

DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE LA ENFERMEDAD CAUSADA POR EL MINADOR DE HOJA DE LOS CÍTRICOS EN CULTIVOS DE LIMÓN MEXICANO

José Luis Carranza Flores¹, Dra. Miriam Martínez Arroyo², Dr. José Antonio Montero Valverde³,
MC. José Francisco Gazga Portillo⁴

Resumen— El Limón mexicano es uno de los cultivos que más se cosechan en algunas regiones de nuestro país y es también uno de los productos agrícolas que más se exportan. Sin embargo, al igual que sucede con otros cultivos, las cosechas de limón se ven afectadas por diferentes plagas y/o enfermedades que merman su productividad. El minador de hoja es una de estas plagas que afectan los cultivos de limón mexicano.

En este trabajo se presentan avances relacionados con el diseño de una herramienta computacional, basada en dispositivos móviles, que permita reconocer -haciendo uso de técnicas de visión computacional- si una planta de limón se encuentra afectada por esta enfermedad. Esto con la finalidad de que el agricultor tome las medidas pertinentes. Consideramos que una herramienta de este tipo es de gran apoyo a los agricultores.

Palabras clave—Detección automática, plagas de cultivos, herramientas basadas en IA, Visión computacional.

Introducción

Las plagas y enfermedades de las plantas afectan a los cultivos alimentarios, lo que causa pérdidas significativas a los agricultores y amenaza la seguridad alimentaria. Su propagación ha aumentado drásticamente en los últimos años. Así mismo pueden propagarse fácilmente a varios países y alcanzar dimensiones de epidemia. Los brotes pueden provocar pérdidas enormes de cultivos y pastos, poniendo en peligro los medios de vida de los agricultores vulnerables y la seguridad alimentaria y nutricional de millones de personas cada año.

Las técnicas de visión computacional están tomando un gran impulso e importancia en el campo agrícola, donde se están desarrollando sistemas inteligentes que permitan automatizar procesos para la detección de daños causados por plagas y enfermedades. En el procesamiento de imágenes con fines de reconocimiento de plagas y morfología de las plantas, existen aplicaciones móviles como PLANTIX, (software creado por la empresa alemana PEAT para proporcionar a los agricultores una herramienta de gestión para el diagnóstico de enfermedades vegetales, simplemente tomando una foto la aplicación revela los datos en cuestión de segundos, el sistema puede mostrar donde están muy extendidas algunas enfermedades o plagas y predecir hasta dónde se extenderán) y PLAGAPP (diseñada por estudiantes de ingeniería agrícola en la universidad nacional de Colombia es un software que detecta e informa el nombre de la plaga analizada, para luego brindar datos sobre su tamaño, maneras de erradicarla, ciclo de vida y de reproducción, entre otros datos útiles para el agricultor).

México es uno de los principales productores de limón mexicano a nivel mundial, debido a su gran actividad en producción de este cítrico, una gran parte de la producción se destina al consumo interno debido a que el limón forma parte importante de la cocina mexicana. La baja productividad de este cítrico en el país se debe a las diferentes plagas y/o enfermedades que atacan al limonero, algunas de ellas si no se controlan en tiempo ocasionan grandes pérdidas económicas.

La identificación del daño causado por el minador de hoja de los cítricos en el árbol de limón mexicano generalmente ocurre en estado avanzado lo que provoca el uso indiscriminado de insecticidas y fungicidas, así mismo ocasiona gran pérdida de fruto. La aplicación móvil para detectar esta plaga será de gran beneficio para los agricultores que trabajan con este cultivo, ya que al tomar una foto desde el celular se hará un análisis a través del procesamiento de imágenes para determinar si hay presencia de plaga.

¹ José Luis Carranza Flores estudiante de maestría en sistemas computacionales en el Instituto Tecnológico de Acapulco Guerrero, México jlflores18@gmail.com

² La Dra. Miriam Martínez Arroyo es Profesora de maestría en sistemas computacionales en el Instituto Tecnológico de Acapulco Guerrero, México miriamma_ds@hotmail.com

³ El Dr. Jose Antonio Montero Valverde es Profesor de maestría en sistemas computacionales en el Instituto Tecnológico de Acapulco Guerrero, México jamontero1@infinitummail.com

⁴ El MC. Jose Francisco Gazga Portillo es profeso de maestría en sistemas computacionales en el Instituto Tecnológico de Acapulco Guerrero, México jfgazga@it-acapulco.edu.mx

METODOLOGÍA PROPUESTA

Hoy en día la inclusión de herramientas tecnológicas basadas en técnicas de visión computacional han demostrado ser un apoyo de gran beneficio para los agricultores ya que a través de ello se puede identificar, tratar y prevenir las enfermedades en los cultivos.

