

# Del cielo a los datos: imágenes que transforman la producción de su cultivo

Luis Dalmiro Torres-Guarín

Estudiante MSc Ingeniería electrónica. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga-Colombia.

## Introducción

El cultivo de palma de aceite presenta vulnerabilidad fitosanitaria ante enfermedades como la pudrición del cogollo y la flecha, patologías que comprometen la productividad y sostenibilidad del sector siendo responsables de pérdidas estimadas en 3 billones de dólares en la última década<sup>1</sup>. Para mitigar este impacto, es esencial implementar estrategias de vigilancia fitosanitaria que permitan un monitoreo eficiente y una toma de decisiones oportuna. Actualmente, pequeños y medianos productores de palma aún no adoptan tecnologías avanzadas, lo que limita el aprovechamiento de los datos del cultivo, ya que las plantaciones generan gran cantidad de ellos, pero carecen de un adecuado análisis que transforme esa información en decisiones estratégicas. Con la integración de teledetección y tecnologías de la 4ª revolución industrial, se busca acortar esta brecha, para optimizar el manejo del cultivo, detectar enfermedades a tiempo y evaluar si los tratamientos implementados funcionan, facilitando a los productores un monitoreo más preciso de la salud de sus plantas. El monitoreo detallado de las palmas enfermas permite detectar a tiempo problemas fitosanitarios y optimizar las acciones correctivas, mejorando la eficiencia de los métodos implementados por los expertos en sanidad del cultivo. Para lograrlo, se propone el uso de drones para realizar monitoreos integrales de la plantación en menor tiempo, lo que permitirá: georreferenciar cada palma para un seguimiento detallado, automatizar la captura y análisis de datos, optimizando la gestión de la información; detectar enfermedades a través de alertas tempranas, mejorando el control fitosanitario y finalmente, incrementar la productividad, garantizando un crecimiento sostenible de la industria. El propósito es transformar la producción de palma de aceite mediante el uso de datos permitiendo decisiones más precisas que garanticen la sostenibilidad del cultivo, optimizar la eficiencia del sector y potencializar su desarrollo.

## Objetivo

### Objetivo general

Realizar monitoreos fitosanitarios mediante la teledetección agrícola para identificar alertas tempranas y optimizar la gestión de la plantación.

### Objetivos específicos

- Capturar imágenes RGB y multiespectrales para el análisis del cultivo mediante dron de ala fija.
- Generar ortomosaicos de alta resolución para evaluar el estado de la plantación.
- Georreferenciar cada unidad productiva (palma) para un conteo preciso.
- Aplicar índices de vegetación para identificar puntos críticos en la sanidad del cultivo.

## Metodología

### MAPEO CON DRON eBee X

**Selección de Sensores:** Uso de los sensores SODA (RGB) y Sequoia Plus Parrot (multiespectral) montados en la DUET M2 para capturas precisas.

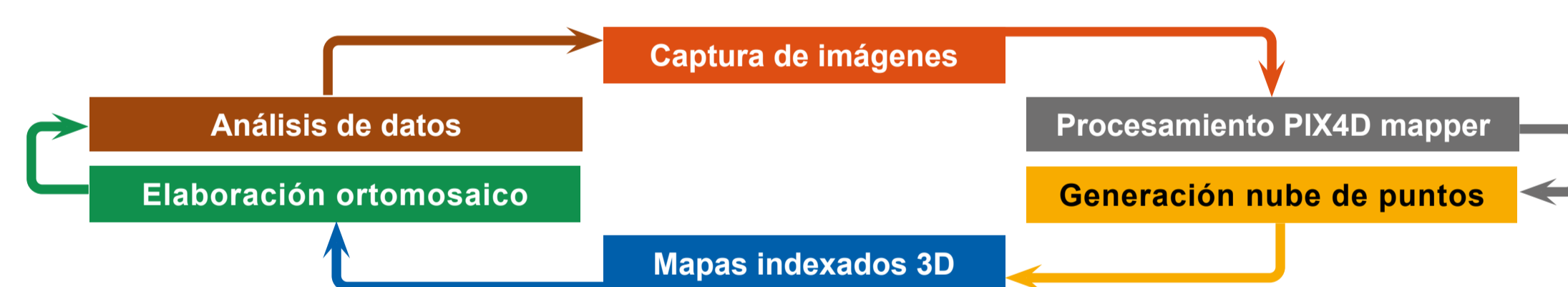
**Revisión de condiciones Ambientales:** verificación y control de condiciones atmosféricas y de iluminación para asegurar calidad de imágenes.

