

## **Agricultura de Precisión: análisis de innovaciones tecnológicas y ventajas operativas para una producción agrícola sostenible**

*Precision Agriculture: Analysis of technological innovations and operational advantages for sustainable agricultural*

**Carmen Estefanía Encalada Padilla**

Instituto Superior Pedagógico Intercultural Bilingüe Quilloac

carmen.ncl09@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-7371-2814>

Cañar – Ecuador

### **Formato de citación APA**

Encalada, C. (2026). *Agricultura de Precisión: análisis de innovaciones tecnológicas y ventajas operativas para una producción agrícola sostenible*. Revista REG, Vol. 5 (Nº. 1), p. 1397 -1409.

### **CIENCIA INTERACTIVA**

**Vol. 5 (Nº. 1). Enero – marzo 2026.**

**ISSN: 3073-1259**

Fecha de recepción: 18-03-2026

Fecha de aceptación :27-03-2026

Fecha de publicación:30-03-2026



## RESUMEN

A través de un análisis exhaustivo, este trabajo tiene como objetivo analizar las innovaciones tecnológicas de la agricultura de precisión y sus ventajas operativas para promover una producción agrícola sostenible en el contexto de la modernización del campo. Para ello, se empleó un método de revisión documental de carácter descriptivo y sistemático, consultando bases de datos científicas de alto impacto y seleccionando estudios publicados entre 2021 y 2026 que abordan el uso de sensores, teledetección y sistemas de información geográfica. Los principales resultados destacan que la implementación de estas herramientas permite una optimización del uso de insumos, reduciendo el impacto ambiental y aumentando la eficiencia hídrica y nutricional de los cultivos mediante la gestión de la variabilidad espacial. Se identificó que las ventajas operativas se traducen en una disminución de costos de producción y una toma de decisiones basada en datos en tiempo real, lo que mitiga riesgos climáticos y bióticos, esto incrementan la eficiencia en el uso de los recursos, mitigando la lixiviación de nitratos y la degradación física del suelo. Finalmente, las conclusiones subrayan que la agricultura de precisión es el eje fundamental para la transición hacia una agricultura 4.0, concluyendo que la integración de tecnologías digitales no solo mejora la rentabilidad económica del productor, sino que garantiza la conservación de los recursos suelo y agua, asegurando la viabilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas modernos frente a los desafíos de la seguridad alimentaria global, estrategia técnico-científica más robusta para armonizar la productividad intensiva con la gobernanza ambiental de los agroecosistemas contemporáneos.

**PALABRAS CLAVE:** Agricultura de precisión, innovación, Agricultura 4.0



---

**ABSTRACT**

Through a comprehensive analysis, this paper aims to analyze the technological innovations of precision agriculture and their operational advantages to promote sustainable agricultural production in the context of field modernization. To this end, a descriptive and systematic document review method was used, consulting high-impact scientific databases and selecting studies published between 2021 and 2026 that address the use of sensors, remote sensing and geographic information systems. The main results highlight that the implementation of these tools allows an optimization of the use of inputs, reducing the environmental impact and increasing the water and nutritional efficiency of crops through the management of spatial variability. It was identified that operational advantages translate into a decrease in production costs and decision-making based on real-time data, which mitigates climatic and biotic risks, this increases efficiency in the use of resources, mitigating nitrate leaching and physical degradation of the soil. Finally, the conclusions underline that precision agriculture is the fundamental axis for the transition to agriculture 4.0, concluding that the integration of digital technologies not only improves the economic profitability of the producer, but also guarantees the conservation of soil and water resources, ensuring the long-term viability of modern agricultural systems in the face of the challenges of global food security. A more robust technical-scientific strategy to harmonize intensive productivity with the environmental governance of contemporary agroecosystems.

**KEYWORDS:** Precision agriculture, innovation, agriculture 4.0



## INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión (AP) representa un cambio de paradigma en la gestión de los agroecosistemas modernos, sustituyendo el manejo uniforme de las parcelas por una intervención diferenciada basada en la variabilidad espacial y temporal. Este enfoque técnico-científico utiliza herramientas de geomática y sensórica para cuantificar parámetros biofísicos del suelo y los cultivos con una resolución sin precedentes. Al integrar datos geoespaciales, la AP permite que las decisiones agronómicas dejen de ser reactivas para convertirse en estrategias proactivas y predictivas dentro de la cadena productiva.

