

## Avances para la vinculación de tecnología de sensoramiento remoto con UAV (Unmanned Aerial Vehicle) para el seguimiento sanitario de plantaciones de palma de aceite

### Advances for the linking of remote sensing technology with UAV (Unmanned Aerial Vehicle) for the health monitoring of oil palm plantations

Olga Castro <sup>1</sup>, Nicolás Álvarez <sup>2</sup>, Mauricio Álvarez <sup>3</sup>, & Jaime Bernal <sup>4</sup>

**Para citar este artículo:** Castro, O., Álvarez, N., Álvarez, M., Bernal, J. (2020). Avances para la vinculación de tecnología de sensoramiento remoto con UAV (Unmanned Aerial Vehicle) para el seguimiento sanitario de plantaciones de palma de aceite. *Revista de Topografía Azimut*, (11). Pp: 5-10

Fecha de Recepción: 21 de marzo de 2019

Fecha de Aceptación: 4 de diciembre de 2019

#### Resumen

En este estudio se realizaron algunas aproximaciones a la aplicación del uso de imágenes aéreas obtenidas mediante sensores aerotransportados en Unmanned Aerial Vehicle (UAV, por sus siglas en inglés) para el monitoreo sanitario de plantaciones de palma de aceite de los Llanos Orientales de Colombia, con el fin de presentar esta tecnología como una herramienta útil para apoyar la toma de decisiones de manejo sanitario de las plantaciones de palma aceitera. Para ello, se realizaron vuelos con distintos tipos de plataformas y sensores a varias alturas en lotes de cultivo con diferentes materiales genéticos y condiciones de manejo; se analizaron las imágenes individuales obtenidas con los vuelos; se construyeron ortofotomosaicos de los lotes; y finalmente, se calcularon algunos índices de vegetación.

**Palabras clave:** Orinoquia, palma de aceite, sanidad, SIG, UAV.

#### Abstract

In this study, some approximations were made to the application of aerial images obtained by means of airborne sensors in UAV, in the sanitary monitoring of oil palm plantations in the eastern plains of Colombia. For this purpose, flights with different types of platforms and sensors were carried out at various heights, in cultivation plots with different genetic materials and management conditions. Analysis of the individual images were made, ortofotomosaics of the lots were constructed and some vegetation indexes were calculated. This technology is presented as a useful tool to support the decision making of sanitary management of oil palm plantations.

**Keywords:** Orinoquia, oil palm, GIS, UAV, health, monitoring

<sup>1</sup>Corporación colombiana de investigación agropecuaria, AGROSAVIA C.I. La Libertad. Correo electrónico: omcastron@gmail.com

<sup>2</sup>Corporación colombiana de investigación agropecuaria, AGROSAVIA C.I. La Libertad. Correo electrónico: nicoalvarezp@hotmail.com

<sup>3</sup>Corporación colombiana de investigación agropecuaria, AGROSAVIA C.I. La Libertad. Correo electrónico: malvarez@agrosavia.co

<sup>4</sup>Corporación colombiana de investigación agropecuaria, AGROSAVIA C.I. La Libertad. Correo electrónico: jhbernal@agrosavia.co

## INTRODUCCIÓN

Con los avances en los sistemas de información, navegación y Global Navigation Satellite Systems (GNSS, por sus siglas en inglés) durante la última década, las nuevas plataformas no tripuladas Unmanned Aerial Vehicle (UAV, por sus siglas en inglés) han comenzado a ser cada vez más empleadas en la agricultura. Lo anterior en vista de que en comparación con las imágenes satelitales, las imágenes obtenidas con sensores instalados en UAV suelen tener mayor resolución espacial y temporal lo que las hace más útiles para abordar estudios relacionados con la optimización de prácticas de cultivo (Zhang y Kovacs, 2012), además de que proporcionan capas de información que pueden integrarse a los sistemas de información geográfica de las plantaciones y que son de utilidad para una gestión integral del sistema productivo.

