



DETECCIÓN DE “LA TRISTEZA DEL AGUACATE”: UN ANÁLISIS DE IMÁGENES FOTOGRAFICAS AÉREAS

Jesús Fernando Padilla-Magaña, Isahí Sánchez-Suárez, Laura Alejandra Mata Amezcua¹

¹ Universidad Politécnica de Uruapan, fe.padilla@upu.edu.mx

México es el principal productor y exportador de aguacate a nivel mundial. Sin embargo, la producción de este fruto enfrenta grandes amenazas como la enfermedad conocida como la “Tristeza del Aguacate”, la cual es causada principalmente por el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands y es considerada como una de las plagas más devastadora de este cultivo en el ámbito mundial. Este hongo al atacar a todas las variedades de aguacate daña las raíces, lo que puede ocasionar la muerte del árbol y por lo tanto representa una de las principales limitantes en la producción de aguacate. Este trabajo se realizó con la finalidad de identificar dicha enfermedad de forma oportuna utilizando el análisis de imágenes multiespectrales capturadas por una cámara acoplada a un dron como elemento de diagnóstico.

Mediante el análisis de las imágenes capturadas en una huerta de aguacate en la región de Uruapan Michoacán, se logró determinar que existen diferencias en la salud de los cultivos. Concluimos que el estudio de imágenes es una herramienta práctica e innovadora para los productores de aguacate, la cual permite analizar extensas áreas de cultivo y simplifica la identificación de enfermedades como la “Tristeza del aguacate”.

Palabras clave: Aguacate; Drones; Enfermedades; Imágenes Multiespectrales

El aguacate (*Persea americana* Mill) tuvo su origen en la parte central de México y en algunas zonas altas de Guatemala (Barrientos-Priego *et al.*, 2000). Las primeras evidencias del consumo de este fruto cuentan con una antigüedad de más de 10 mil años (Araújo *et al.*, 2018).

El árbol se caracteriza por ser frondoso, de tronco grueso y puede alcanzar los 20 m de altura; sin embargo, cuando se cultivan para fines comerciales, se mantienen en un promedio de 5 m para facilitar la cosecha, poda y fertilización (Instituto de Ciencia Agrícola (Cuba) *et al.*, 1979). México junto con Chile e Israel son los principales países exportadores de aguacate, mientras que los países que más lo importan son Estados Unidos, Israel, Francia, Inglaterra, Canadá y Japón (FAOSTAT, 2020). El aguacate es un alimento valorado en todo el mundo debido a que es una fruta altamente nutritiva, rico en grasas saludables, especialmente ácidos grasos monoinsaturados, los cuales pueden ayudar a

mantener niveles saludables de colesterol en sangre, reducen la presión arterial y así disminuir el riesgo de enfermedades del corazón (Tovar, 2003).

No obstante, la producción de aguacate se puede ver afectada por distintos tipos de enfermedades las cuales limitan su producción y reducen la calidad de los frutos lo que provoca graves problemas económicos para los productores. Una de las enfermedades más comunes que sufren los árboles de aguacate, es “La Tristeza del Aguacate”, esta enfermedad es causada principalmente por el hongo *Phytophthora cinnamoni* Rands conocido como hongo de la canela que afecta específicamente las raíces de los árboles como se muestra en la Figura 1. El hongo está presente en el suelo y prospera en condiciones húmedas, especialmente cuando el suelo almacena un exceso de agua, las raíces del árbol entran en contacto con el hongo, el cual empieza a invadirlas y dañarlas.



Figura 1. Árbol con la enfermedad: "La Tristeza del Aguacate". En la imagen se puede apreciar el amarillamiento y la marchitez característica de la enfermedad. Obtenida de: <https://farmerstrend.co.ke/trending/phytophthora-root-rot/> (2023)

Cuando el hongo daña las raíces del árbol se bloquea la conexión del árbol con el suelo, que es crucial para la absorción de agua y nutrientes (van den Berg *et al.*, 2021). Como resultado, aunque el árbol trata de obtener los nutrientes necesarios para crecer y producir aguacates sanos, se presentan diversos problemas, como el amarillamiento, la marchitez y la caída prematura de las hojas. Cuando la enfermedad progresa, el crecimiento del árbol se atrofia, produce frutos de menor calidad, e incluso puede morir.

La propagación de esta enfermedad ha aumentado en estos últimos años debido a la globalización, el cambio climático y la falta de capacidad de recuperación de los cultivos de aguacate por su sobreexplotación. Afortunadamente, el progresivo desarrollo tecnológico ha permitido que las técnicas utilizadas para la detección de plagas y enfermedades mejoren. Tal es el caso del uso de drones para el monitoreo de los cultivos agrícolas, incluyendo la detección temprana de enfermedades en cultivos en lo que se conoce como agricultura de precisión.

Los drones equipados con cámaras multispectrales pueden sobrevolar campos de diversos cultivos y capturar imágenes detalladas de los árboles o plantas. Además, las fotografías tomadas con cámaras especiales montadas en drones tienen una mejor calidad y menos interferencias que las imágenes tomadas desde satélites o aviones. Una

cámara multispectral es similar a las cámaras fotográficas utilizadas cotidianamente, sin embargo, dicho instrumento, captura no solo la luz visible, como las cámaras comunes, sino que también puede capturar diferentes tipos de luz que el ojo humano no es capaz de detectar.

El ojo humano sólo ve los colores del arcoíris, como el rojo, verde y azul, pero una cámara multispectral puede capturar más allá de esos colores y detectan incluso la luz infrarroja, que es invisible para nosotros. Esta capacidad de las cámaras multispectrales es muy útil porque diferentes plantas y cultivos reflejan la luz de manera diferente dependiendo de su salud y composición (Daponte *et al.*, 2019).

