

Análisis de elementos para la construcción de un vehículo para el monitoreo de cultivos de jitomate

Hernández Lázaro, Jesús Eduardo

2023

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5926>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Análisis de elementos para la construcción de un vehículo para el monitoreo de cultivos de jitomate

Mantilla Molina Augusto (tercer semestre en ingeniería mecatrónica)¹, Hernández Lázaro Jesús Eduardo (tercer semestre en ingeniería mecánica)¹, Hernández Rivas Fernando Agustín (cuarto semestre en ingeniería en sistemas computacionales)¹, Antonio Benitez Ruiz (profesor responsable)¹
¹Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Resumen

En el contexto de la agricultura mexicana, la producción de jitomate representa un sector de importancia con oportunidades significativas para la adopción de innovaciones tecnológicas que promuevan la sostenibilidad y eficiencia. Este proyecto propone un análisis de los elementos esenciales para el diseño de un vehículo autónomo de monitoreo de cultivos, enfocado en la detección de plagas en plantaciones de jitomate. Mediante la evaluación de distintas estructuras de vehículos móviles existentes que pueden ser incorporados a los plantíos de jitomate, la revisión de tecnologías avanzadas de procesamiento de imágenes e inteligencia artificial para detectar plagas; junto con la identificación de características más importantes de estas plagas en el cultivo de jitomate. Estos elementos nos permiten conocer los requerimientos mínimos y cómo se busca establecer las bases para proponer el diseño de un vehículo móvil para la detección de plaga en cultivos de jitomate. Se espera que este estudio resalte la importancia de integrar soluciones tecnológicas avanzadas en la agricultura para mejorar la productividad y sostenibilidad, particularmente en el cultivo del jitomate. Los hallazgos pretenden orientar el desarrollo de prototipos futuros y la integración de la inteligencia artificial en la práctica agrícola. Este enfoque multidisciplinario tiene el potencial de revolucionar el monitoreo agrícola, optimizando recursos. El resultado del presente estudio se anticipa como un recurso valioso para la toma de decisiones estratégicas y el avance hacia una agricultura inteligente y sostenible. La adopción de esta tecnología podría transformar no solo la gestión de plagas, sino también la manera en que se monitorean y mantienen los cultivos, marcando una nueva era en la agricultura de precisión.

Palabras clave: cultivo de jitomate, vehículo de monitoreo, tecnología agrícola avanzada, inteligencia artificial, sostenibilidad agrícola.

***Autor Corresponsal:** jesuseduardo.hernandez@iberopuebla.mx

Introducción

En esta sección se hablará sobre la identificación y descripción del problema de investigación, que, junto con este primer análisis, ayudará a formular las preguntas clave y los objetivos de nuestro estudio, preparando el terreno para las investigaciones que seguirán.

La agricultura es un pilar fundamental de la economía mexicana, y el cultivo de jitomate desempeña un papel significativo en la producción agrícola del país. Con el objetivo de mejorar la eficiencia y la productividad de este cultivo, así como reducir los costos y el impacto ambiental asociados, se propone el proyecto de "Análisis de elementos para la construcción de un vehículo para el monitoreo de cultivos de jitomate en México."

Este proyecto aborda la necesidad de implementar tecnología avanzada en la agricultura, específicamente en el cultivo de jitomate, para optimizar los procesos de monitoreo y gestión de los campos. En lugar de centrarse en la construcción del prototipo en sí, este proyecto se concentra en un análisis exhaustivo de los elementos clave necesarios para la creación de un vehículo de monitoreo de cultivos de jitomate eficiente y adecuado para las condiciones mexicanas.

México es conocido por su diversidad geográfica y climática, lo que plantea desafíos únicos en la agricultura. "El jitomate aporta 3.46% al PIB agrícola nacional y 22.55% de PIB a nivel de hortalizas" (secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017) [1]. Este dato da importancia a este cultivo, el

cual es cosechado en todo el país, y requiere una atención constante para garantizar una producción óptima. Este proyecto considerará las particularidades geográficas, climáticas y agronómicas de México, así como las necesidades específicas de los agricultores de jitomate, para desarrollar recomendaciones y análisis detallados.

A partir de lo leído en De Sanidad Inocuidad Y Calidad Agroalimentaria (2021) [2], el resultado de este análisis servirá como una valiosa guía para futuros proyectos de desarrollo de vehículos de monitoreo de cultivos de jitomate en el país, facilitando la toma de decisiones informadas y fomentando la adopción de tecnologías agrícolas avanzadas para mejorar la sostenibilidad y la competitividad del sector.