En este sentido, la industria de la palma de aceite requiere explotar los avances en las tecnologías digitales para mejorar aún más la productividad y la eficiencia de las plantaciones para permanecer rentables y sostenibles (Patrick *et al.*, 2013). Por ejemplo, un tema que afecta notablemente el desempeño productivo de estas plantaciones es la sanidad, a lo que un análisis de firmas espectrales llevado a cabo por Araque y Jiménez (2009) con base en imágenes de satélite y su correlación con datos de plagas tomados en campo para definir un modelo de la respuesta espectral de la sanidad, muestra que es necesario emplear sensores remotos que cuenten con mayor resolución para diferenciar los síntomas del daño ocasionado por plagas y enfermedades específicas, es decir que debido a estos problemas sanitarios en el cultivo se hace necesario el uso de sensores que generen imágenes con alta resolución espacial, espectral y temporal. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar algunas aproximaciones a la aplicación del uso de imágenes aéreas obtenidas mediante sensores

aerotransportados en UAV en el monitoreo sanitario de plantaciones de palma de aceite de los Llanos Orientales de Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de realizar una primera aproximación a la caracterización sanitaria de lotes de palma de aceite con sensores instalados en UAV, se realizaron vuelos con distintos tipos de plataformas y sensores (tabla 1) a varias alturas (30 a 200 m), en dos lotes de cultivo con distintos materiales genéticos y condiciones de manejo: lote 225 de siembra 2010 en un área de 22 ha, con materiales Dura, Pisífera e Híbrido O x G; y lote 215 de siembra 2008 en un área de 12 ha, con materiales Ténera. La planificación, ejecución y monitoreo de los vuelos realizados en campo se llevó a cabo utilizando el software para Windows Mission Planner, de licencia abierta y disponible para ser descargado de forma gratuita desde la página web de Ardupilot

**Tabla 1:** Relación de GSD y escala de visualización de los productos fotogramétricos generados.

Nombre Plataforma	Sensor	Resolución espectral	Autonomía
DJI Phantom <sup>TM</sup> 4 Pro	FC330_3.6_12mp	R, G, B, (visible)	15-20 minutos de vuelo
Multirroto Ceres USB-Agosavia:	MicaSense® RedEdge <sup>TM</sup>	R, G, B, Rededge infrared (multiespectral)	10-15 minutos de vuelo
Ala fija experimental Ranger	MAPIR Survey2 <sup>TM</sup>	R, G, B (visible)	20- 30 minutos de vuelo

Teniendo en cuenta las necesidades del vuelo y las imágenes, se diseñó el plan de vuelo de manera que el mosaico final contara con una resolución espacial de mínimo 10 cm/px con traslapes entre imágenes y entre líneas de por lo menos 75 %. Adicionalmente, se colocaron una serie de puntos de control en campo, los cuales se georreferenciaron con un equipo GNSS de precisión submétrica (Topcon NETG3) para apoyar la corrección de los ortofotomosaicos. Asimismo, cuando se utilizó

el sensor Micasense® Rededge se utilizó un panel de calibración que viene con este tipo de cámara, para la corrección radiométrica del ortofotomosaico. La construcción de los ortofotomosaicos se realizó con el software Pix4D Mapper Pro y se calcularon los índices de vegetación NDVI, NGRDI, NDRE y GNDVI con ayuda del software ArcGis 10.4.

También se realizó un análisis preliminar de imágenes individuales de palmas para intentar discriminar los síntomas de pudrición de cogollo (PC) en sus distintos grados de

severidad en algunos rangos del espectro electromagnético (figura 1). En el lote 215 en un área de aproximadamente 2 ha se realizó un censo de la enfermedad desde el suelo registrando el grado de severidad de cada palma y tomando fotografías de cada una. Posterior a esto, se realizó un vuelo con el multirrotor Ceres y el sensor MicaSense Rededge y se obtuvieron imágenes individuales en cada una de las 5 bandas (R, G, B, RE, NIR), las cuales fueron analizadas y correlacionadas visualmente con las fotografías tomadas desde el suelo.



**Figura 1:** Escala de severidad de PC. Grados de severidad de la pudrición de cogollo (PC) en la hoja más joven de la palma (flecha), los grados corresponden al área del tejido afectado por la enfermedad. A. Grado 2: 20-40 %. B. Grado 3: 40 -60 %, C. Grado 4: 60-80 %. D. Grado 5. 80-100 %.

