



Revolución Verde: La transformación de la Agricultura a través de la Mecatrónica

Raúl Omar Herrera Arroyo *

*Tecnológico Nacional de México / IT de
Celaya,
Celaya, Guanajuato, México*

Juan José Martínez Nolasco

*Tecnológico Nacional de México / IT de
Celaya,
Celaya, Guanajuato, México*

Coral Martínez Nolasco

*Tecnológico Nacional de México / IT de
Celaya,
Celaya, Guanajuato, México*

Cristal Yoselin Moreno Aguilera

*Tecnológico Nacional de México / IT de
Celaya,
Celaya, Guanajuato, México*

* Autor de correspondencia: m2303045@itcelaya.edu.mx

Resumen: La integración de la mecatrónica en la agricultura está revolucionando la producción de alimentos al combinar ingeniería mecánica, electrónica, informática y sistemas de control. Este artículo describe cómo tecnologías como sensores, drones, vehículos autónomos, robots, fábricas de plantas y gemelos digitales están transformando la agricultura. Estas tecnologías permiten automatizar la forma en la que se cultivan los alimentos, teniendo un mejor uso de recursos y mejorando la toma de decisiones, contribuyendo a una producción más eficiente y respetuosa con el medio ambiente. El uso de estas tecnologías promete hacer la agricultura más adaptable a las necesidades que surjan en un futuro, sin embargo, aún hay obstáculos que enfrentar como los altos costos y la necesidad de capacitar a las personas.

Palabras clave: *Agricultura 4.0, automatización, mecatrónica agrícola, sensores y robótica en cultivos.*

1. Introducción: lo que debemos saber de inicio

La necesidad de aumentar la producción de alimentos de manera sostenible, debido al aumento de la población y el cambio climático, ha impulsado la búsqueda de soluciones tecnológicas en la agricultura. La mecatrónica es la combinación entre la ingeniería mecánica, electrónica, informática y sistemas de control (Baque et al, 2022). Esta rama de la ingeniería permite desarrollar sistemas capaces de automatizar tareas agrícolas, mejorando la productividad, reduciendo costos, minimizando el impacto ambiental y facilitando el trabajo a los agricultores (González & Ortiz, 2021; González, Aponte & Solaque, 2015). Este artículo muestra un pequeño recorrido histórico de cómo la mecatrónica ha influido en la agricultura, además de describir las principales aplicaciones agrícolas de esta rama de la ingeniería y los beneficios que estos tienen.

2. Fundamentos Teóricos: reglas y principios científicos importantes

La mecatrónica debe entenderse como una disciplina integrada que combina la mecánica, electrónica, informática y los sistemas de control. Esta fusión permite desarrollar soluciones capaces de automatizar procesos, recolectar e interpretar datos en tiempo real y tomar decisiones de manera autónoma y eficiente. Este tipo de soluciones aplicadas a la agricultura tradicional, la ha transformado en lo que se conoce como agricultura inteligente o agricultura 4.0 (Espinosa et al, 2021).

La aplicación de la mecatrónica en la agricultura se divide en tres etapas a lo largo del tiempo, como se observa en la Figura 1 (Negrete, 2018):

- Mecanización básica (siglo XIX – XX): En esta fase la agricultura experimentó un cambio muy grande en la forma en la que, hasta en ese momento, se realizaba, esto debido a la introducción de máquinas como tractores y sembradores mecánicos, sustituyendo al trabajo manual y animal, permitiendo cubrir mayores extensiones de terreno, aumentando la productividad.
- Automatización parcial (décadas 1980 – 2010): Durante estos 30 años, se introdujo el uso de componentes electrónicos como sensores de temperatura, humedad, iluminación, temporizadores, etc. Permitiendo automatizar algunas tareas como el riego programado en base al tiempo.

- Autonomía inteligente (2010 – actualidad): Actualmente, la agricultura se encuentra inmersa en una etapa de transformación digital. El uso de inteligencia artificial (IA), internet de las cosas (IoT), análisis de datos, robótica avanzada, etc. Permiten el diseño de sistemas agrícolas inteligentes capaces de adaptarse a los entornos mediante al análisis continuo de información. Equipos como drones, tractores autónomos, estaciones meteorológicas, monitoreo por satélite, etc. Sirven para tomar decisiones personalizadas a las condiciones de cada parcela.