En muchas áreas de México, los agricultores enfrentan desafíos significativos, como la constante amenaza de plagas en la cosecha y el uso excesivo de pesticidas. Este proyecto busca beneficiar tanto a los agricultores como al medio ambiente al reducir la contaminación química en el suelo y el agua. Además, aborda problemas como el acceso limitado a tecnologías modernas y el impacto ambiental. La conjunción de estos factores genera una necesidad apremiante de encontrar una solución innovadora y sostenible que mejore la detección oportuna de plagas en el jitomate, contribuyendo así a la reducción de pérdidas en la agricultura.

Durante los procesos de siembra de productos, algunos son más susceptibles de ser atacados por plagas que otros, dependiendo de la ubicación de este. La justificación a este proyecto se puede encontrar en que usando el sistema de

monitoreo se podrá saber si el producto presenta indicios de algún tipo de plaga, así pudiendo tomar acción a la brevedad. La propuesta de verificación automática de alguna plaga a través de una cámara se convierte en una posible solución a la atención temprana de las mismas.

El proyecto abordará el diseño teórico del vehículo, y se hará una investigación teórica acerca de las estructuras de los vehículos móviles utilizados en procesos de agricultura en la actualidad y selección de estructura; la determinación de tecnologías necesarias para el procesamiento de imágenes y detección de plagas; y la identificación de las características de las diferentes plagas que pudieran afectar a los cultivos de jitomates, así como las características del cultivo.

Diversos estudios se han realizado en torno al tema de la agricultura, su importancia y sus dificultades, entre los estudiados se encuentra el de Agricultura Y Desarrollo Rural (2022) [3] que expone la forma en que la agricultura ha sido una actividad principal en México, con el jitomate siendo uno de los cultivos predominantes además destacado como el principal producto hortícola exportado, al tiempo que contribuye significativamente al crecimiento económico del país. Su demanda tanto en el mercado nacional como en el internacional ha generado un sector de exportación sólido, fortaleciendo la economía de México. Su versatilidad y capacidad para impulsar el comercio exterior lo convierten en un valioso activo para la economía mexicana.

En años recientes, la incorporación de tecnología en la agricultura ha cobrado relevancia en México, de acuerdo con De Sanidad Inocuidad Y Calidad Agroalimentaria (2021) [2] la Ley de Desarrollo Rural Sustentable es una normativa clave que promueve la tecnificación agrícola y establece directrices para el desarrollo agrícola sostenible para enfrentar desafíos como las plagas, cambio climático y demanda alimentaria creciente, al igual que es esencial para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo económico en México. Por medio de leyes y políticas, el gobierno busca proporcionar el marco necesario para que los agricultores adopten tecnologías avanzadas y mejoren la productividad, la calidad de los productos agrícolas y la sostenibilidad de la agricultura en el país.

En Investigaciones anteriores, como el Manejo sustentable de plagas mediante el desarrollo de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) para la dispersión de agentes de control biológico en Chile, han explorado la utilización de UAV para mejorar el manejo de plagas, lo han hecho “mediante la liberación de agentes de control biológico, mostrando un camino prometedor hacia la automatización y la eficiencia en el monitoreo y manejo de cultivos” (Ministerio de Agricultura, s. f.) [4]. Otro proyecto similar es el Agrobot de investigación de la Universidad de California, Santa Cruz, que desarrolla un robot autónomo especializado en el monitoreo y la recolección de frutas. Estos proyectos dan pautas para la realización de este.

Schmidt Feris et al. (2018) [5] destaca la forma en que el avance en la visión por computadora ha permitido una mayor precisión en la detección de objetos y patrones en imágenes. Esta capacidad es fundamental para distinguir entre diferentes tipos de plagas y otras entidades presentes en un cultivo.

Un ejemplo es el proyecto Bacchus, que según Pelegrí (2022) [6] ha demostrado la capacidad de robots autónomos en la inspección y recolección agrícola, emulando la delicadeza humana en la vendimia. Estos avances no solo incrementan la eficiencia y calidad de la producción, sino que también promueven la inclusión de nuevos perfiles profesionales en el sector, reforzando así la competitividad y sostenibilidad agrícola.

