



Tecnológico de Estudios
Superiores de Jocotitlán



Detección Automática de Plaga (Gusano Cogollero) en el Cultivo de Maíz con un Dispositivo Móvil

PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

P R E S E N T A

Andrés López Piña
Esteban Muñiz Hernández
Julio Hernández Rafael
David Sanabria López
Leydi Laura Urbina Bernal

Asesor académico

Dr. Juan Alberto Antonio Velázquez

Jocotitlán

Julio 2025

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes del Problema	1
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Alcance y limitaciones	3
1.4. Preguntas de investigación	4
1.5. Justificación	4
1.6. Objetivo General	5
1.7. Objetivos Específicos	5
1.8. Hipótesis	6
2. Marco Teórico	7
2.1. Estado del arte	7
Bibliografía	13

Capítulo 1

Introducción

El maíz es uno de los cultivos más importantes en muchas regiones del mundo, pero también es afectado por diversas plagas que pueden causar grandes pérdidas. Por esta razón, diferentes investigaciones han buscado entender mejor estos problemas y proponer soluciones para proteger el cultivo.

En esta sección se presentan varios estudios que analizan cómo se han enfrentado las plagas en el maíz, con el uso de nuevas tecnologías. Algunos trabajos se enfocan en observar el comportamiento de las plagas y sus enemigos naturales, mientras que otros utilizan herramientas modernas como cámaras, sensores y programas de computadora que ayudan a detectar daños en las plantas.

1.1. Antecedentes del Problema

El cultivo de maíz (*Zea mays L.*) es clave para la alimentación en América Latina, sobre todo en países como México, donde forma parte de la dieta básica de millones de personas. El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) representa una amenaza importante para el cultivo de maíz en América Latina, debido a su capacidad de adaptarse a distintos entornos y alimentarse de diversas partes de la planta, especialmente las hojas jóvenes. Este insecto ha sido responsable de daños significativos en las cosechas, lo que repercute

directamente en la seguridad alimentaria y en la economía de los pequeños productores.

Diversas investigaciones han documentado la evolución y el impacto de esta plaga. Por ejemplo, Sharma et al. (2022) [1] estudiaron el ciclo de vida del gusano cogollero, identificando sus etapas de desarrollo y los daños que ocasiona en el maíz. Por su parte, Chisonga et al. (2023) [2] analizaron la relación entre el daño foliar provocado por la plaga y las pérdidas en el rendimiento del cultivo, concluyendo que si bien el daño visible no siempre implica una pérdida elevada, su detección oportuna es esencial para prevenir consecuencias mayores.

Desde el enfoque tecnológico, Du et al. (2022) [3] propusieron un modelo de detección automática basado en Faster R-CNN, el cual permitió clasificar los niveles de daño en hojas de maíz mediante imágenes RGB, logrando resultados superiores al 43 de precisión mAP. En otra línea de trabajo, Raya González et al. (2024) [4] desarrollaron un sistema híbrido utilizando CNN y SVM para la detección automática de enfermedades y plagas, alcanzando una precisión de hasta 98.38

Estos estudios reflejan un cambio importante en la forma de enfrentar el problema: pasar de métodos manuales y reactivos a soluciones automatizadas e inteligentes. En ese sentido, la aplicación de modelos de visión por computadora se presenta como una alternativa viable para ayudar a los productores, sobre todo aquellos en regiones rurales como Jocotitlán, Estado de México, donde el acceso a servicios técnicos es limitado.

1.2. Planteamiento del Problema

En Jocotitlán, Estado de México, los productores de maíz enfrentan dificultades para detectar de manera oportuna la presencia del gusano cogollero, una plaga que daña directamente las hojas jóvenes del cultivo y reduce significativamente su rendimiento.

Actualmente, los métodos de identificación son manuales, tardíos y dependen del conocimiento empírico del agricultor o del acceso a técnicos, lo cual representa una desventaja

para pequeños productores. Esto genera pérdidas económicas, disminución en la productividad y un uso ineficiente de recursos.

Por ello, el problema específico que se busca resolver es la falta de un sistema accesible, automatizado y preciso para la detección temprana del gusano cogollero en cultivos de maíz en zonas rurales del Estado de México. Con esto la tecnología puede cerrar la brecha entre el conocimiento técnico y el acceso a soluciones asequibles, mejorando la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola.

1.3. Alcance y limitaciones

Alcances del proyecto.

