

HACIA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE: OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y CONTRIBUCIÓN A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Jesús Manuel Núñez-López ^{a,*}, Maricruz Juárez-García ^a, Eduardo Sánchez-Ramírez ^a, Juan Gabriel Segovia-Hernández ^a, Martha Patricia Calderón-Alvarado ^a

^a Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Ingeniería Química, Noria Alta s/n, 36050, Guanajuato, Gto., México.
jm.nunez@ugto.mx

Resumen

La agricultura enfrenta desafíos crecientes derivados del cambio climático, la escasez de agua y la necesidad de producir más alimentos de manera sostenible. Este artículo analiza estrategias clave para transformar los sistemas agrícolas mediante la optimización de recursos, la gestión comunitaria del agua, el fortalecimiento de la resiliencia y la adopción de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA). Se destacan prácticas como la agricultura de precisión, el manejo regenerativo del suelo y la integración de energías renovables, así como la importancia de redes de intercambio hídrico que promuevan eficiencia y equidad. La IA aporta herramientas para la predicción climática, el monitoreo avanzado de cultivos, la gestión de la cadena de valor y la toma de decisiones basada en datos. Además, se presenta un caso real de México que evidencia los beneficios del riego inteligente. Finalmente, se vinculan estas estrategias con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, subrayando la necesidad de una transición agrícola inclusiva y orientada hacia el futuro.

Palabras clave: Agricultura; Inteligencia Artificial; Objetivos de Desarrollo Sostenible; Optimización de Recursos.

TOWARDS SUSTAINABLE AGRICULTURE: OPTIMIZING RESOURCES AND CONTRIBUTING TO THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Abstract

Agriculture faces growing challenges stemming from climate change, water scarcity, and the need to produce more food sustainably. This article analyzes key strategies for transforming agricultural systems through resource optimization, community water management, resilience building, and the adoption of emerging technologies such as artificial intelligence (AI). Practices such as precision agriculture, regenerative soil management, and the integration of renewable energy are highlighted, as well as the importance of water sharing networks that promote efficiency and equity. AI provides tools for climate prediction, advanced crop monitoring, value chain management, and data-driven decision-making. A real-world case study from Mexico is presented, demonstrating the benefits of smart irrigation. Finally, these strategies are linked to the Sustainable Development Goals, underscoring the need for an inclusive and future-oriented agricultural transition.

Keywords: Agriculture; Artificial Intelligence; Resource Optimization; Sustainable Development Goals.

1. Introducción

La agricultura se encuentra en el centro de algunos de los principales desafíos globales: la seguridad alimentaria, la gestión sostenible de los recursos naturales, la adaptación al cambio climático y la preservación de los ecosistemas. Según estimaciones, la población mundial alcanzará casi 10 mil millones de personas para 2050, lo que exigirá un incremento sustancial en la producción de alimentos (FAO, 2023). Sin embargo, esta expansión debe realizarse sin comprometer la salud del planeta, cuyos recursos se encuentran ya bajo fuerte presión.

En este contexto, surge una necesidad impostergable de adoptar modelos agrícolas más inteligentes, eficientes y sostenibles. Tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), soluciones basadas en la naturaleza, redes innovadoras de manejo de agua y sistemas de monitoreo de precisión ofrecen nuevas oportunidades para transformar la agricultura tradicional (Figura 1). Paralelamente, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas proporcionan un marco integral para

orientar estos esfuerzos hacia una transición agroecológica justa y resiliente.

Este artículo explora en profundidad los elementos clave para avanzar hacia una agricultura verdaderamente sostenible, incluyendo la optimización del uso de recursos, la resiliencia ante el cambio climático, la implementación de redes de intercambio de agua y el papel creciente de la inteligencia artificial como motor de innovación.



Figura 1. Alternativas para una agricultura sostenible.

2. La Agricultura en el Siglo XXI: Una Encrucijada Crítica

La agricultura del siglo XXI se encuentra en una encrucijada crítica. El sector enfrenta una paradoja desafiante: debe producir más alimentos utilizando menos recursos y, al mismo tiempo, reducir su

impacto ambiental. Hoy, la degradación de los suelos, el uso intensivo de agroquímicos, la escasez creciente de agua y la volatilidad climática amenazan la estabilidad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Varzakas y Smaoui, 2024).