El fundamento teórico de este estudio se profundiza en el estudio de la robótica móvil, la inteligencia artificial (IA) aplicada al monitoreo de cultivos de jitomate, destacando la importancia de estas tecnologías en la agricultura moderna, y las principales plagas en cultivos de jitomate.

Pérez (2023) señala que la robótica móvil combina diseño, construcción y operación de robots capaces de moverse en distintos ambientes, utilizando sus sensores para percibir y reaccionar ante su entorno. La fusión de diferentes sistemas de locomoción aumenta la versatilidad de estos robots, haciéndolos ideales para terrenos variados. Las tecnologías emergentes como la IA y los Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs) están revolucionando la agricultura de precisión, permitiendo un monitoreo más eficiente y en tiempo real de los cultivos, y ofreciendo soluciones sostenibles para la gestión de plagas y enfermedades.

Metodología

En esta sección, se detallará el enfoque metodológico utilizado, explicando los métodos y técnicas empleados para la recolección y análisis de datos. Este proceso garantizará la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos.

Se abordará la resolución del objetivo de identificar las tecnologías esenciales para el procesamiento de imágenes e identificación de plagas en la agricultura. Con base en la revisión de diversas fuentes, se identificaron varios recursos claves que profundizan en el tema.

Se llevó a cabo un estudio detallado sobre las estructuras de los vehículos móviles usados en la agricultura. Esto incluyó la evaluación de tractores, drones y en especial el vehículo agrícola (robot móvil) equipos automatizados, con énfasis en cómo su diseño y funcionalidad se adaptan a las operaciones agrícolas. Se revisaron características como la eficiencia, la capacidad de maniobra en diferentes tipos de terreno y la integración de tecnologías avanzadas para la siembra y cosecha.

El **tractor agrícola**, que acuerdo con Cuauhtémoc Negrete et al. (2019) [22] el diseño robusto y capacidad de adaptación a diferentes implementos lo convierten en una pieza clave para la labranza, siembra y transporte de insumos. Porcelli (2021) [23] señala que los **drones** representan otra revolución en el ámbito agrícola. Estos vehículos aéreos no tripulados permiten realizar inspecciones aéreas, identificar zonas problemáticas, e incluso distribuir productos químicos o semillas en áreas específicas. Un **vehículo agrícola** cada vez más popular es el **robot autónomo**. Estos dispositivos, equipados con sensores avanzados y sistemas de inteligencia artificial, pueden llevar a cabo tareas como recolectar frutas o eliminar malezas de manera independiente. Esto reduce los daños a los cultivos y optimiza la cosecha (Corvalán, 2018) [24].

Para complementar esta investigación, se realizarán estudios comparativos que analicen las ventajas y desventajas de cada

tipo de vehículo móvil (**robot autónomo**) en diferentes condiciones agrícolas. Se considerarán aspectos como la sostenibilidad, el costo-beneficio, la eficiencia energética, la facilidad de uso y mantenimiento, y el impacto ambiental. Esto proporcionará una visión integral que permitirá entender mejor cómo cada vehículo puede ser utilizado para mejorar la productividad y sostenibilidad en la agricultura moderna.

Para la identificación de Tecnologías para el procesamiento de imágenes y detección de plagas, se identificaron y analizaron diversas tecnologías avanzadas para el procesamiento de imágenes y la identificación de plagas. Esta investigación abarcó desde el uso de cámaras de alta resolución hasta algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático, que permiten detectar y clasificar plagas en cultivos. Se compararon diferentes métodos y se analizó su eficacia en la identificación temprana y precisa de infestaciones de plagas en cultivos.

El machine learning en la agricultura moderna, ocupa las técnicas de aprendizaje automático, revolucionando el sector agrícola. En particular, se señala cómo los modelos basados en redes neuronales convolucionales muestran una alta precisión en la detección de plagas específicas en comparación con métodos tradicionales.

Otro punto relevante, publicado en el Journal de Agricultura y Tecnología, "Detección temprana de plagas mediante imágenes infrarrojas", donde Fernández (2021) [20] resalta la relevancia del uso de la tecnología infrarroja para detectar plagas en condiciones de baja luminosidad o en etapas tempranas de infestación, cuando las plagas aún no son visibles a simple vista.

A lo largo de la historia de la agricultura, las plagas han sido un desafío persistente que amenaza la productividad y la calidad de los cultivos. En respuesta a esta problemática, se han ideado diversas estrategias para la protección de los cultivos, abarcando desde enfoques químicos hasta métodos más caseros y sostenibles. La elección de estas estrategias depende de la naturaleza específica del problema y de la escala a la que se presenta la infestación.

