



CO-DISEÑO DE UNA APLICACIÓN (APP) PARA EL RECONOCIMIENTO IN SITU DEL GORGOJO DE LOS ANDES EN CULTIVOS DE PAPA

Andrés Felipe Merchán Dehaquiz, Félix Daniel Valderrama Pineda

**Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Sogamoso, Colombia**

Resumen

El presente proyecto de investigación plantea el uso de tecnología para el reconocimiento de la presencia del gorgojo de los andes (*Premnotypes vorax*) que afecta el cultivo de la papa. El proyecto consiste en el co-diseño de una aplicación desarrollada en Android de código abierto, por medio de un proceso participativo en el que intervienen agricultores, estudiantes de ingeniería, diseñadores e ingenieros, y que busca incorporar la tecnología disponible por usuario como herramienta para proveer información in situ y de esta forma permitir que conozcan las técnicas relacionadas con el manejo integrado de la plaga que los afecta. La aplicación está orientada a facilitar la toma de decisiones sobre el cultivo por parte de los usuarios con el fin de que puedan evitar la propagación del insecto, a partir del diagnóstico oportuno de las plantas de papa que puede realizarse usando reconocimiento de imágenes (fotografías) tomadas por un dispositivo móvil (Smartphone). El procesamiento de imágenes permitirá reconocer patrones visibles en las hojas de las plantas del cultivo comparándolas con imágenes donde se evidencie el daño producido por la plaga. El proyecto considera dentro del desarrollo de la aplicación la participación activa de los cultivadores, como expertos de la realidad que se quiere intervenir y principales beneficiarios de la herramienta desarrollada. Para el desarrollo íntegro de la aplicación se concertarán visitas a pequeños cultivos donde mediante entrevistas se documentará el conocimiento que poseen los agricultores dada su experiencia y las dificultades que presentan en el manejo de plagas, especialmente con el gorgojo de los andes; posteriormente se confrontará la información con ingenieros agrónomos para ajustar el reconocimiento del insecto y poder proporcionar el conocimiento sobre el control de este a pequeños productores y personas que quieran incursionar en este tipo de cultivos pero que desconozcan los daños y el control de los mismos.

Palabras clave: procesamiento de imágenes; cultivos de papa; aplicación móvil; codiseño; gorgojo de los andes; diagnóstico de cultivos

Abstract

*This investigation project proposes the use of technology for the recognition of the presence of the Andean weevil (*Premnotypes vorax*) that affects the potato crop. The project consists of the co-design of an application developed in Android open source, through a participative process that involves farmers, engineering students, designers and engineers, and seeks to incorporate the technology available to users as a tool to provide information in situ and thus allow them to know the techniques related to the integrated management of the pest that affects them. The application is oriented to facilitate decision making on the crop by users with the purpose of preventing the propagation of the insect, based on the opportune diagnosis of potato plants that can be done using image recognition (photographs) taken by a mobile device (Smartphone). Image processing will allow recognizing visible patterns on the plants comparing them with images where the damage caused by the pest is evidenced. The project considers within the development of the application the active participation of farmers, as experts of the reality to be intervened and main beneficiaries of the developed tool. For the complete development of the application, there will be visits to small crops where interviews will document the knowledge that farmers have given their experience and the difficulties they have in pest management, especially with the Andean weevil; then the information will be compared with agronomists to adjust the recognition of the insect and to provide knowledge on the control of this to small producers and people who want to venture into this type of crops but do not know the damage and control of them.*

Keywords: *Image processing; potato crops; mobile application; co-design; andean weevil; crop diagnostics*

1. Introducción

Este proyecto de investigación propone el uso de tecnología para el control del gorgojo de los andes, cuyo nombre científico es *Premnotypes vorax* (abreviado *P. vorax*), que ataca el cultivo de papa; las investigaciones relacionadas que aportan al desarrollo de esta investigación se pueden clasificar en dos grandes aspectos: el primero relacionado con las técnicas rudimentarias utilizadas para el control de la plaga y el segundo que comprende los métodos empleados en el procesamiento digital de imágenes y algunas de sus aplicaciones en la agricultura. Las técnicas rudimentarias son una opción efectiva, rápida y de sencilla aplicación para los agricultores, sin embargo, generan efectos secundarios significativos en el medio ambiente y la salud humana debido a que la mayoría dependen de los pesticidas. Estas técnicas rudimentarias están comprendidas dentro del manejo integrado de plagas.

