

Desarrollo de un sistema de visión artificial basado en OpenCV para la detección de plagas en cultivos

William Black-Unda¹, Eduardo Ignacio Hernández-Clemente²

¹ Universidad La Salle, Escuela de Ingenierías y Arquitectura. Oaxaca, México.

² Universidad La Salle, Escuela de Ingenierías y Arquitectura. Oaxaca, México.

014435226@ulsaoaxaca.edu.mx, 014435011@ulsaoaxaca.edu.mx

Resumen. El proyecto aborda el desarrollo de un sistema de visión artificial basado en OpenCV para la detección temprana de plagas en cultivos agrícolas. La problemática central radica en que las plagas destruyen hasta un 40% de la producción global de cultivos, resultando en pérdidas económicas significativas que superan los 290,000 millones de dólares anuales. El objetivo fue evaluar la viabilidad de la detección de colores como método inicial para identificar plagas. Mediante pruebas experimentales en un entorno controlado, se demostró la eficacia del sistema para identificar y clasificar plagas específicas, sugiriendo un avance en la automatización del monitoreo de plagas. Los resultados mostraron una alta precisión en la detección de la Mosca Blanca y los minadores de hojas, lo que destaca el potencial del sistema para mejorar la seguridad alimentaria y promover prácticas agrícolas sostenibles. Se propone la integración del sistema en dispositivos de bajo costo para su implementación en el campo, permitiendo su uso en regiones con recursos limitados y contribuyendo a la sostenibilidad agrícola y la protección de cultivos a nivel global. Este enfoque no solo mejora la eficiencia y precisión del monitoreo de plagas, sino que también reduce la dependencia de pesticidas químicos, promoviendo una agricultura más ecológica y sostenible.

Palabras Clave: Visión artificial, Detección de plagas, OpenCV.

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que las plagas destruyen cada año hasta un 40% de la producción global de cultivos, lo que resulta en pérdidas económicas superiores a 220,000 millones de dólares debido a enfermedades y al menos 70,000 millones de dólares debido a insectos invasores. Esta problemática impacta gravemente la productividad agrícola y la seguridad alimentaria mundial.

El monitoreo tradicional de plagas en cultivos es laborioso, costoso y a menudo ineficaz, ya que no permite una detección temprana y precisa. Las tecnologías actuales, aunque avanzadas, pueden ser costosas y difíciles de implementar en regiones con recursos limitados. Este proyecto propone una solución basada en visión artificial, utilizando la biblioteca OpenCV para detectar plagas mediante la identificación de colores y formas en las hojas de los cultivos. La propuesta contribuye directamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2 (hambre cero) y 15 (vida de ecosistemas terrestres), al mejorar la seguridad alimentaria mediante la protección de cultivos y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

2 Objetivo

Evaluar la viabilidad de un sistema de visión artificial basado en la detección de colores para la detección temprana de plagas en cultivos, mediante pruebas experimentales en un entorno controlado, y analizar cómo este enfoque puede contribuir a la solución de la problemática de detección oportuna de plagas en la agricultura, mejorando la seguridad alimentaria y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles.

3 Propuesta teórico-metodológica

El proyecto se fundamenta en el uso de la biblioteca OpenCV, una herramienta de código abierto que permite el procesamiento y análisis de imágenes en tiempo real. El enfoque teórico se basa en algoritmos de detección de colores como se observa en la figura 1, y formas para identificar plagas en imágenes de cultivos. El flujo de trabajo incluyó:

- Captura de imágenes: Obtención de imágenes de hojas de cultivos, figura 2.
- Preprocesamiento: Conversión de las imágenes de RGB a HSV para mejorar la detección de colores.
- Segmentación: Identificación de regiones de interés correspondientes a posibles plagas (para eso se identificaron patrones de puntos blancos dentro de un fondo verde para simular una hoja de algún cultivo), figura 3.

Para poder llegar a un buen nivel de efectividad se realizaron varias acciones dentro de openCV a partir de líneas de código en lenguaje Python, en principio la cámara permanece activa todo el tiempo que esté trabajando el programa, a partir de las imágenes que reciben en tiempo real, se convierte del espacio de color RGB al espacio HSV, esto hace más efectiva la detección de colores, posteriormente se puntualiza en detectar tonos del color verde mediante su rango de tonalidades, esto porque el verde predomina en las hojas sanas, después se aplicó una máscara negra que cubre todas las áreas verdes, cuando algo no pertenezca a la escala de verdes se filtra y significa que existe una interferencia o anomalía en las hojas, la cual se interpreta como una plaga, o una hoja no sana, para puntualizar en estas áreas, se agregó una acción que forma contornos a su alrededor resaltándola y mostrando una leyenda que confirma la presencia de una plaga en el cultivo. El sistema se probó en un entorno controlado, simulando hojas plagadas y hojas sanas, analizándolas mediante la detección de colores, específicamente el verde, y patrones de puntos blancos o anomalías sobre dichos fondos tal como en la figura 3.