La cámara multispectral al tener la capacidad de capturar estas diferentes longitudes de onda de luz puede proporcionar información valiosa sobre la salud de las plantas y los cultivos. Así que, el análisis de estas imágenes permite revelar las diferencias sutiles en la salud y el vigor de las plantas, incluyendo la detección de posibles enfermedades.

Con base en lo anterior, decidimos poner a prueba dicha tecnología para determinar su capacidad de reconocer la enfermedad de "La Tristeza del Aguacate" y de esta manera utilizarla como una herramienta para la detección de enfermedades, que beneficiaría a los agricultores de la región de Uruapan y de otras partes de México.

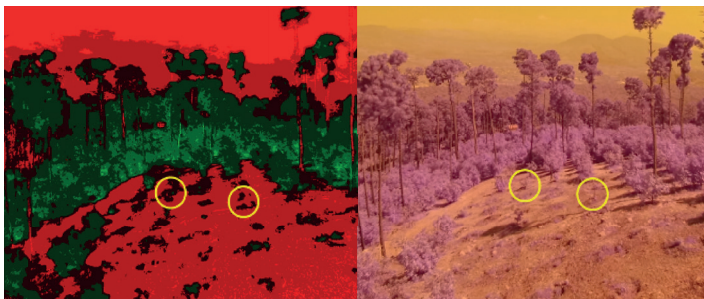
Se eligió dicho municipio de Michoacán debido a que se reportaron árboles con defoliación en las copas y, puesto que es uno de los principales síntomas de dicha enfermedad, lo convertía en un lugar idóneo para la captura de las imágenes. Para ello, se utilizó un Dron modelo DJI Phantom 3 pro, equipado con una cámara multispectral. Con este instrumento, se tomaron distintas fotografías de los árboles además de algunos videos a una altura de entre 1.5 y 15 metros, con el objetivo de tener distintas perspectivas, que normalmente se tienen al hacer el recorrido a

pie y con una vista aérea. Posteriormente, las imágenes se exportaron y se procesaron con un software que permite calcular el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés).



Figura 2. Fotografías aéreas (Muestra 2) tomadas con NDVI (Izquierda) y con la cámara del Dron (Derecha). Fuente: Propia (2022)

EL NDVI el cual se basa en la diferencia entre la luz reflejada en el infrarrojo cercano y el rojo, es una cifra que mide la salud y densidad de la vegetación en un área (Mahajan & Bundel, 2016). Una vez procesadas las imágenes se realizó un análisis comparativo entre las fotografías tomadas con la cámara del dron y las mismas fotografías evaluadas con el índice NDVI. en la Figura 2 (Derecha) podemos observar dos zonas señaladas en círculos amarillos, en donde se aprecian árboles dañados.



La Figura 3 (Izquierda) muestra y confirma la ausencia de actividad fotosintética en ambas zonas, debido a que las zonas con mayor actividad fotosintética aparecen en un color verde más claro, además de proyectar fluorescencia.

En la Figura 3, por su parte, se muestran algunas zonas específicas marcadas, donde se pueden observar las diferencias entre cada imagen, es importante notar que al aplicar el índice NDVI algunos árboles que a simple vista parecían estar en buen estado de salud, o con poco daño, en realidad presentan severos daños en la estructura foliar y nula actividad fotosintética.

CONCLUSIÓN

Concluimos que al analizar las imágenes mediante el índice NDVI, se logra detectar que algunos de los cultivos de aguacate muestran una actividad fotosintética reducida, así como daños y posible pérdida de las hojas, que son síntomas característicos de la enfermedad conocida como “La tristeza del aguacate”, y estos no pueden ser detectados por una cámara convencional.

Esta tecnología podría lograr una mayor eficiencia para el productor, en cuanto al uso de los recursos humanos, materiales, financieros y de tiempo, sin embargo, es importante continuar con la investigación para validar los resultados de la detección en las imágenes con datos de referencia de muestras previamente identificadas como afectadas o sanas a través de análisis de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, R. G., Rodríguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A., Pintado, M. M. E., & Aguilar, C. N. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- Barrientos-Priego, A. F., & López-López, L. (2000). Historia y genética del aguacate. El aguacate y su manejo integrado. *Mundi-Prensa*, Distrito Federal, México, 19-31. Obtenido de: https://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1998/cictamex_1998_33-51.pdf
- Daponte, P., De Vito, L., Glielmo, L., Iannelli, L., Liuzza, D., Picariello, F., & Silano, G. (2019). A review on the use of drones for precision agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 275(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/275/1/012022>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Datos sobre alimentación y agricultura. Base de Datos

Estadísticos de La FAO. Obtenido de: <http://www.fao.org/faostat/es/avocado>.

- Instituto de Ciencia Agrícola (Cuba), S., Cuba. Ministerio de Educación Superior., G., & Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (Cuba), O. (1979). *Cultivos tropicales*: CT. In *Cultivos Tropicales* 36(2). Obtenido de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000200016&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Mahajan, U., & Bundel, B. R. (2016). Drones for normalized difference vegetation index (NDVI), to estimate crop health for precision agriculture: A cheaper alternative for spatial satellite sensors. *Proceedings of the International Conference on Innovative Research in Agriculture, Food Science, Forestry, Horticulture, Aquaculture, Animal Sciences, Biodiversity, Ecological Sciences and Climate Change (AFHABEC-2016)*, Delhi, India, 22, 31.
- Tovar, M. Á. O. (2003). Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate Hass. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)*, 741-748.
- Van den Berg, N., Swart, V., Backer, R., Fick, A., Wienk, R., Engelbrecht, J., & Prabhu, S. A. (2021). Advances in understanding defense mechanisms in *Persea americana* against *Phytophthora cinnamomi*. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.636339>