Según Gallegos, *et al.* (2012), el manejo integrado del gorgojo de los andes se define por medio del comportamiento, la variación poblacional y las medidas preventivas y emergentes utilizadas



para su control. Los autores especifican que es posible detectar la presencia del insecto en las hojas, debido a que los gorgojos se alimentan de esta parte de la planta provocando que los bordes tengan daños en forma de media luna. Para combatirlo, el principal método utilizado es el control químico que consiste en la utilización de plaguicidas, sin embargo, esto provoca la intoxicación de quinientas a un millón de personas a nivel mundial (Ospina, *et al.* 2009). Además, el uso de agroquímicos y fertilizantes eleva los costos de producción y requiere para su aplicación la exposición del agricultor, ocasionando la inhalación y absorción de estos compuestos a través de la piel.

Como alternativa, Salazar (1995) presenta el uso de trampas como método de control y monitoreo de *P. vorax*, donde se recubren las plantas por medio de cartones o costales distribuidos en el terreno recién preparado. Adicionalmente, existen trampas para los huevecillos basadas en la implementación de manojos de tallos de paja o pasto para receptar las oviposturas (órgano usado por las hembras para depositar los huevos). Algunas otras medidas implementadas son: el uso de plantas cebo, es decir, plantas trasplantadas o sembradas previamente en el lote donde se va a desarrollar el cultivo de papa para controlar la variación de la población (FEDEPAPA, 2010), el manejo de fuentes de infestación como método preventivo en el control del gorgojo de los andes, en el cual Bastidas, *et al.* (2010) resaltan los requisitos la preparación del suelo, teniendo un cuidado especial en los bordes del cultivo debido a que la humedad y la cercanía con la fuente de alimentación son lugares donde generalmente suelen ubicarse los gusanos *P. vorax*. En el mismo sentido, Kroschel, *et al.* (2009) abarcan un método alternativo para controlar el gorgojo de los andes, el cual consiste en el uso de barreras plásticas establecidas en las fronteras de campo en el momento de la siembra, siendo eficiente para detener la migración del gorgojo de los andes, al obtener como resultado que solo 13% de los gorgojos pudieron superar este método.

Desde otro enfoque, el control biológico de la plaga se ha abordado por estudios como el de Lopez, *et al.* (2009) quienes experimentaron a través de la mutagénesis para modificar la proteína Cry3Aa, de forma que resultará tóxica para las larvas *P. vorax*; sin embargo, la toxicidad obtenida en el experimento fue baja en comparación con la técnica de control microbiana desarrollada por Kaya, *et al.* (2009) quienes a partir del hongo *Beauveria bassiana*, enemigo natural del gorgojo de los andes y con el uso de cadáveres de insectos que tuvieran 'nematode', obtuvieron resultados positivos al controlar la plaga en zonas de almacenamiento de papa.

A partir de las características observadas en los métodos de control expuestos, se optó por mejorar la aplicación del pesticida empleando el procesamiento digital de imágenes para reconocer los rasgos característicos de las hojas del cultivo de papa. El procesamiento digital de imágenes permitirá obtener información de las fotografías de las plantas que hacen parte del cultivo. En este sentido, Aguirre, *et al.* (2010) proporciona una visión general de la teoría de procesamiento de imágenes, planteando diferentes tipos de filtros y métodos de análisis. Autores como Velázquez-López, *et al.* (2011) presentan métodos de algoritmos de procesamiento de imágenes en FPGA, lo cual, toma sentido a través de estudios dirigidos a proponer el uso de esta herramienta para la conversión de la señal de video compuesta a la señal VGA, y el módulo de conversión entre los espacios de color YCbCr al RGB (Espinosa, *et al.* 2018) (Anzueto, *et al.* 2014).



