

Diseño e implementación de un sistema multi-agente para el mapeo, navegación autónoma y la detención temprana de problemas en los nogales con un enfoque en agricultura de precisión

Antonio Escobar Saenz^{1*}, Ángel Israel Soto Marrufo², Francesco José García Luna³

Resumen

Este proyecto propone el diseño y simulación de un sistema multi-agente orientado a la agricultura de precisión, compuesto por un vehículo aéreo no tripulado (UAV) y uno terrestre no tripulado (UGV) para el monitoreo de huertos de nogal. La iniciativa busca optimizar el uso de recursos agrícolas mediante tecnologías avanzadas, integrando visión por computadora, sensado de suelo y comunicación cooperativa entre ambas plataformas. El sistema permitirá generar mapas de cultivo, identificar zonas afectadas por plagas o deficiencias nutricionales y mejorar la toma de decisiones en la gestión agrícola. La cooperación entre UAV y UGV se implementará mediante ROS2, garantizando intercambio de información en tiempo real y navegación autónoma. Los resultados esperados incluyen una detección precisa de áreas críticas, mapeo eficiente del terreno y validación de la factibilidad del sistema en entornos simulados, sentando las bases para futuras aplicaciones en campo real. Este enfoque representa un avance hacia la adopción de herramientas inteligentes que contribuyen a la sostenibilidad y productividad en la agricultura mexicana.

Palabras Clave

Sistema multi-agente – Agricultura de precisión – Visión computarizada – Robótica – Navegación autónoma

^{1,2,3}Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

*Autor de correspondencia: al260504@alumnos.uacj.mx

Programa académico

Maestría en Tecnología

Fecha de presentación

20 y 27 de noviembre de 2025

Financiamiento

SECIHTI (CVU 2159073)

Institución responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Eventos académicos

10.º Coloquio de Posgrados del IIT, 1.º Congreso Internacional de las Fronteras de las Ingenierías

Conflicto de interés

Sin conflicto de interés declarado

Referencias

1. Alakuş, D. O., & Türkoğlu, İ. (2024). *Smart Agriculture, Precision Agriculture, Digital Twins in Agriculture: Similarities and Differences*.
2. Gobierno del Estado de Chihuahua. (2025). *Mantiene Chihuahua liderazgo nacional en producción de nuez pecana*. Recuperado de: <https://www.chihuahua.gob.mx/prensa/mantiene-chihuahua-liderazgo-nacional-enproduccion-de-nuez-pecana>
3. Liu, X., Li, J., & He, C. (2020). *Iterative learning control algorithm of consensus for discrete-time heterogeneous multi-agent systems with independent topologies*.
4. Alatise, M. B., & Hancke, G. P. (2020). A Review on Challenges of Autonomous Mobile Robot and Sensor Fusion Methods.

CITACIÓN: Escobar Saenz, A., Soto Marrufo, A.I., & García Luna, F.J. (2026). Diseño e implementación de un sistema multi-agente para el mapeo, navegación autónoma y la detención temprana de problemas en los nogales con un enfoque en agricultura de precisión [Fronteras de la Ingeniería y Transformación Tecnológica]. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 5(1), 87-88.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MULTI-AGENTE PARA EL MAPEO, NAVEGACIÓN AUTÓNOMA Y LA DETECCIÓN TEMPRANA DE PROBLEMAS EN LOS NOGALES CON UN ENFOQUE EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Ing. Antonio Escobar Saenz, Dr. Ángel Israel Soto Marrufo, Dr. Francesco José García Luna

Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura.

Maestría en Tecnología

Resumen

La agricultura de precisión busca optimizar el uso de recursos agrícolas y maximizar la productividad mediante el empleo de tecnologías avanzadas. Tomando esto en cuenta, los sistemas multi-agente, integrados por entidades autónomas con capacidad de decisión y comunicación, ofrecen una solución para la cooperación entre diferentes plataformas inteligentes.