Nuestro proyecto se enfoca en la realización de un software móvil con las siguientes características:

- Usar Python y YOLOv12 para entrenar un modelo que reconozca la plaga.
- Mostrar al usuario si se detecta o no la plaga mediante una cuadro de dialogo
- Usar un celular común para tomar fotos del cultivo y procesarlas.
- Facilitar que cualquier agricultor con celular pueda usar la aplicación.
- Capaz de ampliar el conjunto de datos periodicamente

Limitaciones del proyecto

Así mismo tenemos en cuenta las limitaciones del mismo en este caso son:

- La calidad de las imágenes esta delimitada por la gama del dispositivo móvil
- El sistema se probará en una comunidad rural con acceso limitado a tecnología avanzada.

- La recolección de imágenes del gusano cogollero en todas sus etapas o ciclos de vida puede ser limitada o difícil, afectando el entrenamiento del modelo.
- Las condiciones ambientales afectaran a la captura de imágenes adecuadas lo que afectara a la presicion.

1.4. Preguntas de investigación

1. ¿Qué parte del maíz es más vulnerable por el gusano cogollero?
2. ¿Cuáles son los métodos tradicionales para identificar la presencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en los cultivos de maíz?
3. ¿Qué métodos tradicionales se utilizan para combatir el gusano cogollero?
5. ¿Cómo acceden los agricultores a diagnósticos o asesoría técnica en caso de infestaciones?
6. ¿Qué tipos de modelos de visión por computadora han demostrado mayor eficacia en la detección del gusano cogollero?

1.5. Justificación

El cultivo de maíz juega un papel crucial en localidades como Jocotitlán, donde muchas familias dependen de él para su alimentación y sus ingresos. No obstante, esta actividad está gravemente afectada por la presencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), una plaga que se enfoca en el maíz criollo y que aparece comúnmente por las condiciones climáticas de la zona. Las técnicas tradicionales de detección, como la revisión visual o la asistencia técnica, suelen no ser eficaces o llegan demasiado tarde, lo que produce pérdidas económicas importantes y disminuye la producción agrícola.

Con esta situación, crear una herramienta digital que utilice visión por computadora se presenta como una opción innovadora y accesible. Este proyecto sugiere desarrollar un

sistema para detectar el gusano cogollero empleando un teléfono móvil, que será realizado en Python y entrenado con el modelo YOLOv12. Esta herramienta permitirá a los agricultores reconocer la plaga de manera rápida y exacta, ayudando a tomar decisiones a tiempo para su control. Asimismo, su facilidad de transporte y su simple uso fomentarán su implementación en comunidades rurales, extendiendo su efecto más allá de Jocotitlán y apoyando la sostenibilidad agrícola en áreas parecidas.

1.6. Objetivo General

Desarrollar un sistema de detección automática del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en cultivos de maíz, mediante el uso de un dispositivo móvil con visión artificial, que permita identificar oportunamente la presencia de la plaga en el municipio de Jocotitlán, Estado de México.

1.7. Objetivos Específicos

1. Diseñar y desarrollar la interfaz gráfica (front end) de una aplicación móvil intuitiva que permita la visualización y detección del gusano cogollero de forma accesible para los productores agrícolas.
2. Recolectar y clasificar imágenes de plantas de maíz afectadas y no afectadas por el gusano cogollero para la creación de conjunto de datos.
3. Desarrollar una aplicación móvil funcional que integre el modelo de detección y permita a los productores de maíz realizar diagnósticos en tiempo real en sus parcelas.
4. Validar la precisión y efectividad del sistema de detección mediante pruebas en condiciones reales en parcelas del municipio de Jocotitlán.
5. Establecer un protocolo de monitoreo continuo que permita actualizar y mejorar el sistema de detección automática con base en nuevas imágenes y datos recolectados en campo.

1.8. Hipótesis

Si se implementa un sistema de detección temprana del gusano cogollero en cultivos de maíz, basado en visión artificial mediante un dispositivo móvil utilizando Python y el modelo YOLOv5, entonces será posible identificar la presencia de la plaga con una precisión mayor, permitiendo a los agricultores del municipio de Jocotitlán tomar decisiones oportunas para reducir significativamente las pérdidas económicas asociadas.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Estado del arte

En [5], se llevó a cabo un protocolo de investigación enfocado en el análisis de los antecedentes históricos que muestran cómo la ciencia racial y la taxonomía del maíz han influido conjuntamente en la elaboración de clasificaciones evolutivas de esta especie. En [6], se aplicó un muestreo aleatorio mediante encuestas estructuradas y entrevistas semiestructuradas, considerando variables como la edad de los productores, la superficie destinada al cultivo, el uso de insumos agrícolas y las estrategias de comercialización. En [7], se efectuó un estudio centrado en evaluar la resistencia de distintas razas mexicanas de maíz frente al ataque del gorgojo, mediante bioensayos que analizaron tres mecanismos de defensa contra la infestación, así como los rasgos asociados a la resistencia y el consumo por parte del insecto.