Dentro de otras alternativas, enmarcadas en esta temática, se encuentra el algoritmo propuesto por Sánchez Álvarez, *et al.* (2012) para calcular el crecimiento de las plantas ornamentales basándose en la digitalización de imágenes y el método de procesamiento llamado reducción por multi-escala, este método puede extenderse a diferentes campos que requieran este tipo de análisis; Delmoro, *et al.* (2010) exploran el uso del procesamiento digital de imágenes para medir y analizar el color de superficies de modo que monitorean el color de la miel y reconocen en el momento adecuado para su venta y el método desarrollado por Gómez (2013) el cual se basa en la determinación de la geometría del perfil del suelo tratando imágenes comparando los datos que se obtienen por medio de métodos tradicionales y validando de esta forma la eficiencia del nuevo método.

Otro de los estudios que resultan relevante en esta investigación son los encaminados a crear aplicaciones utilizadas para el diagnóstico de cultivos, donde se destacan Yara CheckIt, Plantix, Pestoz y Agrio. Yara CheckIt es una App de agricultura que consiste en una biblioteca de fotografías de cultivos donde los usuarios pueden encontrar similitudes entre las imágenes de la aplicación y sus cultivos para determinar qué tipos de deficiencias tienen su plantación y como solucionarlas (Peat, 2015). Por otra parte, Plantix es una herramienta basada en un sistema de inteligencia artificial que analiza una imagen tomada con un teléfono, proporciona un diagnóstico sobre la planta y la forma de tratarla, esta aplicación permite reconocer enfermedades para tratarlas, pero no para prevención. Pestoz, disponible para dispositivos Android permite identificar enfermedades de las plantas a través fotografías tomadas desde un celular, sin embargo, solo abarca aquellos cultivos que son cubiertos y finalmente Agrio identifica y trata las enfermedades de las plantas a partir de imágenes subidas a internet donde un grupo de expertos o un algoritmo de inteligencia artificial proporcionan el diagnóstico.

2. Planteamiento del problema

Una de las principales preocupaciones de los agricultores es el control de las plagas debido a que estos organismos atacan los cultivos produciendo pérdidas en la calidad y el valor comercial de los productos agrícolas. Como lo afirman López-Pazos, Martínez, Castillo y Cerón Salamanca (2009), existen aproximadamente 9.000 especies de insectos que afectan los cultivos en el mundo y cuyos daños están calculados en 7.500 millones de dólares; por esta razón, el manejo integrado de plagas, que abarca el conjunto de prácticas preventivas y curativas para el control de plagas, ha adquirido gran importancia.

En Colombia, un país de gran diversidad geográfica y privilegiado en cuanto a recursos naturales se ha promovido la agricultura como motor de desarrollo. A nivel nacional los departamentos que aportan en mayor medida a la producción de papa –tercer cultivo más grande en el país– son: Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia; siendo este cultivo una fuente de ingresos para aproximadamente 35.000 familias (Ospina, *et al.*, 2009). Una de las grandes limitaciones que tiene el mercado de la papa son las plagas, dentro de las cuales se encuentra el gusano blanco o gorgojo de los andes (*Premnotrypes vorax*) (Egusquiza, 2013). Al respecto, Gallegos, *et al.* (2012) mencionan que la presencia del gusano provoca grandes pérdidas económicas para los agricultores alcanzando niveles de afectación hasta del 60% e incluso llegando en algunos casos a la pérdida de la totalidad de la cosecha si el daño es severo.



Algunas características a tener en cuenta al momento de tomar medidas de control del gorgojo son: i) su reproducción a gran velocidad y ii) su independencia de factores climatológicos. Uno de los métodos comúnmente empleados para la eliminación de estos animales es el uso de plaguicidas. Sin embargo, Narváez, *et al.* (2012) establecen que los plaguicidas hacen parte de los mayores contaminantes en los ambientes naturales debido a que llegan hasta ecosistemas acuáticos y representan un riesgo para los organismos vivos incluyendo los enemigos naturales de la plaga que contribuyen al control de esta.