Un informe de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) destaca la crucial necesidad de una acción inmediata ante la detección de plagas, sugiriendo la aplicación de defensas químicas de manera específica en las zonas afectadas como una medida eficaz para gestionar la situación (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2023). [21].

Con el objetivo de ampliar la comprensión sobre las plagas que afectan con mayor frecuencia el cultivo de jitomate, se llevó a cabo un análisis que no solo permitió la identificación de las plagas más comunes, sino también de sus características específicas. Este estudio se enfocó particularmente en comprender los comportamientos y patrones de daño que estas plagas exhiben a lo largo de las diversas etapas de crecimiento de los jitomates, destacando las fases en las que los cultivos son más susceptibles a ser afectados por estas. Se pondrá especial atención en las etapas de desarrollo del jitomate en las que la vulnerabilidad a las plagas es mayor, lo que es crucial para el diseño eficaz de estrategias de monitoreo y control.

Este enfoque no solo mejorará la precisión en la detección de plagas, sino que también contribuirá a desarrollar estrategias

proactivas de manejo y control, reduciendo así el riesgo y el impacto de las infestaciones en los cultivos.

La investigación documental constituye un pilar fundamental para adquirir una comprensión detallada de las necesidades particulares asociadas al monitoreo de cultivos de jitomate. En esta fase inicial, la recolección de datos preliminares se centra en explorar a fondo las características específicas de los cultivos de jitomate, sus condiciones de crecimiento típicas y las particularidades que influyen en su desarrollo. Este proceso implica una revisión exhaustiva de la literatura científica, abarcando la consulta de artículos especializados y documentación técnica específica relacionada con vehículos agrícolas y las tecnologías asociadas. La evaluación de las tecnologías existentes diseñadas para el monitoreo agrícola surge como un componente esencial para la utilidad de los elementos actuales y para identificar posibles áreas de innovación necesarias. Este análisis proporciona una mejor perspectiva sobre las capacidades y limitaciones de las soluciones tecnológicas actuales, guiando así la dirección de futuros desarrollos en el diseño de sistemas de monitoreo agrícola. A partir de la investigación de Rahman et al. (2022) [25] hay ciertos puntos a tomar en cuenta, como lo son el investigar las tecnologías actuales relacionadas con la movilidad, sensores, sistemas de procesamiento de imágenes y otros sistemas pertinentes; realizar un análisis comparativo de las tecnologías disponibles para determinar las más adecuadas para el monitoreo de jitomate.

Aunado a lo anterior la inclusión de estas perspectivas permitirá una comprensión más completa y equilibrada de los desafíos y oportunidades en la agricultura moderna, orientando hacia enfoques que sean tecnológicamente eficientes, ambientalmente sostenibles y como el uso de la automatización y las nuevas herramientas tecnológicas pueden llegar a tener un impacto positivo para este sector muy importante en México.

Resultados y Discusión

El proyecto titulado "Análisis de elementos para la construcción de un vehículo para el monitoreo de cultivos de jitomate" se orientó hacia la investigación a fondo de los componentes y tecnologías esenciales necesarios para concebir un vehículo especializado en el monitoreo agrícola, con un enfoque específico en los cultivos de jitomate. Aunque no se materializó la construcción del prototipo, el proceso de investigación arrojó resultados significativos al identificar varios aspectos cruciales que poseen un potencial sustancial para impulsar el desarrollo futuro de dicho vehículo. Si bien no hubo construcción alguna del vehículo, la investigación destacó la importancia de aspectos como la integración de tecnologías de procesamiento de imágenes para la detección temprana de problemas en el cultivo y la adaptabilidad del vehículo a condiciones agrícolas.

El análisis de los estilos de aprendizaje evidenció la eficacia del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). A través de este hubo una comprensión más profunda de las necesidades técnicas y operativas para el monitoreo eficaz de los cultivos de jitomate. La exploración de distintos estilos de aprendizaje fue clave para optimizar la comprensión y asimilación de los conceptos y tecnologías investigadas en el

contexto del monitoreo de cultivos de jitomate. Este enfoque se orientó hacia la mejora de la absorción de información, logrando una mejor comprensión de las necesidades técnicas y operativas en el monitoreo eficaz de los cultivos de jitomate.

