

Gestión de un sistema de visión artificial para la detección de los daños causados por plagas en el cultivo de palto utilizando un drone

Management of an artificial vision system for the detection of damage caused by pests in avocado crop using a drone

Ryan León*; Midori Díaz; Leisy Rodríguez

Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Privada Del Norte, Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo, Perú.

* Autor correspondiente: ryan.leon@upn.edu.pe (R. León)

DOI: [10.17268/rev.cyt.2020.04.14](https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2020.04.14)

RESUMEN

La visión artificial es capaz de resolver problemas del sector agrícola, siendo uno de estos, el suministro de agroquímicos incorrectos por la deficiencia de identificar una plaga basada en la percepción visual, por ello esta investigación tiene como objetivo el desarrollo de un sistema de visión artificial que permita detectar con precisión las plagas bicho de cesto y araña roja presentes en el cultivo de palto de una empresa agroindustrial; asimismo, proveer una serie de medidas correctivas para su tratamiento. Este estudio tuvo carácter exploratorio y descriptivo, a través de la observación, consulta e implementación de visión por computador con imágenes captadas por un drone Mavic2 Zoom, a su vez, se utilizó la plataforma Anaconda-Spyder (Python 3.6) y ciertas librerías, como: OpenCV, que contiene algoritmos para la detección de objetos y segmentación por color; Numpy, para el análisis matricial y Machine Learning, para su clasificación. Se determinó el algoritmo Random forest como el modelo de predicción adecuado para clasificar y verificar el estado de infestación de plagas en las hojas de palto, obteniendo un porcentaje promedio de precisión de 100%; por último, se implementó la visión artificial y se detectó la infestación de plagas bicho de cesto y araña roja.

Palabras clave: Visión Artificial; Algoritmo; OpenCV; Numpy; Machine Learning.

ABSTRACT

Artificial vision is capable of solving problems in the agricultural sector, like the supply of incorrect agrochemicals due to the deficiency of identifying a pest based on visual perception, therefore this research aims to develop an artificial vision system to accurately detect the basket bug and spider mite pests present in the avocado crop of an agro-industrial company; also, provide a series of corrective measures for its treatment. This study was exploratory and descriptive, through the observation; consultation and implementation of computer vision with images captured by a Mavic2 Zoom drone, in turn, the Anaconda-Spyder platform (Python 3.6) and certain libraries, such as OpenCV, which contains algorithms for object detection and color segmentation; Numpy, for matrix analysis and Machine Learning, for classification. The Random forest algorithm was determined as the adequate prediction model to classify and verify the pest infestation status in avocado leaves, obtaining an average percentage of precision of 100%; lastly, artificial vision was implemented and the infestation of basket bug and red spider mite pests was detected.

Keywords: Artificial Vision; Algorithm; OpenCV; Numpy; Machine Learning.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los países más desarrollados han tenido un avanzado crecimiento en el uso de técnicas agrícolas de precisión, por lo que se ha implementado la automatización en los cultivos, al aplicar algunos sensores para determinar las condiciones en las que se encuentra el cultivo. El uso de esta automatización igual que la agricultura de precisión ha ido incrementando, a medida que avanza el tiempo más productores deciden implementarlas debido a la necesidad de determinar y proporcionar las condiciones necesarias para una buena calidad del cultivo; en este campo existe una gran variedad de dispositivos y sensores que logran realizar esta función, con diversidad de usos dependiendo el tipo de cultivo y la aplicación que se le desea dar (Montenegro y Parada, 2015).