De la misma manera, Rodríguez, *et al.* (2014) exponen cómo los plaguicidas se dispersan en el ambiente tardando años en descomponerse en formas menos tóxicas. Esto ocasiona que los químicos, ingresen en la cadena alimenticia a través de los animales expuestos a estos y, que los animales depredadores ubicados en un nivel más alto de la cadena trófica tengan una alta concentración del pesticida debido al consumo de animales afectados por el elemento tóxico. Igualmente, Badii, *et al.* (2007) afirman que el control químico puede afectar la salud de las personas considerablemente, generando disfunción inmune en el ser humano y en especies silvestres, lo que resulta relevante ante la presencia de infecciones o virus. Además, la exposición durante largos periodos de tiempo puede causar alteraciones reproductivas y hormonales.

Por las razones anteriormente expuestas, se busca implementar una mejora en el diagnóstico y detección de gorgojo de los andes con el fin de mejorar aspectos como la toma de decisiones sobre el cultivo en cuanto al uso o la frecuencia de aplicación de plaguicidas. Es así, como este proyecto se enfoca en el uso del procesamiento digital de imágenes de las hojas de la planta de la papa, tomadas con la cámara de un dispositivo móvil (Smartphone o Tablet), para reconocer de forma oportuna la presencia del gorgojo de los andes a través de una App, buscando contribuir a contestar la pregunta:

¿Cuál es la efectividad que puede proporcionar el procesamiento digital de imágenes en el diagnóstico del gorgojo de los andes en un cultivo de papa a partir de imágenes obtenidas por un dispositivo móvil?

¿Cómo incorporar el conocimiento del usuario en el proceso de creación y desarrollo de tecnología para una comunidad?

3. Justificación

El uso de tecnología para el control del gorgojo de los andes se plantea a través del seguimiento de las imágenes de las hojas de la planta de papa para reconocer la presencia del gusano. Este procedimiento permitirá a los agricultores aplicar los plaguicidas de forma oportuna y precisa, usando una menor cantidad de químicos solo en aquellas plantas donde se evidencie una primera aparición de los gusanos.

Este método, debido a que su implementación se basa en la toma de fotografías utilizando un dispositivo móvil, resulta ser una herramienta sencilla de utilizar para diagnosticar las plantas



afectadas por el gorgojo de los andes. Desde el punto de vista económico, emplear este tipo de tecnología para el control del gusano, permite al agricultor reducir los costos al requerir menor cantidad de pesticida y reducir las pérdidas del cultivo dado que una eliminación pertinente del gusano limita la propagación de este y, por lo tanto, su afectación en las demás plantas del cultivo. De igual manera, reconocer de forma oportuna el gorgojo de los andes da la posibilidad de controlar su migración e impedir su reproducción. Adicionalmente, esta propuesta permitirá a pequeños y medianos agricultores reconocer una de las principales plagas que afecta sus cultivos y/o confirmar la presencia de esta sin necesidad de tener algún tipo de conocimiento sobre la misma.

Desde el punto de vista ambiental, los efectos que ayuda a mitigar esta técnica son las consecuencias negativas que producen los pesticidas en el medio ambiente, dado que la aplicación del pesticida únicamente en las zonas afectadas, reduce la cantidad de químico empleado debido a que se eliminan los primeros adultos de gusano que se encuentren en el cultivo de forma oportuna.

Por otra parte, desde el punto de vista social, la salud de las personas que trabajan en estos entornos y de aquellos que viven cerca de los cultivos también se verá beneficiada debido a que la reducción de plaguicidas utilizados aminorará la posibilidad de que las personas padezcan enfermedades asociadas a estos y los productos agrícolas absorberán una menor cantidad de agroquímico, disminuyendo así la ingesta de plaguicidas por parte de los consumidores. Adicionalmente, al integrar a la comunidad por medio del codiseño en el desarrollo de la solución, permitirá proceso abordar desde un proceso de creatividad colectiva con los expertos de las realidades estudiadas, una respuesta más cercana a las necesidades de los usuarios

En el ámbito tecnológico, este método podrá ser una alternativa para el control de otras plagas donde se requiera identificar la presencia de los insectos a través de las características físicas de las plantas del cultivo. Además, podrá servir como referente del desarrollo de tecnología donde se implementen algoritmos de procesamiento de imágenes con el fin de obtener soluciones asequibles y accesibles para el entorno local, y la cual puede ser aplicable en otros contextos.