Durante décadas, la agricultura ha dependido fuertemente de insumos como grandes volúmenes de agua, fertilizantes y combustibles fósiles. Este modelo permitió incrementos notables en productividad, pero generó importantes consecuencias ambientales, entre ellas la contaminación de acuíferos, la erosión del suelo, la pérdida de biodiversidad y un aumento significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero. A estos problemas se suma el impacto del cambio climático. Fenómenos meteorológicos extremos como las sequías prolongadas, inundaciones y olas de calor, se presentan con mayor frecuencia, afectando las cosechas, incrementando la vulnerabilidad de los agricultores y disminuyendo la capacidad productiva de numerosas regiones (Reyes y col., 2025).

Además, la desigualdad en el acceso a los recursos agrava la situación. Muchos pequeños agricultores, responsables de una parte considerable de los alimentos

que se consumen en el mundo, enfrentan limitaciones importantes para acceder a tecnología, financiamiento o infraestructura hídrica. Por ello, cualquier transición hacia una agricultura sostenible debe considerar sus necesidades y condiciones, de manera que los avances tecnológicos no amplíen aún más las brechas existentes, sino que contribuyan a reducirlas.

3. Redes de Intercambio de Agua: Innovaciones para un Recurso en Riesgo

El agua es un recurso central para todos los sistemas agroalimentarios. Sin embargo, su disponibilidad está disminuyendo por la sobreexplotación de acuíferos, la deforestación y el cambio climático. La agricultura consume alrededor del 70 % del agua dulce del planeta, lo que convierte la gestión hídrica en un componente trascendental para la sostenibilidad (Becerra-Perenguez y col., 2024).

3.1 Concepto de redes de intercambio de agua

Las redes de intercambio de agua (Figura 2) son sistemas colaborativos que permiten el uso eficiente del recurso mediante:

redistribución entre comunidades agrícolas, reutilización de aguas tratadas, interconexión de reservorios, y plataformas tecnológicas para gestionar la oferta y la demanda hídrica (Núñez-López y col., 2018).