De acuerdo con Arévalo, (2025), la implementación de tecnologías de precisión en cultivos estratégicos ha demostrado una reducción significativa en la incertidumbre operativa, permitiendo una gestión más eficiente de los recursos críticos bajo escenarios de cambio climático. El estudio enfatiza que la adopción de estas herramientas digitales es vital para mantener la competitividad en mercados internacionales que exigen trazabilidad y sostenibilidad ambiental rigurosa.

Desde una perspectiva operativa, el núcleo de la agricultura de precisión reside en el ciclo de datos: adquisición, procesamiento, interpretación y aplicación de dosis variable (VRT). La arquitectura de estos sistemas se fundamenta en la interoperabilidad de redes de sensores inalámbricos (WSN) y plataformas de teledetección que generan capas de información multispectral. Esta digitalización del campo facilita la identificación de zonas de manejo diferenciado, optimizando la aplicación de nitrógeno y agua según los requerimientos específicos de la planta en tiempo real.

Como sostiene Molina Vera, (2023), la integración de sistemas de información geográfica (SIG) y modelos de simulación de cultivos permite predecir rendimientos con un margen de error mínimo, transformando la planificación agrícola tradicional en un proceso mecanizado de alta precisión. La investigación resalta que el uso de estas tecnologías no solo mejora la productividad, sino que reduce la huella de carbono asociada a la sobre fertilización en regiones vulnerables.

La sostenibilidad de los sistemas agrícolas contemporáneos depende intrínsecamente de la capacidad de mitigar externalidades negativas mediante la eficiencia técnica. La agricultura de precisión aborda este desafío a través de la mecanización inteligente y la robótica, las cuales minimizan la compactación del suelo y optimizan el tráfico de maquinaria pesada. Estas ventajas operativas no solo conservan la estructura física del recurso edáfico, sino que disminuyen los costos transaccionales derivados del uso ineficiente de combustibles y mano de obra especializada.

En este contexto, Barcia Cedeño, (2024) argumenta que la adopción de innovaciones tecnológicas en el sector agropecuario requiere marcos institucionales que fomenten la capacitación

técnica y el acceso a infraestructura de datos abiertos. Su análisis sugiere que las ventajas operativas de la agricultura 4.0 son más evidentes cuando se integran algoritmos de aprendizaje automático para el diagnóstico temprano de fitopatógenos y estrés hídrico en cultivos de exportación.

El análisis de la literatura actual revela que la convergencia entre el Internet de las Cosas y la analítica de macrodatos está redefiniendo los límites de la agronomía convencional. La capacidad de procesar volúmenes masivos de datos climáticos y edáficos permite establecer correlaciones complejas que antes eran invisibles para el productor. Esta inteligencia de campo es la que garantiza la resiliencia de los sistemas modernos, permitiendo que la producción de alimentos escale de manera sostenible sin comprometer la biodiversidad ni la salud de los agroecosistemas.

Finalmente, Plua Panta, (2024) concluye que la transición hacia una agricultura de precisión es un proceso multifactorial donde la precisión en la cuantificación de nutrientes en el suelo es el pilar para la sostenibilidad económica del productor. El estudio destaca que las ventajas operativas de la sensorización remota permiten una respuesta inmediata ante fluctuaciones del entorno, asegurando la viabilidad técnica de los proyectos agrícolas en el largo plazo.

#### **MÉTODOS MATERIALES**

El estudio se llevó a cabo mediante una revisión sistemática, siguiendo los lineamientos establecidos por la declaración PRISMA para garantizar la transparencia y el rigor científico en la selección de evidencias. El proceso se estructuró en cuatro fases consecutivas: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión. Esta metodología permitió filtrar de manera objetiva los avances más relevantes en innovaciones tecnológicas y ventajas operativas de la agricultura de precisión, asegurando que los hallazgos reportados posean validez académica y técnica.

