

# Avances tecnológicos en maquinaria agrícola

Constantino Valero y Belén Diezma.

Universidad Politécnica de Madrid.



Escardadora robotizada de la marca Garford.

**En este artículo nos planteamos evaluar el impacto transformador de tecnologías emergentes, incluyendo inteligencia artificial, Internet de las Cosas, robótica, blockchain y la modelización mediante análisis avanzado, en el diseño, fabricación y operación de maquinaria agrícola, optimizando eficiencia, sostenibilidad y resiliencia climática.**

**E**l contexto técnico actual que rodea la maquinaria agrícola es a la vez complejo y motivador. La convergencia de sistemas físicos y sistemas “en la nube”, el análisis de datos en tiempo real y la automatización están redefiniendo la maquinaria agrícola hacia

sistemas autónomos e interconectados. La integración de IoT (Internet de las Cosas) y AA (modelización mediante análisis avanzado), según trabajos de diferentes autores (ver bibliografía al final), permite un monitoreo remoto de las tareas en campo y la toma de decisiones basadas en datos,

mientras que la IA (inteligencia artificial) impulsa la autonomía y la precisión. Estas innovaciones, junto con otras de diversos ámbitos como la biotecnología, son esenciales para abordar desafíos globales como la seguridad alimentaria (proyección de 9,7 mil millones de personas para 2050), la escasez de recursos y el cambio climático, optimizando procesos productivos y reduciendo el impacto ambiental.

A lo largo del artículo vamos a ver las tecnologías emergentes y sus aplicaciones específicas, el impacto cuantitativo en la producción agrícola, diversos casos de estudio y aplicaciones prácticas, los desafíos técnicos, económicos y sociales, y finalmente las tendencias futuras y recomendaciones estratégicas. Diversos autores han revisado recientemente el universo de tecnologías emergentes en maquinaria agrícola (Vahdanjoo *et al.*, 2025; Graham & Lopez, 2025; Olayinka, 2025) y en este artículo presentamos un resumen de sus conclusiones, auxiliados por la IA “Grok.”

## Tecnologías emergentes en maquinaria agrícola

A continuación, se hace un resumen de las principales tecnologías emergentes y sus aplicaciones específicas en la agricultura.

### Inteligencia artificial y aprendizaje automático

La llamada inteligencia artificial está suponiendo un cambio profundo en la forma en que los humanos nos relacionamos con

las máquinas, y este artículo es prueba de ello. La IA, basada en algoritmos de aprendizaje automático (Machine Learning) y aprendizaje profundo (Deep Learning), procesa datos multisensoriales (imágenes, datos de sensores, series temporales) para optimizar el rendimiento de maquinaria. Las redes neuronales convolucionales (CNN) y recurrentes (RNN) analizan datos visuales y temporales, mientras que los sistemas de soporte de decisiones integran big data.

Se están desarrollando muchas aplicaciones específicas empleando IA, por ejemplo:

- Mantenimiento predictivo: modelos de ML analizan vibraciones, temperatura y presión para predecir fallos, reduciendo tiempos de inactividad en un 20-30%. Sensores IoT en cosechadoras detectan desgaste en sistemas hidráulicos.
- Visión por computadora: CNN integradas en maquinaria identifican plagas y enfermedades con una precisión del 95%, ajustando operaciones como la pulverización. Drones con IA analizan imágenes multiespectrales y complementan a la maquinaria terrestre para monitorear cultivos. John Deere utiliza DL y visión por computadora, logrando una eficiencia del 95% en separación de grano en cosechadoras, aumentando la eficiencia en un 15%. Case IH, ha desarrollado cosechadoras con IA que ajustan operaciones según la densidad del cultivo, aumentando la productividad en un 12%.
- Los modelos de Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP): los interfaces de voz basadas en "lenguaje común" (tipo chatGPT y similares) para hablar con las máquinas permiten control sin manos, mejorando la ergonomía y la seguridad.

#### Internet de las Cosas (IoT)

Las redes de sensores IoT, utilizando protocolos como MQTT y CoAP, recopilan datos en tiempo real sobre variables agronómicas (condiciones ambientales; humedad, pH y nutrientes del suelo) y operativas (rendimiento del motor, consumo de combustible). La integración con plataformas en la nube permite el análisis de los datos y el control remoto de la maquinaria. Algunos ejemplos de ello son:

- Sensores en tractores y drones, junto con sensores instalados en campo, transmiten datos a sistemas de gestión, permitiendo ajustes dinámicos en siembra o riego según condiciones del terreno.
- Para la mejora de la trazabilidad en cadenas de suministro, sensores IoT en unidades de almacenamiento en frío monitorean temperatura y humedad, asegurando la calidad de productos perecederos con alertas de IA que reducen pérdidas por temperatura inadecuada.



