



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Detección temprana de la presencia de pudrición de cogollo (PC) y anillo rojo (AR) en palma africana a través de imágenes multispectrales y métodos de clasificación supervisada

Haro Altamirano, Juan Fernando

**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera Agropecuaria**

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Sinde González, Izar, PhD.

26 de agosto de 2022



INTRODUCCIÓN



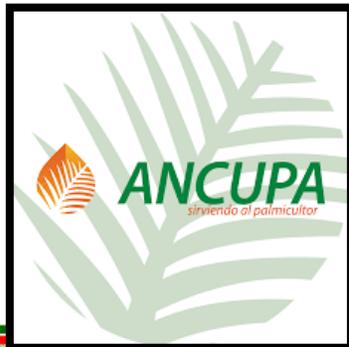
INTRODUCCIÓN

Pudrición de Cogollo

90 000 has

USD 150 millones

Asociación Nacional de
Cultivadores de Palma
Aceitera (ANCUPA)



López, 2020

Anillo Rojo

35% de pérdidas

Incremento de costo
de producción

Centro de Investigaciones
en Palma Aceitera (CIPAL)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTRODUCCIÓN

Ecuador, principal productor de palma aceitera (*Elaeis guineensis*)

Área de siembra = 201 000 has

Producción de 550 000 Tn/Año

Región Oeste mayor potencial



Séptimo producto agrícola de exportación.

4% del Producto Interno Bruto (PIB)

Cantidad exportable 187 494 Tn

150 mil empleos (directos e indirectos)

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

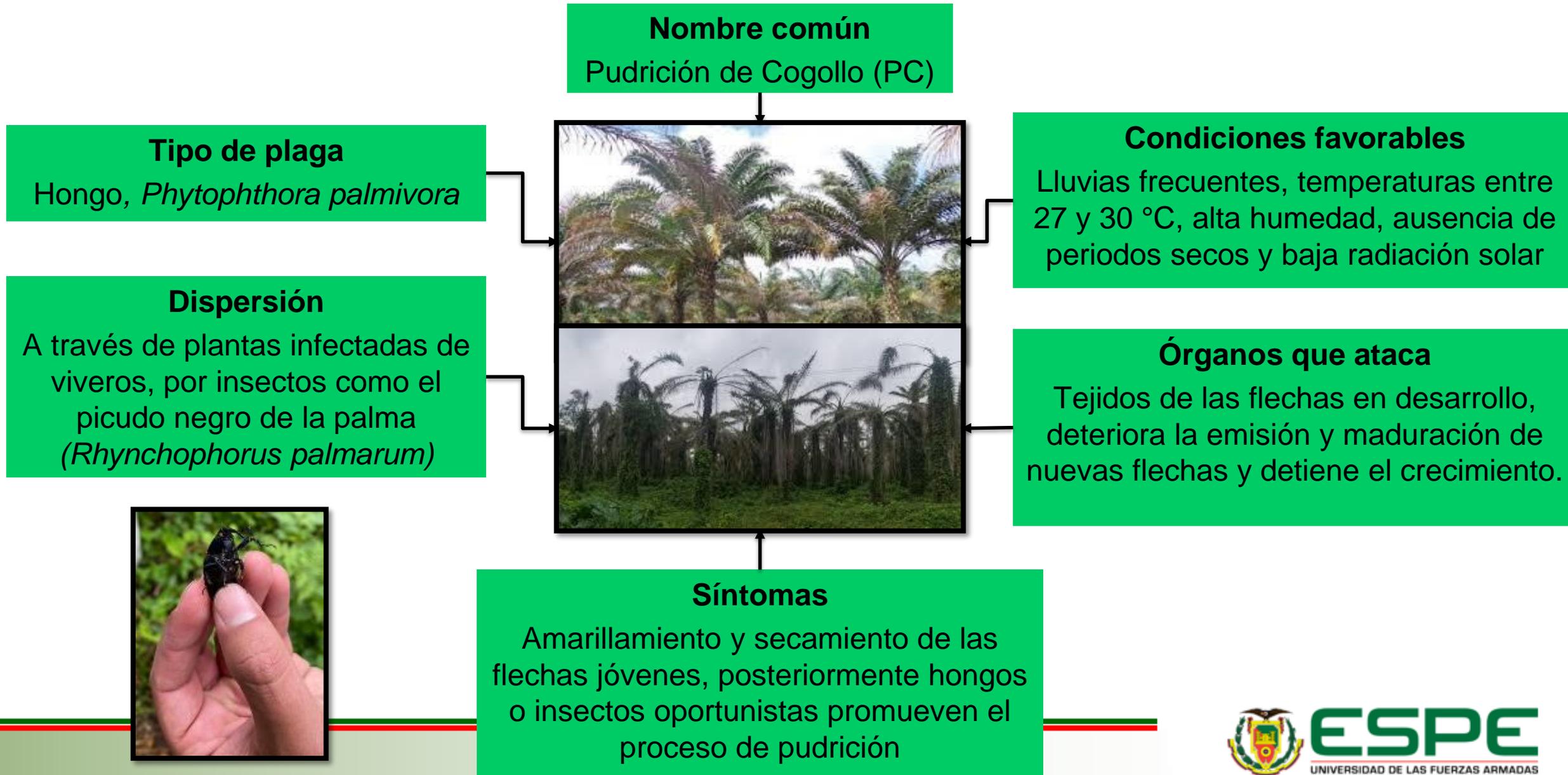
Detectar de forma temprana la presencia de pudrición de cogollo (PC) y anillo rojo (AR) en palma africana a través de imágenes multispectrales y métodos de clasificación supervisada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Capturar y procesar información geoespacial de una plantación de al menos de 100 Ha con afectación de Pudrición de Cogollo.
- Capturar y procesar información geoespacial de una plantación de al menos de 100 Ha con afectación de Anillo Rojo.
- Determinar el método de clasificación supervisada más adecuado para la detección de la Pudrición de Cogollo y de Anillo Rojo.

MARCO TEÓRICO

Pudrición de Cogollo



Nombre común
Anillo Rojo (AR)

Tipo de plaga

Nemátodo, *Bursaphelenchus cocophyllus*

Dispersión

A través del insecto vector picudo negro de la palma (*Rhynchophorus palmarum*)



Órganos que ataca
Hojas y frutos.

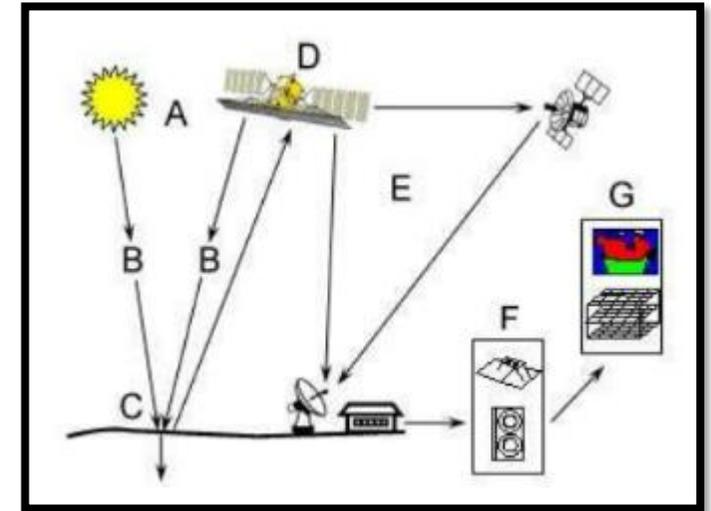
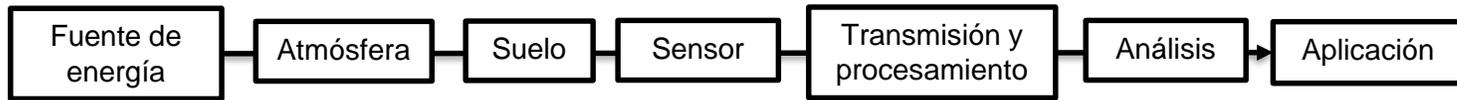
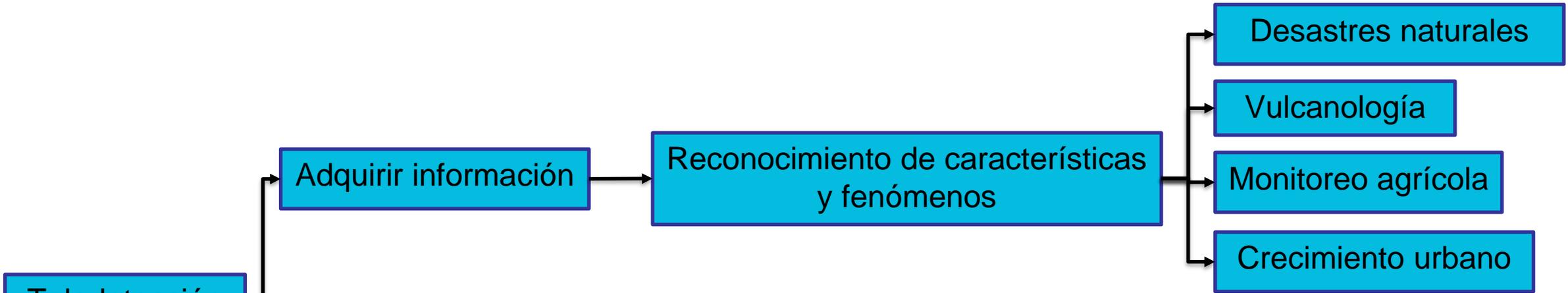
Condiciones favorables