4. Metodología

La propuesta se enmarca en una investigación aplicada, de metodología experimental debido a que se pondrán a prueba elementos teóricos del procesamiento de imágenes por medio de un proceso participativo con la comunidad para generar una alternativa conjunta, a través de procesos de creatividad colectiva con expertos de las realidades estudiadas; las experiencias basadas en el codiseño serán transversales en el desarrollo del proyecto ya que de acuerdo con Lee, *et al.* (2018) quienes proponen un marco para generar propuestas de codiseño basadas en relaciones dinámicas, el desarrollo del proyecto implementará etapas basadas en i) un enfoque abierto, ii) promover el propósito de cambio, iii) creación conjunta, iv) diversidad del conocimiento, v) integración de actores y vi) diversidad en las experiencias creativas. Desde la mirada cuantitativa, dada la naturaleza de los datos obtenidos y el proceso para realizarlos, se llevará a cabo por medio del diseño de un algoritmo que brinde eficiencia en el reconocimiento de parámetros para el procesamiento digital de las imágenes. La investigación abordará tres fases metodológicas:



exploración dirigida a determinar las características de las imágenes y reconocimiento del entorno en el cual se diseñará la aplicación; la segunda fase diseño que se centrará en el diseño del algoritmo y su aplicación en el procesamiento de las imágenes, así como, cobrará mayor relevancia el codiseño en la creación conjunta de la aplicación. Finalmente, la fase validación tendrá el objetivo de evaluar la experiencia de uso y la eficiencia en el procesamiento de la imagen de la aplicación en conjunto con la comunidad.

El método propuesto se basa en la implementación de filtros morfológicos, haciendo especial énfasis en la segmentación de imágenes del color con umbralización para posteriormente utilizar una herramienta denominada Template Matching. Consta del siguiente conjunto de etapas:

- Suavizado de la imagen.
- Segmentación del color con umbralización empleando el método de OTSU.
- Detección del color verde en escala HSV.
- Operación bitwise de conjunción.
- Implementación de Template matching sobre la imagen

Las imágenes del cultivo de papa utilizadas se obtuvieron de terceros quienes participaron en una estrategia publicitada en redes sociales con el fin de reunir fotografías de las plantas para consolidar un banco de imágenes que más adelante permitirá entrenar un algoritmo de inteligencia artificial para reconocer la presencia de la plaga, aquellos que contribuyeron en la consolidación de esta información recibirán el reconocimiento como muestra de agradecimiento.

Las imágenes fueron sometidas a un procesamiento 'off-line', en un entorno grafico de desarrollo para Python, utilizando la librería OpenCV, esta librería además de ser multiplataforma, facilita el tratamiento de imágenes y técnicas de visión artificial. Inicialmente sobre la imagen se realiza un re-escalado a un tamaño equivalente al 20% de la imagen original, posteriormente se realizo un suavizado a la imagen con el fin de reducir la cantidad de variaciones entre pixeles vecinos, en este caso se empleó para eliminar el ruido de la imagen de entrada y aumentar la precisión del algoritmo.