Figura 4 Evolución tecnológica en la agricultura.

Obtenida de: elaboración propia.

3. Desarrollo del Trabajo: *aplicando las reglas y principios científicos*

La combinación de la ingeniería mecatrónica con la agricultura ha traído muchas aplicaciones prácticas que están cambiando la manera en la que se siembra, cuida y se protege lo que se cosecha. Estas novedosas tecnologías son de gran ayuda para aprovechar mejor los recursos, que los productos sean de mejor calidad, enfrentar de mejor manera los problemas del medio ambiente y producir más alimentos de una manera más efectiva. A continuación, se muestran algunas de las aplicaciones más significativas de la mecatrónica en la agricultura.

3.1 Sensores y agricultura de precisión

En la agricultura de precisión, el terreno de cultivo se divide en diferentes secciones, cada una se maneja según lo que necesita específicamente (Ríos, 2021). Para hacer esto, se utilizan diversos sensores para medir las variables como temperatura, humedad, pH, etc. Esta información es procesada por computadoras y algunos expertos para saber en qué

secciones hay que regar y fertilizar, evitando malgastar recursos donde no se necesitan (Agrotech, 2024). Por ejemplo, si el terreno en una sección está sumamente seco, pero contiene suficientes nutrientes, solo se le coloca agua sin fertilizante evitando gastar recursos de más.

3.2 Drones agrícolas y vehículos autónomos

Los vehículos aéreos no tripulados o drones se han vuelto muy importantes para vigilar los cultivos desde el cielo. Estos dispositivos cuentan con cámaras para observar diferentes aspectos como temperatura, enfermedades de las plantas, falta de agua, presencia de plagas, etc. Estas aeronaves vuelan sobre grandes extensiones de terreno en poco tiempo, recolectando información y tomando las fotos suficientes para analizar y decidir qué hacer en el campo (FAO, 2020).

Por otro lado, los vehículos autónomos como tractores y sembradores con navegación por GPS permiten hacer diversas labores como la siembra, fertilización y fumigación con mucha precisión sin necesidad de intervención humana. Estos sistemas reducen el error y el desperdicio a la hora de aplicar los recursos, trabajando más eficientemente, sobre todo en campos grandes (Hernández et al, 2023).

3.3 Robótica agrícola

Una de las áreas más avanzadas de la mecatrónica aplicada a la agricultura es la robótica en la cosecha. En cultivos especializados como fresa, tomate, arándano y pimiento, se han desarrollado robots que utilizan visión artificial y aprendizaje automático para identificar la madurez óptima de los frutos y recolectarlos, evitando daños tanto en el producto como en la planta (Ferreira González, 2023).

De la misma manera, también existen brazos robóticos diseñados para clasificar por tamaño, color o peso, el empaque automatizado y el transporte de las plantas cosechadas. Estas soluciones no solo aumentan la velocidad de los procesos, sino que también aseguran que los productos sean tratados de manera adecuada (Robotnik, 2022).

3.4 Fábricas de plantas

Las fábricas de plantas son lugares cerrados donde se cultivan plantas de manera vertical haciendo uso de técnicas de cultivo sin suelo como hidroponía. En estos lugares en vez de

utilizar la luz del sol, se utilizan luces LED especializadas y sistemas que controlan las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad. Estas instalaciones, al no necesitar del clima exterior, permiten producir alimentos todo el año, con un mejor uso del agua y la energía (Guillén, Sarmiento, & Martínez, 2024). Este tipo de lugares son de suma importancia en lugares donde el espacio para cultivar es escaso, también, se considera una solución sostenible ya que se reduce el uso de recursos como agua (Castellanos, Castellanos, Gómez & Pérez, 2024).

3.5 Gemelos Digitales

Los gemelos digitales son replicas computarizadas de sistemas reales que permiten simular, predecir y mejorar algunos procesos en tiempo real. En la agricultura, estos modelos por computadora recolectan datos de diversos sensores, estaciones climáticas, imágenes por satélite y algunos otros parámetros de las plantas para simular el comportamiento de una parcela (Ariesen-Verschuur, Verdouw, & Tekinerdogan, 2022). Los gemelos digitales en agricultura permiten predecir cómo será la cosecha, ajustar las estrategias de cultivo y adaptarse mejor a cualquier cambio que ocurra (Peladarinos et al., 2023). Por ejemplo, un gemelo digital puede simular el desarrollo de un cultivo con diferentes riegos, fertilizaciones, épocas del año, etc. Ayudando a tomar decisiones sin poner el riesgo un cultivo real.