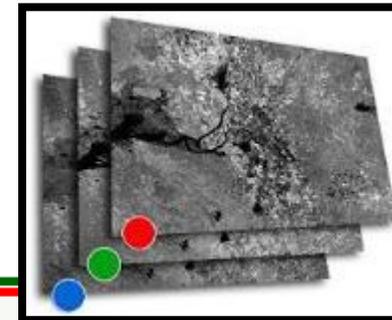
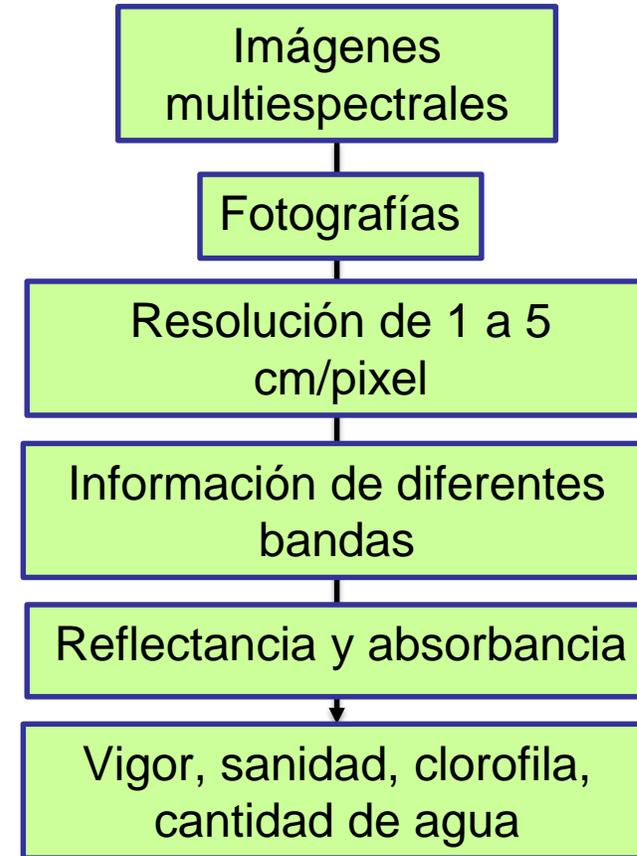
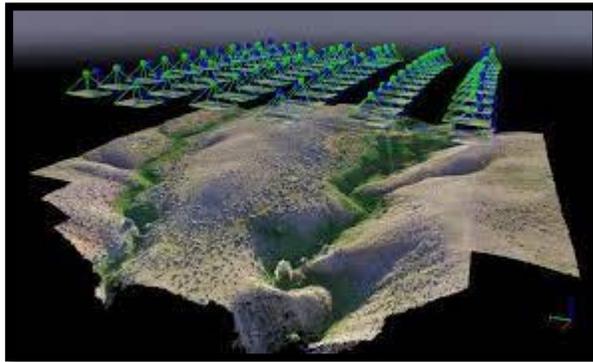
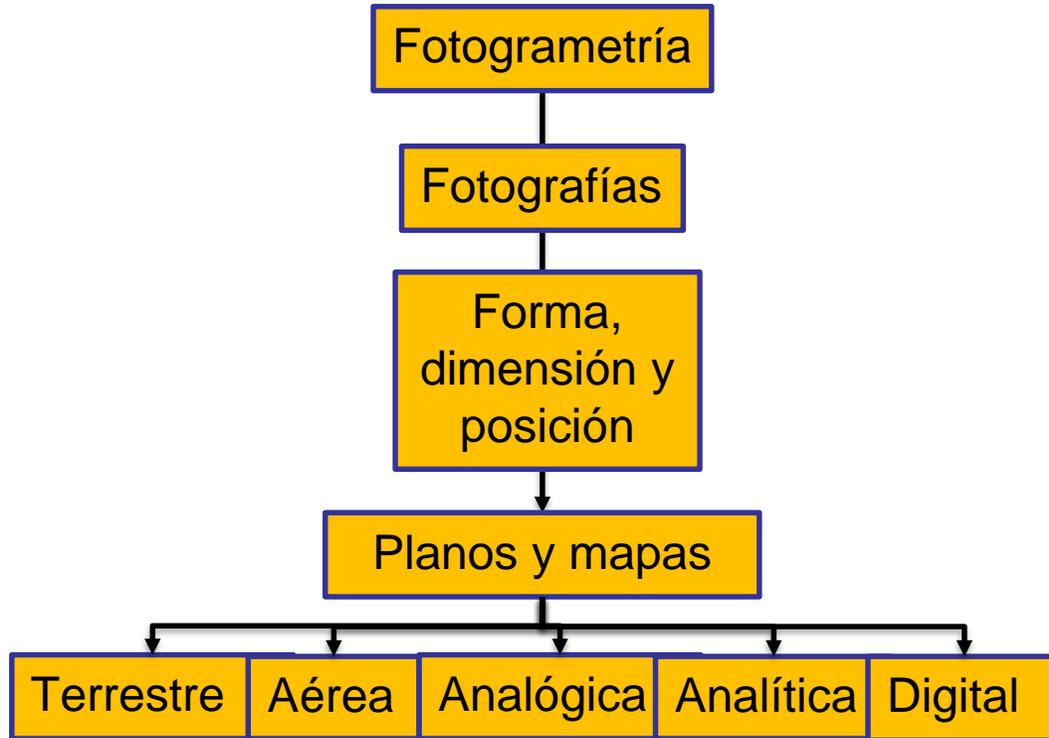
Insecto atraído por podas y compuestos volátiles de herbicidas, humedad relativa alta y clima cálido

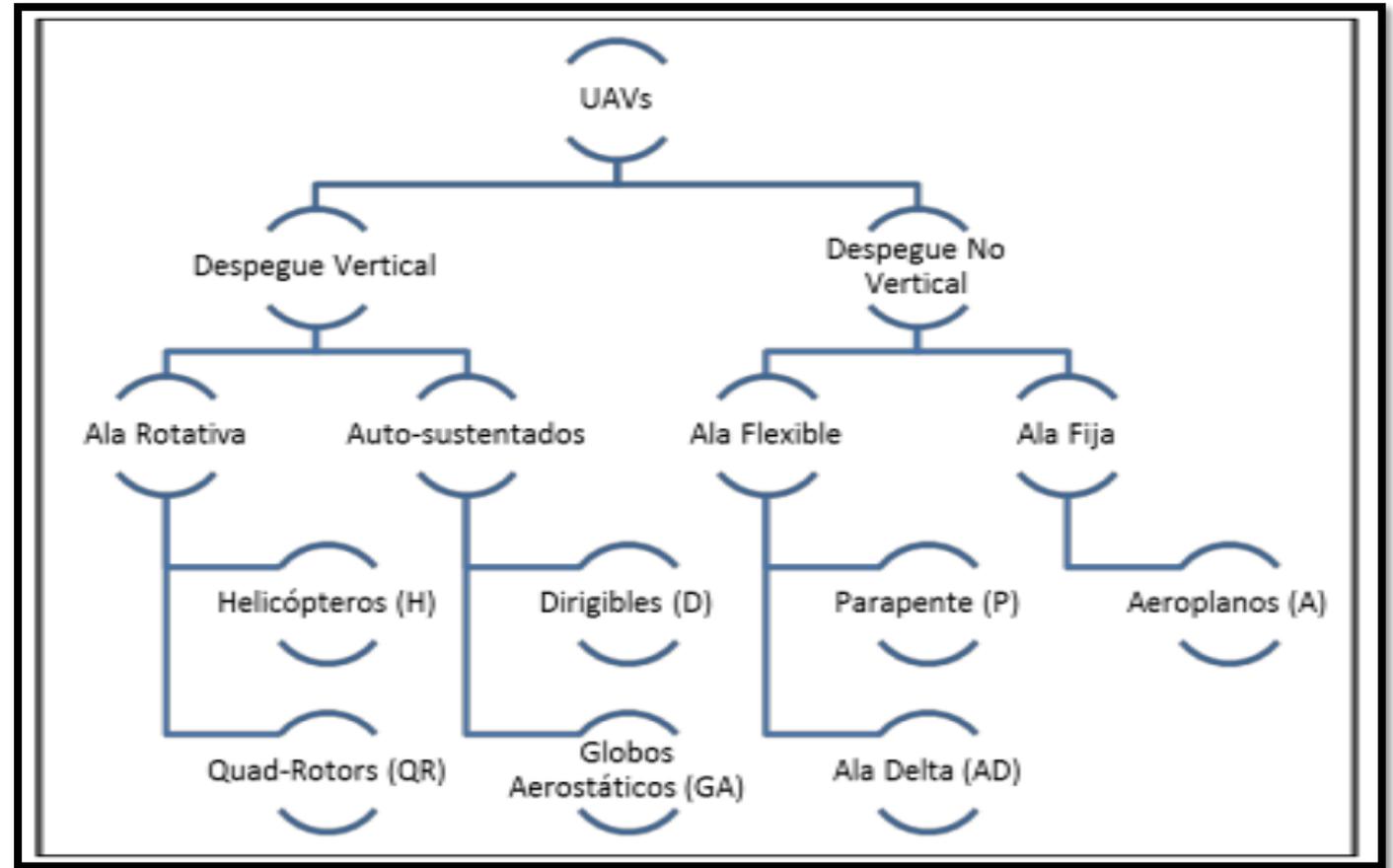
Síntomas

Hojas agrupadas y más erguidas cloróticas, casi paralelas a la flecha. Racimos mal formados y con síntomas de pudrición.