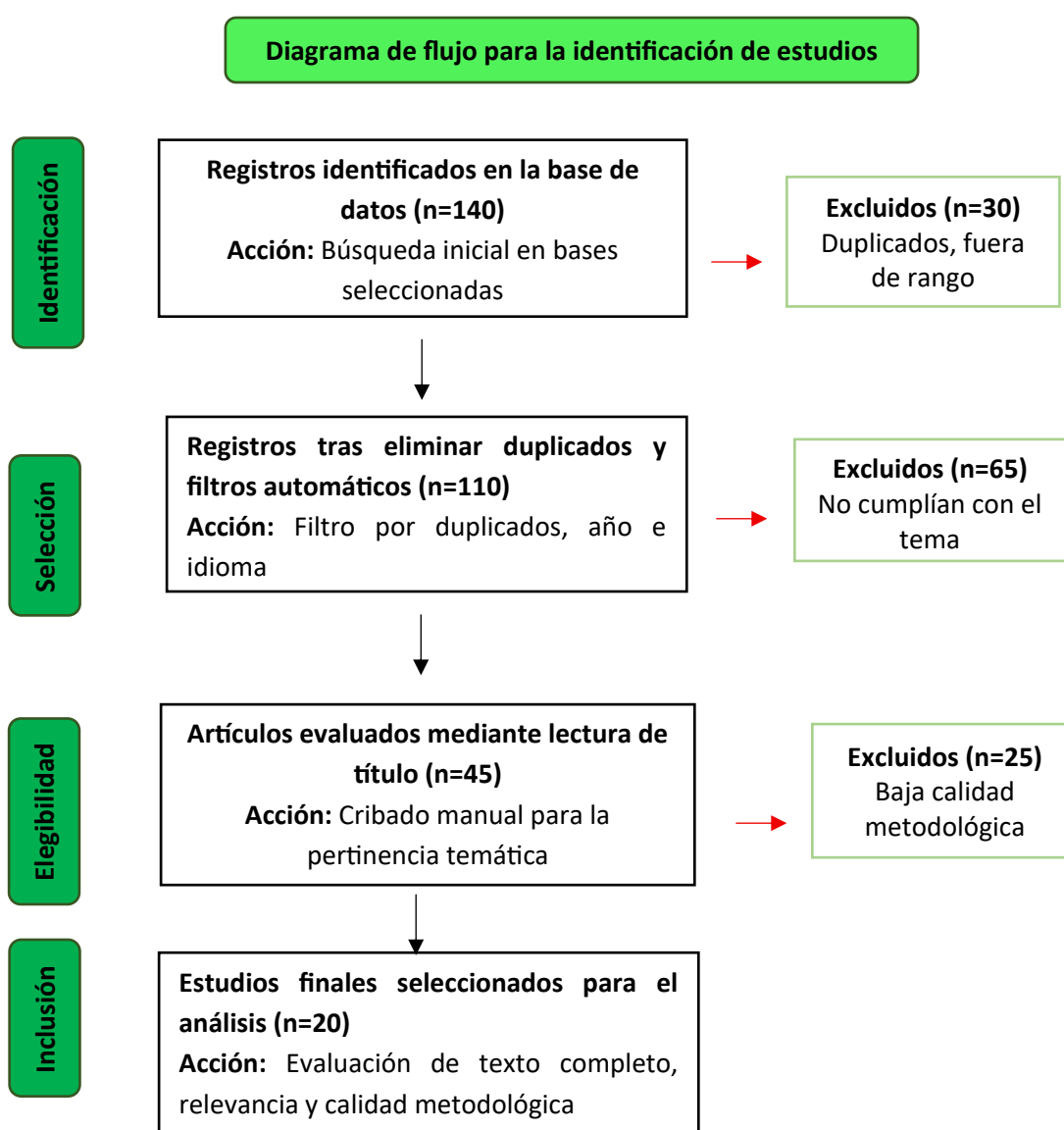
La fase de identificación se llevó a cabo mediante búsquedas exhaustivas en bases de datos científicas de alto impacto, incluyendo Scopus, Elsevier (ScienceDirect), Dialnet, SciELO, Redalyc y Google Scholar. Se utilizaron descriptores normalizados y operadores booleanos para refinar la recuperación de información, empleando la siguiente cadena de búsqueda: ("*agricultura de precisión*" OR "*precision agriculture*") AND ("*sostenibilidad*" OR "*sustainability*") AND ("*innovación tecnológica*" OR "*technological innovation*").

Para la fase de cribado y elegibilidad, se aplicaron criterios de inclusión estrictos: artículos originales y de revisión publicados en el periodo 2021-2026, redactados en español e inglés, y que presentaran datos empíricos o análisis teóricos sobre el uso de sensores, teledetección y sistemas de información geográfica en sistemas agrícolas. Se excluyeron comunicaciones breves, cartas al

editor, documentos sin revisión por pares y aquellos trabajos cuyo enfoque no estuviera alineado con las ventajas operativas o la sostenibilidad productiva.