Larcher et al. (2013) mencionan que las capacidades de un sistema de visión por computador van más allá de la limitada capacidad humana, ya que permiten evaluar a largo plazo los procesos de forma objetiva con el propósito final de estimar una o varias características de interés de los productos en un momento determinado y relacionarlos con la calidad que aprecia el consumidor. Una herramienta utilizada en la automatización de procesos industriales es el procesamiento de imágenes, pues presenta confiabilidad, eficacia y rapidez en el procesamiento, por lo que la industria agrícola ha comenzado a utilizar este tipo de tecnología para monitorear aspectos relevantes de los cultivos (Flórez, Hurtado y Sandoval, 2015). Este procesamiento de imágenes permite el reconocimiento de plagas y morfología de las plantas, por lo que se ha convertido en un nuevo método para la detección de plagas como alternativas de manejo, monitoreo y control. La industria agrícola ha comenzado a utilizar este tipo de tecnología para monitorear aspectos relevantes de los cultivos (Noda et al., 2006). Asimismo, Larcher et al., (como se citó en Heras, 2017) los sistemas de visión por computador se han convertido en potentes herramientas para la inspección automática de frutas y verduras, cuyas capacidades van más allá de la limitada capacidad humana, debido a que permiten evaluar a largo plazo los procesos de forma objetiva.

El objetivo del trabajo de investigación se basa en la implementación de un sistema de visión artificial, mediante la gestión de un sistema de reconocimiento de plagas en el cultivo de palta a través del procesamiento de imágenes captadas por un dron para detectar plagas bicho de cesto y araña roja presente en las hojas de palta; a la vez, se pretende proveer una serie de medidas correctivas para el tratamiento de las mismas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del cultivo

La investigación se realizó en el cultivo de hortalizas de la empresa Agroindustria Vipaur E.I.R.L (Figura 1), ubicado en Panamericana Norte Km 529.5 distrito de Chao de la Provincia de Virú en el Departamento de la Libertad; este cultivo cuenta con 70 hectáreas de paltas Hass, distribuidas en hileras que contienen 110 plantas.



Figura 1. Vista panorámica de Agroindustrias Vipaur E.I.R.L

Equipo

Se utilizó un Dron Mavic 2 Pro/ Zoom para la captura de imágenes, cuyas especificaciones técnicas son detalladas a continuación:

- Velocidad : 72 km/h
- Dimensiones : 322x242x84mm
- Peso : 905g
- Tm.de vuelo : 31min
- Dm.de vuelo : 18km
- Resolución de video : 4k
- Cámara : 12MPX con zoom óptico 2x
- Batería : 3950 mAh

Software

Se utilizó el software Anaconda Python. Este es un software libre y gratuito con licencia BSD desarrollado en un lenguaje de programación Python 3.6 que contiene el entorno interactivo de trabajo (IDLE) llamado Spyder.

Recursos Computacionales

Se utilizó una laptop Hp I7 Octava Generación

Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos

- La observación directa, haciendo uso de una ficha de observación para registrar diferentes características observadas en el cultivo de palta.
- La entrevista, a través de un formato con una serie de preguntas abiertas, realizadas a los agricultores e ingenieros agrícolas de la empresa, para conocer sobre el cultivo de la palta y sus problemas respecto a plagas.
- Las fotografías, con una cámara fotográfica, como instrumento, para capturar diversas hojas de palta del cultivo.

METODOLOGÍA

La metodología de trabajo que se empleó en esta investigación para el análisis de las imágenes en las hojas de palta, consistió en elegir y analizar 50 plantas correspondientes a los daños producidos en las hojas por las plagas de bicho de cesto y araña roja; posterior a ello, seguir una serie de procedimientos realizados a través de técnicas de visión artificial, descritas según cinco etapas, mencionadas posteriormente.

Adquisición de Imágenes

Se tomó una muestra de 472 hojas de palta, tal cual se puede visualizar en la Figura 2, pero para la realización de las capturas, se seleccionó un total de 354 hojas de palta entre los que se encontraba tres estados: hoja con bicho de cesto (Figura 3), hoja con araña roja (Figura 4) y hoja sin plaga (Figura 5), durante 3 días completos de recolección de estas hojas en la empresa Agroindustrial Vipaur E.I.R.L. Estos 354 fueron usados para el entrenamiento y los otros 118 para las pruebas del mismo.