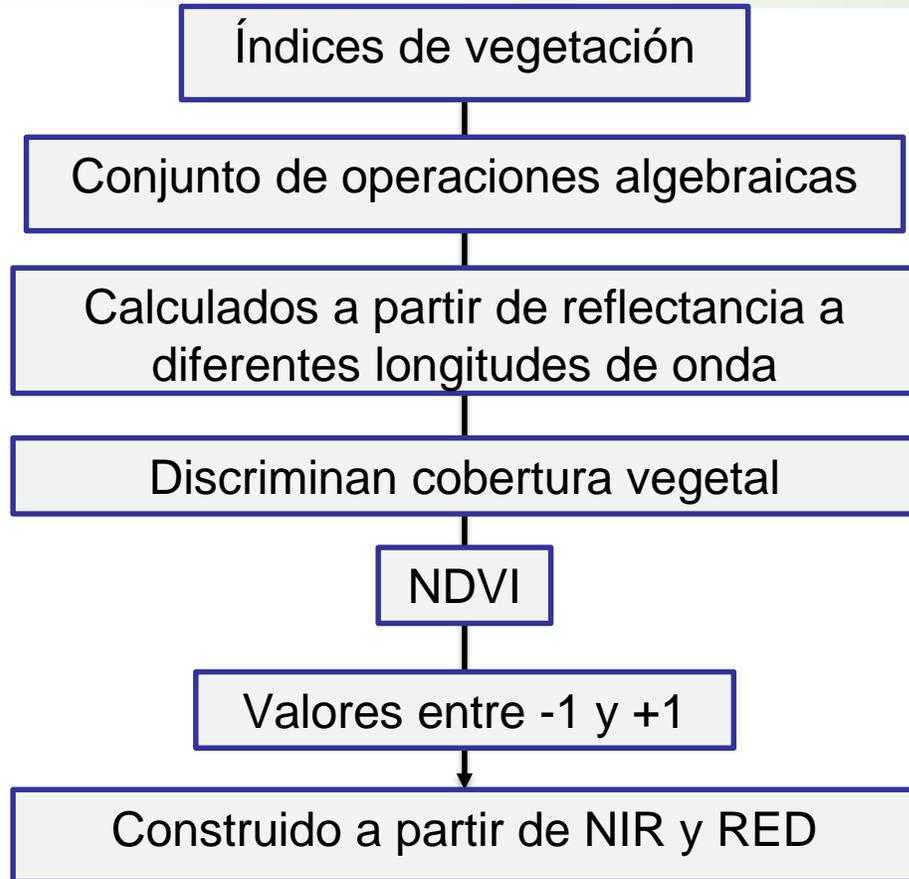




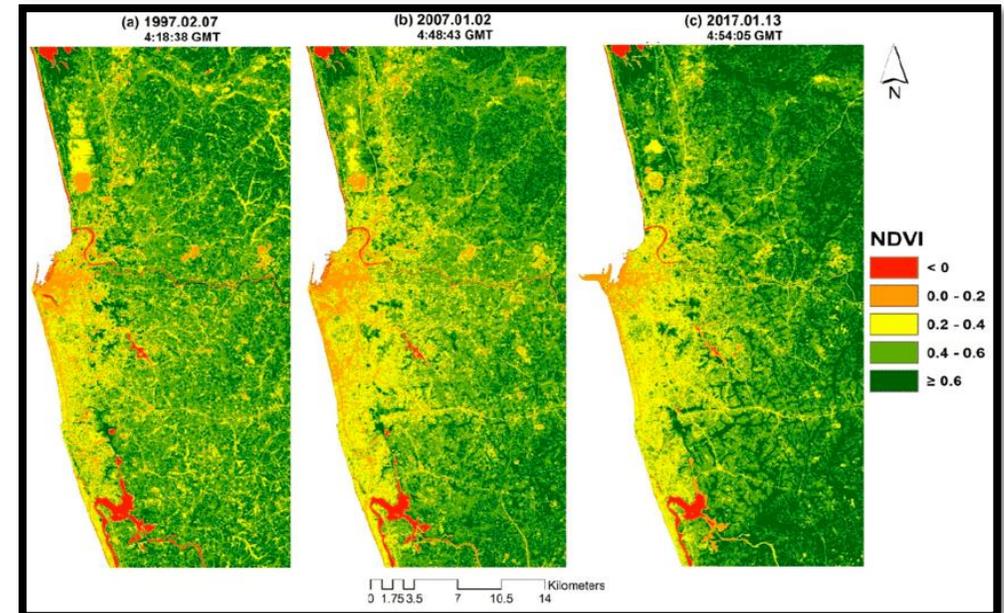
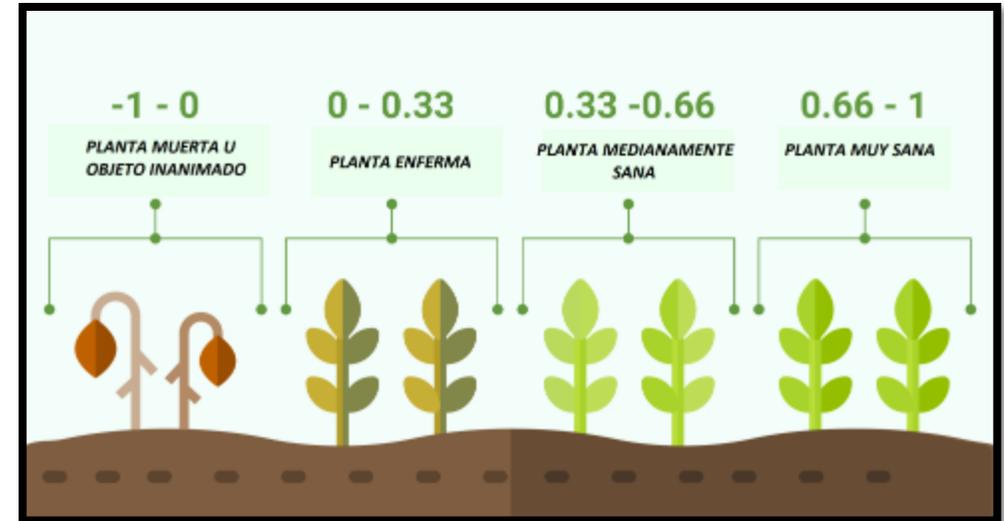


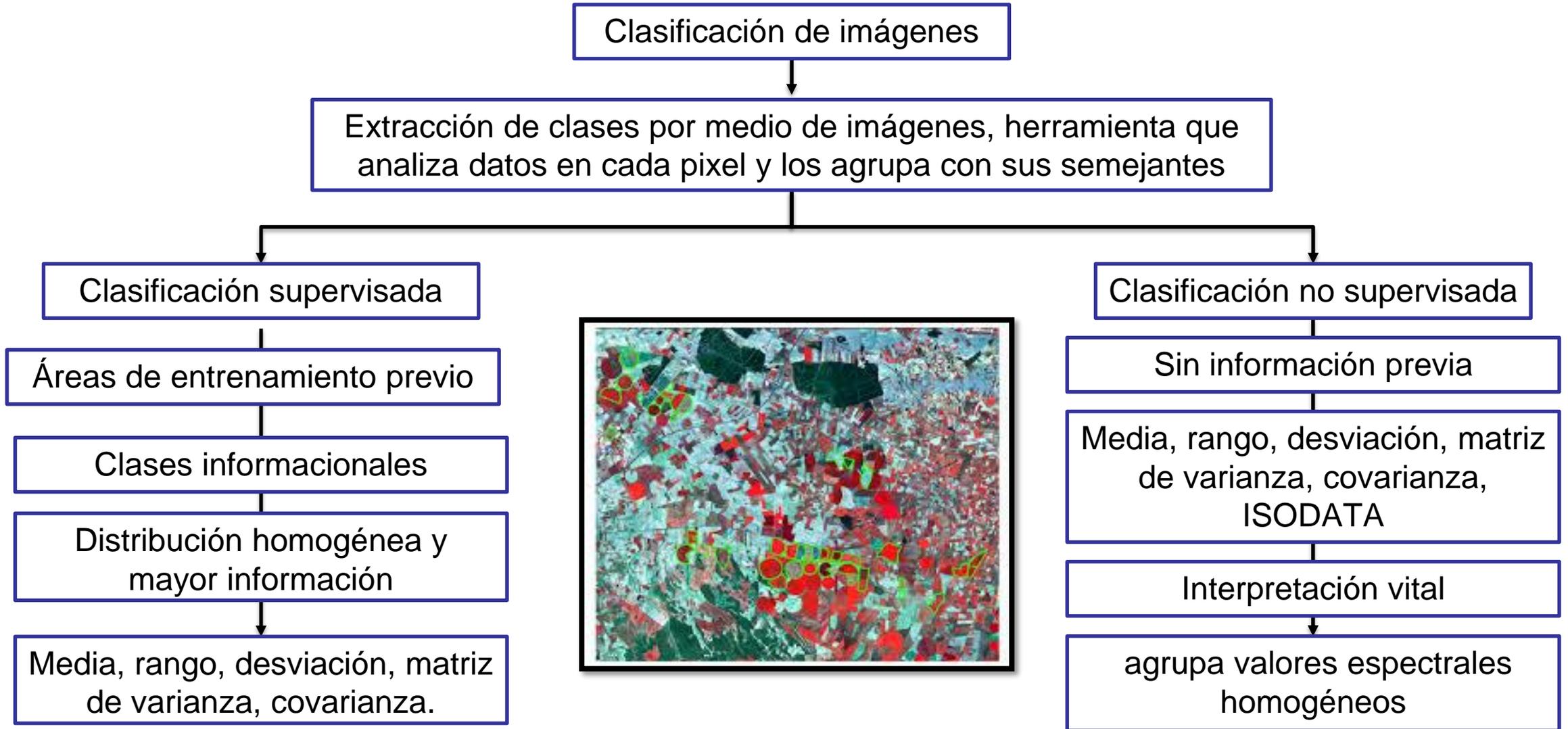


Camargo, 2011



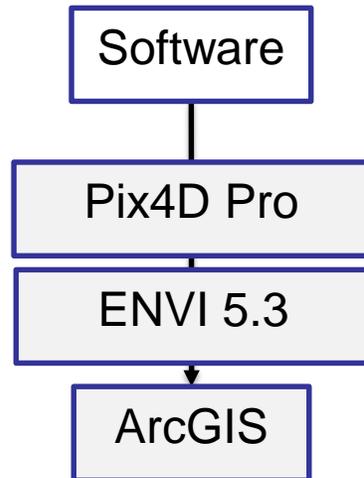
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$