**Fuente:** Martínez y Torres (2007).

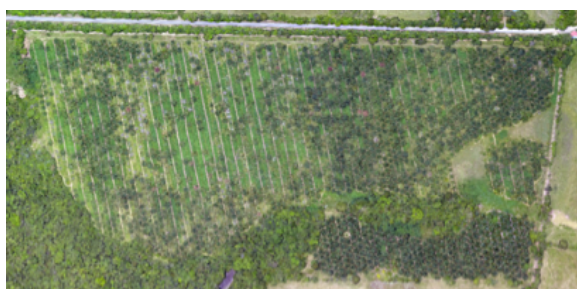
## RESULTADOS

Se obtuvo ortofotomosaicos en los cuales fue posible observar cada palma individual y su ubicación en el lote de cultivo, el éxito en su calidad se debió principalmente a un

adecuado traslape de las imágenes (al menos 75 % entre fotos y entre líneas de vuelo) y a la corrección geométrica, la cual se realizó utilizando puntos de control en campo con el equipo GNSS de precisión submétrica (Topcon NETG3), dicha corrección se realizó durante

el procesamiento de las imágenes con Pix4D Mapper Pro. En el proceso de construcción de los ortofotomosaicos se presentaron algunas deformaciones en las plantas que estaban en los bordes de la imagen, lo cual se corrigió aumentando el número de líneas de vuelo, con lo cual se abarcó mayor área y se logró que todas las palmas del lote no se vieran con ningún tipo de distorsión.

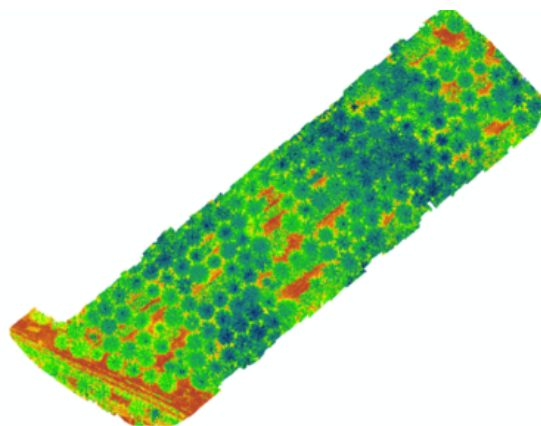
Entre tanto, en el ortofotomosaico del lote 225 (figura 2) se observa la distribución de las palmas en el lote, las plantas faltantes y se alcanza a evidenciar la diferencia entre los materiales que lo componen, así como también se aprecian distintos tonos de verdes en las palmas, desde verde intenso a amarillo, lo cual indica que las que presentan esta última coloración pueden tener deficiencias o síntomas de alguna enfermedad.



**Figura 2:** Ortofotomosaico del lote 225 en RGB con Phantom 4 Pro. Resolución espacial: 10.8 cm/px. Altura: 200 metros.

Para intentar realizar una discriminación más detallada de las palmas, se escogió un área del lote 215 de aproximadamente 2 ha y se realizó un censo sanitario en tierra, el cual se correlacionó posteriormente con el ortofotomosaico obtenido. De los índices de vegetación evaluados, el NGRDI fue el que mejor discriminó el suelo, las plantas de cobertura y las palmas sanas de aquellas afectadas por PC, las cuales se observan menos

verdes y frondosas que las sanas (figura 3).