Basándonos en el estudio y los puntos clave de esta investigación, que incluyen la aplicación de inteligencia artificial en el reconocimiento, centrada en el uso de técnicas de inteligencia artificial para identificar plagas y enfermedades en los cultivos de jitomate; la exploración de tecnologías de procesamiento de imágenes, enfocada en investigar herramientas para la identificación y análisis de las condiciones del cultivo; y finalmente, el análisis de los tipos de plagas en los cultivos de jitomate, que implica una investigación sobre las diversas plagas que afectan al cultivo de jitomate y cómo podrían ser reconocidas y supervisadas mediante el uso de tecnologías especializadas.

A lo largo de nuestra investigación, hemos obtenido resultados significativos para este estudio, los cuales han sido detalladamente registrados en las siguientes tablas comparativas:

La tabla 1 muestra la comparativa de los vehículos móviles en la agricultura, incluyendo el tipo de vehículo, sus funciones principales, ventajas y sus limitaciones:

Tabla 1.

Vehículo	Función Principal	Ventajas	Limitaciones
Tractor agrícola	Labranza, siembra, transporte de insumos.	Robusto, versátil, adaptable a diversos implementos.	Requiere mantenimiento regular, costo inicial alto.
Dron agrícola	Monitoreo aéreo, distribución de insumos.	Cubre grandes áreas rápidamente, precisión en aplicaciones.	Limitado por la duración de la batería, regulaciones aéreas.
Robot agrícola autónomo	Cosecha, eliminación de malezas.	Precisión en tareas, reduce daño a cultivos.	Aún en desarrollo, costo inicial alto.

Con base en la tabla 1, se llevó a cabo una investigación detallada sobre los robots agrícolas autónomos más beneficiosos, analizando comparativamente aspectos como su tamaño, funciones diversas, los tipos de cultivos para los que están diseñados, capacidad de carga, modalidades de navegación y sus precios actuales en el mercado.

A continuación, se presenta la tabla 2 de Robots agrícolas autónomos para la agricultura.

Tabla 2.

Robot/Proyecto	Empresa Origen /	Función Principal	
Agrobot	Soluciones Robóticas Agrícolas	Recolección autónoma de fresas	24 Brazos robotizados, IA para selección de fresas maduras
Proyecto de Robotic Plus	Nueva Zelanda	Recolección de kiwis	-

Abundant Robotics	-	Recolección de manzanas	-
Blue River Technology	-	Optimización en reconocimiento de plantas	IA y Visión Artificial para reducción de costos
Vinerobot	Universidad de la Roja y Valencia	Control de calidad de uvas	Visión Artificial
Vinbot	Empresa catalana	Control del rendimiento de viñedos	Robot todoterreno, sensores, imágenes 3D
RIPPA	Australia	Control de plagas y rendimiento de cultivos	Detección de objetos, control de fertilización
Fitorobot	EBT almeriense Cadia	Trabajos en invernaderos	pulverización de fitosanitarios, transporte


Utilizando la información recopilada, se proporciona a continuación la tabla 3 que condensa las tecnologías principales y sus respectivas aplicaciones:

Tabla 3.

Tecnología	Descripción	Aplicación en Identificación de Plagas
Procesamiento Digital de Imágenes	Manipulación de imágenes digitales a través de algoritmos.	Mejora de contraste y nitidez.
Machine Learning (Aprendizaje Automático)	Técnica para que las máquinas aprendan de los datos.	Reconocimiento de diferentes tipos de plagas.
Infrarrojo	Utiliza la radiación infrarroja para capturar imágenes.	Detección de plagas en condiciones de baja luz.

La tabla 4 exhibe las plagas más prevalentes que afectan los cultivos de jitomate en todo el mundo. Además, se incluye una breve descripción de cada plaga y las estrategias más comúnmente empleadas para su erradicación:

Tabla 4.

Plaga	Descripción	Manejo control	de Imagen
Araña roja	Especie de ácaro que se alimentan de plantas	Tabaco	
Mosca Blanca	La mosca blanca es una plaga que provoca un tamaño menor al esperado y anomalías en el desarrollo del fruto.	Utilizar mallas o telas protectoras	
Pulgones	Los pulgones son insectos de pequeño, clavan su pico en los vegetales para extraer su savia.	Utilizar plantas ortigas	

La tabla 5 resume las fases de crecimiento del jitomate durante las cuales cada cierto tipo de plaga tiende a atacar y ser más problemática, así como las maneras en las que cada plaga afecta a los cultivos de jitomate:

Tabla 5.