METODOLOGÍA

Zona de estudio y muestreo

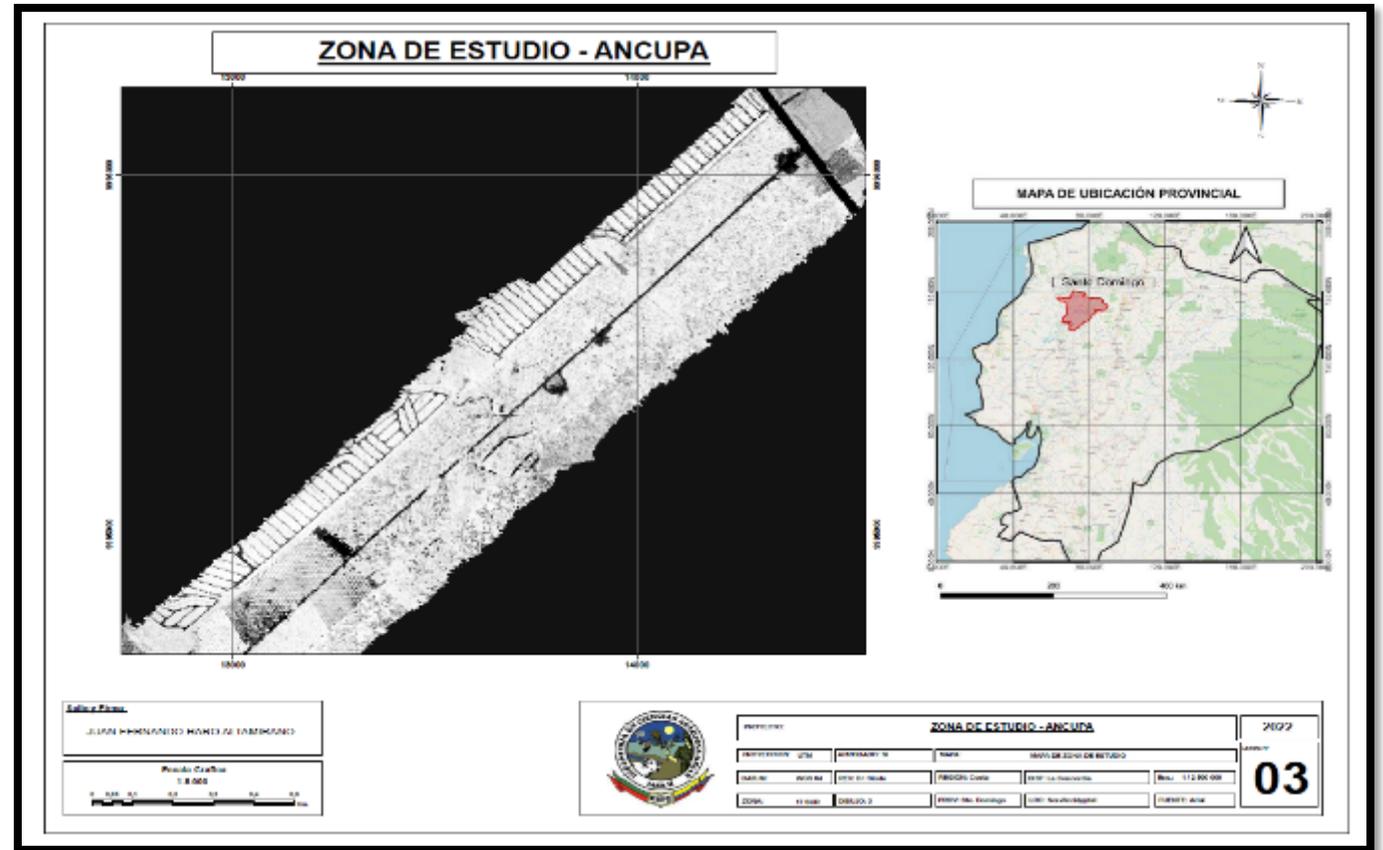


Muestreo hacia el infinito

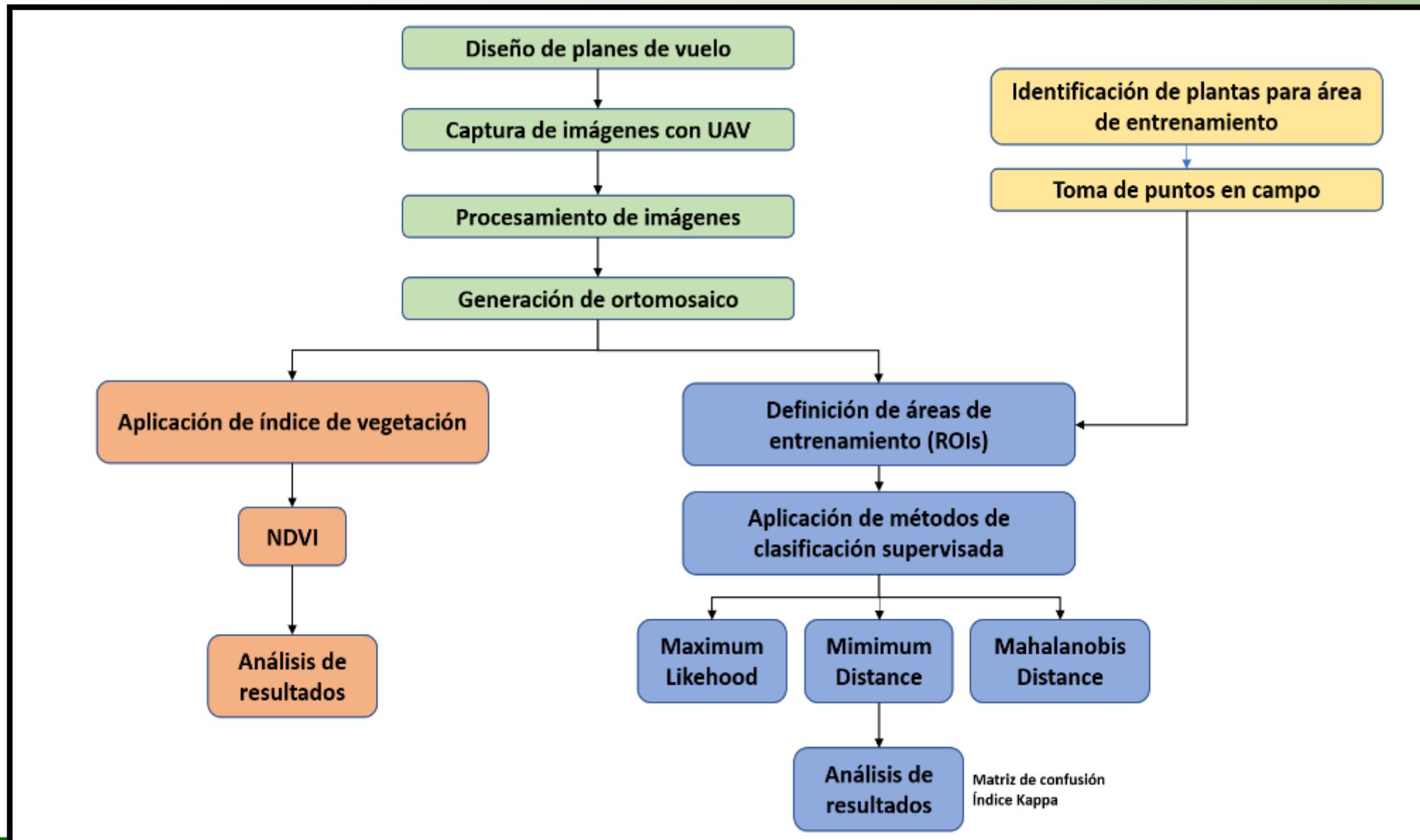
$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