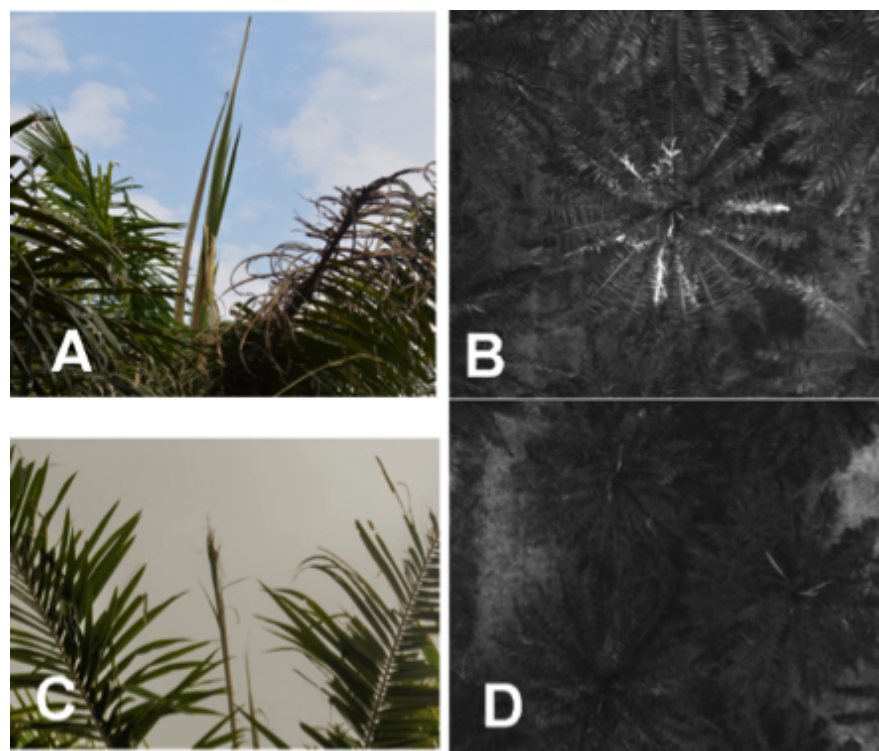


**Figura 3:** Ortofotomosaico de un área del lote 215 con el índice NGRDI.

El análisis de las imágenes individuales de cada palma por banda evidenció que en la banda del ROJO (R) se logró observar los síntomas de la enfermedad tanto en grados iniciales como avanzados, lo cual se correlacionó visualmente con las fotografías tomadas desde el suelo (figura 4).

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se evaluaron varias alturas de vuelo, desde 30 m hasta 200 m con el fin de determinar la altura de vuelo más apropiada, para ello fue necesario definir el objeto de estudio, en este caso se requería observar al detalle la morfología o coloración de las hojas, folíolos y cogollo de cada palma, por ende se necesitó ajustar la altura para obtener la resolución espectral y espacial adecuada en las imágenes lo que permitió la identificación de los síntomas de distintas afecciones sanitarias. Cabe resaltar que todos estos aspectos afectan los patrones y autonomía de vuelo, parámetros que se tornan limitantes en tanto las plantaciones sean de mayor tamaño.



**Figura 4:** Análisis de imágenes individuales de palmas con PC, en la banda del ROJO comparado con imágenes tomadas en tierra. A y B palma reincidente grado 4. C y D, palma con grado 2.

Asimismo, este estudio arrojó resultados preliminares en la identificación de problemas sanitarios con sensores aerotransportados en UAV en el cultivo de la palma de aceite a través del análisis de imágenes individuales, ortofotomosaicos e índices de vegetación. Lo que quiere decir que los sensores aerotransportados en plataformas UAV se presentan como una herramienta útil para apoyar la toma de decisiones de manejo sanitario de las plantaciones de palma aceitera, ya que permiten mayor agilidad en el monitoreo y diagnóstico de las plantaciones, a la vez que permiten identificar áreas de manejo específico. No obstante, es necesario mencionar que la georreferenciación de los puntos de control con el equipo GNSS de precisión submétrica fue fundamental para incrementar la calidad de los ortofotomosaicos, mejorando notablemente los problemas de distorsión cuando se quiere extraer información a

nivel de palma individual, por tanto se requiere seguir investigando en las técnicas de análisis y clasificación, también corroborar las regiones del espectro electromagnético más útiles para la discriminación de los síntomas de plagas, enfermedades y deficiencias del cultivo para poder vincular la tecnología a los palmicultores.

## REFERENCIAS

- Araque, L., y Jiménez, A. (2009). Caracterización de firma espectral a partir de sensores remotos para el manejo de sanidad vegetal en el cultivo de palma de aceite. *Revista Palmas*, 30(3), 63–79.
- Martínez, G., y Torres, G. (2007). Presencia de la Pudrición de Cogollo de la palma de aceite (PC) en plantas de vivero. *Revista Palmas*, 28(4), 13-20.

Patrick, H.C Ng, Totok. S, Tey S., y Goh, K. (2013). La tele-observación y las tecnologías digitales para el manejo de las plantaciones. *Revista Palmas*, 34(11), 259 - 279.

Zhang, C., and Kovacs, J. (2012). The Application of Small Unmanned Aerial Systems for Precision Agriculture: A Review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712.