**Calibración radiométrica:** calibración del sensor multiespectral con panel blanco de reflectancia para corrección radiométrica.

**Delimitación del área de estudio:** definición del área específica del cultivo para diseñar un plan de vuelo ajustado.

**Planificación y ejecución del vuelo:** desarrollo de plan de vuelo con base en la zona y condiciones óptimas.

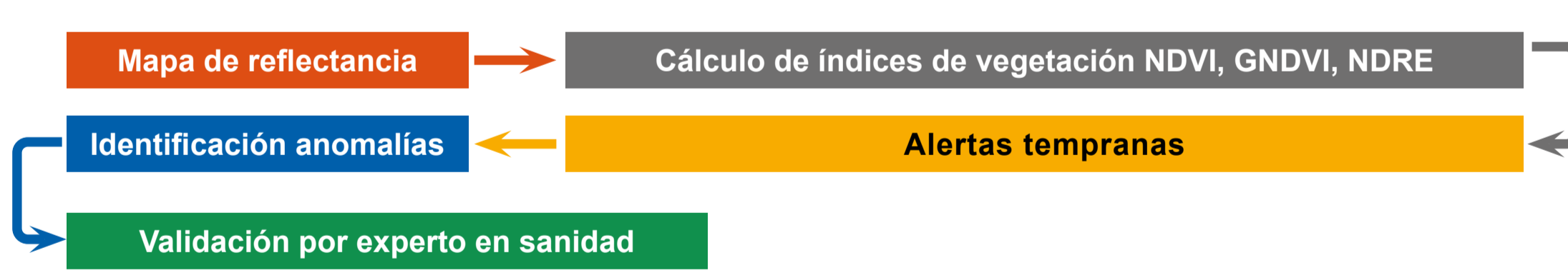
### PROCESAMIENTO DE DATOS



### CARACTERIZACIÓN

Se utilizará el *software* Argis para caracterizar las palmas de los lotes, creando un Shapefile con un punteo, es decir, ubicando cada palma mediante puntos en el lote. Esto se realizará siguiendo el reporte de un experto en zonificación y delimitando el lindero del lote para mejorar la precisión, obteniendo así un mapa georreferenciado.