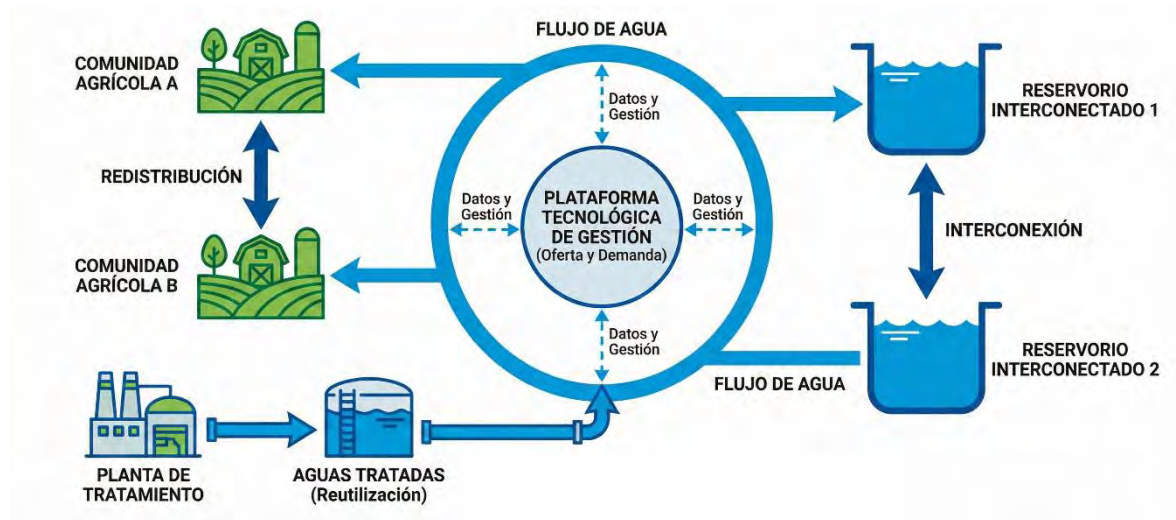


Figura 2. Red de intercambio de agua en la agricultura

3.2 Beneficios ambientales, sociales y relación con los ODS

Las redes de intercambio de agua generan beneficios ambientales y sociales significativos, ya que permiten reducir las pérdidas por evaporación y transporte mediante sistemas más compactos y monitoreados, a la vez que incrementan la disponibilidad hídrica en regiones vulnerables a través del intercambio entre cuencas. Además, fomentan el fortalecimiento comunitario al convertir la

gestión del agua en un proceso colaborativo y promueven una mayor equidad en territorios donde el acceso al recurso ha sido históricamente desigual. Estos beneficios se vinculan directamente con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible, como el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el clima). En conjunto, estas redes contribuyen a optimizar un recurso crítico, reducir la vulnerabilidad agrícola y

fortalecer la resiliencia de las comunidades (Ari y col., 2024).

4. Optimización de Recursos: Hacia una Agricultura Inteligente y Eficiente

La optimización de recursos es un pilar central para una agricultura sostenible, especialmente en un contexto donde agua, energía y nutrientes del suelo son cada vez más limitados. El objetivo es producir más con menos mediante tecnologías y prácticas que equilibren productividad y cuidado ambiental (Salgado y col., 2025).

La agricultura de precisión juega un papel clave al utilizar sensores, drones e imágenes satelitales para monitorear el estado de los cultivos. Esto permite aplicar insumos exactamente donde se necesitan, reduciendo costos, desperdicios y contaminación, además de mejorar la eficiencia del riego en zonas con escasez hídrica. El manejo regenerativo del suelo complementa estos avances. Prácticas como la labranza mínima, las coberturas vegetales y la rotación de cultivos preservan la estructura del suelo, aumentan su fertilidad y mejoran la retención de agua, lo que fortalece la

resiliencia frente al cambio climático (Núñez-López y col., 2022).

Por otro lado, el uso de energías renovables y la valorización de residuos agrícolas mediante compostaje o biodigestores permiten reducir emisiones y cerrar ciclos de nutrientes, avanzando hacia modelos más circulares y eficientes (Yin y col., 2025). En conjunto, estas estrategias impulsan una agricultura más inteligente, sostenible y alineada con los límites ecológicos, mejorando la eficiencia productiva sin comprometer el ambiente.

5. Resiliencia en la Agricultura: Prepararse para la Incertidumbre Climática

La resiliencia agrícola consiste en la capacidad de los sistemas productivos para resistir, adaptarse y recuperarse frente a perturbaciones como sequías, inundaciones, plagas o variaciones económicas, desafíos que se han intensificado debido al cambio climático global (Hashemi y col., 2024). Para fortalecer esta resiliencia, los agricultores recurren a estrategias diversas que abarcan tanto aspectos biológicos como tecnológicos. Una de las más efectivas es

la diversificación agrícola, que combina cultivos con distintos ciclos, especies o niveles de resistencia, lo que contribuye a estabilizar ingresos, reducir la incidencia de plagas y mejorar la fertilidad del suelo. Complementariamente, la adopción de variedades resistentes a sequías, salinidad o temperaturas extremas permite mantener la productividad incluso bajo condiciones climáticas adversas, lo que resulta especialmente relevante para comunidades rurales vulnerables.

Además, la resiliencia se refuerza mediante el uso de infraestructura natural y soluciones basadas en la naturaleza, como sistemas agroforestales, terrazas, barreras vivas y humedales restaurados. Estas prácticas mejoran la infiltración de agua, protegen el suelo de la erosión y regulan los ciclos hidrológicos, contribuyendo a la estabilidad del ecosistema agrícola (Sotomayor y col., 2021). A ello se suman los avances tecnológicos, ya que los sistemas digitales de alerta y monitoreo permiten anticipar riesgos como la aparición de plagas, enfermedades emergentes o eventos climáticos extremos. Esta capacidad predictiva, apoyada por modelos de análisis de datos, resulta fundamental para

tomar decisiones oportunas y mitigar daños potenciales, en línea con investigaciones que destacan la importancia de una gestión hídrica y productiva resiliente para la sostenibilidad agrícola (Shit y col., 2024).