Para la realización del proyecto se pretende llevar a cabo el procesamiento de imágenes a través de la siguiente metodología, a continuación, se muestra en la fig. 1 las etapas y una descripción de cada una de ellas. Así mismo se muestran los avances parciales en cada una de las etapas.

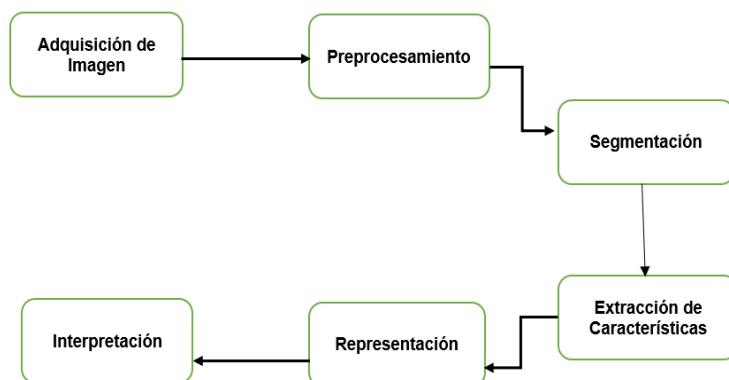


Fig. 1 Metodología propuesta

Adquisición de la Imagen

En esta etapa se recibe la imagen a través de una cámara de celular previamente seleccionada para ser procesada en la siguiente etapa, se debe tener en cuenta que no todas las imágenes darán un resultado favorable ya que se tiene que tomar en cuenta la intensidad de la luz, así como también el clima ya que en muchas ocasiones se encuentra nublado o con lluvia debido a las tormentas tropicales que afectan cada año. Se recomienda tomar las fotografías cuando haya luz solar.



Fig. 2 Imagen de hoja de limón

Preprocesamiento

En esta etapa la imagen es recibida a color RGB (Red, Green, Blue) y es convertida al modelo HSL para analizar los canales y determinar de acuerdo con las necesidades cual es el que se debe tomar para el proceso de segmentación. El modelo HSL⁸ (del inglés Hue, Saturation, Lightness), también llamado HSI⁹ (del inglés Hue, Saturation, Intensity), define un modelo de color en términos de sus componentes constituyentes. El modelo HSL se representa gráficamente como un cono doble o un doble hexágono.

⁸ HSL significado en español (matiz, saturación y luminosidad)

⁹ HSI significado en español (matiz, saturación e intensidad)

Los dos vértices en el modelo HSL se corresponden con el blanco y el negro, el ángulo se corresponde con el matiz, la distancia al eje con la saturación y la distancia al eje blanco-negro se corresponde a la luminosidad. Como los modelos HSI y el HSV, es una deformación no lineal del espacio de color RGB¹⁰. Nótese que HSL es lo mismo que HSI, pero no que HSV o HSB.

Saturación: Para calcular la saturación, simplemente divida el cromático por el mayor cromático para esa luminosidad. En la ecuación número 1 muestra la fórmula para calcular la saturación.

$$S_{HSL} = \begin{cases} 0, & \text{if } C = 0 \\ \frac{C}{1-|2L-1|}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Luminosidad: En este modelo, la luminosidad o claridad se define como el promedio entre el mayor y el menor componente de color RGB. Esta definición pone los colores primarios y secundarios en un plano que pasa a mitad de camino entre el blanco y el negro, en la ecuación número 2 muestra la fórmula para calcular la luminosidad.

$$L = \frac{1}{2}(M + m) \quad \text{[Ecuación 2]}$$

Conversión desde RGB a HSL: Los valores (R, G, B) deben ser expresados como números del 0 al 1, MAX equivale al máximo de los valores (R, G, B), y MIN equivale al mínimo de esos valores, así como lo muestra la ecuación número 3.

$$H = \begin{cases} 0, & \text{if } MAX = MIN \\ (60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360) \bmod 360, & \text{if } MAX = R \\ 60 \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120, & \text{if } MAX = G \\ 60 \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240, & \text{if } MAX = B \end{cases}$$

$$L = \frac{1}{2}(MAX + MIN)$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{if } MAX = MIN \\ \frac{MAX-MIN}{MAX+MIN} = \frac{MAX-MIN}{2L}, & \text{if } L \leq \frac{1}{2} \\ \frac{MAX-MIN}{2-(MAX+MIN)} = \frac{MAX-MIN}{2-2L}, & \text{if } L > \frac{1}{2} \end{cases} \quad \text{[Ecuación 3]}$$

La figura 7 muestra la imagen convertida de RGB a HSI en donde se representa la imagen RGB en un rango de [0,1], y para obtener obtención de los valores de cada canal se aplica la fórmula de la ecuación 3.