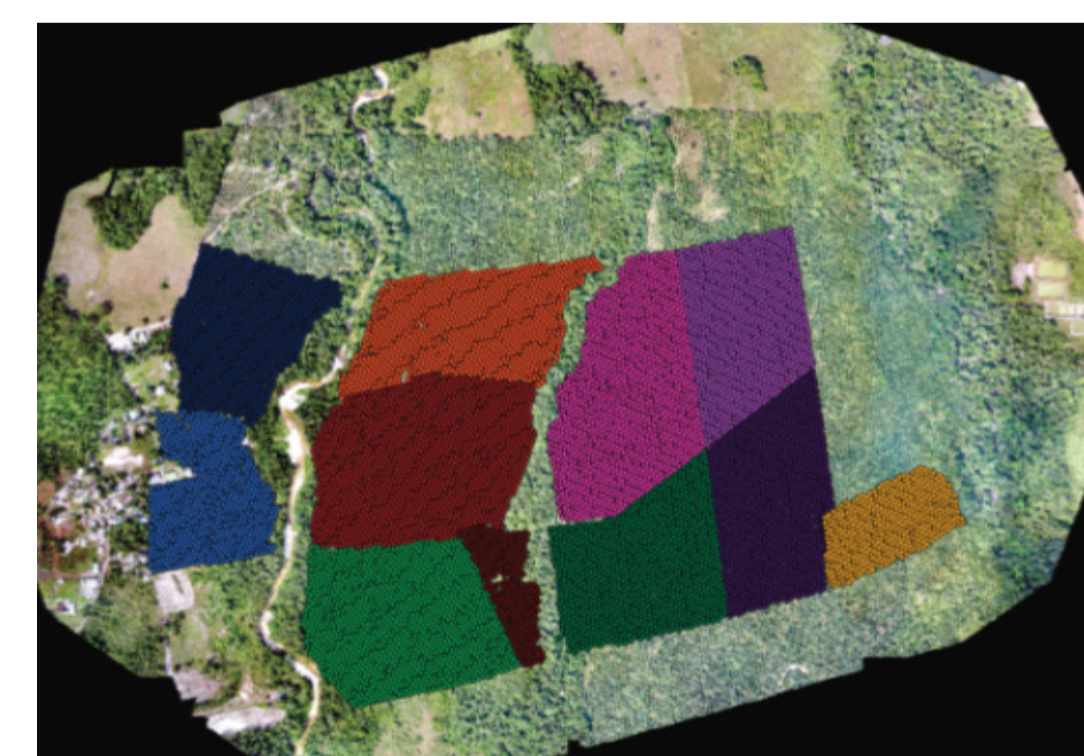
### CÁLCULO DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN



## Resultados

### Conteo lotes georreferenciados

### Punteo palmas lote



### Inventario Lote 1

Lote	Línea	Palma	Eliminada	Latitud	Longitud
1	1	1	N	8°3'16,812" N	73°33'33,517" W
1	1	2	N	8°3'16,522" N	73°33'33,451" W
1	1	3	N	8°3'16,238" N	73°33'33,409" W
1	1	4	N	8°3'15,952" N	73°33'33,355" W
1	2	1	N	8°3'16,935" N	73°33'33,787" W
1	2	2	S	8°3'16,584" N	73°33'33,755" W
1	2	3	N	8°3'16,334" N	73°33'33,687" W
1	2	4	N	8°3'16,049" N	73°33'33,627" W
1	2	5	N	8°3'15,758" N	73°33'33,575" W
1	3	1	N	8°3'17,007" N	73°33'34,070" W
1	3	2	N	8°3'16,727" N	73°33'34,007" W
1	3	3	N	8°3'16,450" N	73°33'33,963" W
1	3	4	N	8°3'16,171" N	73°33'33,905" W
1	3	5	N	8°3'15,855" N	73°33'33,863" W
1	3	6	S	8°3'15,581" N	73°33'33,760" W
1	4	1	N	8°3'16,840" N	73°33'34,292" W