Plaga	Etapa de Infestación	Acción de la Plaga
Araña roja	Crecimiento vegetativo	Ataca la parte inferior de las hojas, succionando la savia y debilitando la planta.
Mosca Blanca	Floración	Se alimenta del néctar de las flores y puede transmitir virus.
Pulgones	Crecimiento vegetativo	Succiona la savia de los tallos y hojas jóvenes, provocando deformaciones y disminución del crecimiento.
Orugas	Fructificación	Consumen hojas y frutos, causando daño directo a la producción

En resumen, el estudio ha proporcionado una visión detallada sobre las tecnologías y metodologías aplicables al diseño de un vehículo especializado para el monitoreo agrícola, especialmente enfocado en el cultivo de jitomate. Se han identificado diversas tecnologías, tanto emergentes como ya existentes, que podrían ser integradas para desarrollar un sistema efectivo de monitoreo y gestión de los cultivos de jitomate.

Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

Basándose en los objetivos planteados al inicio del proyecto "Análisis de elementos para la construcción de un vehículo para el monitoreo de cultivos de jitomate", las conclusiones derivadas al final del trabajo son las siguientes:

Análisis de Estructuras de Vehículos Móviles: Se logró una comprensión detallada de las estructuras de vehículos móviles utilizados en la agricultura actual, identificando sus capacidades y limitaciones para la detección temprana de plagas en cultivos de jitomate.

Tecnologías para Procesamiento de Imágenes e Identificación de Plagas: Se identificaron tecnologías cruciales para el procesamiento de imágenes y la identificación de plagas, proporcionando una base sólida para el desarrollo futuro de sistemas de monitoreo agrícola.

Caracterización de Plagas y Cultivo de Jitomate: Se adquirió un conocimiento profundo sobre las características esenciales de las plagas que afectan al jitomate, así como de las particularidades del cultivo, facilitando la conceptualización de un vehículo especializado en su monitoreo.

El uso de las estrategias y tecnologías investigadas promete una detección más oportuna y anticipada de plagas en cultivos de jitomate, aunque no se haya procedido con la construcción del prototipo.

Con los hallazgos de este estudio, se proyectan las siguientes perspectivas para trabajos futuros:

Desarrollo de Prototipos: Aunque en este proyecto no se construyó un prototipo, los hallazgos sugieren que el desarrollo de prototipos en futuros proyectos podría ser una etapa crucial para validar las tecnologías y estrategias propuestas.

Expansión de la Investigación en IA y Procesamiento de Imágenes: Continuar con la investigación en el uso de la inteligencia artificial y el procesamiento de imágenes para mejorar la detección y monitoreo de condiciones adversas en cultivos de jitomate.

Colaboraciones Multidisciplinarias: Establecer colaboraciones con expertos en agronomía, robótica, y tecnologías de la información para enriquecer la comprensión y el desarrollo de soluciones eficaces para el monitoreo agrícola.

Evaluación en Campo: Cuando sea posible, realizar pruebas en campo con tecnologías emergentes y prototipos desarrollados para evaluar su desempeño en condiciones reales.

Estas perspectivas podrían guiar la dirección de futuras investigaciones y desarrollos en el ámbito de la robótica agrícola y el monitoreo de cultivos, contribuyendo a la detección temprana y efectiva de plagas en cultivos de jitomate.