Mientras que en [8], se desarrolló una investigación orientada a evaluar distintas variedades híbridas de maíz azul con el objetivo de mejorar su rendimiento y calidad para satisfacer la creciente demanda, determinando también los efectos relacionados con la aptitud combinatoria general.

En [9], se realizó un estudio y se analizó la dinámica poblacional del gusano cogollero

en dos tipos de maíz, uno convencional y otro transgénico, midiendo la cantidad de larvas por metro lineal a lo largo de cinco ciclos agrícolas.

En [10], se estudió la evolución del maíz nativo en el municipio de Juchitepec, junto con un análisis de las prácticas y estrategias adoptadas por las familias campesinas para su uso y conservación en la actualidad.

Por otro lado en [11], se menciona que el maíz dulce enfrenta graves problemas debido a plagas como el taladro del maíz (*Ostrinia nubilalis*), el gusano elotero (*Helicoverpa zea*) y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), lo que requiere métodos de manejo especiales que incluyen control biológico y resistencia genética.

En [12], se presenta que los cultivos transgénicos que producen toxinas son efectivos contra plagas lepidópteras. Sin embargo, la diversidad de especies de plagas y el espectro relativamente estrecho de acción de estas toxinas reducen su efectividad debido a su alta selectividad.

De manera similar en [13], un estudio sobre insectos y arañas en campos de maíz híbrido en Indonesia durante diferentes etapas de crecimiento de las plantas mostró que la mayoría son enemigos naturales que ayudan a controlar las plagas del maíz. Por lo tanto, su protección es importante para mantener un control biológico efectivo.

En [14], se señala que la aplicación de ciertos insecticidas puede provocar brotes más severos de plagas al eliminar a sus enemigos naturales. Los herbicidas, por su parte, reducen la diversidad vegetal que sirve de refugio y alimento para los enemigos naturales de las plagas, incluyendo al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano elotero (*Helicoverpa zea*), gusano soldado, barrenador del tallo, larvas de escarabajos y gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*).

En [15], se reporta que *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero, FAW) es una plaga invasora del maíz que apareció en Indonesia en 2019 (primero detectada en Sumatra Occidental en marzo de 2019). Se identificaron sus enemigos naturales: el hongo *Nomuraea rileyi*, el escarabajo depredador *Coleomegilla maculata* y moscas parasitoides (taquínidos).

Como en [16], se indica que los sistemas de agricultura de conservación para el maíz pueden favorecer el aumento de babosas (Mollusca: Gastropoda) una nueva plaga en estos sistemas. Aunque no son plagas tradicionales del maíz, su proliferación en estas condiciones causa daños significativos, especialmente en las primeras etapas de crecimiento.

En [1] se menciona que el maíz dulce enfrenta graves problemas debido a plagas como el taladro del maíz (*Ostrinia nubilalis*), el gusano elotero (*Helicoverpa zea*) y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), lo que requiere métodos de manejo especiales que incluyen control biológico y resistencia genética.

De igual manera, en [17], se desarrolla el mismo experimento, pero con el propósito de comprender su rápido establecimiento como plaga y proporcionar bases científicas para diseñar estrategias de control efectivas. Se muestra su alta capacidad de reproducción y adaptación a nuevos entornos, como en Indonesia.

Posteriormente, en [18], se informa que, en el otro lado del mundo, el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) acelera su crecimiento y reproducción al estar expuesto a altas temperaturas, entre 25 °C y 30 °C. Se demuestra que estos gusanos se vuelven más resistentes a dichas condiciones e incluso inmunes a ciertos insecticidas.

En [19], se señala que los gusanos presentan preferencia por ciertos tipos de maíz, lo cual acelera su proliferación y dificulta el control de la plaga. Por ello, esta investigación propone el desarrollo de sistemas de alerta temprana.

Más adelante en [2], se describen los daños ocasionados por la plaga del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en cultivos de maíz, provocando pérdidas económicas significativas en la agricultura. Asimismo, se plantea establecer mecanismos de alerta para los productores de maíz a fin de mantener la plaga bajo control.