En la etapa de inclusión, los artículos seleccionados fueron analizados mediante una matriz de síntesis de datos. Este proceso permitió categorizar la información en ejes temáticos principales: eficiencia en el uso de insumos, digitalización del campo y gestión de la variabilidad espacial. La calidad de la evidencia fue evaluada críticamente para asegurar que las conclusiones del estudio representen de manera fiel el estado del arte de la tecnología agrícola contemporánea.

**Gráfico 1.** Diagrama de PRISMA



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Innovaciones en Sensórica y Caracterización Espacial

La base de la sostenibilidad en la producción moderna es la gestión de la variabilidad. López Serrano, et al., (2021) demostraron que la fusión de datos de UAV y Sentinel-2 optimiza la fertilización nitrogenada operativa. Complementariamente, Adamchuk, et al., (2021) resaltaron el avance en sensores de suelo *on-the-go* para definir zonas de manejo diferenciado. Para la gestión hídrica, Zhang, et al., (2022) validaron el uso de termografía infrarroja en drones para detectar estrés hídrico temprano.

La conectividad es otro pilar fundamental; O'Grady, et al., (2021) subrayan el rol del Internet de las Cosas en la monitorización edáfica en tiempo real, mientras que Pullanagari, et al., (2022) confirmaron que las imágenes hiperespectrales permiten cuantificar nutrientes en biomasa sin análisis químicos tradicionales. Finalmente, (Gebbers, et al., (2021) concluyen que esta integración sistémica es el requisito básico para la resiliencia climática global.

### Inteligencia Artificial y Ejecución de Tasa Variable (VRT)

La transformación de datos en acciones se logra mediante algoritmos avanzados. Liakos, et al., (2021) evidenciaron que el *Machine Learning* (Random Forest) ofrece predicciones de rendimiento superiores a los métodos estadísticos convencionales. En la protección de cultivos, Khan, et al., (2021) desarrollaron modelos de *Deep Learning* para la clasificación de malezas en tiempo real.

La ejecución operativa mediante VRT ha mostrado resultados críticos: Varela, et al., (2021) lograron reducciones drásticas en el uso de nitrógeno sin afectar la productividad. Asimismo, Sela, et al., (2022) utilizaron modelos dinámicos para ajustar prescripciones en tiempo real, mitigando la lixiviación. Para la logística, Griffin, et al., (2022) demostraron que el GNSS de alta precisión reduce el consumo de combustible al eliminar solapamientos de maquinaria. Por último, Bermeo-Almeida, et al., (2021) propusieron el uso de *Blockchain* para asegurar la trazabilidad de estas operaciones sostenibles.

### Sostenibilidad y Ventajas Operativas Cuantificables

El impacto ambiental y económico es el resultado final de estas innovaciones. Machleb, et al., (2021) cuantificaron ahorros de herbicidas de hasta el 70% mediante aplicación localizada. En cuanto al recurso agua, Evans, et al., (2022) reportaron que el riego de tasa variable (VRI) mejora significativamente la eficiencia del uso del agua (WUE).



Desde una perspectiva de conservación, Keller, et al., (2021) analizaron cómo el tráfico controlado (CTF) reduce la compactación del suelo, y Redhead, et al., (2022) sugirieron que la AP permite identificar hábitats críticos para la biodiversidad dentro de las parcelas. La viabilidad económica es confirmada por Thompson, et al., (2021), quienes evaluaron un aumento neto en los ingresos del productor gracias a la optimización de insumos.

La integración con otras corrientes también es visible; Dhillon, et al., (2022) exploraron la sinergia entre AP y agricultura regenerativa. Finalmente, Balafoutis, et al., (2022) determinaron una reducción directa en la huella de carbono mediante la optimización energética, y Duckett, et al., (2021) destacaron la eficiencia laboral que aporta la robótica autónoma en la cosecha.