4. Conclusiones: lo que podemos aprender de este artículo

La mecatrónica en la agricultura está cambiando la forma en la que se cultivan los alimentos. Utilizar sensores, drones, vehículos autónomos y robots especializados hace que sea más eficiente el uso de recursos, permitiendo una agricultura basada en los datos recopilados. Estas tecnologías ya son utilizadas actualmente, teniendo un potencial enorme para asegurar que todos tengamos los alimentos suficientes para vivir.

Además, innovaciones como las fábricas de plantas son nuevas formas de producir alimentos en ambientes controlados y con poco terreno, también los gemelos digitales son de gran ayuda, pudiendo probar nuevas estrategias para cultivar sin necesidad de afectar plantas reales. Sin embargo, todavía hay desafíos que afrontar, como los altos costos iniciales y la capacitación a las personas que utilizaran los dispositivos. Superar estos obstáculos será clave para hacer que la agricultura inteligente sea accesible para todos.

5. Referencias: *por si quieres seguir conociendo más*

- Agrotech Campus. (2024). *Captación de datos con sensores en agricultura*. Recuperado el 6 de mayo de 2025, de <https://agrotechcampus.com/blog/captacion-de-datos-con-sensores-en-agricultura/>
- Ariesen-Verschuur, N., Verdouw, C., & Tekinerdogan, B. (2022). Digital twins in greenhouse horticulture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 199, 107183. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107183>
- Baque Castro, B. I., Marcillo Parrales, K. G., Cedeño Ferrín, J. A., & Gutiérrez García, J. L. (2022). La mecatrónica y su importancia en la sociedad. *Journal TechInnovation*, 1(1), 46–54. <https://doi.org/10.47230/Journal.TechInnovation.v1.n1.2022.46-54>
- Castellanos Serrano, L. T., Castellanos Suárez, J. A., Gómez Águila, M. V., & Pérez Vivar, M. A. (2024). Revolucionando la producción de alimentos: análisis de los sistemas de fábricas de plantas: Plant Factory Systems: The food production revolution. *E-CUCBA*, (23), 82–89. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi23.362>
- Espinosa, A., Ponte, D., Gibeaux, S., & González, C. (2021). Estudio de Sistemas IoT Aplicados a la Agricultura Inteligente. *Revista Plus Economía*, 9(1), 33–42. Recuperado de <https://revistas.unachi.ac.pa/index.php/pluseconomia/article/view/479>
- González, D. S., Aponte, J. A., & Solaque, L. E. (2015). Integración de la mecatrónica al desarrollo de la agricultura de precisión aplicada al control mecánico de maleza. *Revista EIA, Memorias*. <https://revistas.eia.edu.co/index.php/mem/article/view/842>
- González, M., & Ortiz, L. (2021). Introducción a la mecatrónica agrícola. *Revista Ingeniería y Tecnología Rural*, 12(1), 15–28.
- Guillén P., V. M., Sarmiento, A., & Martínez-Herrera, O. E. (2024). Características y comparación de los sistemas de producción agrícola en campo, invernaderos y recintos de ambiente controlado con iluminación artificial (PFAL). *PRISMA Tecnológico*, 15(1), 1–9. <https://doi.org/10.33412/pri.v15.1.2859>
- Negrete, J. C. R. (2018). *Introducción al estudio de mecatrónica agrícola: Mecatrónica agrícola en México*. Editorial Académica Española.
- Peladarinos, N., Piromalis, D., Cheimaras, V., Tserepas, E., Munteanu, R. A., & Papageorgas, P. (2023). Enhancing smart agriculture by implementing digital twins: A comprehensive review. *Sensors*, 23(16), 7128. <https://doi.org/10.3390/s23167128>

Ríos Hernández, R. (2021). La agricultura de precisión. Una necesidad actual. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(1), e10. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586269368010>

Robotnik. (2022). *Aplicaciones de la robótica en la agricultura*. Obtenido de <https://robotnik.eu/es/aplicaciones-de-la-robotica-en-la-agricultura/>