En conjunto, estas estrategias permiten construir sistemas agrícolas más robustos, adaptativos y preparados para enfrentar la creciente incertidumbre climática (Figura 3).

6. Inteligencia Artificial: El Nuevo Motor de la Agricultura Sostenible

La irrupción de la inteligencia artificial (IA) en la agricultura representa uno de los cambios más disruptivos en la historia de la producción de alimentos. A diferencia de revoluciones previas enfocadas en maquinaria o insumos químicos, la IA introduce una transformación basada en datos, aprendizaje automático y capacidad predictiva. Su potencial no solo radica en aumentar la productividad, sino en hacerlo de manera sostenible, reduciendo el uso de recursos, anticipando riesgos y permitiendo una gestión más precisa del entorno agrícola (Figura 4) (Ali y col., 2025).

La agricultura siempre ha dependido del clima, del suelo, del agua y de las decisiones humanas, muchas veces basadas en la experiencia, pero sin acceso a información detallada o análisis complejos. Con la IA, esta dinámica

cambia radicalmente: ahora los agricultores pueden tomar decisiones mejor informadas basadas en millones de datos sobre el estado de sus cultivos, el clima, los suelos y el mercado (Das y col., 2024).



Figura 3. Estrategias de resiliencia para la incertidumbre climática en la agricultura.

6.1 Tecnologías Climáticas e Hídricas Inteligentes

La inteligencia artificial se ha convertido en una herramienta esencial para mejorar la capacidad de anticipación y adaptación de la agricultura frente a un clima cada vez más impredecible. Una de sus contribuciones más destacadas es la generación de predicciones climáticas avanzadas, capaces de analizar grandes



Figura 4. Aplicaciones y gestión de la IA en la agricultura.

volúmenes de datos provenientes de estaciones meteorológicas, satélites y sensores instalados directamente en el campo. Mediante modelos de aprendizaje automático, la IA integra información histórica y en tiempo real para producir pronósticos hiperlocales que permiten anticipar sequías, heladas, inundaciones u olas de calor, eventos que tradicionalmente afectan la producción agrícola de manera abrupta (Das y col., 2024). Gracias a estos sistemas predictivos, los agricultores pueden determinar con mayor precisión los momentos óptimos para la siembra, programar labores de campo estratégicas y evaluar distintos escenarios futuros, lo que reduce riesgos económicos y mejora la planificación (Kumari y col., 2025).

De forma complementaria, la IA también impulsa la modernización del manejo del agua a través de sistemas de riego inteligentes que responden de manera dinámica a las condiciones del suelo y del clima. Estos sistemas analizan datos en tiempo real sobre humedad, temperatura, evapotranspiración y pronósticos meteorológicos para calcular con exactitud cuánta agua aplicar y en qué momento.

Así, el riego deja de basarse en calendarios

fijos o estimaciones generales para convertirse en un proceso adaptable y altamente eficiente. Esto no solo minimiza el desperdicio de agua — un recurso cada vez más escaso — sino que mejora la salud de los cultivos y contribuye a la sostenibilidad agrícola (Flores-Mancheno y Palacios-López, 2025).

En conjunto, estas tecnologías basadas en IA permiten a los sistemas agrícolas anticiparse a los riesgos climáticos y gestionar el agua con una precisión sin precedentes, fortaleciendo la resiliencia productiva ante los desafíos actuales.

6.2 Tecnologías Inteligentes para el Monitoreo de Cultivos y la Eficiencia en la Cadena de Valor

La inteligencia artificial ha transformado tanto el monitoreo de los cultivos como la eficiencia de la cadena de suministro agrícola. En el campo, ha sustituido la tradicional inspección visual mediante sistemas avanzados de visión computacional y análisis de imágenes, donde drones equipados con cámaras multispectrales capturan datos de alta resolución que, al ser procesados por algoritmos especializados, permiten

identificar con precisión enfermedades tempranas, deficiencias nutricionales, plagas, estrés hídrico o zonas con crecimiento insuficiente (Santos del Rio y col., 2025). Estos avances resultan especialmente valiosos en cultivos sensibles como el tomate o la uva, donde modelos de IA ya alcanzan precisiones superiores al 90 % en el diagnóstico de enfermedades, lo que reduce el uso de pesticidas y optimiza la aplicación de insumos (UNEP, 2024).