Referencias

- [1] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2017). Jitomate mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, GOBIERNO DE MÉXICO.
- [2] De Sanidad Inocuidad Y Calidad Agroalimentaria, S. N. (2021, 3 junio). Ley de Desarrollo Rural Sustentable. gob.mx. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/ley-de-desarrollo-ruralsustentable-298753?state=published>
- [3] De Agricultura Y Desarrollo Rural, S. (2022, 22 marzo). El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortalizamexicana-de-importancia-mundial?idiom=es>
- [4] Ministerio de Agricultura. (s. f.). Manejo sustentable de plagas mediante el desarrollo de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) para la dispersión de agentes de control biológico. Opia.CL: Observatorio para la Innovación Agraria, Agroalimentaria y Forestal. <https://opia.fia.cl/601/w3article-61358.html>
- [5] Schmidt Feris, R., Lampert, C., & Parikh, D. (2018). Advances in Computer Vision and Pattern Recognition (2.a ed.). Springer Editor.
- [6] Pelegrí, J. (2022, 16 mayo). ROBOTS PARA AGRICULTURA: HACIA UN MAYOR APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS. UNIVERSAL ROBOTS. <https://www.universalrobots.com/es/blog/robots-para-agricultura/>
- [7] Pérez Valencia, I. (2015, 7 septiembre). Estudiantes diseñan vehículo robotizado para siembra y reforestación. México Ciencia y Tecnología. <https://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/robotica/4519-disenan-vehiculo-robotizadopara-trabajos-de-reforestacion-y-cultivo>
- [8] Murphy, R. R. (2019). Introduction to AI Robotics, second edition. MIT Press.
- [9] Pérez, A. E. G. (2023, 6 julio). Robótica móvil: qué es y sus aplicaciones. OpenWebinars.net. <https://openwebinars.net/blog/robotica-movil-que-es-y-sus-aplicaciones/#:~:text=Tipos%20de%20robots%20m%C3%B3viles,En%20cuanto%20a&text=El%20primero%20es%20u%20clasificaci%C3%B3n,%2C%20acu%C3%A1ticos%2C%20flotantes%20y%20submarinos.>
- [10] Inteligencia artificial: qué es y por qué importa. (s. f.). SAS. https://www.sas.com/es_mx/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html
- [11] Vázquez Rull, M. (2016). Reconocimiento de Objetos usando Deep Learning. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.
- [12] National Pesticide Information Center. (2021, 17 septiembre). Control de plagas. NPIC. <http://npic.orst.edu/pest/index.es.html>
- [13] Koppert. (2019, 14 junio). Una mirada a las cuatro plagas más importantes en el tomate. Koppert México. <https://www.koppert.mx/noticias-item/una-mirada-a-las-cuatro-plagas-masimportantes-en-eltomate/#:~:text=Las%20plagas%20que%20causan%20el.mosca%20blanca%2C%20pulg%C3%B3n%20y%20orugas>
- [14] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2022). Agricultura. Diccionario de la Lengua Española. <https://dle.rae.es/agricultura#>
- [15] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2022b). Plaga. Diccionario de la Lengua Española. <https://dle.rae.es/plaga?m=form>
- [16] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2022c). Tecnología. Diccionario de la Lengua Española. <https://dle.rae.es/tecnolog%C3%ADa?m=form>
- [17] Romero, Á., Marín, A., & Jiménez, J. A. (2014). SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA UN ROBOT AUTOBALANCEADO SOBRE DOS RUEDAS MODELADO EN 3D. Scielo.

- [18] Gómez-Camperos, J. A., Jaramillo, H. Y., & Guerrero-Gómez, G. (2021, 20 mayo). Digital Image Processing Techniques for Detection of Pests and Diseases in Crops: A review. <https://www.redalyc.org/journal/2913/291371829028/html/>
- [19] Sánchez, M., Pérez, L. (2020). Aplicaciones del Machine Learning en la Agricultura Moderna. Revista Iberoamericana de Ciencias Agrícolas.
- [20] Fernández, R., García, A. (2021). Machine Learning in Pest Identification: A Game Changer Journal of Agricultural Innovations.
- [21] AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS. (2023, 8 febrero). Lo que se debe y no se debe hacer en el control de plagas. US EPA. <https://espanol.epa.gov/seguridadlaboral-al-usar-pesticidas/lo-que-se-debe-y-no-se-debe-hacer-en-el-control-de-plagas>
- [22] Cuauhtémoc Negrete, C. N., Tavares Machado, A. L., & Tavares Machado, R. L. (2012, marzo). Diseño de tractores agrícolas en México. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S207100542012000100001&script=sci_arttext
- [23] Porcelli, A. (2021, 27 enero). La inteligencia artificial y la robótica: sus dilemas sociales, éticos y jurídicos. Scielo https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S244851362020000300049#:~:text=La%20inteligencia%20artificial%20es%20el,máquinas%20piensan%20como%20seres%20humanos
- [24] Corvalán, J. G. (2018). Inteligencia artificial: retos, desafíos y oportunidades – Promesa: la primera inteligencia artificial de Latinoamérica al servicio de la justicia. Revista de Investigación Constitucional <https://doi.org/10.5380/rinc.v5i1.55334>
- [25] Rahman, S. U., Alam, F., Ahmad, N., & Arshad, S. (2022). Image processing based system for the detection, identification and treatment of tomato leaf diseases. Multimedia Tools and Applications, 82(6), 9431-9445. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13715-0>