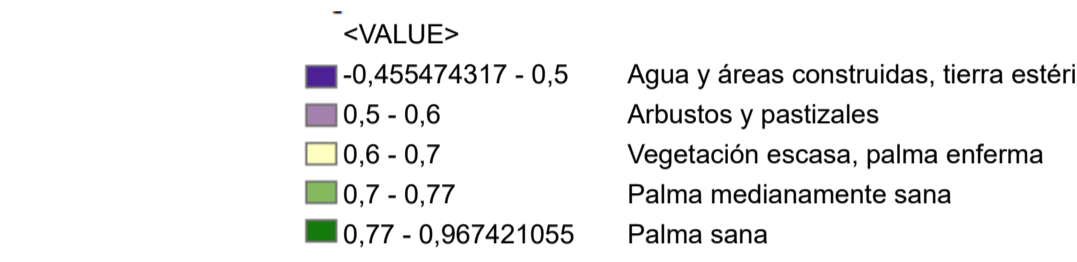
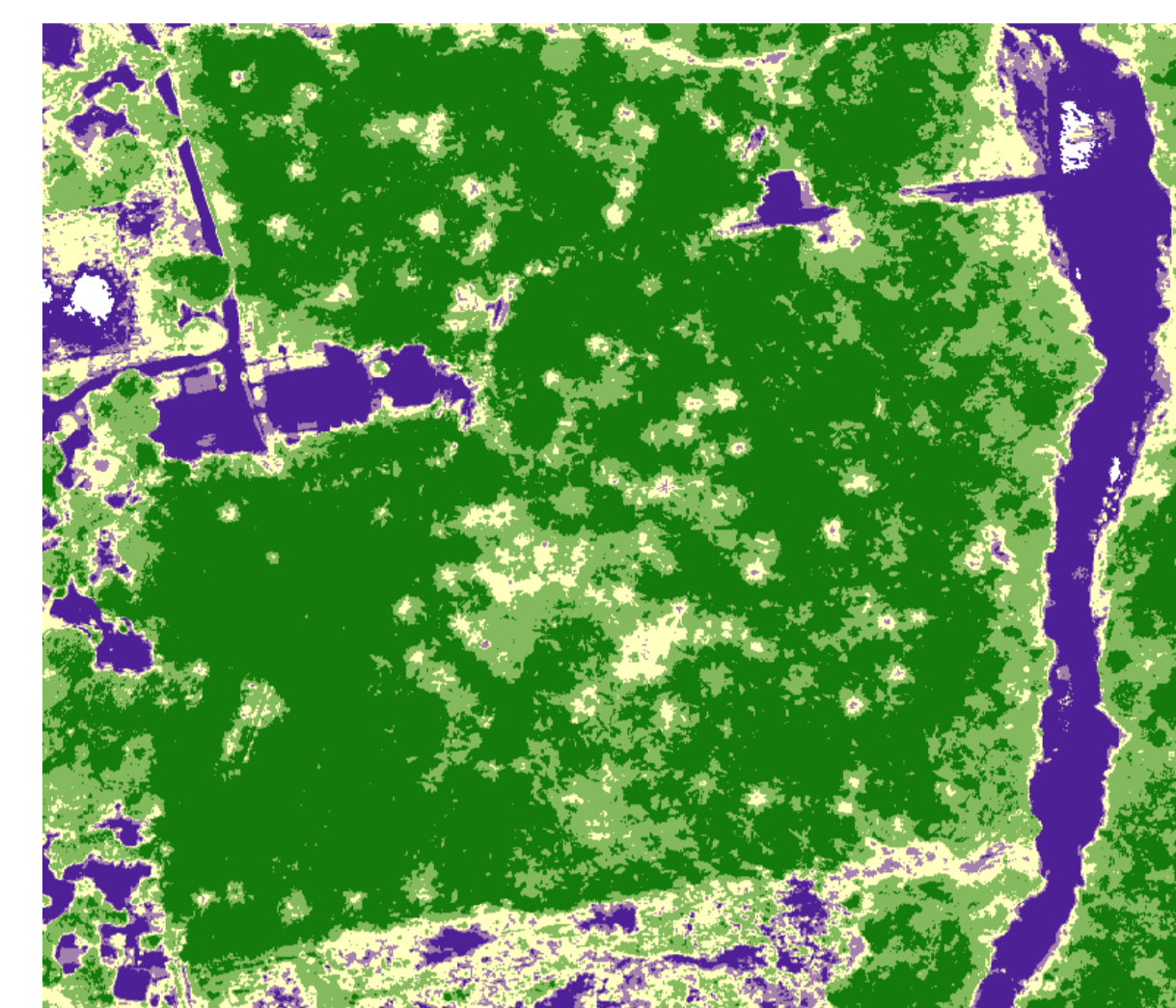
En estas ortofotos se observa claramente la delimitación del cultivo en diferentes lotes, con su respectivo conteo por lote, línea y palma. Este proceso de punteo permite una visualización detallada de la distribución interna del cultivo, proporcionando una comprensión precisa de las zonas que lo conforman.