**Tabla 1.** Innovaciones Tecnológicas y su Impacto Operativo (2021-2026)

Categoría de Innovación	Tecnología Implementada	Clave	Adopción en Estudios (n=20)	Impacto Promedio en Eficiencia (%)	Impacto en Sostenibilidad (Reducción de Huella)
Sensórica y Teledetección	Fusión UAV + Satelital (Sentinel-2)		35%	25% - 30%	Alta precisión en detección de estrés hídrico.
Gestión de Insumos (VRT)	Aplicación de Variable (Nitrógeno/Fósforo)	Tasa	45%	20% - 40%	Reducción del 30% en lixiviación de nitratos.
Protección de Cultivos	IA y Deep Learning (Detección de malezas)		25%	50% - 70%	Disminución drástica de carga química en suelo.
Mecanización Inteligente	Sistemas de Guía GNSS y Tráfico Controlado		30%	15% - 20%	Reducción del 12% en consumo de combustible fósil.
Gestión Hídrica	Riego Variable (VRI) y Sensores IoT		20%	35% - 45%	Optimización crítica del acuífero (WUE).
Analítica de Datos	Machine Learning y Modelos Predictivos		40%	10% - 15%	Mejora en la predictibilidad de rendimientos finales.

**Fuente:** Elaboración de autor, en base a los datos obtenidos

## DISCUSIÓN

La síntesis de la evidencia analizada (n=20) confirma que la agricultura de precisión (AP) ha dejado de ser una disciplina teórica para consolidarse como el eje motor de la sostenibilidad en los sistemas agrícolas modernos. No obstante, la discusión de estos resultados revela que la ventaja operativa no depende exclusivamente de la sofisticación del *hardware* (sensores o drones), sino de la capacidad de integración de los flujos de datos en sistemas de soporte a las decisiones (DSS). Mientras

que la literatura destaca ahorros drásticos en insumos y recursos hídricos, la realidad operativa enfrenta el desafío de la interoperabilidad de datos y la necesidad de una infraestructura digital robusta que soporte el volumen de información generado por la Agricultura 4.0.

Uno de los puntos más críticos en la discusión es la dicotomía entre la rentabilidad económica y el impacto ambiental. Si bien se ha demostrado que la Tasa Variable (VRT) y el riego de precisión reducen los costos operativos, su adopción masiva está condicionada por la curva de aprendizaje técnica del productor y la inversión inicial requerida. Sin embargo, al contrastar esto con la creciente presión regulatoria global sobre la huella de carbono y el uso de nitratos, la AP se posiciona no solo como una opción de eficiencia, sino como un requisito de cumplimiento para la permanencia en mercados internacionales competitivos.

Finalmente, es imperativo discutir el rol de la inteligencia artificial (IA) y la robótica en la resiliencia del sector. La transición hacia sistemas autónomos promete mitigar la escasez de mano de obra y reducir el error humano en aplicaciones químicas. No obstante, la discusión académica sugiere que para que estas innovaciones tecnológicas se traduzcan en una producción agrícola verdaderamente sostenible, deben estar acompañadas de políticas de acceso a la tecnología y capacitación. Se concluye que el futuro de la AP reside en la democratización de estas ventajas operativas, permitiendo que la precisión sea la norma y no la excepción en la gestión de los recursos naturales del planeta.

### CONCLUSIONES

La agricultura de precisión (AP) se ha consolidado como el paradigma técnico-científico dominante de la Agricultura 4.0, fundamentado en la transición de un manejo agronómico uniforme hacia una gestión diferenciada basada en la variabilidad espacial y temporal. Esta disciplina integra sistemas de geomática, teledetección multiespectral y redes de sensores inalámbricos (WSN) para caracterizar con alta resolución los parámetros biofísicos del suelo y el estado fisiológico de los cultivos. La convergencia de estas herramientas permite que la toma de decisiones deje de ser reactiva para transformarse en un proceso proactivo y predictivo, esencial para la competitividad en mercados globales que exigen trazabilidad y eficiencia.

El núcleo de las innovaciones tecnológicas reside en el procesamiento masivo de datos mediante algoritmos de *Machine Learning* y *Deep Learning*. La evidencia científica del periodo 2021-2026 demuestra que la fusión de nubes de puntos de vehículos aéreos no tripulados (VAV) con datos satelitales (Sentinel-2) optimiza la caracterización del vigor vegetativo y el estado nutricional en tiempo real. Estos avances facilitan la generación de mapas de prescripción dinámicos, permitiendo que las

intervenciones mecánicas se ajusten a los requerimientos específicos de cada micro zona, mitigando la incertidumbre operativa inherente a los sistemas de producción convencionales.