# DEMOAGRO 2025

## DESCUBRE EL RASTRILLO CON PICK-UP CENTRAL GA 8131 CL



be strong. be **KUHN**  
[www.kuhn.es](http://www.kuhn.es)





Tractor autónomo de agXeed trabajando en viña. Esta máquina ganó el conocido certamen Tractor of the year en la EIMA25.

- Empresas como AG Leader implementan sensores IoT y AA para guiado automático, reduciendo el solapamiento en un 90% durante la siembra.

### Robótica y automatización

La robótica agrícola no es nueva, se lleva desarrollando desde hace más de 30 años, sin embargo, los avances actuales la están impulsando de una forma definitiva, tanto transformando maquinaria tradicional en tractores autónomos, como creando equipos totalmente robotizados desde cero. Los sistemas robóticos autónomos, equipados con sensores LiDAR, GPS-RTK y algoritmos de planificación de trayectorias (basados en el sistema operativo ROS, específico para robots) ejecutan tareas con precisión. La colaboración multi-robot utiliza algoritmos de enjambre para optimizar operaciones cuando varias máquinas autónomas confluyen en un mismo campo. Por ejemplo, se han desarrollado numerosos equipos robóticos ya comerciales que realizan siembra y control de malas hierbas, reduciendo el uso de herbicidas en un 30%. Los tractores autónomos de John Deere evitan obstáculos y optimizan rutas. Los drones robóticos aplican pesticidas solo en áreas afectadas, minimizando el impacto ambiental. Varias empresas como Bluewhite, GO-

track, Raven Industries, GPX o Braun han desarrollado interesantes “kits retrofit” que convierten tractores normales en tractores autónomos con navegación basada en IA, reduciendo costes laborales en un 25%.

### Modelización mediante análisis avanzado

El desarrollo de algoritmos mediante AA (Advanced Analytics) utiliza técnicas estadísticas y predictivas (regresión, series temporales, *clustering*) para analizar datos históricos y en tiempo real, generando predicciones y recomendaciones. Esta modelización avanzada integra datos de IoT y modelos de IA para optimizar decisiones. Se están desarrollando multitud de aplicaciones específicas, como la predicción de rendimientos mediante modelos de AA que analizan datos climáticos, de suelo y de cultivos para predecir rendimientos con un error inferior al 10%, y planificar mejor el momento y modo de recolección. En otros casos se consigue una zonificación de parcelas mediante algoritmos de clustering (modelos de agrupación) que dividen los campos en zonas según necesidades específicas, optimizando la aplicación de insumos con la maquinaria. El llamado Big Data hace uso de análisis de datos masivos y permite modelar esce-

narios agrícolas y optimizar el diseño de maquinaria en cada caso.

### Tecnologías complementarias

El blockchain es una tecnología informática principalmente conocida por su uso en el intercambio de criptomonedas. Sin embargo, se han desarrollado contratos basados en blockchain que aseguran la trazabilidad de datos generados por maquinaria, verificando la procedencia de productos agrícolas. Un ejemplo es cómo los exportadores de mangos en África Occidental usan blockchain con IoT para garantizar calidad.

### Impacto en la Producción Agrícola

Todas estas tecnologías tienen un claro impacto en la producción agrícola a través de las siguientes ventajas operativas.

#### Eficiencia operativa y productividad

La integración de IA, IoT y AA reduce costes operativos mediante mantenimiento predictivo y optimización de recursos, logrando ahorros del 15-20%. La automatización minimiza errores humanos y aumenta la velocidad de operación. La agricultura de precisión, habilitada por sensores IoT y visión por computadora, incrementa los rendimientos en un 10-15% al optimizar insumos. Por ejemplo, un productor de maíz en Iowa ahorró 22.000 euros en una temporada gracias al mantenimiento predictivo remoto de su maquinaria; empresas como Trimble Ag ofrecen sistemas que reducen el consumo de agua en un 20% mediante software de gestión integrado con la maquinaria.

#### Sostenibilidad ambiental

Tecnologías como IoT y AA monitorean la salud del suelo y optimizan el uso de insumos, reduciendo la huella de carbono. La aplicación precisa de fertilizantes y agua reduce la contaminación del suelo y de agua en un 25-30%, apoyando prácticas regenerativas, algo que puede llegar a

automatizarse completamente gracias a la robótica de precisión.