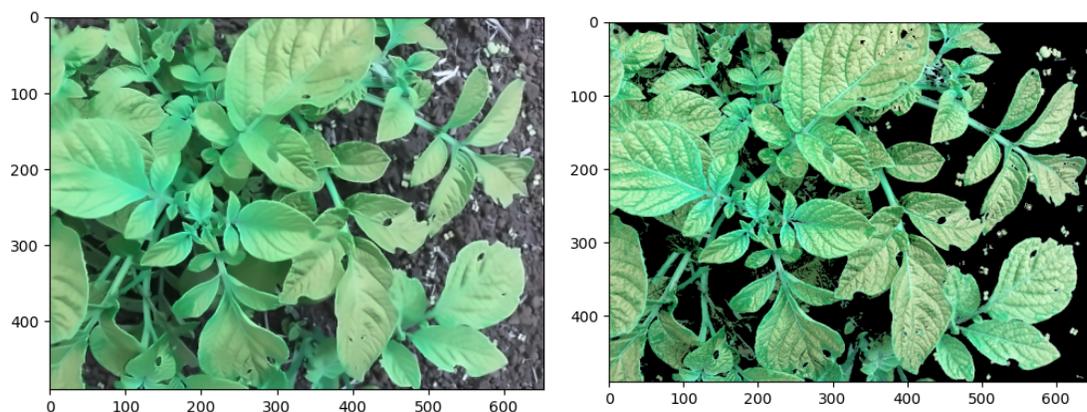


Figura 1. Imagen resultante del suavizado. Figura 2. Imagen resultante al detectar el color verde.



Se podría pensar que es posible eliminar el fondo de la fotografía empleando únicamente la detección del color verde, sin embargo, técnicas como la segmentación permiten identificar mejor las hojas de la planta que se encuentran más próximas a la cámara y en quienes el reconocimiento de la plaga tendrá un porcentaje menor de error. La segmentación permite localizar las regiones con significado, es decir, encontrar aquellos objetos dentro de la imagen que constituyen la zona de interés. Posteriormente, la imagen segmentada pasa por un filtro morfológico de cierre que brinda la posibilidad de eliminar pequeños agujeros y rellenar brechas en los contornos que en caso de no corregirlos se pueden convertir en ruido para el algoritmo por lo que podría ocasionar errores en los resultados. Se realiza una operación de disyunción (AND) entre los elementos de las matrices de entrada que corresponden a las imágenes suavizada, umbralizada y con detección de verde, obteniendo una imagen donde se separa el fondo, de las hojas de la planta y se descarta posibles objetos que no sean la planta del cultivo de papa a analizar.

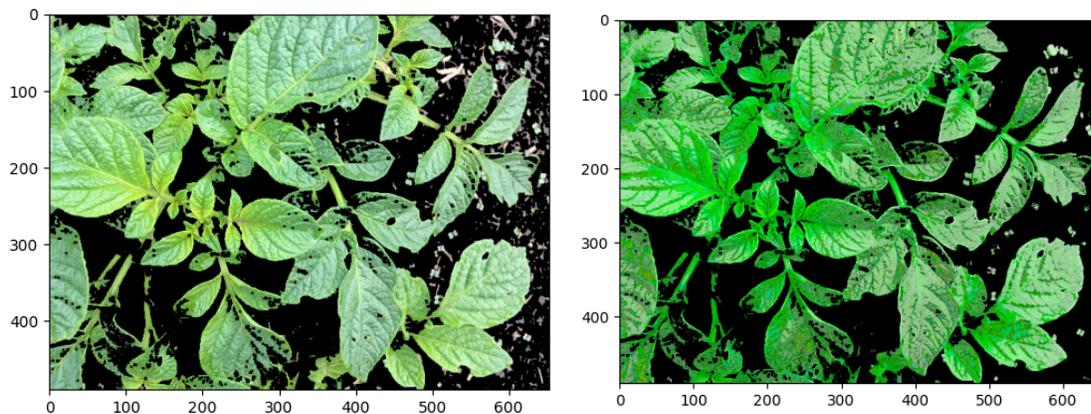


Figura 3. Imagen resultante de la segmentación del color. Figura 4. Imagen resultante de la operación bitwise de disyunción.

Por último, la fotografía es procesada empleando un método denominado Template Matching, diseñado para buscar y encontrar una imagen de plantilla (patrón a reconocer previamente definido para el sistema) en una imagen más grande. Para esto se desliza la imagen de la plantilla sobre la imagen de entrada (similar a la convolución en 2D) y se compara continuamente. El resultado es una imagen donde cada píxel indica cuánto coincide la vecindad de ese píxel con la plantilla, las coincidencias son encerradas dentro de recuadros indicando la posibilidad de media luna, cuando se encuentran varias coincidencias dentro de una región pequeña se infiere una mayor probabilidad de la existencia del patrón.