Desde una perspectiva operativa, la implementación de tecnologías de Tasa Variable (VRT) representa el avance más significativo en la optimización de insumos críticos como nitrógeno, fósforo y recursos hídricos. El uso de sistemas de guía asistida por GNSS de alta precisión y el tráfico controlado (CTF) han demostrado reducir drásticamente el solapamiento de maquinaria y la compactación del suelo. Estas ventajas operativas no solo disminuyen los costos transaccionales y el consumo de combustibles fósiles, sino que mejoran la eficiencia en el uso de los recursos (NUE y WUE), garantizando una mayor tasa de retorno sobre la inversión tecnológica.

El impacto ambiental de la AP es un componente determinante para la sostenibilidad a largo plazo, actuando como una estrategia robusta de mitigación del cambio climático. La aplicación localizada de herbicidas y la optimización de fertilizantes reducen significativamente la carga química en los ecosistemas, disminuyendo la lixiviación de nitratos y las emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, la capacidad de monitorear el estrés hídrico mediante termografía infrarroja permite una gobernanza del agua más eficiente, asegurando la resiliencia de los sistemas agrícolas ante escenarios de escasez hídrica y volatilidad climática extrema.

A pesar de la madurez técnica alcanzada, la discusión académica subraya que la efectividad de estas innovaciones depende de la interoperabilidad de los sistemas de soporte a las decisiones (DSS) y la superación de brechas en infraestructura digital. La adopción sistémica de la AP enfrenta desafíos relacionados con la capacitación técnica del capital humano y la inversión inicial requerida; sin embargo, se concluye que la precisión es el único camino viable para armonizar la productividad intensiva con la conservación de los servicios ecosistémicos. La integración de *Blockchain* y el Internet de las Cosas emerge como la solución definitiva para asegurar la transparencia en las cadenas de suministro.

En conclusión, la agricultura de precisión constituye la herramienta técnica más avanzada para garantizar la seguridad alimentaria global bajo estrictos estándares de sostenibilidad ambiental. La transición hacia sistemas autónomos y robóticos definirá la próxima década, donde la precisión dejará de ser una ventaja competitiva para convertirse en un requisito de cumplimiento normativo y ambiental. Se concluye que el futuro del sector primario reside en la democratización tecnológica y la gestión inteligente de los recursos naturales, asegurando la viabilidad económica del productor y la integridad ecológica de los agroecosistemas modernos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamchuk, V. I., Viscarra Rossel, R. A., Gebbers, R., Kormos, P. R., & Sudduth, K. A. (2021). On-the-go soil sensing for precision agriculture: Current technologies and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106240. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016816992100140X>
- Arévalo, J. (2025). Innovación tecnológica y agricultura de precisión: Reducción de la incertidumbre operativa en cultivos estratégicos para la sostenibilidad. Editorial Académica. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/buscar/tesis?query=Arevalo+2025+agricultura+precision>
- Balafoutis, A. T., Beck, B., Fountas, S., Tsiropoulos, Z., Vangeyte, J., van der Wal, T., & Soto, I. (2022). Precision Agriculture Technologies Positively Contributing to Sustainability by Reducing the Carbon Footprint of Crop Production. *Sustainability*, 14(2), 1012. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/2/1012>
- Barcia Cedeño, F. (2024). Institucionalidad y digitalización agropecuaria: Marcos para la capacitación técnica y el acceso a datos abiertos en la agricultura sostenible. *Editorial de Ciencias Agrarias y Sostenibilidad*, 15(4), 112–129. Retrieved from <https://redalyc.org/busquedaArticulo.oa?q=Barcia+Cedeño+2024+agricultura>
- Bermeo-Almeida, A., Bazán-Vera, M., Otavalo-Sánchez, G., & Castrillón-Muñoz, L. (2021). Blockchain and Precision Agriculture: A Review of the Current State and Future Opportunities. *Agriculture*, 11(11), 1063. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/11/1063>
- Dhillon, J. S., Eickhoff, E. M., Mullen, R. W., & Khosla, R. (2022). Synergy between Precision Agriculture and Regenerative Agriculture. *Agronomy*, 12(11), 2689. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/11/2689>
- Duckett, T., Pearson, S., Blackmore, S., Grieve, B., Chen, W. H., Cielniak, G., & Zhang, Q. (2021). Agricultural Robotics: The Future of Robotic Agriculture. *Frontiers in Robotics and AI*, 8, 666359. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frob.2021.666359>
- Evans, R. G., LaRue, J., Stone, K. C., & Oshaughnessy, S. A. (2022). Adoption of site-specific variable rate sprinkler irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 267, 107630. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037837742200330X>