95% de confianza

68 muestras



Esquema de proyecto

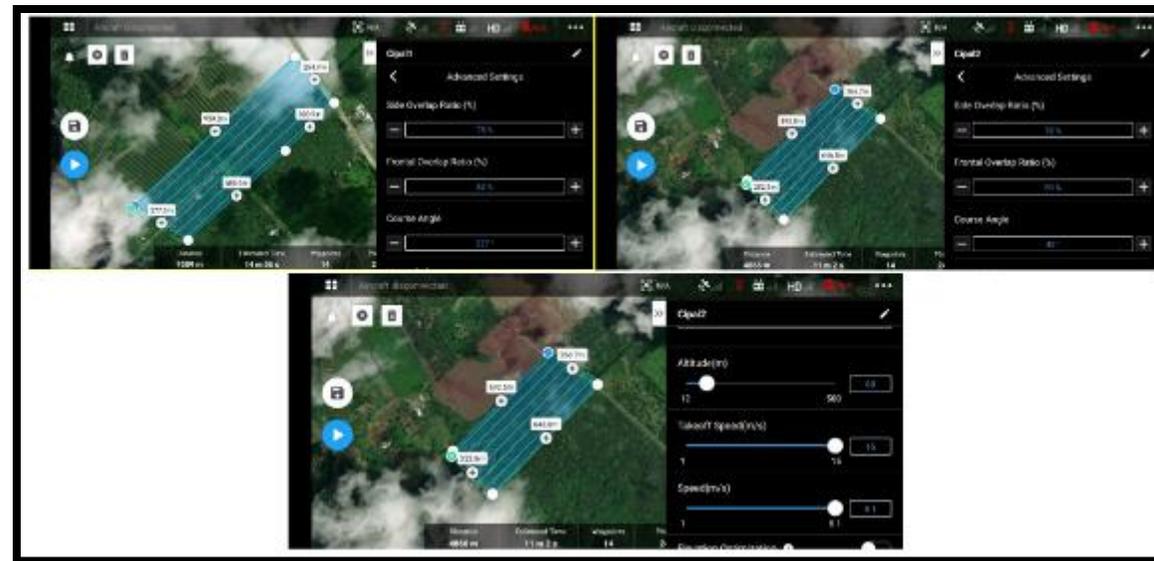


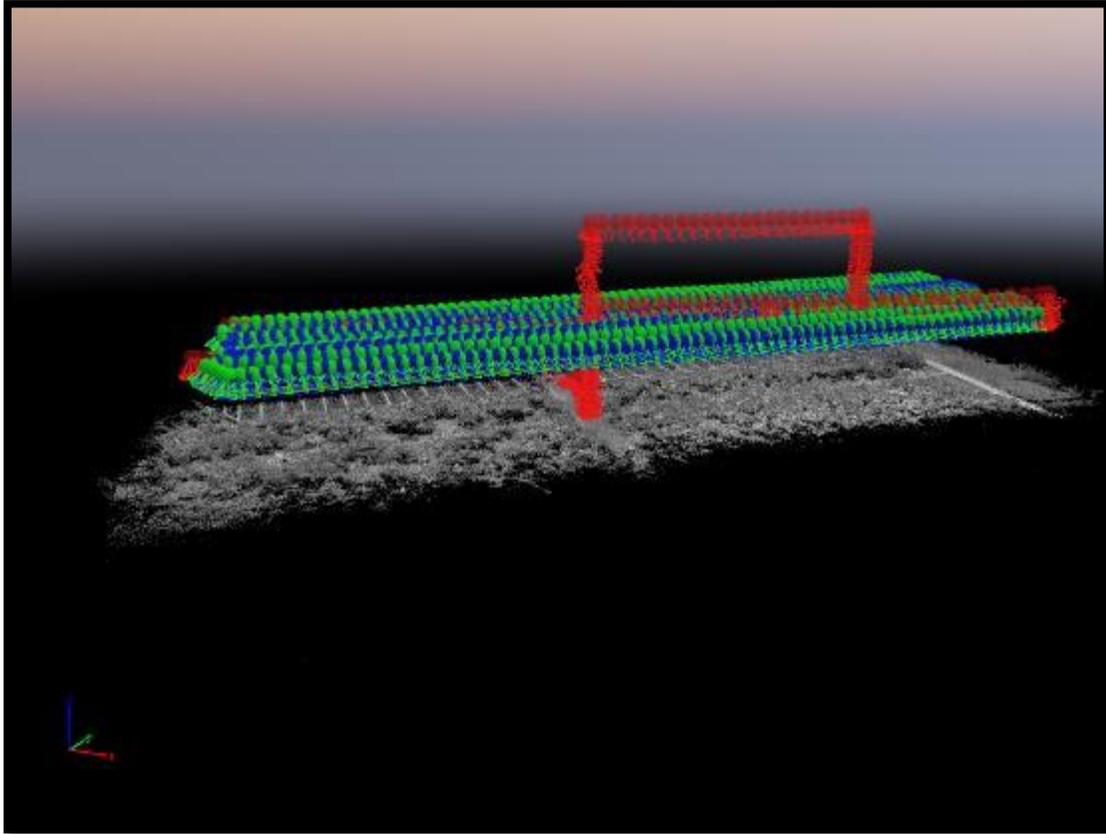
Primer vuelo

Parámetros de vuelo para Parrot Sequoia	Unidad
Tiempo de vuelo	15 min
Traslado longitudinal	75 %
Traslado transversal	80 %
Altura de vuelo	100 m
Área total del terreno	52 ha
Imágenes capturadas	6375

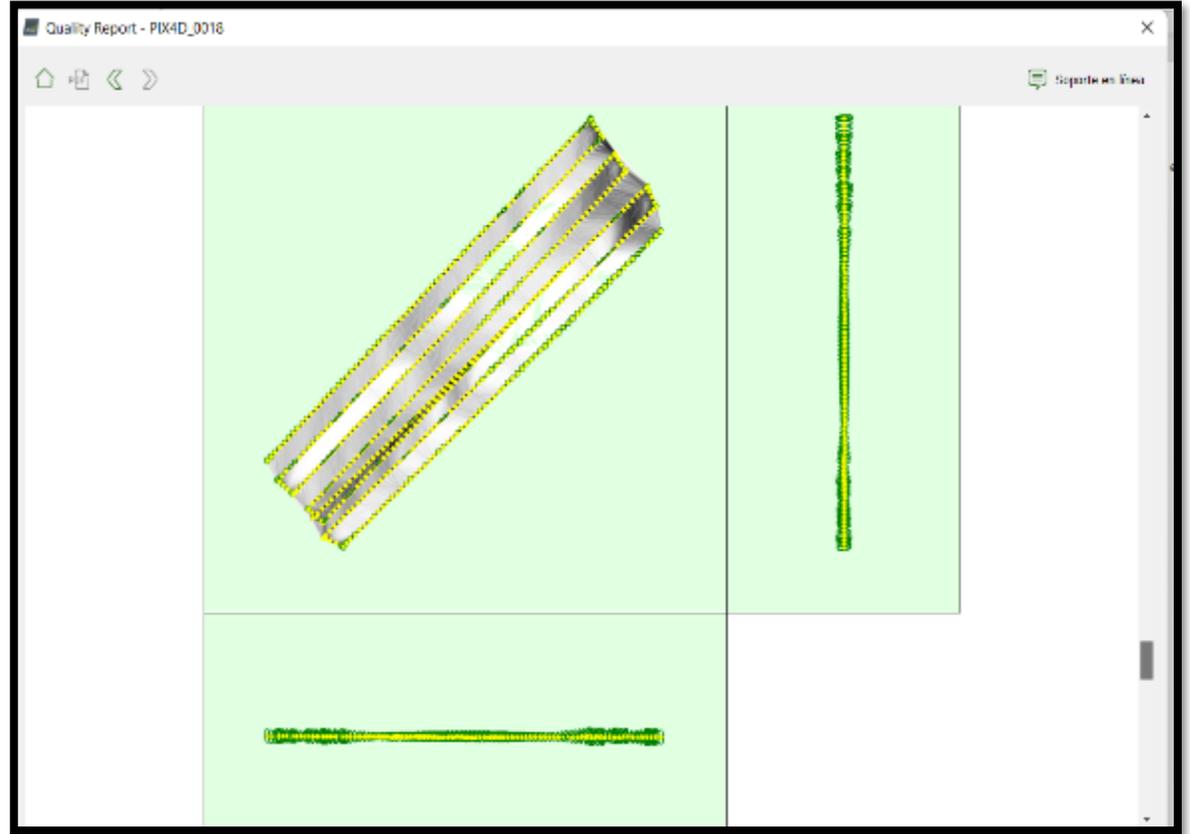
Segundo vuelo

Parámetros de vuelo para Parrot Sequoia	Unidad
Tiempo de vuelo	11,2 min
Traslado longitudinal	70 %
Traslado transversal	80 %
Altura de vuelo	80 m
Área total del terreno	52 ha
Imágenes capturadas	4691





Pix4D Pro / 11 066 imágenes

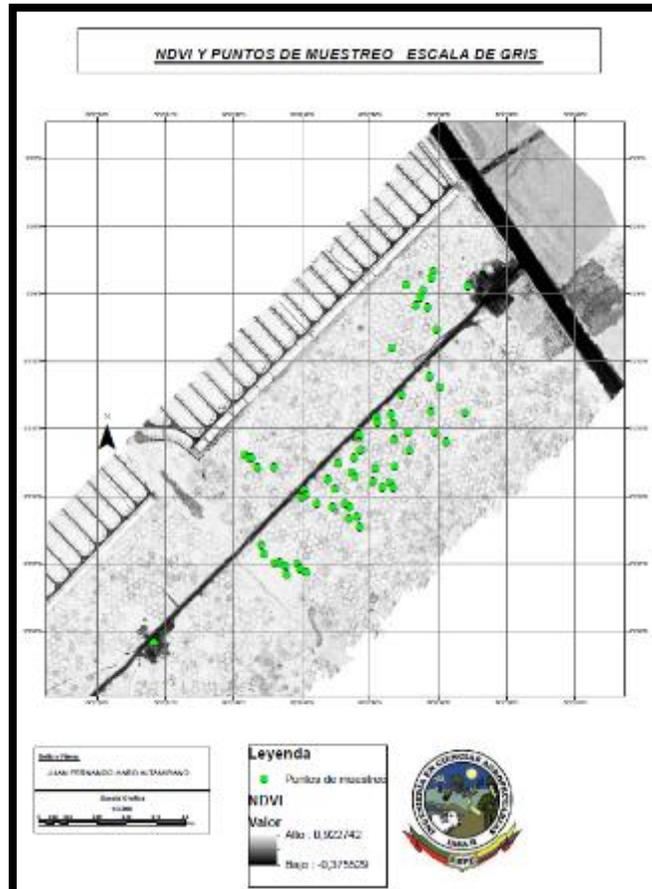


Reporte de calibración

Cálculo de índice de vegetación

NDVI

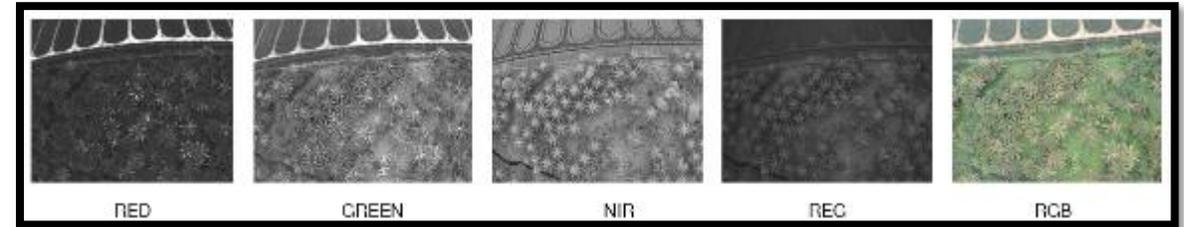
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$



Bandas utilizadas

Bandas	Centro de banda (nm)
GREEN	550 ± 40
RED	660 ± 40
RED EDGE	735 ± 10
NIR	790 ± 40

Sensor multiespectral + Cámara RGB 16 MP



Asignación de clases

Enfermedad	Grado de enfermedad	Clase
<i>Pudrición de cogollo</i>	Grado 2	PC_2
<i>Pudrición de cogollo</i>	Grado 3	PC_3
<i>Pudrición de cogollo</i>	Cráter	Cráter
<i>Anillo rojo</i>	SG	AR