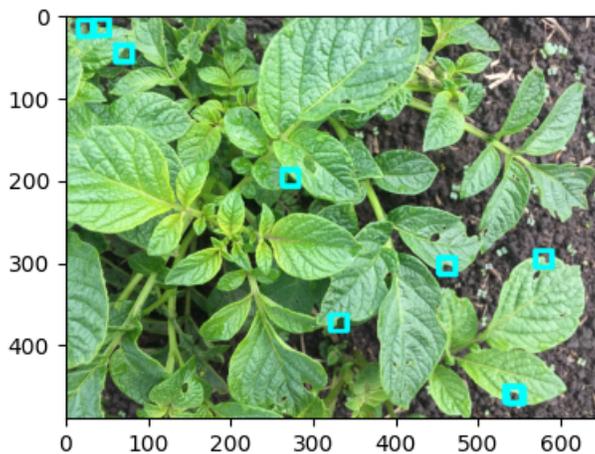


Figura 5. Imagen resultante del Template Matching

5. Resultados

La presente investigación inicio desde un enfoque netamente académico, en donde se desarrolló una profunda investigación sobre los cultivos más representativos de la región, las plagas que más los afectaban, los métodos de control utilizados contra estas plagas y las soluciones tecnológicas desarrolladas para el sector agropecuario. Adicionalmente, se enfatizó en el procesamiento digital de imágenes como una alternativa útil para el diagnóstico de cultivos donde la afectación de la plaga se puede evidenciar a través de patrones físicos visibles en las plantas. Posteriormente, se procedió a trabajar en conjunto con diseñadores y agricultores para identificar el contexto del problema mediante el reconocimiento de aspectos relacionados al manejo de plagas, evidenciando que el control de los insectos está vinculado con el nivel económico de las personas propietarias de los cultivos debido a que las soluciones rudimentales (en su mayoría pesticidas) son una opción sencilla pero costosa. Además, se observó un bajo conocimiento de recursos tecnológicos como herramienta para el diagnóstico y control de plagas en minifundios.

La investigación teórica permitió reconocer una de las plagas que afecta en mayor medida el cultivo de papa (un producto agrícola que representa el ingreso de una gran cantidad de familias en la región), que es el gorgojo de los andes o gusano blanco, el cual produce una manifestación visible como pequeñas figuras geométricas en los bordes de las hojas de la planta producto de las mordidas del insecto. Sin embargo, la investigación en campo, proporciono información sobre otras plagas que representan un mayor problema para los agricultores, dentro de las que se encuentran la pulgilla y la polilla, donde se tiene una menor cantidad de métodos para controlarlos y las características ambientales resultan adecuadas en la región para una rápida propagación de estas plagas. Por último, pudo evidenciarse que existen plagas que podrían afectar el reconocimiento del gorgojo de los andes debido a que generan daos físicos en la estructura de la planta.



6. Conclusiones

Se ha presentado un sistema de visión por computadora que permita identificar la presencia del gorgojo de los andes en cultivos de papa. El método propuesto ha permitido superar dificultades de las fotografías en cuanto a superposición o traslape de las hojas del cultivo, sin embargo, el porcentaje de error en las imágenes (aproximadamente del 50%) no es el esperado debido las características de las fotografías. En zonas de las imágenes donde se distingue con mayor facilidad la zona de interés del fondo se observa que el sistema de procesamiento funciona mejor.

Los resultados obtenidos, así como la literatura encontrada en donde se buscan procesar imágenes de cultivos, indican que la inteligencia artificial pueda llegar a ser una herramienta más adecuada para cumplir este fin, por lo que se plantea como trabajo futuro el emplear este sistema de procesamiento de imágenes como una etapa de preprocesamiento que permita facilitar el trabajo realizado por la inteligencia artificial cuando se requieran emplear algoritmos como machine learning.