Más allá del cultivo, la IA también desempeña un papel decisivo en la cadena de valor agroalimentaria, donde contribuye a disminuir el desperdicio de alimentos, un problema que afecta hasta un tercio de la producción global. Mediante sistemas de predicción de demanda, optimización de rutas logísticas y clasificación automatizada de calidad, los modelos de IA permiten mejorar la eficiencia del transporte, conservar mejor los productos y reducir pérdidas entre la cosecha y el consumidor final. En conjunto, estas tecnologías fortalecen tanto la sostenibilidad de la producción como la resiliencia de los sistemas alimentarios.

6.3 Inclusión Digital y Alineación de la IA con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La implementación de inteligencia artificial en la agricultura abre oportunidades significativas para mejorar la productividad, optimizar el uso de recursos y fortalecer la resiliencia frente al cambio climático; sin embargo, también plantea importantes desafíos relacionados con la inclusión digital. La brecha tecnológica entre pequeños y grandes productores podría ampliarse si el acceso a herramientas digitales no se democratiza. Por ello, avanzar hacia una agricultura sostenible requiere promover interfaces accesibles, capacitación constante, incentivos económicos y el desarrollo de soluciones tecnológicas adaptadas a las condiciones locales, garantizando que todos los productores puedan beneficiarse de estas innovaciones (Esquivel y col., 2025).

Cuando las tecnologías basadas en IA se implementan de manera equitativa, su impacto se alinea directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La predicción climática y la optimización del riego contribuyen al ODS 13 (Acción por el clima); el monitoreo de cultivos y la mejora de la productividad fortalecen el

ODS 2 (Hambre cero); las innovaciones en la cadena de valor y la reducción del desperdicio apoyan el ODS 12 (Producción y consumo responsables); mientras que la capacitación en herramientas digitales impulsa el ODS 4 (Educación de calidad), promoviendo nuevas competencias tecnológicas en las comunidades rurales. En conjunto, la IA no solo moderniza la agricultura, sino que también impulsa una transición justa e inclusiva hacia sistemas alimentarios más sostenibles.

7. La Agricultura Sostenible en el Marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La agricultura sostenible no puede entenderse de manera aislada; es un pilar transversal dentro de la agenda global marcada por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas. Estos objetivos buscan equilibrar el desarrollo humano con la protección del planeta, un reto que recae fuertemente sobre los sistemas agroalimentarios debido a su profunda relación con los recursos naturales, la

biodiversidad, el clima y las comunidades rurales.

7.1 El papel central de la agricultura en la Agenda 2030

El ODS 2 (Hambre cero) es explícito en cuanto a la agricultura, pero su impacto abarca muchos otros objetivos. La manera en que cultivamos afecta el uso del agua (ODS 6), el clima (ODS 13), la salud de los ecosistemas (ODS 15), la industria e innovación (ODS 9) y la vida en las comunidades rurales (ODS 11) (United Nations, 2023) (Figura 5).

Agricultura sostenible para cumplir el ODS 2: Hambre cero

La intensificación sostenible, la cual incrementa la producción sin agotar los recursos naturales, es clave. Las innovaciones que permiten incrementar rendimiento sin expandir la frontera agrícola, reducir pérdidas por estrés hídrico o plagas, mejorar calidad de cultivos y estabilizar producción en años climáticamente adversos son esenciales.

Contribución al ODS 6: Agua limpia y saneamiento

La agricultura consume la mayoría del agua dulce disponible a nivel global, lo que la convierte en un actor crucial para su gestión sostenible. Prácticas como el riego inteligente, el monitoreo continuo de la humedad del suelo, el uso de aguas tratadas y las redes de intercambio de agua contribuyen a disminuir la presión sobre cuencas y acuíferos.