Todo lo anterior se realiza por medio de código utilizando líneas de comandos esenciales para el correcto funcionamiento de este y para subsanar los detalles a los que se enfrentaría el sistema en un campo con condiciones reales, tales como la iluminación. La línea de comando `frame_resized = cv2.resize(frame, (640, 480))` nos ayuda a redimensionar la imagen obtenida por medio de la cámara para una mejor detección, después de eso se convirtió la escala de colores RGB a un espacio HSV para poder delimitar mejor los parámetros en cuanto a tonalidades con la línea `hsv = cv2.cvtColor(frame_resized, cv2.COLOR_BGR2HSV)`, con el afán de mejorar aún más la detección se inclu-

veron líneas de filtrado morfológico: `kernel = np.ones((5, 5), np.uint8)`, `mask = cv2.morphologyEx(mask, cv2.MORPH_CLOSE, kernel)` y `mask = cv2.morphologyEx(mask, cv2.MORPH_OPEN, kernel)`.

Para la parte de identificación de las plantas sanas se aplicó una máscara a todo el color verde: `mask = cv2.inRange(hsv, lower_green, upper_green)`, de esta manera se permite identificar las anomalías en las hojas, filtrando las partes que no corresponden a un color verde el cual normalmente es característico de una hoja sana. Una vez identificados estos colores que no corresponden a la tonalidad deseada, se lleva a cabo una detección de contornos con el comando `contours, _ = cv2.findContours(mask_inv, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)`, en seguida usando el ciclo `for contour in contours:`, la condición `if cv2.contourArea(contour) > 500:` para filtrar los contornos pequeños, y el comando `x, y, w, h = cv2.boundingRect(contour)` para obtener el área delimitadora del contorno se puede avanzar a realizar el rectángulo alrededor de la plaga con la línea de código `cv2.rectangle(plagas_detectadas, (x, y), (x+w, y+h), (0, 255, 0), 2)`.

Una vez se tiene todo lo anterior se añade el texto informativo en la zona plagada con `cv2.putText(plagas_detectadas, "Plaga Detectada", (x, y-10), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 255, 0), 2)` y finalmente se muestra todo lo realizado en las operaciones anteriores (la imagen con las áreas problemáticas resaltadas) con la línea `cv2.imshow('Detección de Plagas', plagas_detectadas)`. Estas y más líneas de código permiten un sistema sólido de detección, cubriendo así la problemática mencionada.

4 Discusión de resultados

La implementación del sistema de visión artificial basado en OpenCV mostró una alta eficacia en la detección y clasificación de plagas en condiciones controladas, con una precisión del 90%. Para llegar a dicho porcentaje se realizaron 50 pruebas. Anteriormente, se realizaron pruebas piloto, mismas que pertenecen a la fase de creación del código, en esta fase se realizó un aproximado de 70 pruebas. La mayoría no cubrían con las expectativas esperadas, pero era un avance importante en el desarrollo del código inicial (la detección de los colores verde, rojo y azul). Después, el sistema identificó exitosamente plagas como la Mosca Blanca (*Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*) y los minadores de hojas (*Liriomyza spp*). Estos resultados sugieren que el sistema puede automatizar el proceso de monitoreo de plagas, superando las limitaciones de los métodos tradicionales en términos de eficiencia y precisión, véase figura 4.

La capacidad del sistema para realizar detecciones tempranas permite intervenciones más rápidas y dirigidas, reduciendo las pérdidas económicas y mejorando la productividad agrícola. Además, al disminuir la necesidad de pesticidas químicos, se promueve una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Si bien la propuesta de solución planteada para combatir plagas en cultivos no es única, comparando con varias propuestas existentes en el mercado, tales como, Trimble Agriculture, cropX, Agroop, Sentera, Raven industries y Ag Leader Technology, se pueden encontrar algunas características que hacen que estas tecnologías no sean del todo viables, siendo los costos el principal inconveniente, considerando que estos son elevados e incluso llegan a ser pagos por suscripción, lo cual hace que a la larga sea aún más costosa. Otra limitante es la disponibilidad, muchas de las empresas que desarrollan estas tecnologías son extranjeras y no tan fácilmente se pueden conseguir aquí en el país. Al considerar todo lo anterior, se tomó la decisión de llevar el proyecto por

un camino distinto al de proyectos similares existentes, el uso de openCV como plataforma, representa un costo inexistente ya que es de código abierto, también, aunque se está considerado como perspectivas futuras, se ha indagado en opciones en las cuales se pueden utilizar los recursos ya mencionados. Raspberry es a consideración la opción más favorable, esto más que nada por la facilidad de uso que le brinda al individuo y su bajo costo. Son estas las principales razones por las que este proyecto llega a tener relevancia en comparación de otros.

5 conclusiones y perspectivas futuras

Todo el desarrollo del sistema de visión artificial demostró ser una solución viable y efectiva para la detección temprana de plagas en cultivos, la decisión de utilizar openCV como primer recurso fue sin duda la mejor opción para dar el primer paso. Los resultados que fueron obtenidos en un entorno controlado validan la precisión y eficacia del enfoque propuesto. Para futuras investigaciones, se sugiere probar el sistema en condiciones de campo real y explorar técnicas avanzadas de visión artificial, como el aprendizaje profundo haciendo uso de técnicas para ciencia de datos, entrenamiento del sistema y todo lo que refiera al machine learning, esto con la idea de mejorar la robustez y precisión del modelo.