7. Referencias

Artículos de revistas

- Aguirre Mesa, E. D., Taborda Vargas, H. S., García Arango, D. A., & Sidek, S. B. (2018). Proceso de extracción y almacenaje de características a partir de imágenes de huellas de mordida en el desarrollo de un software para la identificación de personas mediante procesamiento digital de imágenes. *Revista Espacios*.
- Anzueto, Á., González, Y., & Garduza, S. (2014). Implementación en FPGA de un conversor de señal de video compuesto a señal VGA. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (12), 69-83.
- Bastidas, S., Morales, P., Pumisacho, M., Gallegos, P., Heredia, G., & Benítez, J. (2005). El catzo o adulto del gusano blanco de la papa y alternativas de manejo. *Guía de aprendizaje para pequeños agricultores*. INIAP, Quito, 78.
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clementz, A., y Pranzetti, V. (2010). El color en los alimentos: determinación de color en mieles. *Invenio*, 13(25), 145-152
- Espinosa, F. S., & Trujillo-Romero, F. (2018). Procesamiento de imágenes en FPGA con visualización en una pantalla VGA. *Pistas Educativas*, 35(108).
- Kaya, H. K., Alcázar, J., Parsa, S., y Kroschel, J. (2008). Microbial Control of the Andean Potato Weevil Complex. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 3 (1), 39-45
- Kroschel, J., Alcazar, J., y Poma, P. (2009). Potential of plastic barriers to control Andean potato weevil *Premnotrypessuturicallus* Kuschel. *Crop Protection*, 28, 466–476.
- Lee, J. J., Jaatinen, M., Salmi, A., Mattelmäki, T., Smeds, R., & Holopainen, M. (2018). Design choices framework for cocreation projects. *International Journal of Design*, 12(2), 15-31.
- Narvaez, J. F., Palacio, J. A., y Molina, F. J. (noviembre, 2012). Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: Una revisión de los procesos de degradación natural. *Gestión y Ambiente*, (15), p 27-37
- Ospina, J. M., Ariza, N. E., y Manrique, F. G. (2009). Intervención Educativa sobre los Conocimientos y Prácticas Referidas a los Riesgos Laborales en Cultivadores de Papa en Boyacá, Colombia. *Revista salud pública*, (11), p. 182–190



- Velázquez-López, N., Sasaki, Y., Nakano, K., Mejía-Muñoz, J. M., & Romanchik Kriuchkova, E. (2011). Detección de cenicilla en rosa usando procesamiento de imágenes por computadora. Revista Chapingo. Serie horticultura, 17(2), 151-160.

Fuentes electrónicas

- Badii, M. H., y Landeros, J. (2007, abril). Plaguicidas que afectan la salud humana y la sustentabilidad. CULCyT Cultura Científica y Tecnológica/Toxicología de Plaguicidas. Consultado en: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/454/433>
- Cervantes Gómez, D. (2013). Determinación de la geometría del perfil del suelo mediante el método de tratamiento de imágenes (Doctoral dissertation, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas). Tomado de: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/546/A0024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fedepapa, y Gobernación de Cundinamarca. (2010). Plagas y enfermedades de la papa. Consultado en jovenesrurales.minagricultura.gov.co
- Gallegos, P., Asaquibay, C. y Castillo, C. (2012). Manual Técnico: Manejo Integrado del Gusano Blanco de la Papa. Consultado en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5136/1/iniapscmt93.pdf>
- López, S. A., Martínez, J. W., Castillo, A. X., y Ceron, J. A. (2004, diciembre). Presence and significance of Bacillus thuringiensis Cry proteins associated with the Andean weevil Premnotrypes vorax. Revista de Biología Tropical. Consultado en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442009000400026&script=sci_abstract&lng=es.
- Rodríguez, A., Suarez, S., y Palacio, D. E. (2014, diciembre). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Rev cubana Hig Epidemiol. Consultado en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010
- Salazar, L. F. (1995). Los virus de la papa y su control. Consultado en https://books.google.com.co/books/about/Los_virus_de_la_papa_y_su_control.htm
- Sánchez Álvarez, M., Vaquero Gil, R., & Vázquez Montecino, C. (2012). Control de un robot móvil con visión: rectificación de imágenes para agricultura de precisión. Tomado de: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/16099/1/MemoriaSI.pdf>

Sobre los autores

- **Andrés Felipe Merchán Dehaquiz:** Estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. andres.merchan01@uptc.edu.co
- **Félix Daniel Valderrama Pineda:** In Estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. felix.valderrama@uptc.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