Figura 2. Muestra de 472 de hojas de palta



Figura 3. Hoja de palta con bicho de cesto



Figura 4. Hoja de palta con araña roja



Figura 5. Hoja de palta sin plaga

Preprocesamiento

Para facilitar el proceso de caracterización de las hojas de palta, se realiza un proceso de filtrado dentro de la imagen obtenida, con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de ruido posible, el cual queda en las imágenes tras su adquisición. Por lo tanto, este proceso se enfoca en suprimir el exceso de iluminación, las sombras no deseadas y los elementos que no hagan parte de la hoja en sí mismo, resaltando a su vez, la información necesaria para el posterior análisis que se muestra en la Figura 6.

```
#Filtro cambio medio
newimg = np.zeros((img.shape[0], img.shape[1],3),np.uint8)
criteria = (cv2.TERM_CRITERIA_EPS + cv2.TERM_CRITERIA_MAX_ITER , 10 ,1.0)

img = cv2.pyrMeanShiftFiltering(blur1, 20, 30, newimg, 0, criteria)
```

Figura 6. Preprocesamiento

Extracción de las Características

La caracterización es el proceso en el cual se obtienen las características relevantes de la imagen. Este proceso es de vital importancia para una adecuada clasificación final, dado que se necesitan las características que más varíen entre los diferentes tipos de muestra, como se puede observar en la Figura 7.

```
def fd_area(image):
    hsv = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2HSV)
    hsv = cv2.split(hsv)
    gray = hsv[0]
    gray = cv2.GaussianBlur(gray, (3,3), sigmaX=1, sigmaY=1)
    ret, binary = cv2.threshold(gray, 0, 255, cv2.THRESH_OTSU | cv2.THRESH_BINARY_INV)
    contours = cv2.findContours(binary, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[1]
    infarea=0
    for x in range(len(contours)):
        infarea += cv2.contourArea(contours[x])
```

Figura 7. Extracción de Características

Clasificación

De las 320 muestras para test o clasificación de las hojas de palto se introdujeron 4 clasificadores diferentes para determinar cuál de ellos nos daba como resultado un porcentaje promedio de precisión que permita detectar los daños causados en las plagas analizadas, entre ellos tenemos

- Clasificador del vecino más cercano (KNN)
- Clasificador Random Forest (RF)
- Clasificador Naive Bayes (NB)
- Clasificador de Análisis Discriminante Lineal(LDA)
- Clasificador Logística (LR)

Reconocimiento

Se procede a reconocer el objeto y asignarle una etiqueta. También se puede identificar mediante un conocimiento previo (inteligencia artificial).



Figura 8. Hoja sin plaga detectada



Figura 9. Hoja con araña roja detectada

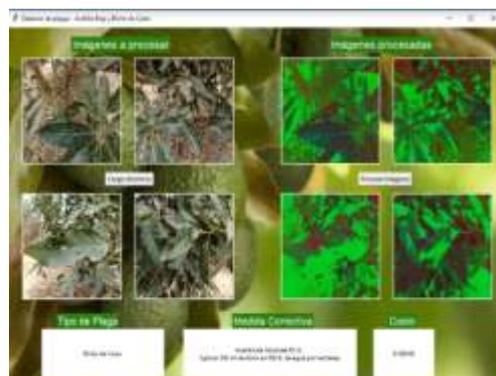


Figura 10. Bicho de cesto detectado



Figura 11. Araña roja y bicho de cesto detectado

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó que el modelo de predicción adecuado es el Random Forest, debido a que los resultados obtenidos fueron muy cercanos a comparación del modelo Logística, obteniendo un porcentaje promedio de precisión de 100 %, como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Matriz de confusión resultante de la validación cruzada.

Modelo	Media	Desviación
LR	0,970982	0,027469
LDA	0,952205	0,037011
KNN	0,965718	0,039107
RF	0,999989	0,026317
NB	0,883499	0,057844

Fuente: Anaconda Python

La información obtenida tras los resultados de la prueba del clasificador se encuentra dentro de una matriz de confusión como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Matriz de confusión resultante de la validación cruzada.