### Resiliencia climática

Los modelos de IA y AA integran datos climáticos, de suelo y de cultivos para ajustar parámetros operativos, como patrones de siembra adaptados a sequías o lluvias extremas. Se espera que los sistemas predictivos mejoren la resiliencia en un 25%. La optimización de recursos en condiciones adversas aumenta la estabilidad de los rendimientos en un 15-20%, según autores. A modo de ejemplo, John Deere utiliza predicciones climáticas para optimizar la siembra, maximizando la productividad en escenarios extremos.

### Desafíos en la adopción de tecnologías

Aunque el panorama es alentador, para la adopción con éxito de todas las tecnologías mencionadas hay que solventar diferentes barreras.

#### Barreras técnicas

La interoperabilidad de datos es una asignatura pendiente. La falta de estandarización en formatos (JSON, XML) limita la integración entre sistemas de diferentes fabricantes. Hoy en día es habitual que sensores de diferentes marcas generen datos incompatibles.

Por otro lado, la compatibilidad con sistemas heredados es un desafío en sí



Drone diseñado para la realización de tratamientos fitosanitarios de AgLeader - AAMS Ibérica.

mismo: la maquinaria antigua carece de interfaces para IoT o IA, requiriendo costosas actualizaciones.

Otro punto crítico es la calidad de los datos: lecturas incorrectas de sensores pueden llevar a decisiones erróneas. Es necesario establecer protocolos robustos de depurado de registros antes de incluirlos en los sistemas de asistencia a la toma de decisiones.

Los expertos coinciden en que parte de la solución a estas barreras pasa por la adopción de protocolos como Isobus y desarrollar APIs abiertas para facilitar la integración.

#### Barreras económicas y medioambientales

También existen dificultades económicas evidentes: la implementación de maquina-

ria autónoma y sistemas IoT requiere inversiones significativas, inaccesibles para pequeños productores. La infraestructura rural no está en las mejores condiciones para poder aprovechar al máximo estas tecnologías: la conectividad limitada en áreas rurales restringe el uso de tecnologías basadas en la nube. Quizá modelos de suscripción y servicio (Maquinaria como Servicio, MaaS), asociaciones público-privadas para expandir la conectividad 5G en áreas rurales y ayudas gubernamentales para democratizar el acceso a internet puedan ayudar en el proceso de generalización de tecnologías digitales.

El auge de las tecnologías de digitalización en la agricultura y los beneficios derivados de su adopción han sido examinados mediante diversas metodologías de análisis de sostenibilidad ambiental.



The advertisement is split into two main images. On the left, a long line of yellow John Deere harvesters is parked in a lot. On the right, a close-up shows a harrow or similar implement in operation, kicking up dust. A QR code is positioned in the upper center between the two images. At the bottom, there is a banner with text and logos.

**Cosechadoras Segura** **COSECHADORAS DE OCASIÓN**

**ENRIQUE SEGURA S.L.**  
Villanueva de Gállego, Zaragoza  
☎ 976 18 50 20 / 628 38 10 00

**PLATAFORMAS FLEXIBLES DRAPER**  
**MacDon**  
The Harvesting Specialists.

Además de seguir mejorando y profundizando en estos análisis de sostenibilidad ambiental mediante la particularización de inventarios propios, se discute ahora la necesidad de integrar en estos análisis los impactos directos derivados de la propia tecnología.

Puesto que la fabricación de dispositivos TIC tiene una huella ambiental significativa, la adopción global de la agricultura digital podría implicar un despliegue masivo de dispositivos electrónicos complejos en el entorno. Por tanto, en un momento crucial para la generalización de sistemas digitales en la producción de alimentos y en el resto de su cadena de suministro, es necesario el desarrollo y la adopción de metodologías que permitan evaluar los impactos ambientales directos de los sistemas digitales aplicados en la agricultura, considerando tanto la infraestructura necesaria para su implementación, como sus efectos a largo plazo.

### Barreras culturales y sociales

Existen también dificultades sociales en la adopción de herramientas digitales. Los agricultores tradicionales muestran reticencia debido a la falta de familiaridad con tecnologías digitales.

En cuanto a privacidad y seguridad de datos, la recopilación masiva de datos genera preocupaciones sobre ciberseguridad y uso indebido. En ambos casos, programas de capacitación, interfaces intuitivas en las herramientas y certificaciones de seguridad de datos para generar confianza pueden ser útiles. Es necesario que los gobiernos establezcan normativas claras sobre privacidad de datos y ciberseguridad para proteger la información agrícola.