### Detallado inventario lote en estudio

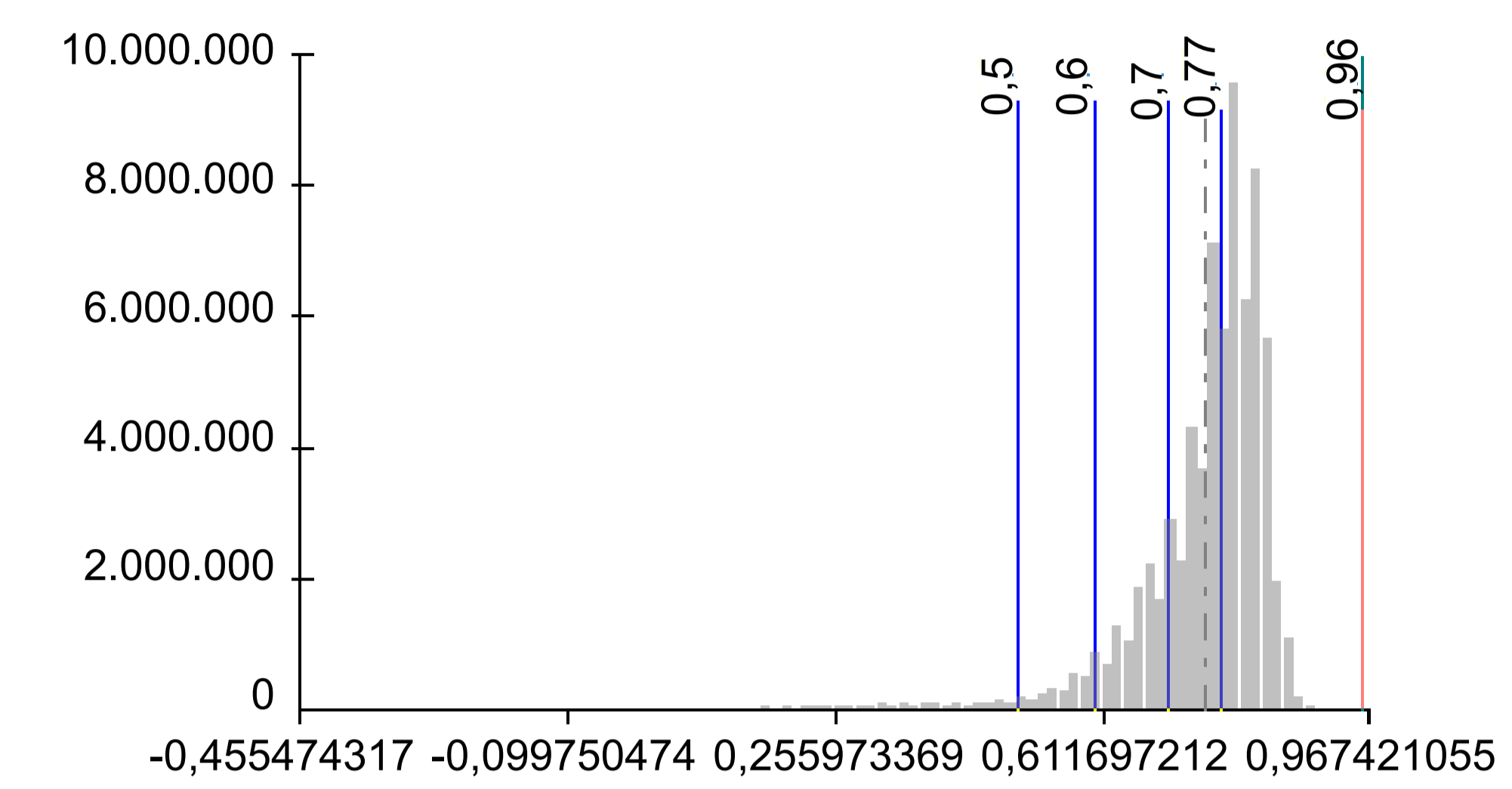
Esta tabla detalla el número de lote/línea/palma, con una bandera que indica si la palma está activa o inactiva, y su ubicación georreferenciada, facilitando el control del inventario del cultivo.