El presente proyecto propone el diseño y simulación de un sistema multi-agente compuesto por un vehículo aéreo no tripulado (UAV) y uno terrestre no tripulado (UGV) orientado al monitoreo y detección de problemas en huertos de nogal, buscando la cooperación efectiva entre ambas plataformas para la generación de mapas de cultivo e identificación de zonas afectadas.

Objetivo general

Desarrollar la simulación de un sistema multi-agente con un robot aéreo y uno terrestre en cooperación para la detección de problemas en nogales con enfoque en agricultura de precisión.

Objetivos particulares

Desarrollar un sistema de visión para detectar problemas de plagas y nutrición en nogales.

Integrar un sistema de monitoreo de suelo para temperatura, humedad y pH.

Desarrollar un sistema de navegación basado en el sistema de visión.

Implementar comunicación para la cooperación de ambos robots.

Introducción

La producción de nuez es una de las principales actividades agrícolas en el norte de México. Durante 2024, Chihuahua se consolidó como el principal productor de nuez a nivel nacional. Sin embargo, este sector enfrenta retos de plagas y deficiencias nutricionales que afectan su cosecha (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2025).

La agricultura de precisión optimiza el uso de recursos mediante tecnologías y herramientas, permitiendo conocer mejor las condiciones del cultivo y atender cada zona (Alakus & Türkoğlu, 2024), facilitando un monitoreo detallado y una toma de decisiones precisa.

La aplicación de sistemas multi-agentes en entornos agrícolas permite integrar vehículos autónomos con diferentes capacidades, combinando información aérea y terrestre. Estudios han evidenciado que estos sistemas pueden mejorar la coordinación, la planificación y el intercambio de información en escenarios con agentes heterogéneos (Liu, Li & He, 2020).

El diseño y simulación del sistema multi-agente propuesto, enfocado en el monitoreo de huertos de nogal mediante visión por computadora, se apoya en técnicas de automatización y percepción, las cuales han mostrado mejorar el desempeño y robustez de plataformas móviles en agricultura (Alatise & Hancke, 2020).



Figura 1. Etapa final de la maduración del fruto del nogal pecanero (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2025).

RESULTADOS ESPERADOS

Comunicación y cooperación efectiva UAV-UGV, permitiendo que ambas plataformas compartan información en tiempo real mediante ROS2 y actúen de forma coordinada.

Precisión en detección de zonas críticas combinando la visión aérea del dron con las mediciones directas del suelo realizadas por el UGV.

Mapeo del cultivo para la navegación autónoma del UAV y el UGV.

Base para implementación futura en campo real demostrando su factibilidad.

Metodología



Figura 2. Diagrama Metodológico del Proyecto.

Referencias

- Alakus, D. O., & Türkoğlu, İ. (2024). Smart Agriculture, Precision Agriculture, Digital Twins in Agriculture: Similarities and Differences.
- Gobierno del Estado de Chihuahua. (2025). Mantiene Chihuahua liderazgo nacional en producción de nuez pecana. <https://www.chihuahua.gob.mx/prensa/mantiene-chihuahua-liderazgo-nacional-en-produccion-de-nuez-pecana>
- Liu, X., Li, J., & He, C. (2020). Iterative learning control algorithm of consensus for discrete-time heterogeneous multi-agent systems with independent topologies.
- Alatise, M. B., & Hancke, G. P. (2020). A Review on Challenges of Autonomous Mobile Robot and Sensor Fusion Methods.

Conclusión

El diseño y simulación del sistema multi-agente UAV-UGV demuestra el potencial que tienen las plataformas autónomas y cooperativas para el monitoreo agrícola en huertos de nogal. La integración de visión por computadora, sensado de suelo y comunicación mediante ROS2 permite complementar la información aérea con datos a nivel del terreno, generando diagnósticos precisos y oportunos sobre el estado del cultivo contribuyendo a una gestión eficiente de los recursos. Esto abre la puerta a futuras implementaciones en campo real, donde podrían evaluarse escenarios más complejos y condiciones variables del entorno constituyendo un avance hacia la adopción de herramientas inteligentes dentro de la agricultura de precisión en México.