En [20], da informa cómo la plaga se ha estado desplazando hacia otros cultivos y regiones. El objetivo de este estudio es establecer estrategias para monitorear y controlar la propagación del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que continúa afectando los cultivos de maíz.

En [21], se presenta un sistema de apoyo a decisiones basado en conocimiento que, mediante ontologías y procesamiento de lenguaje natural (NLP), permite identificar plagas y enfermedades en cultivos, priorizando métodos compatibles con la agricultura orgánica. El sistema, denominado CropPestO, modela síntomas como combinaciones “parte de la planta-dáño” y logra una precisión del 98.8 en entornos simulados, siendo una herramienta prometedora para agricultores dentro del manejo integrado de plagas.

Por otro lado, en [22], se realiza una revisión sobre la detección de enfermedades en hojas de maíz mediante inteligencia artificial, destacando el uso de técnicas de machine learning y deep learning para mejorar la precisión diagnóstica y reducir la complejidad computacional en sistemas agrícolas automatizados. Esta revisión subraya el potencial de estas tecnologías en el soporte al rendimiento de cultivos.

Mientras que en [23], se desarrolla un modelo basado en CNN y ensambles (ResNet11) para detectar plagas en cultivos como papa, tomate, pimiento y maíz a partir de imágenes de hojas. El sistema supera métodos tradicionales, logrando más del 99 % de precisión en casos de 2 y 3 clases, y más del 87% en clasificación de 10 clases. En [24], se desarrolló un algoritmo de visión artificial para identificar daños por gusano cogollero en plantas de maíz, usando imágenes digitales en distintas etapas y condiciones de luz. El sistema segmenta hojas y clasifica zonas dañadas, alcanzando una precisión del 94.72 %.

Asimismo, en [3], se propone un modelo novedoso de detección de objetos, Pest R-CNN, basado en Faster R-CNN, que permite identificar daños provocados por Spodoptera frugiperda en hojas de maíz a partir de imágenes RGB capturadas con drones. El modelo clasifica la severidad de la infestación en cuatro niveles y alcanza un mAP del 43.6 %, superando significativamente a modelos anteriores como YOLOv5 y Faster R-CNN estándar.

En [4], se implementa un enfoque híbrido entre redes neuronales convolucionales (CNN) y máquinas de vectores de soporte (SVM) para la detección de plagas y enfermedades en maíz. Este modelo híbrido alcanza una precisión del 98.38 % y demuestra una mayor eficiencia al reducir en un 88 % las iteraciones de entrenamiento respecto a métodos tradicionales

de transfer learning.

Finalmente, en [25], se investiga la identificación de plagas y enfermedades en maíz utilizando los algoritmos Multinomial Naïve Bayes y K-Nearest Neighbor. Mediante el análisis de 761 imágenes digitales, se concluye que el clasificador KNN con $k=3$ es el más eficiente, alcanzando una precisión del 99.54 %, lo que resalta su aplicabilidad en sistemas automatizados de diagnóstico agrícola.

El [26], propuso el modelo YOLOCSP-PEST, diseñado para identificar y ubicar plagas en cultivos de maíz mediante el análisis de imágenes, haciendo uso de imágenes que presentaban variaciones en orientación y luz. El sistema fue validado con el dataset IP102 y con muestras recolectadas en campo.

Por otro lado en [27], se propone un método eficiente de ajuste fino multimodal basado en CLIP para reconocer plagas agrícolas con pocos datos, integrando Prompt, Adapter y LoRA. Supera modelos previos en precisión y requiere menos recursos, mostrando alta generalización.

En [28], se desarrolla una aplicación Android basada en redes neuronales convolucionales profundas (DCNN) capaz de identificar infestaciones de gusano cogollero en cultivos de maíz. La app alcanza una precisión de entrenamiento del 98.47 % y está diseñada para integrar cápsulas informativas del manejo integrado de plagas (IPM), permitiendo un uso práctico para agricultores en campo.

En [29], se desarrolló un sistema inteligente basado en redes neuronales profundas (CNN y MobileNetV2) para detectar infestaciones de gusano cogollero en maíz a partir de más de 11,000 imágenes. La aplicación logró 100 de precisión en entrenamiento y 87 % en validación, apoyando a los agricultores en la identificación oportuna y automática de daños.

Finalmente en [30], se propone un sistema innovador que detecta plagas agrícolas mediante el análisis de olores característicos usando sensores de gas, combinados con un modelo Faster R-CNN para identificar y clasificar la infestación. El método mejora la

detección de plagas ocultas y aumenta la precisión en un 6 respecto a enfoques previos.