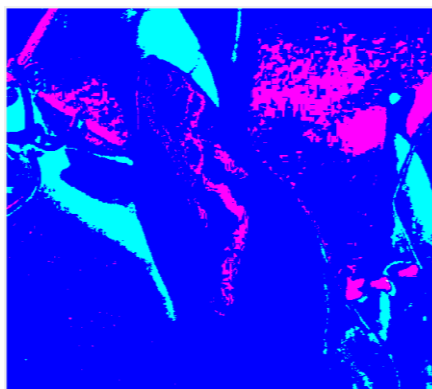


Fig. 3 imagen HSL de la hoja de limón

¹⁰ RGB significado en español (rojo, verde y azul)

Una vez analizados los tres canales y habiendo realizado múltiples pruebas a diferentes imágenes se optó por el canal de saturación(S) ya que es con el que se obtienen mejores resultados para la segmentación de la imagen.



Fig.4 Canal S

Segmentación

La segmentación de imágenes se basa en descomponer una imagen en sus partes constituyentes, haciendo referencia al objeto principal y el fondo, la segmentación permite separar o descartar zonas con características específicas de forma o color.

Los atributos básicos de segmentación son: la luminancia en imágenes monocromáticas, los componentes de color en imágenes en color, textura, forma etc. Dentro de esta etapa se encuentran técnicas como: detección de bordes, umbralización y basado en regiones.

Umbralización

Es una técnica muy importante dentro de la segmentación de imágenes, el umbral se precisa como una función que convierte una imagen con diferentes tonalidades en una imagen en blanco y negro. Se elige un umbral que permita agrupar los píxeles que hacen parte de los objetos de la imagen, diferenciándolos del fondo. El histograma de una imagen es una función discreta que se plantea como el número de píxeles gris sobre el número de píxeles de la imagen. Por lo tanto, la segmentación por histograma consiste en elegir uno o varios umbrales para poder reunir los puntos de la imagen respecto a sus características y de acuerdo con sus niveles de gris.

El método de la binarización es muy básico, pero sirve para diferenciar el objeto, del fondo de la imagen: esto consiste en que los píxeles que están marcados con 1 corresponden al objeto de la imagen. Si el objeto es oscuro con respecto al fondo, el proceso es inverso.

La figura 5 muestra la imagen segmentada, una vez que se realizaron pruebas con diferentes valores de umbral recibiendo el canal S del preprocesamiento se llevó a cabo el proceso a través de un ciclo que recorre cada uno de los píxeles de la imagen y de acuerdo al valor de umbral los transforma en 1 esto equivale al color blanco como se muestra en la figura 5, se puede observar la galería que deja el minador de hoja en la hoja del limón.

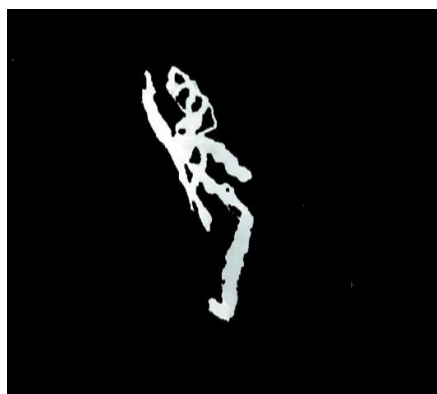


Fig. 5 Segmentación

Extracción de características

Consiste en extraer las características de la imagen tales como tamaño, color, área, forma, perímetro, entre otras. Constituye un inmenso campo de estudio e investigación en muchas áreas con múltiples aplicaciones. No existe un método o algoritmo general o completo para esta técnica, pero con la aplicación de varios métodos se logra la extracción.

En esta etapa se extraen rasgos con alguna información cuantitativa de interés o que sean fundamentales para diferenciar una clase de objetos de otra, para ello se pretende implementar el algoritmo K-means que a continuación se describe.

K-means es un método que tiene como objetivo generar una partición de un conjunto de n observaciones en k grupos. Cada grupo está representado por el promedio de los puntos que lo componen. El representante de cada grupo se denomina centroide. La cantidad de grupos a descubrir, k , es un parámetro que se debe fijar a priori. El método de clustering comienza con k centroides ubicados de forma aleatoria, y asigna cada observación al centroide más cercano. Después de asignarlos, los centroides se mueven a la ubicación promedio de todos los datos asignados a él, y se vuelven a reasignar los puntos de acuerdo con las nuevas posiciones de los centroides.

El objetivo de K-means es agrupar a las observaciones de forma tal que todas las que se encuentren en el mismo grupo sean lo más semejantes entre sí y que las pertenecientes a grupos distintos sean lo más semejantes entre sí. Las medidas de distancia, como la euclídea, son utilizadas para medir la semejanza y desemejanza. Una medida para indicar cuán bien los centroides representa a los miembros de su grupo es la suma de los errores al cuadrado. K-medias, en cada iteración, intenta reducir el valor de la suma de los errores al cuadrado. La medida consiste en la sumatoria de las distancias al cuadrado de cada observación al centroide de su grupo.