En cuanto a la formación, desde diferentes ámbitos se están desarrollando programas educativos para mejorar la alfabetización digital de los agricultores españoles, como es el caso de los cursos gratuitos del Centro de Competencias Digitales (<https://centrocompetencias.mapa.es/>).



Robot para caracterización autónoma de viñedo (colaboración CAR UPM-CSIC, ETSIAAB UPM y Telefónica).

### Perspectivas futuras

Mirando a futuro, es posible prever varias tendencias tecnológicas:

- Autonomía avanzada: flotas de maquinaria autónoma con algoritmos de colaboración multi-agente optimizarán operaciones a gran escala.
- Integración IoT-IA-AA: plataformas unificadas combinarán datos de sensores, drones y satélites para una gestión holística.
- Agricultura sostenible: tecnologías que prioricen la regeneración del suelo y la reducción de emisiones, como sistemas de monitoreo de carbono.
- IA como Asesor Virtual: sistemas de IA analizarán imágenes, datos climáticos y de suelo para recomendar decisiones autónomas de siembra e irrigación.
- Hay también oportunidades estratégicas para las empresas del sector: la expansión de los servicios agrarios (MaaS) puede reducir barreras económicas; las colaboraciones interdisciplinarias entre fabricantes, universidades y gobiernos deben servir para acelerar la innovación; finalmente, la democra-

tización de tecnologías para pequeños productores mediante soluciones de bajo coste puede facilitar la adopción.

- Es fácil imaginar en un futuro cercano un sector agrícola donde la maquinaria opere de manera autónoma, integrada en redes digitales que optimicen la cadena de suministro y minimicen el impacto ambiental, contribuyendo a la seguridad alimentaria global.

### Conclusión

La integración de IA, IoT, robótica y AA está revolucionando la maquinaria agrícola, logrando mejoras en eficiencia (20% en costos operativos), sostenibilidad (30% menos insumos) y resiliencia climática (25% más estabilidad en rendimientos). Estas tecnologías son cruciales para enfrentar la creciente demanda alimentaria, la escasez de recursos y los efectos del cambio climático. Sin embargo, se requiere colaboración entre industria, academia y gobiernos para estandarizar sistemas, reducir costos y fomentar la adopción, maximizando el impacto global. ■

### BIBLIOGRAFÍA

Este artículo se fundamenta en estudios realizados por expertos internacionales; los autores se han valido del motor de inteligencia artificial "Grok" para obtener una primera aproximación al texto que se presenta ya revisado y modificado adecuadamente. Se puede encontrar información detallada en:

Vahdanjoo, M., et al. (2025). Digital transformation of the agri-food system. *Current Opinion in Food Science*, 63, 101287 <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2025.101287>

Graham, A., & Lopez, J. (2025). Integrating AI in Agricultural Machinery: A Comprehensive Review of Current Technologies and Trends. *Preprints.org*. <https://doi.org/10.20944/preprints202504.0181.v1>

Olayinka, O. T. (2025). Revolutionizing Agriculture: The Role of IoT, Artificial Intelligence and Advanced Analytics. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 10(3), 2665-2668. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/25mar1819>

Kamilaris, A., et al. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23-37. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.037>

Liakos, K. G., et al. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>

Rocca, Pierre La, Gaëlle Guennebaud, Aurélie Bugeau, and Anne Laure Ligozat. 2024. "Estimating the Carbon Footprint of Digital Agriculture Deployment: A Parametric Bottom-up Modeling Approach." *Journal of Industrial Ecology*, December. <https://doi.org/10.1111/JIEC.13568>.

Future Farming [www.futurefarming.com](http://www.futurefarming.com) Accedido 3/4/2025

Grok <https://grok.com/> Accedido 3/4/2025

# FENDT

fendt.com | Fendt is a worldwide brand of AGCO.



## Excepcional por Naturaleza. Nuevo Fendt 600 Vario.

Un todoterreno de primera clase que marca nuevos hitos en el campo. Su estrecho radio de giro, de tan sólo 10,2 m, su reducido peso operativo de 7,7 toneladas combinado con una elevada capacidad de carga de unas impresionantes 5,8 toneladas, así como una potencia hidráulica de hasta 205 l/min hacen que el Fendt 600 Vario sea excepcional por Naturaleza en el segmento de potencia de entre 149 y 224 CV. Más información [fendt.com/600-vario](https://fendt.com/600-vario)