Aplicación de clasificadores

Entrenamiento de áreas de interés

Métodos de clasificación supervisada

Mahalanobis Distance

Maximiza la distancia entre grupos cercanos

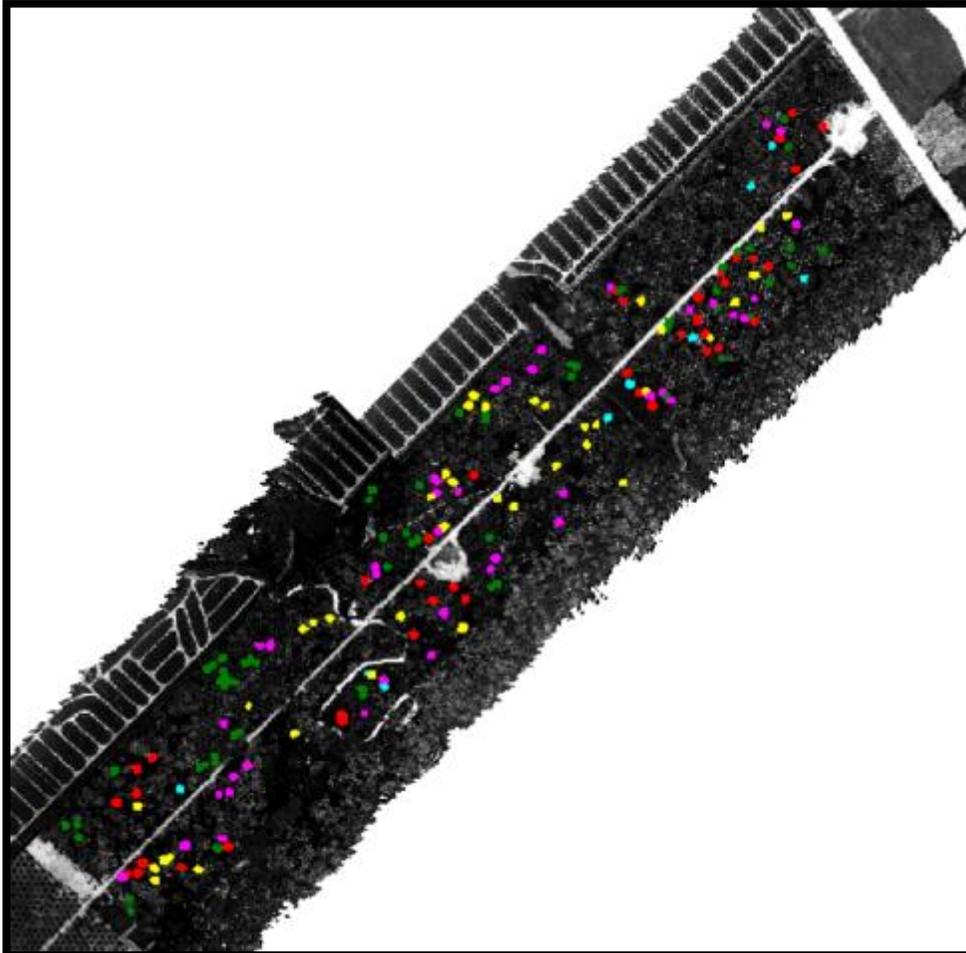
Maximum Likelihood

Ajusta a los niveles en distribución normal

Mínima Distancia

Asigna un pixel a la categoría más cercana

PC_2	■
PC_3	■
Cráter	■
AR	■
Sanas	■



Matriz de confusión

		Referencia			
		F	P	N	A
Conjunto de datos	F	47	3	0	0
	P	4	40	6	0
	N	0	5	45	0
	A	0	0	2	48

F=forestal, P=pastos, N=sin vegetación, A=agua

Herramienta estadística para analizar información

Informa sobre la exactitud y calidad de una clase

Índice Kappa

$$k = \frac{(\sum \text{concordancias observadas}) - (\sum \text{concordancias atribuibles al azar})}{(\text{total de observaciones}) - (\sum \text{concordancias atribuibles al azar})}$$

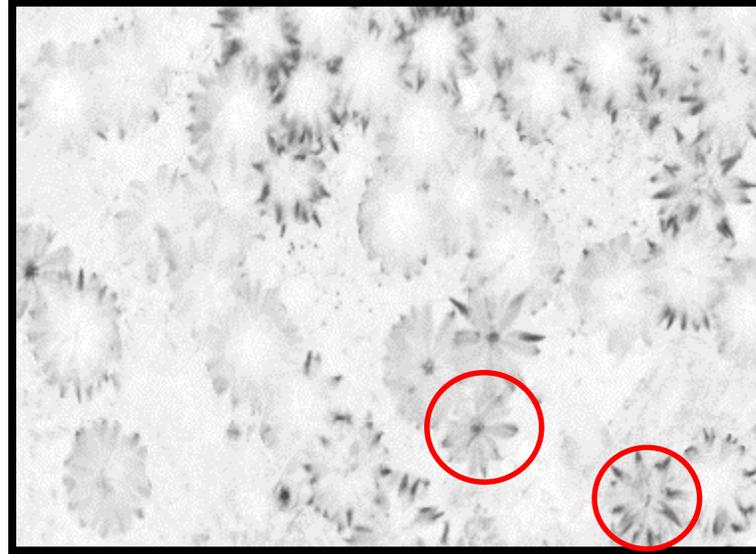
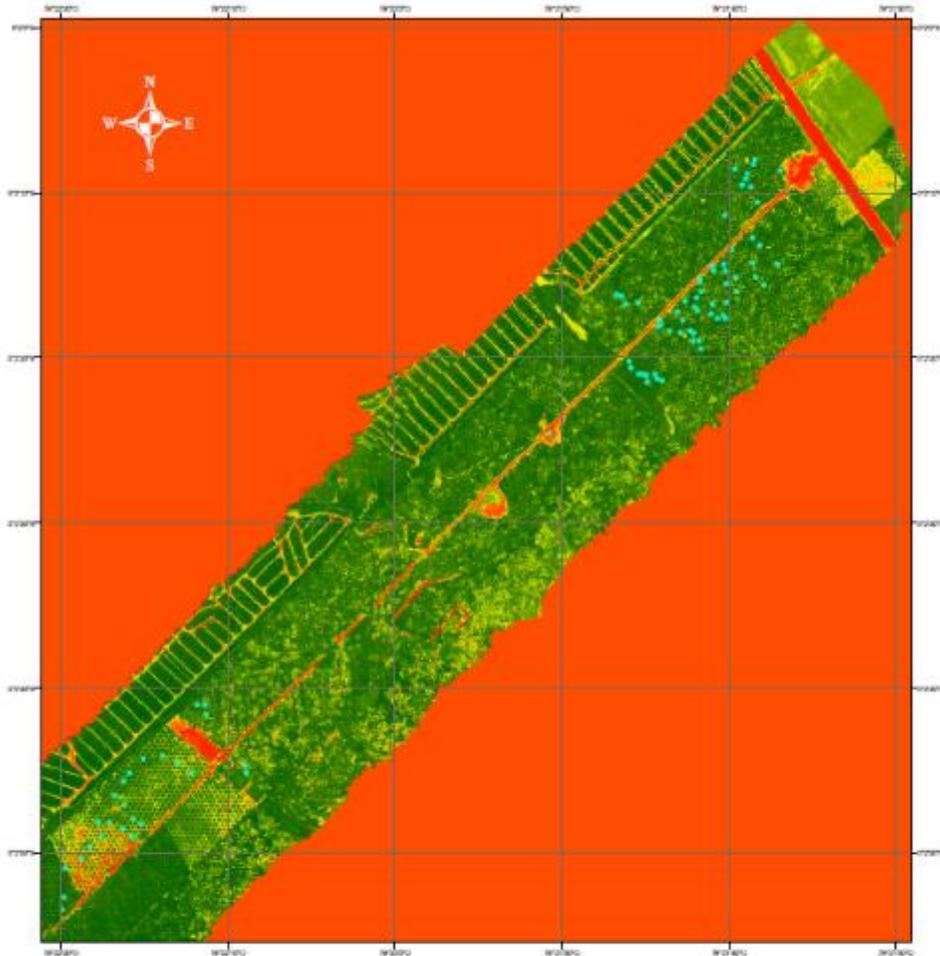
Coeficiente utilizado para evaluar concordancia a partir de tres clases o mas