Alineación con el ODS 12: Producción y consumo responsables

Un sistema agrícola sostenible debe también evitar el desperdicio, minimizar la contaminación y aprovechar los recursos mediante esquemas circulares. Esto se vincula directamente con la optimización de recursos y la innovación tecnológica ya explorada.

Mitigación y adaptación frente al cambio climático: ODS 13

El cambio climático es tanto causa como consecuencia de la transformación agrícola. Las emisiones del sector agrícola, sumadas a sequías, inundaciones y cambios en patrones de lluvia, requieren

respuestas tanto de adaptación como de mitigación (Hashemi y col., 2024).

Protección de la biodiversidad: ODS 15

La biodiversidad es la base de la agricultura. Las prácticas de manejo sostenible del suelo, diversificación de cultivos, reforestación con especies nativas, corredores biológicos y paisajes agrícolas multifuncionales contribuyen a la salud del ecosistema y la fertilidad del suelo.

Agricultura sostenible e innovación: ODS 9

La implementación de tecnologías avanzadas representa una oportunidad para modernizar el sector agrícola. Sin embargo, esta innovación debe ser socialmente incluyente. Esto implica formación, infraestructura y acceso equitativo.

Agricultura sostenible, comunidades rurales y el ODS 11

Las zonas rurales dependen fuertemente de la agricultura. La creación de sistemas resilientes reduce la migración forzada, promueve economías locales sostenibles, incrementa la seguridad alimentaria

regional y fortalece la cohesión comunitaria.

