). Artificial Intelligence: Implications for the Agri-Food Sector. *Agronomy*, 13(5), 1397. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051397>
- Yang, T., Mei, Y., Xu, L., Yu, H., & Chen, Y. (2024). Application of question answering systems for intelligent agriculture production and sustainable management: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 204, 107497. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2024.107497>
- Yang, X., Xiong, J., Du, T., Ju, X., Gan, Y., Li, S., Xia, L., Shen, Y., Pacenka, S., Steenhuis, T., Siddique, K., Kang, S., & Butterbach-Bahl, K. (2024). Diversifying crop rotation increases food production, reduces net greenhouse gas emissions and improves soil health. *Nature Communications*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44464-9>
- Zdeborová, L., & Krzakala, F. (2015). Statistical physics of inference: thresholds and algorithms. *Advances in Physics*, 65, 453 - 552. <https://doi.org/10.1080/00018732.2016.1211393>