Valores de -1 a +1

RESULTADOS

Índice de vegetación de diferencia normalizada

NDVI Y PUNTOS DE MUESTREO_BANDA DE COLOR



Valores que oscilan 0,965 y - 0,415

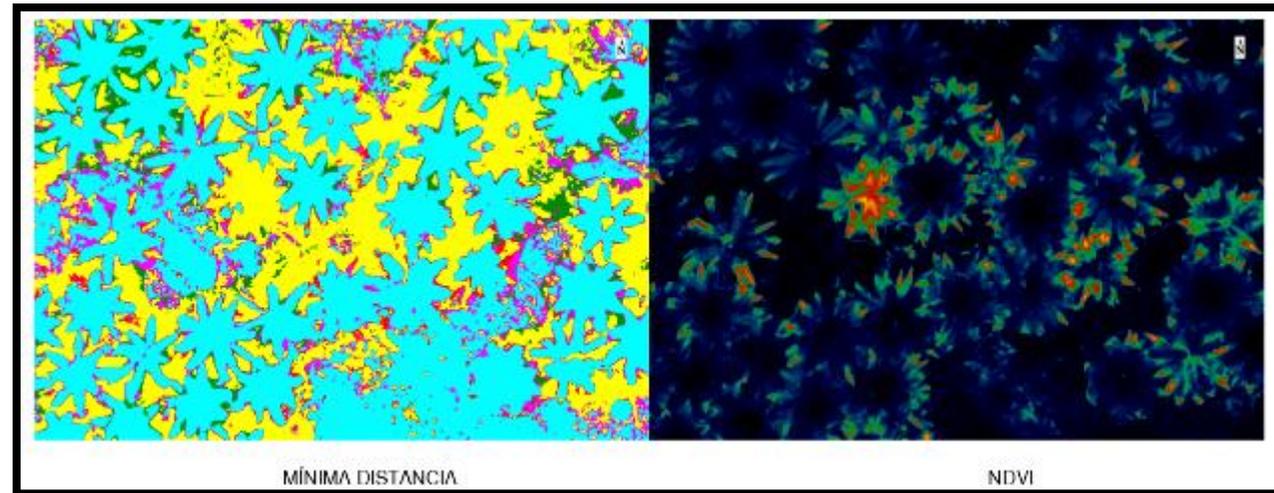
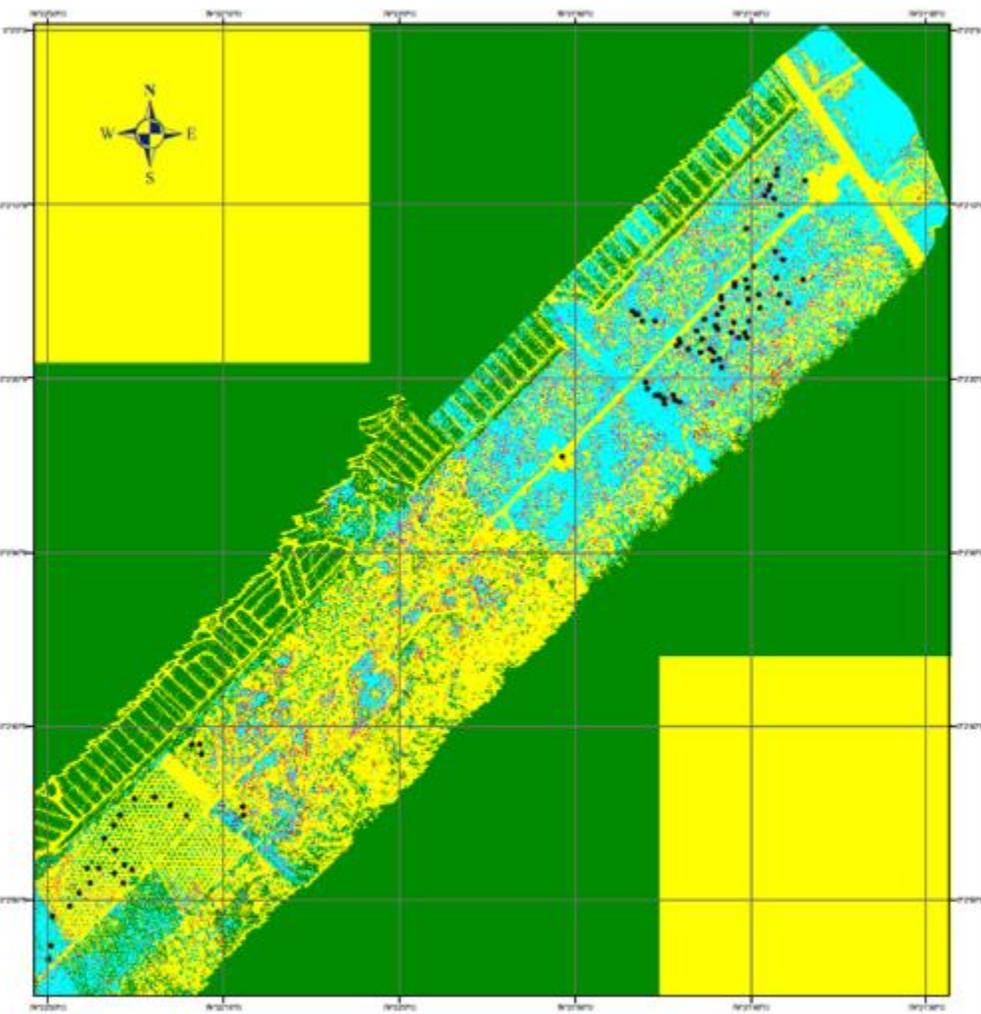
Es necesaria la aplicación de una escala de color para poder observar el grado de afectación para Pudrición de Cogollo mientras que la identificación de Anillo Rojo es más precisa cuando la imagen se presenta sin redimensión



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CASIFICACIÓN SUPERVISADA_MÍNIMA DISTANCIA

Minimum Distance



Reales Predichos					
	PC_3	SANAS	PC_2	AR	CRÁTER
PC_3				19	3
SANAS		3		18	
PC_2			1	12	
AR				3	2
CRÁTER					7

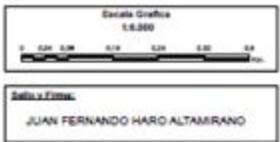
Índice Kappa: 0,12

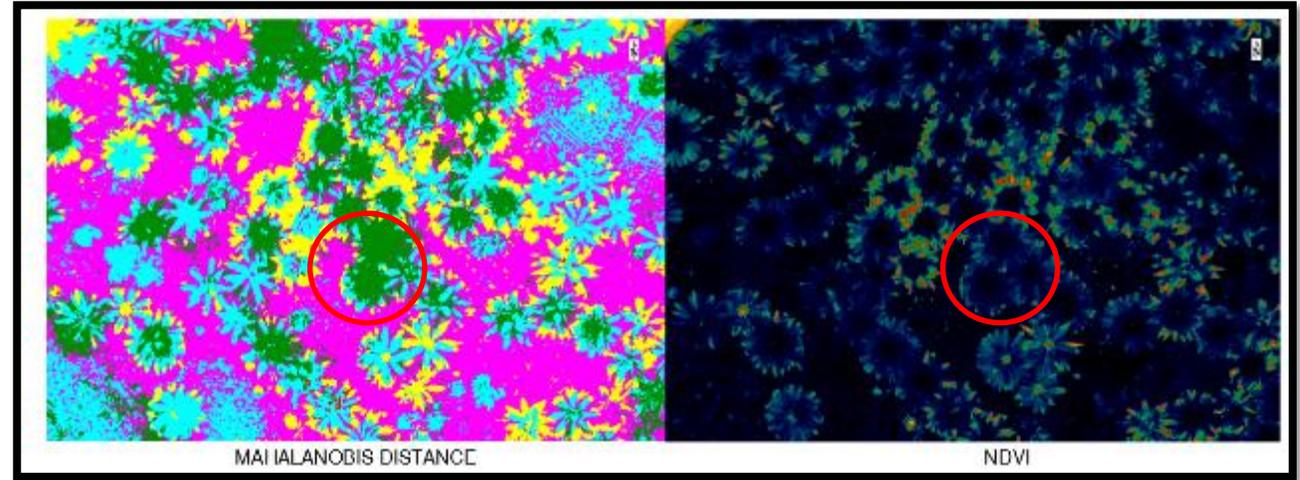
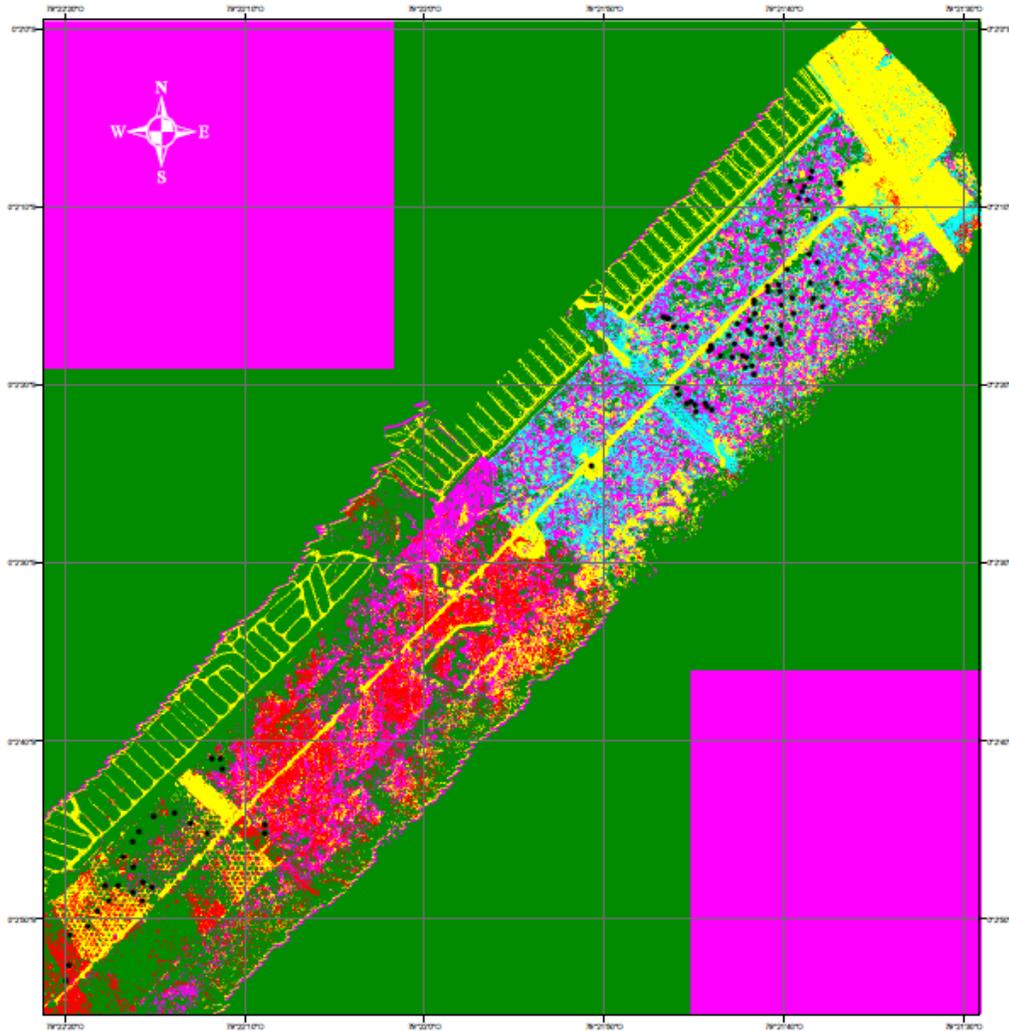
El clasificador de mínimas distancias es uno de los menos efectivos al momento de clasificar tipos de vegetación.
-Puig, Martínez & Cremades (2019).



LEYENDA

- Puntos
- NO CLASIFICADOS
- PC_3
- SANAS
- PC_2
- AR
- CRÁTER





Reales Predichos	Reales				
	PC_3	SANAS	PC_2	AR	CRÁTER
PC_3				3	
SANAS	3	21	2		
PC_2			1	1	
AR	10	2	8	4	
CRÁTER	4			1	8

Precisión global: 50%

Índice Kappa: 0,36

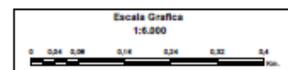
El clasificador de Mahalanobis posee 36,58% de precisión y un índice Kappa de 0,21 al momento de diferenciar entre diferentes coberturas de tierra en bosques

-Vargas & Campos (2018).