Bibliografía

- [1] S. Sharma, S. Tiwari, R. B. Thapa, S. Neupane, G. V. Reddy, S. Pokhrel, and R. Muniappan, “Life cycle and morphometrics of fall armyworm (*spodoptera frugiperda*)(lepidoptera: Noctuidae) on maize crop: Life cycle and morphometrics of fall armyworm,” *SAARC Journal of Agriculture*, vol. 20, no. 1, pp. 77–86, 2022.
- [2] C. Chisonga, G. Chipabika, P. H. Sohati, and R. D. Harrison, “Understanding the impact of fall armyworm (*spodoptera frugiperda* je smith) leaf damage on maize yields,” *PLoS One*, vol. 18, no. 6, p. e0279138, 2023.
- [3] L. Du, Y. Sun, S. Chen, J. Feng, Y. Zhao, Z. Yan, X. Zhang, and Y. Bian, “A novel object detection model based on faster r-cnn for *spodoptera frugiperda* according to feeding trace of corn leaves,” *Agriculture*, vol. 12, no. 2, p. 248, 2022.
- [4] L. E. Raya González, N. Saldaña-Robles, V. A. A. Camarena, J. Cepeda-Negrete, A. d. J. B. Gaytán, M. Abraham-Juárez, C. G. Vaca *et al.*, “Artificial intelligence model for disease and pest detection in maize using a hybrid convolutional neural networks and support vector machines approach,” *Artificial Intelligence Model for Disease and Pest Detection in Maize Using a Hybrid Convolutional Neural Networks and Support Vector Machines Approach*.
- [5] H. A. Curry, “Taxonomy, race science, and mexican maize,” *Isis*, vol. 112, no. 1, pp. 1–21, 2021.

- [6] A. Santillán-Fernández, Y. Salinas-Moreno, J. R. Valdez-Lazalde, M. A. Carmona-Arellano, J. E. Vera-López, and S. Pereira-Lorenzo, “Relationship between maize seed productivity in mexico between 1983 and 2018 with the adoption of genetically modified maize and the resilience of local races,” *Agriculture*, vol. 11, no. 8, p. 737, 2021.
- [7] J. C. Jiménez-Galindo, A. Castillo-Rosales, G. Castellanos-Pérez, F. Orozco-González, A. Ortega-Ortega, D. Padilla-Chacón, A. Butrón, P. Revilla, and R. A. Malvar, “Identification of resistance to the corn weevil (*sitophilus zeamais m.*) in mexican maize races (*zea mays l.*),” *Agronomy*, vol. 13, no. 2, p. 312, 2023.
- [8] J. L. Arellano-Vázquez, G. F. Gutiérrez-Hernández, L. F. Ceja-Torres, E. Flores-Gómez, E. García-Ramírez, F. R. Quiroz-Figueroa, and P. Vázquez-Lozano, “Combining ability and reciprocal effects for the yield of elite blue corn lines from the central highlands of mexico,” *Plants*, vol. 12, no. 22, p. 3861, 2023.
- [9] P. L. Clark, J. Molina-Ochoa, S. Martinelli, S. R. Skoda, D. J. Isenhour, D. J. Lee, J. T. Krumm, and J. E. Foster, “Population variation of the fall armyworm, *spodoptera frugiperda*, in the western hemisphere,” *Journal of Insect Science*, vol. 7, no. 1, p. 5, 2007.
- [10] R. G. De la Mora, H. Navarro-Garza, R. Ortega-Paczka, D. Flores-Sánchez, and V. González-Santiago, “Peasant strategies for the use and conservation of native corn in juchitepec, estado de méxico,” *Agro Productividad*, 2022.
- [11] P. Revilla, C. M. Anibas, and W. F. Tracy, “Sweet corn research around the world 2015–2020,” *Agronomy*, vol. 11, no. 3, p. 534, 2021.
- [12] G. Li, H. Feng, T. Ji, J. Huang, and C. Tian, “What type of bt corn is suitable for a region with diverse lepidopteran pests: A laboratory evaluation,” *GM Crops & Food*, vol. 12, no. 1, pp. 115–124, 2021.