Se propone también, integrar todo el sistema en dispositivos que tengan un costo bajo y moderado en el mercado, como se mencionó anteriormente, dentro de esas opciones se opta por una placa raspberry pi zero 2W, esta placa tiene la capacidad de ser cargada con un sistema operativo compatible con Python y la librería openCV sin ninguna complicación, sus dimensiones no representan problema alguno y, además, puede establecer un vínculo con una tarjeta programable Arduino que tendrá como tarea agregar acciones y permitirle al sistema actuar cuando se detecte alguna anomalía en las plantas, recopilando información de las partes del terreno que se encuentran plagadas, y concentrando lo recopilado en una base de datos, de esta forma se tendrá un mapeo de las áreas del terreno que se encuentran afectadas para brindar un mejor análisis de los cultivos, asimismo el Arduino permite agregar acciones inmediatas, tales como rociado para combatir las plagas. Se piensa implementar en campos agrícolas remotos y de recursos limitados, así como incorporar un sistema móvil para todo el conjunto, siendo capaz de desplazarse por todo el campo de estudio sin complicaciones y de manera autónoma. Esta iniciativa facilitaría el acceso a tecnologías avanzadas de monitoreo de plagas, contribuyendo significativamente a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola.

6 Agradecimientos

Agradecemos a quien nos ha acompañado desde los inicios de este proyecto, ing. Alí Martínez Herrera, maestro, asesor y amigo.

Agradecemos también a nuestros compañeros Iker y Eliel de Electrónica de 8vo semestre, por habernos ayudado en la parte técnica del desarrollo de nuestro proyecto.

7 Referencias

1. León, R., Díaz, M., & Rodríguez, L. (2020). Gestión de un sistema de visión artificial para la detección de los daños causados por plagas en el cultivo de palto utilizando un dron. *Revista Ciencia y Tecnología*, 16(4), 135–141.
2. Magaña, J., Atoche, J. Sandoval, J. Luján, C. (2015). DETECCIÓN DE OBJETOS EN IMÁGENES UTILIZANDO OPENCV PARA RASPBERRY.
3. Sánchez Morales, E. A. (2023). Desarrollo e implementación de una máquina (CNC) para la gestión automática de cultivo y riego de un huerto dentro de un hogar.

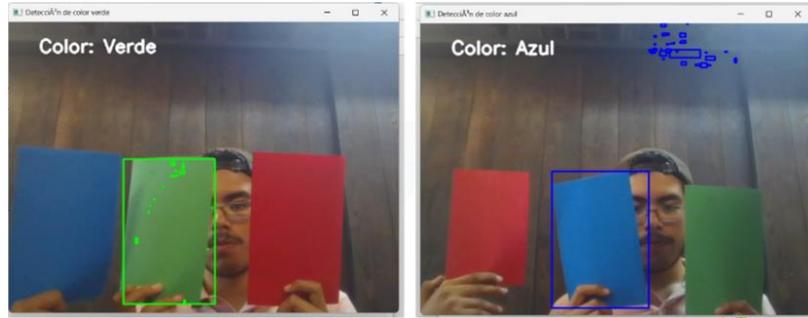


Figura 1. detección de los colores primarios como primera instancia. Fuente. Elaboración propia.



Figura 2. obtención de imágenes de hojas.
Fuente. <https://media.potato-pro.com/white-fly1200.jpeg?width=1200&height=743&crop=smart&mode=crop>.



Figura 3. Identificación de regiones de interés. Fuente. Elaboración propia.

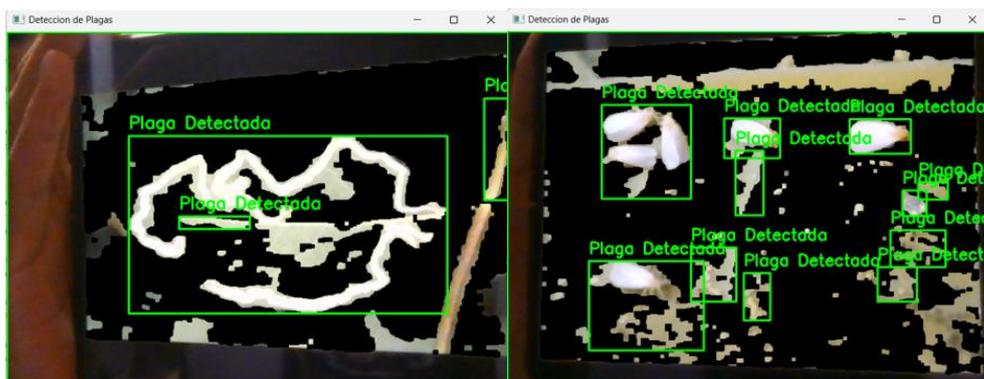


Figura 4. Detección de plagas. Fuente. Elaboración propia.