Plaga	Plaga asignada por el sistema		
	Arañita	Bicho	Sin plaga
Arañita	41	1	0
Bicho	0	46	0
Sin plaga	0	0	30

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, de los resultados obtenidos se pudo realizar el siguiente análisis:

- Se tiene una imagen que fue clasificada incorrectamente, esta se manifiesta fuera de la diagonal de la matriz elaborada, haciendo referencia a la única falla que se tuvo al momento de detectar las plagas, lo que indica una exactitud del sistema de 97,35%.
- Se tiene una imagen que el sistema clasifico como bicho de cesto, a pesar de que estaba sin plaga; esto sucedió porque hubo un fallo en el procesamiento de imágenes, a su vez, en inicio solo sin embargo el problema se resolvió y los posteriores análisis continuaron siendo precisos.

Al momento de seleccionar y ejecutar el algoritmo descrito en la Tabla 1, este entrega un reporte de clasificación, el cual se puede visualizar en la tabla siguiente.

Tabla 3. Reporte de Clasificación

	Precisión	Precisión	Recall	F1-score
Arañita roja		1,00	1,00	1,00
Bicho de cesto		1,00	1,00	1,00

Fuente: Anaconda Python

El reporte de clasificación en su primera columna describe la etiqueta del tipo de plaga detectada, en este caso dos plagas. En la segunda columna se detalla la precisión del clasificador que describe la relación en cada tipo del número de etiquetas clasificadas exitosamente. Se puede observar que la precisión en la clasificación es del cien por ciento en cada tipo. En la tercera columna recall o recuperación, describe un porcentaje de clasificaciones exitosas de cada plaga y como se puede observar se recuperaron exitosamente todas las clasificaciones. La cuarta columna describe el parámetro “f1-score” que se puede interpretar como un promedio ponderado de la precisión y recuperación, es decir, es como una escala de referencia que va de 0 a 1 o de 0 a 100%, siendo estas últimas, la mejor clasificación.

Luego, el algoritmo toma las imágenes del set de validación y realiza una predicción o clasificación de imágenes no etiquetadas, entregando su correcta clasificación como se aprecia en la Figura 8, con hoja sin plaga detectada; Figura 9, hoja con arañita roja detectada, Figura 10, hoja bicho de cesto detectado y Figura 11, arañita roja y bicho de cesto detectado.

Esto concuerda con la realización de otros trabajos como los de Yan et al (2009) quienes proponen un nuevo método para la detección de plagas y el suministro automático de plaguicidas en cultivos en invernaderos. La diferencia de color entre hojas de plantas afectadas y sanas es determinada por medio de segmentación de

imagen para identificar posibles plagas. Los resultados son utilizados por un robot que recorre el invernadero suministrando plaguicida donde la identificación de plagas lo indique. Husin et al. (2012) Propusieron la detección temprana de plagas que afectan la planta de ají a través de la inspección de las características de las hojas o el tallo, utilizando procesamiento de imágenes con el modelo de color RGB, que permite extraer las imágenes capturadas y las secciones correspondientes a las hojas de ají para identificar, por medio de agrupación de colores, aquellas hojas que presentan signos de enfermedad o son atacadas por plagas. Del mismo modo, la presente investigación al identificarse la misma situación, pero con respecto a hojas de palta, optó por la gestión de un sistema de visión artificial para la detección de las plagas bicho de cesto y araña roja, teniendo una efectividad de 100%, puesto el software desarrollado permite la detección de dichas plagas bajo una fase de entrenamiento previa basada en sus características principales, siguiendo el estándar general de un sistema de visión artificial el cual está compuesto de: adquisición de imágenes, pre procesamiento, extracción de las características, clasificación, resultados y reconocimiento de patrones.

Por otra parte, con relación a otros trabajos de procesamientos de imágenes como los descritos en el trabajo titulado evaluación de clasificadores para la detección automática de enfermedades en hojas cítricas utilizando visión de máquina, se investigó el uso de la visión artificial y técnicas de procesamiento de imágenes en la clasificación de las hojas enfermas de los cítricos, a través de algoritmos para extraer características y se concluyó que las técnicas de procesamiento investigadas sí son adecuadas para detectar enfermedades en las plantas (Pydipati, 2004); por lo que este estudio de investigación ratifica que es uno de los métodos de reconocimiento más rápido y acertado que facilita el análisis de plagas en áreas extensas de cultivo, tal cual se realizó en las hojas de palta dañadas por las plagas de bicho de cesto y araña roja.