Representación de Características

Consiste en asignar significado a un conjunto de objetos reconocidos. En esta etapa se pretende aplicar el método Square Tracing o tortuga de Papert, este algoritmo realiza un barrido de la imagen hasta que encuentra el primer píxel del contorno, y así va realizando el recorrido por el contorno de la imagen detectando que área está afectada en la hoja del limón.

Interpretación

En esta etapa final una vez analizada la imagen de acuerdo con los datos obtenidos en las etapas anteriores se mostrará un mensaje donde indicará si hay o no hay presencia de la plaga minador de hoja de los cítricos.

Comentarios Finales

En este trabajo se mostraron los resultados parciales en base a técnicas de visión computacional para el desarrollo de la herramienta tecnológica que permita detectar de manera automática la plaga minador de hoja de los cítricos en el árbol de limón mexicano.

Los resultados demuestran la necesidad de implementar un sistema inteligente que permita la detección del minador que ataca al árbol de limón mexicano. Es indispensable hacerlo ya que en muchas ocasiones causan grandes pérdidas de cultivos cuando no se atiende a tiempo.

El presente trabajo propone técnicas de visión computacional para el desarrollo de una herramienta tecnológica que permita a los agricultores tomar medidas oportunas en cuanto al trato de la plaga minador de hoja de los cítricos que afectan el cultivo de limón mexicano, los involucrados en el proyecto seguirán trabajando para determinar las técnicas faltantes ya que hasta el momento se ha llegado a la etapa de segmentación de la imagen

Referencias

Astrid Vanessa Padilla Jiménez, Camilo Andrés Pulido Rojas, Leonardo Enrique Solaque Guzmán "Procesamiento de imágenes para la identificación de plagas en los cultivos de espinaca" 978-1-5090-3787-2/16/2016 IEEE

Ayres, F. J. and R. M. Rangayvan (2005). "Characterization of architectural distortion in mammograms." Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE 24(1): 59-67.

EXTERTRONIC SL. Agosto 2015, insecticidas químicos> insecticidas químicos y la contaminación del suelo, EXTERTRONIC https://www.extertronic.com/shop/es/blog/22_insecticidas-quimicos-y-contaminacion.html

Gonzales Aguilera D. Master de geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura, universidad de salamanca. <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseñanzas-tecnicas/procesamiento-avanzado-de-imagenes-digitales/contenidos/Tema2.pdf>

Noé Velázquez-López ; Yutaka Sasaki ; Kazuhiro Nakano ; José M. Mejía-Muñoz ; Eugenio Romanchik Kriuchkova, “detección de cenicilla en rosa usando procesamiento de imágenes por computadora” revista Chapingo serie horticultura 2011, 17 (2)

Juan David Sandino-mora, Darío Amaya-hurtado, Olga lucía ramos-Sandoval “Monitoreo Preliminar de incidencias defisiopatías en cultivos de fresa usando procesamiento digital de imágenes” Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial vol. 14 No 1 junio 2016

Laboratorio de Entomología y Acarología-DGSV-CNRF; Hernández-Pablo, S. ficha técnica copturus aguacatae EPF-2016 10 P

Luis Alberto Chávez Almazán, Jesús a. Díaz Ortiz, Hugo a. Saldarriaga Noreña, Gustavo Dávila Vázquez†, Agustín Santiago-moreno, José l. rosas acebedo, análisis regional de la contaminación por plaguicidas organoclorados en leche humana en guerrero, México, revista internacional de contaminación ambiental.

https://www.researchgate.net/publication/324902467_Analisis_regional_de_la_contaminacion_por_plaguicidas_organoclorados_en_leche_humana_en_Guerrero_Mexico

MATLAB convertir imagen RGB a escala de grises <http://www.mathworks.com/help/matlab/ref/rgb2gray.html>

Organización Mundial de la salud (OMS) 2016, Programa internacional de seguridad de sustancias químicas; impacto de las sustancias químicas en la salud, https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/pesticides/

Richard Alejandro Moreno, “PLAGAPP Aplicación Móvil que detecta las plagas en cultivos” Agencia de noticias UN-ciencia y tecnologías – universidad nacional de Colombia, enero 2018 <https://www.tecnologiahorticola.com/plagapp-la-aplicacion-detecta-las-plagas-cultivos/>

Rodríguez-Palomera, M., Cambero-Campos, J., Robles-Bermúdez, A., Carvajal-Cazola, C. & Estrada-Virgen, O. 2012. “enemigos naturales asociados a DLAPHORINA SITRI KUWAYAMA (HEMIPTERA: PSYLLIDAE) en limón persa (CITRUS LATIFOLIA TANAKA) en Nayarit, México, acta zoológica mexicana(n,s), 28(3) 625-629(2012) ISSN 0065-1737