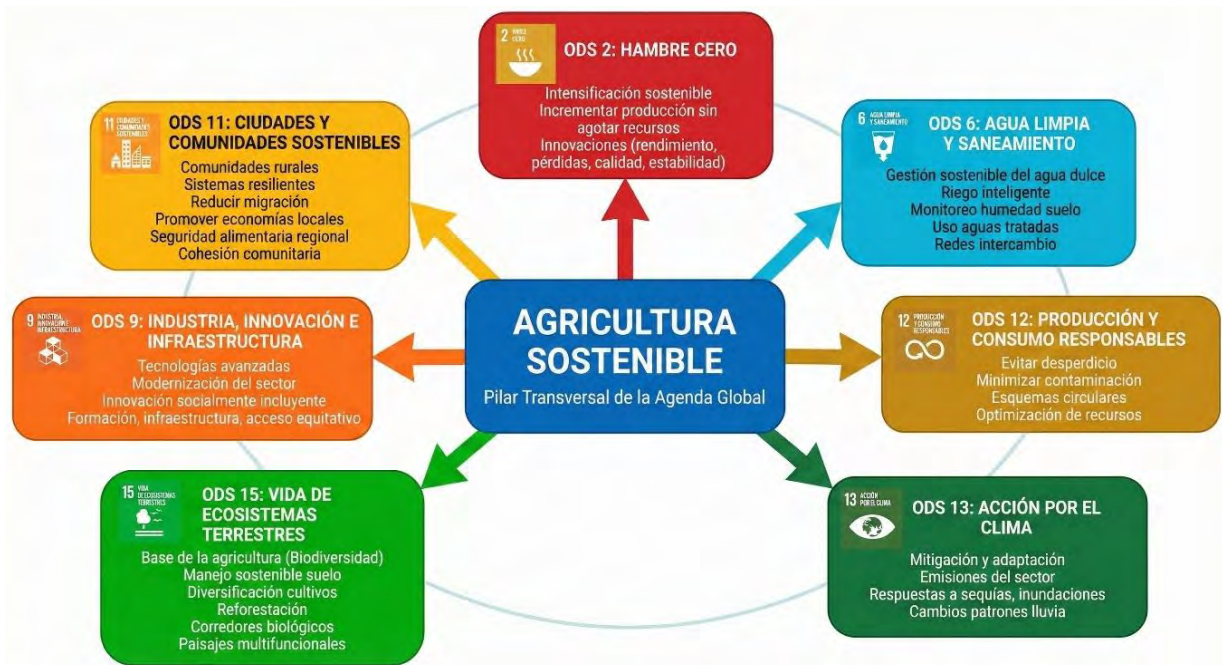


Figura 5. Agricultura sostenible en el marco de la Agenda 2030

8. Caso de Estudio: Riego Inteligente en México – La Colaboración CropX y Rotoplas

En los últimos años, la creciente presión sobre los recursos hídricos en México ha impulsado a empresas y agricultores a adoptar tecnologías que permitan mejorar la eficiencia del riego. Un ejemplo destacado es la colaboración entre CropX, una empresa internacional especializada en agricultura de precisión, y Rotoplas, una compañía mexicana líder en soluciones de agua. En 2021, ambas organizaciones implementaron

sistemas de riego inteligente en distintas regiones agrícolas del país con el objetivo de reducir el consumo de agua, mejorar los rendimientos y promover prácticas agrícolas sostenibles (CropX, 2021).

El proyecto consistió en instalar sensores de humedad en suelo, dispositivos IoT y modelos basados en inteligencia artificial capaces de analizar datos en tiempo real sobre las condiciones edáficas y climáticas. Estos sistemas permitieron que los agricultores conocieran con precisión cuándo y cuánto regar, evitando la aplicación excesiva de agua

y reduciendo la dependencia de métodos tradicionales que suelen basarse en estimaciones empíricas. Según reportes del proyecto, el uso de IA en la toma de decisiones optimizó el riego hasta en un 30 %, sin afectar la productividad, y en muchos casos mejorándola.

La iniciativa también promovió prácticas de optimización de recursos, ya que los productores pudieron reducir el uso de energía para bombeo y minimizar la lixiviación de nutrientes. Además, al disminuir el estrés hídrico en los cultivos, éstos se volvieron más resistentes ante variaciones climáticas, contribuyendo a la resiliencia agrícola. La implementación de sensores y modelos predictivos también facilitó la detección temprana de problemas en el campo, desde plagas hasta cambios inesperados en la humedad del suelo, alineándose con recomendaciones internacionales sobre el uso de tecnología para la adaptación climática en agricultura (Hashemi et al., 2024).

Desde la perspectiva social, el proyecto fortaleció la colaboración entre productores al compartir datos y experiencias, lo que fomentó la creación de redes de gestión de agua más eficientes y un uso más equitativo del recurso. El impacto ambiental y

comunitario del proyecto se alinea de forma directa con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluyendo el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), ODS 12 (Producción y consumo responsables) y ODS 13 (Acción por el clima). En particular, la reducción de agua utilizada y la adopción de riego basado en datos demuestran cómo tecnologías emergentes pueden contribuir a una agricultura más sostenible en regiones amenazadas por la escasez hídrica.

La colaboración CropX–Rotoplas continúa expandiéndose en México y se ha convertido en un referente nacional de cómo la integración de la inteligencia artificial, el monitoreo digital del suelo y la gestión eficiente del agua pueden transformar la agricultura en zonas con limitaciones hídricas. Su éxito evidencia el potencial de las tecnologías inteligentes para mejorar la productividad agrícola y al mismo tiempo proteger los recursos naturales del país.

9. Conclusiones

La transición hacia una agricultura sostenible es urgente y posible. La integración de tecnologías como la inteligencia artificial, junto con prácticas de manejo eficiente del agua y recursos, fortalece la resiliencia

agrícola y contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El futuro de la agricultura dependerá de nuestra capacidad para innovar, colaborar y tomar decisiones responsables con el ambiente y con las generaciones venideras. Hacer más con menos, y hacerlo mejor, es la clave para un sistema alimentario verdaderamente sostenible.

Referencias

Ali, Z., Muhammad, A., Lee, N., Waqar, M., & Lee, S.W. (2025). Artificial Intelligence for sustainable agriculture: a comprehensive review of AI-driven technologies in crop production. *Sustainability*, 17(5), 2281.

Ari, I.R.D., Wijatmiko, I., Santosa, H., & Prayitno, G. (2024). Empowering Smart Health Cities Through Innovative Water Management Strategies. *International Journal of Sustainable Development & Planning*, 19(8), 2991-3005.