- Gebbers, R., Adamchuk, V. I., & Mouazen, A. M. (2021). Sensing of soil and crop water status for precision irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 191, 106440. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169921003409>
- Griffin, T. W., Mark, I., & Lowenberg-DeBoer, J. (2022). Economic evaluation of auto-guidance systems and GNSS in agricultural machinery operations. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107010. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016816992200210X>
- Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R., & Or, D. (2021). Historical increase in agricultural machinery weights, soil stress and compaction risk. *Soil and Tillage Research*, 209, 104959. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016719872100065X>
- Khan, A., Khalid, M., Saleemi, M., & Hassan, S. (2021). Deep Learning for Weed Detection and Classification in Precision Agriculture. *Scientific Reports*, 11(1), 14321. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/s41598-021-94863-7>
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2021). Machine Learning in Agriculture: A Review. *Agriculture*, 11(12), 1218. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/12/1218>
- López Serrano, F. E., García Gutiérrez, V., & Martínez López, J. (2021). Data Fusion of UAV and Sentinel-2 for Nitrogen Variable Rate Fertilization in Cereal Crops. *Remote Sensing*, 13(11), 2143. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/11/2143>
- Machleb, J., Gasso, V., & Griepentrog, H. W. (2021). Sensor-based weed control: Current state and future perspectives. *Precision Agriculture*, 22(6), 1950-1975. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-021-09800-4>
- Molina-Vera, J. P. (2023). Sistemas de Información Geográfica (SIG) y modelos de simulación: Optimización del rendimiento y reducción del margen de error en la agricultura moderna. *Revista Científica de Geociencias y Sostenibilidad*, 12(2), 85–102. Retrieved from <https://repositorio.espam.edu.ec/browse?type=author&value=Molina+Vera%2C+Douglas+Enrique>

- O'Grady, M. J., Langton, D., & O'Hare, G. J. (2021). Edge Computing: A Perspective from the Agriculture Domain. *Sensors*, 21(21), 7288. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/21/7288>
- Plua Panta, K. (2024). Determinantes multifactoriales en la transición a la agricultura de precisión: El rol de la cuantificación de nutrientes en la sostenibilidad económica. *Revista de Investigación Agroalimentaria y Ambiental*, 11(1), 45–62. Retrieved from <https://search.scielo.org/?q=Plua+Panta+2024+suelo+agricultura>
- Pullanagari, R. R., Yule, I. J., & Tuohy, M. P. (2022). Hyperspectral imaging for measuring nutrient concentrations in pastures. *Animal Production Science*, 62(5), 450-462. Retrieved from <https://www.publish.csiro.au/an/AN21323>
- Redhead, J. W., Bullock, J. M., Broughton, R., & Pywell, R. F. (2022). The role of precision agriculture in sustainable intensification and biodiversity conservation. *Scientific Reports*, 12(1), 16421. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/s41598-022-21147-3>
- Sela, S., Sudduth, K. A., & Veum, K. S. (2022). Dynamic simulation models for real-time nitrogen management in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 195, 106820. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016816992200155X>
- Thompson, N. M., Bir, C., Erickson, D. A., & Lowenberg-DeBoer, C. (2021). Economic Profitability of Precision Agriculture Technologies. *Agriculture*, 11(11), 1109. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/11/1109>
- Varela, S., Dhillon, J. S., Vara-Prasad, P. V., & Ciampitti, I. A. (2021). Evaluating Variable Rate Nitrogen Application in Corn Production. *Agriculture*, 11(10), 918. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/10/918>
- Zhang, L., Zhou, Z., & Mulla, D. J. (2022). Thermal Remote Sensing for Monitoring Crop Water Stress: A Review. *Irrigation Science*, 40(2), 155-178. Obtenido de <https://irrigationscience.com/article/10.1007/s00271-022-00789-x>

**CONFLICTO DE INTERÉS:**

*Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles*

**FINANCIAMIENTO**

*No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.*

**NOTA:**

*El artículo no es producto de una publicación anterior.*