El diagnóstico oportuno y preciso de las plagas en las plantas es uno de los pilares en la agricultura de precisión, logrando así una producción más saludable, abordando el problema del desarrollo de la resistencia a los patógenos a largo plazo, de modo que esta investigación tuvo como objetivo la gestión de un sistema de visión artificial para la detección de los daños causados por las plagas en el cultivo de palto a través de un dron y el uso del algoritmo Random Forest para clasificar y detectar automáticamente las plagas de las plantas a partir de las imágenes de las hojas. Asimismo, el aporte de este trabajo reside en el análisis cuantitativo del año que producen las plagas en una planta y el uso de un dron aéreo no tripulado para la captura de fotografías que permite detectar la presencia de dichas plagas.

4. CONCLUSIONES

Se implementó un sistema de visión artificial para la detección de los daños causados por las plagas bicho de cesto y araña roja en el cultivo de palto. Asimismo, se logró aportar medidas correctivas, como el uso de agroquímicos efectivos y una fumigación, únicamente, de la zona donde se haya detectado la presencia de insectos, logrando así una producción más saludable y rentable.

Se recomienda realizar un procedimiento automático para la creación de máscaras, puesto que al momento de digitalizar la imagen y aplicar un filtro Gaussiano para crear una versión borrosa de la imagen (suaviza los bordes), es importante determinar la precisión de los algoritmos de clasificación, ya que clasifica las imágenes según el color más cercano al que se entrenó, por ejemplo: si introducimos una pera en el conjunto de imágenes de validación, hay posibilidad de que se clasifique como una palta por la cercanía de sus características de color, de modo que al momento de la adquisición de las imágenes es preferible llevar a cabo este proceso en el momento en el que el cultivo se encuentra en fase temprana; a su vez, se debería entrenar previamente las imágenes de paltas y comprobar si difieren en el reconocimiento, por lo que para los futuros trabajos se propone la optimización de dichos algoritmos de visión artificial implementados mediante bibliotecas pertinentes, pues se proporcionará mejoras considerables en las clasificaciones de las imágenes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Flórez, C.; Hurtado, D.; Sandoval, O. 2015. Procesamiento de imágenes para reconocimiento de daños causados por plagas en el cultivo de *Begonia semperflorens* (flor de azúcar). *Acta Agronómica* 64(3): 273-279.
- Heras, D. 2017. Clasificador de imágenes de frutas basado en inteligencia artificial. *Killkana Técnica* 1(2): 21-30.
- Husin, Z.; Shakaff, A.; Aziz, A.; Farook, R. 2012. Feasibility study on plant chili disease detection using image processing techniques. *Third Int. Conf. Intelligent Syst. Modelling and Simulation (ISMS)*, p. 291–296.

- Larcher, L.; Juárez, P.; Ruggeri, A.; BIASONI, E.; Cattaneo, C.; Villalba, G. 2013. Ponderación de calidad en frutas usando técnicas de visión artificial para la estimación de daños. Asociación Argentina de Mecánica Computacional Vol. XXXII, p. 2473-2484.
- Montenegro, A.; Parada, C. 2015. Diseño e implementación de un sistema de detección de malezas en cultivos cundiboyacenses. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/3202/4/DISE%C3%91O%20E%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20DETECCI%C3%93N%20DE%20MALEZAS%20EN%20CULTIVOS%20CUNDIBOYACENSES.pdf>
- Noda, K.; Ezaki, N.; Takizawa, H.; Mizuno, S.; Yamamoto, S. 2006. Detection of plant saplessness with image processing. International Joint Conference SICE–ICASE, p. 4856–4860.
- Pydipati, R. 2004. Evaluation of classifiers for automatic disease detection in citrus leaves using machine vision (Doctoral dissertation, University of Florida).
- Yan, L.; Chunlei, X.; Jang Myung, L. 2009. Vision-based pest detection and automatic spray of greenhouse plant. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, p. 920–925.