- [13] D. Hervani and S. P. Sari, "The abundance of arthropods and natural enemies on two growth phases of hybrid corn, solok district, indonesia," *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, vol. 23, no. 6, 2022.
- [14] F. Sánchez-Bayo, "Indirect effect of pesticides on insects and other arthropods," *Toxics*, vol. 9, no. 8, p. 177, 2021.
- [15] S. Ginting, A. Zarkani, R. H. Wibowo, and Sipriyadi, "New invasive pest, spodoptera frugiperda (je smith)(lepidoptera: Noctuidae) attacking corn in bengkulu, indonesia." 2020.
- [16] T. Mugala, K. Brichler, B. Clark, G. S. Powell, S. Taylor, and M. S. Crossley, "Ground beetles suppress slugs in corn and soybean under conservation agriculture," *Environmental Entomology*, vol. 52, no. 4, pp. 574–582, 2023.
- [17] W. Russianzi, R. Anwar, and H. Triwidodo, "Biostatistics of fall armyworm spodoptera frugiperda in maize plants in bogor, west java, indonesia," *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, vol. 22, no. 6, 2021.
- [18] Y.-C. Chen, D.-F. Chen, M.-F. Yang, and J.-F. Liu, "The effect of temperatures and hosts on the life cycle of spodoptera frugiperda (lepidoptera: Noctuidae)," *Insects*, vol. 13, no. 2, p. 211, 2022.
- [19] Q.-Y. Zhang, Y.-L. Zhang, P. Quandahor, Y.-P. Gou, C.-C. Li, K.-X. Zhang, and C.-Z. Liu, "Oviposition preference and age-stage, two-sex life table analysis of spodoptera frugiperda (lepidoptera: Noctuidae) on different maize varieties," *Insects*, vol. 14, no. 5, p. 413, 2023.
- [20] R. T. Hutasoit, S. H. Kalqutny, and I. N. Widiarta, "Spatial distribution pattern, bionomic, and demographic parameters of a new invasive species of armyworm spodoptera frugiperda (lepidoptera; noctuidae) in maize of south sumatra, indonesia," *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, vol. 21, no. 8, 2020.

- [21] M. Á. Rodríguez-García, F. García-Sánchez, and R. Valencia-García, “Knowledge-based system for crop pests and diseases recognition,” *Electronics*, vol. 10, no. 8, p. 905, 2021.
- [22] C. Ashwini and V. Sellam, “Corn disease detection based on deep neural network for substantiating the crop yield,” *Appl Math*, vol. 16, no. 3, pp. 423–433, 2022.
- [23] R. Prabha, J. Kennedy, G. Vanitha, N. Sathiah, and M. B. Priya, “Artificial intelligence-powered expert system model for identifying fall armyworm infestation in maize (*zea mays l.*)”, *Journal of Applied and Natural Science*, vol. 13, no. 4, p. 1339, 2021.
- [24] M. M. Rahaman, S. Umer, M. Azharuddin, and A. Hassan, “Image-based blight disease detection in crops using ensemble deep neural networks for agricultural applications,” *Journal of Natural Pesticide Research*, vol. 12, p. 100130, 2025. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773078625000202>
- [25] Y. Resti, C. Irsan, M. T. Putri, I. Yani, A. Ansyori, and B. Suprihatin, “Identification of corn plant diseases and pests based on digital images using multinomial naïve bayes and k-nearest neighbor,” *Science and Technology Indonesia*, vol. 7, no. 1, pp. 29–35, 2022.
- [26] F. Ali, H. Qayyum, K. Saleem, I. Ahmad, and M. J. Iqbal, “Yolocsp-pest for crops pest localization and classification.” *Computers, Materials & Continua*, vol. 82, no. 2, 2025.
- [27] J. Liu, J. Xing, G. Zhou, J. Wang, L. Sun, and X. Chen, “Transfer large models to crop pest recognition—A cross-modal unified framework for parameters efficient fine-tuning,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 237, p. 110661, 2025. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169925007677>

- [28] R. Prabha, J. Kennedy, G. Vanitha, N. Sathiah, and M. B. Priya, “Android application development for identifying maize infested with fall armyworms with tamil nadu agricultural university integrated proposed pest management (tnau ipm) capsules,” *Journal of Applied and Natural Science*, vol. 14, no. SI, p. 138, 2022.
- [29] D. Sena Jr, F. Pinto, D. Queiroz, and P. Viana, “Fall armyworm damaged maize plant identification using digital images,” *Biosystems Engineering*, vol. 85, no. 4, pp. 449–454, 2003. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511003000989>
- [30] D. Sheema, K. Ramesh, R. Surendiran, S. Gokila, and S. Aiswarya, “An algorithm for detection and identification of infestation density of pest-fall armyworm in maize plants using deep learning based on iot,” *Int J Eng Trends Technol*, vol. 70, no. 9, pp. 240–251, 2022.