### Mapa índice de vegetación NDVI

#### Índice de vegetación NDVI



#### Índice de vegetación NDVI



#### Classification statistics

Count:	72172648	Sum:	54.146.714,9
Minimum:	-0,455474317	Mean:	0,750238718
Maximum:	0,967421055	Standard deviation:	0,093728734

La imagen multiespectral procesada permitió estimar el índice de vegetación NDVI y el cultivo de palma de aceite, lo que permitió diferenciar entre tejido vegetal y no vegetal.

La media de la clasificación del índice de vegetación NDVI se encuentra en 0,75; esto se interpreta como una indicación de buena salud del cultivo en general. Sin embargo, se recomienda validar los valores inferiores a la media mediante observación en el terreno, para confirmar la salud real del cultivo y detectar posibles áreas de estrés o anomalías.

Se realizaron dos vuelos en diferentes momentos, con un intervalo de seis meses entre ellos, para monitorear una unidad productiva inicialmente aparente sana. Después de aplicar el índice de vegetación NDVI, se observó una disminución en el vigor de la unidad productiva, lo que confirmó el deterioro de la palma. Posteriormente, se procedió con su erradicación, corroborando el mal estado de la misma.

### Imagen multiespectral



El mapa de reflectancia NDVI facilita la identificación de problemas en el cultivo, superando a las imágenes RGB al resaltar áreas con estrés, deficiencias o plagas, permitiendo un monitoreo más preciso y una gestión más efectiva.



Este es un caso más que demuestra el deterioro de las palmas seis meses después de las primeras evidencias. Aunque inicialmente parecían saludables, el análisis posterior con NDVI reveló una disminución en su vigor, lo que llevó a la erradicación de las palmas debido a su mal estado y posible propagación de enfermedades.

## Conclusiones

- Se obtuvo un inventario preciso de cada lote, lo que permitió conocer con exactitud el número total de palmas en la plantación. Esto asegura un control más eficiente de los recursos y facilita la toma de decisiones para una mejor planificación futura.
- La georreferenciación de cada unidad productiva permitió un acceso más eficiente a cada palma dentro del cultivo mediante el levantamiento de coordenadas, esto optimiza la gestión del terreno y facilita el monitoreo y mantenimiento de la plantación.
- Los índices de vegetación se calcularon a partir de imágenes multiespectrales y RGB proporcionadas por el dron eBee X, equipado con el sensor de mapeo Duet M. Este sistema permitió obtener parámetros detallados a partir de los valores de reflectividad en diversas longitudes de onda. Gracias a los resultados obtenidos, fue posible estimar el vigor o la salud de cada unidad productiva, identificar aquellas que presentaban anomalías en su desarrollo y georreferenciar su ubicación con precisión.
- Finalmente, la integración de imágenes y el uso del *software* PIX4D Mapper permitieron generar ortomosaicos y mapas de reflectancia, lo que facilitó el cálculo preciso de los índices de vegetación. A través del análisis estadístico de los datos obtenidos, se determinó que, en general, el cultivo muestra un buen estado de salud, lo que confirma la efectividad de esta metodología para el monitoreo agrícola y su capacidad para proporcionar información clave sobre la condición de los cultivos.

1. <https://www.cenipalma.org/actualidad/pudricion-del-cogollo-riesgo-inminente-para-norte-del-cesar/>  
2. <https://www.sensefly.com/es/drone/ebex/>