Becerra-Perenguez, D.Y., Acosta-Astaiza, C.P., & Leyton-Luna, J. (2024). Gestión del recurso hídrico en la ruralidad, mediante estrategias de fortalecimiento comunitario. *Entramado*, 20(1), 1.

CropX. (2021). *CropX partners with Riego/Rotoplas to provide smart farming services in Mexico*. CropX. Recuperado el 30 de octubre de 2025. <https://cropx.com/2021/03/31/cropx-partners-with-riego-rotoplas-to-provide-smart-farming-services-in-mexico/>

Das, S., Kaur, M., Chhabra, V., Nandi, T., Mishra, P., & Ghosh, S. (2024). A systematic review of artificial intelligence: a future guide to sustainable agriculture. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(4), 562-573.

Esquivel, F.A., Tellez, B.L.C., Medina, M.L.P., Garfias, R.A., & Martínez, M.L.H. (2025). Transformación Digital en Comunidades Rurales: El Rol de la Tecnología en el Impulso Emprendedor y Desarrollo Territorial Inteligente. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 5(2), 400-422.

FAO. (2023). *The future of food and agriculture 2023*. FAO. Recuperado el 03 de noviembre de 2025. <https://www.fao.org/global-perspectives-studies/fofa/en/>.

Flores-Mancheno, C.I., & Palacios-López, L.A. (2025). Tecnologías de riego inteligente y su contribución a la conservación del agua

en agricultura. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 3(1), 61-73.

Hashemi, S.Z., Darzi-Naftchali, A., Karandish, F., Ritzema, H., & Solaimani, K. (2024). Enhancing agricultural sustainability with water and crop management strategies in modern irrigation and drainage networks. *Agricultural Water Management*, 305, 109110.

Kumari, K., Mirzakhani Nafchi, A., Mirzaee, S., & Abdalla, A. (2025). AI-driven future farming: achieving climate-smart and sustainable agriculture. *AgriEngineering*, 7(3), 89.

Núñez-López, J.M., Hernández-Calderón, O.M., Ponce-Ortega, J.M., Cervantes-Gaxiola, M. E., & Rubio-Castro, E. (2018). Optimal design of sustainable agricultural water networks. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7(1), 440-457.

Núñez-López, J.M., Rubio-Castro, E., & Ponce-Ortega, J.M. (2022). Optimizing resilience at water-energy-food nexus. *Computers & Chemical Engineering*, 160, 107710.

Reyes, L.H., Valverde, G.J.I., & Nieto, A.Á. (2025). Cambio climático y agua:

Percepciones universitarias desde el diseño industrial. *Revista Construyendo Paz Latinoamericana*, 10(21).

Salgado, E.M., Brito, G.G., Miranda, M.E., Pérez, E.P.A., & Hernández, D.A.F. (2025). Tecnologías Innovadoras en la Agricultura de Precisión. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 5660-5666.

Santos del Río, J., Talavera, A., Fernández-Pozo, N., Veredas, F.J., & Claros, M.G. (2025). Artificial Intelligence in Plant Salt Stress Research: From Predictive Models to Multi-Omics Integration. *Journal of Experimental Botany*, eraf498.

Shit, P.K., Adhikary, P.P., & Bera, B. (2024). Resilient and sustainable water management in agriculture. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 54020-54025.

Sotomayor, O., Ramírez, E., & Martínez, H. (2021). Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina.

UNEP. (2024). *Food waste index report 2024*. UNEP. Recuperado el 28 de octubre de 2025.

<https://www.unep.org/resources/publication/food-waste-index-report-2024>

United Nations. (2023). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Recuperado el 12 de noviembre de 2025. <https://sdgs.un.org/2030agenda>.

Varzakas, T., & Smaoui, S. (2024). Global food security and sustainability issues: the road to 2030 from nutrition and sustainable healthy diets to food systems change. *Foods*, 13(2), 306.

Yin, W., Yang, X., & Liu, W. (2025). Sustainable management and regulation of agricultural water resources in the context of global climate change. *Sustainability*, 17(6), 2760.