LEYENDA

- Puntos
- NO CLASIFICADOS
- PC_3
- SANAS
- PC_2
- AR
- CRÁTER

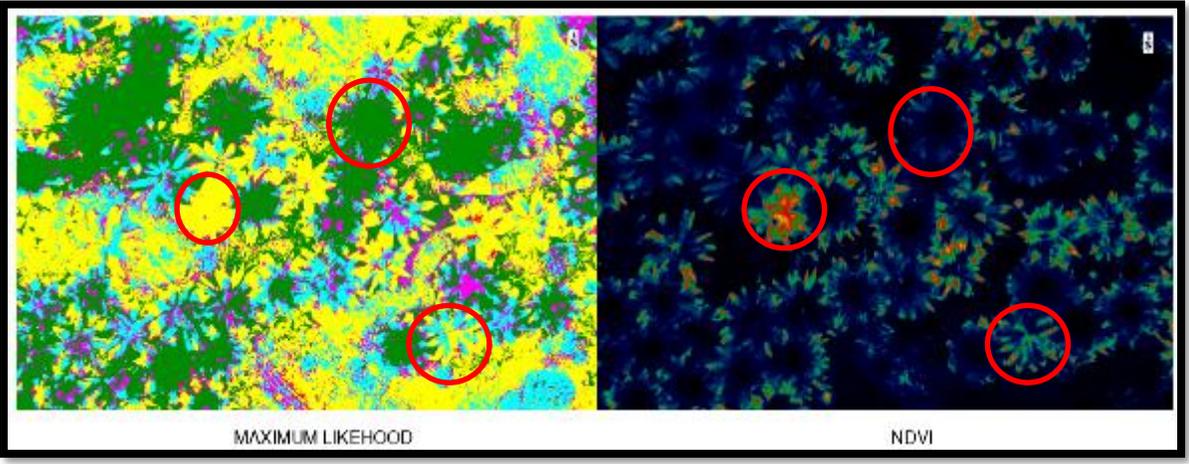
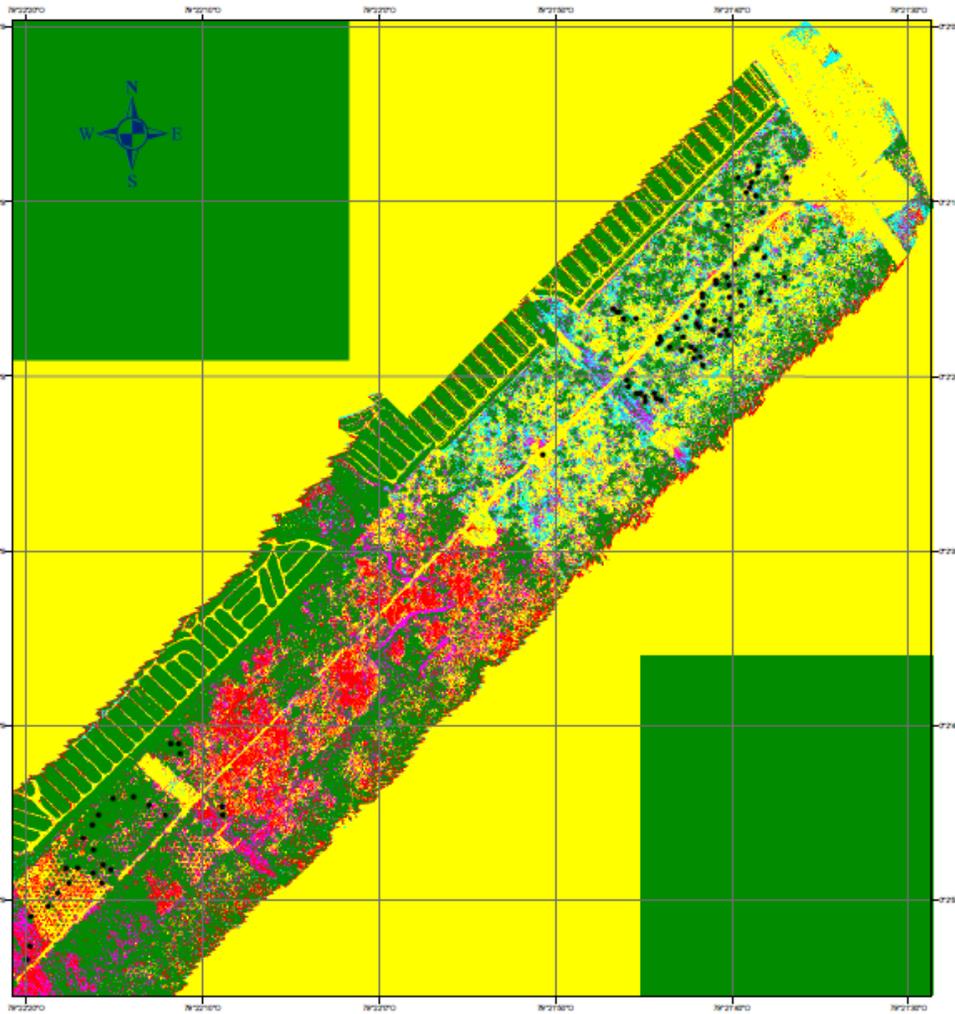


Auto y Firma:
JUAN FERNANDO HARO ALTAMIRANO



CASIFICACIÓN SUPERVISADA_MÁXIMA PROBABILIDAD

Maximum Likelihood



Reales predichos	PC_3	SANAS	PC_2	AR	CRÁTER
PC_3		2		1	
SANAS	5	21	3	1	
PC_2	1	2	8		
AR	6			3	
CRÁTER	6			1	8

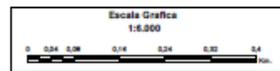
Precisión global: 58,82%

Índice Kappa: 0,46



LEYENDA

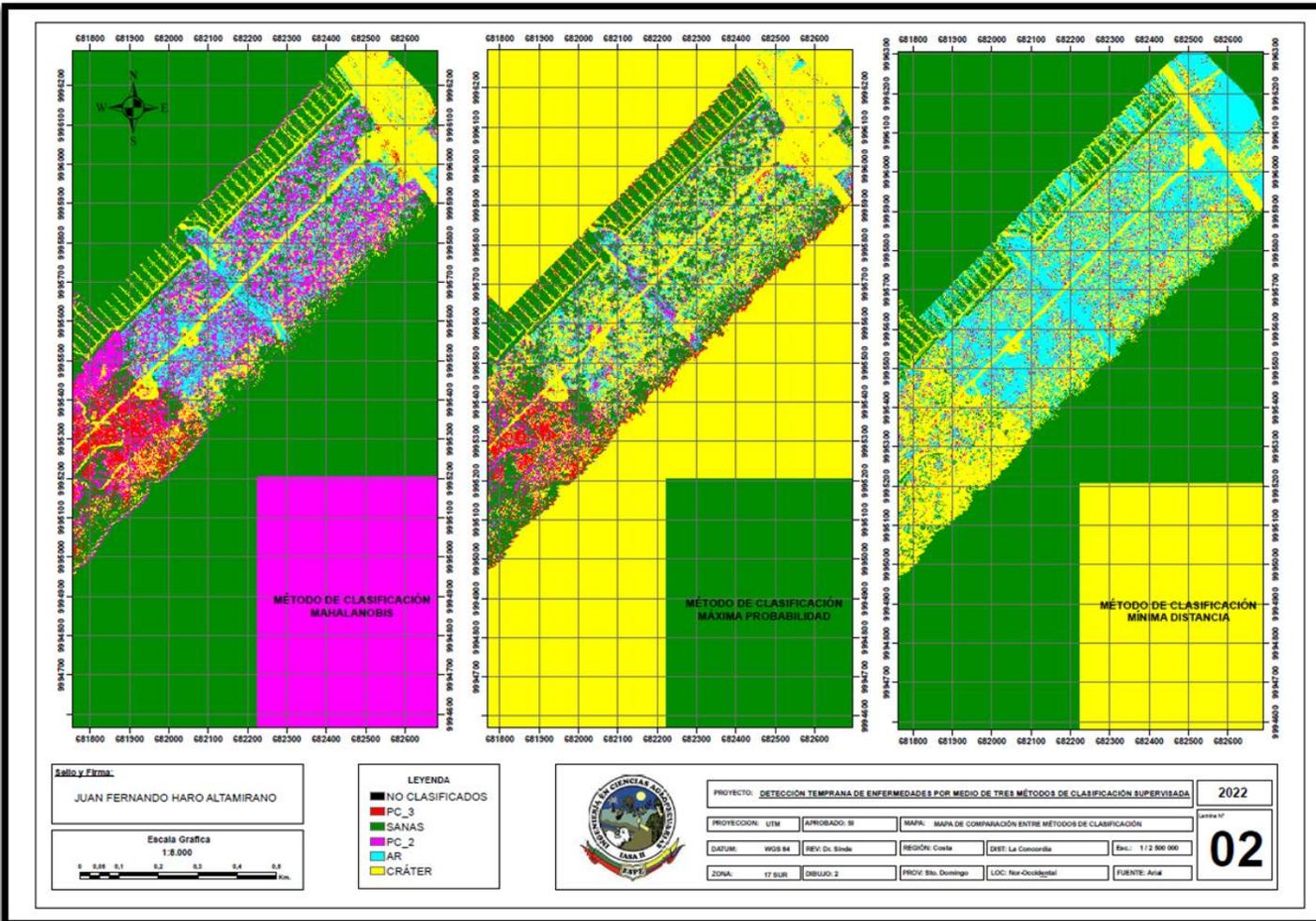
- Puntos
- NO CLASIFICADOS
- PC_3
- SANAS
- PC_2
- AR
- CRÁTER



Sello y Firma:
JUAN FERNANDO HARO ALTAMIRANO



Comparación entre métodos de clasificación supervisada



	Mahalanobis	Máxima Probabilidad	Mínima Distancia
Precisión Global	50 %	58,82 %	20,59 %
Índice de Kappa	0,36	0,46	0,12

Resultados significativamente diferentes por medio de la Prueba de Hipótesis para dos proporciones:

H0: Método Mínima D = Método Mahalanobis

$$Si |z| > Z_{\alpha/2}$$

$$|-3,58| > 1,96_{\alpha/2} \text{ Se rechaza H0}$$

H0: Método Máxima Probabilidad = Método Mahalanobis

$$Si |z| > Z_{\alpha/2}$$

$$|2,51| > 1,96_{\alpha/2} \text{ Se rechaza H0}$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La utilización de imágenes multiespectrales es efectiva al momento de detectar de forma temprana patologías presentes en el cultivo de palma africana, optimizando los recursos y tiempo necesarios para la ejecución de un control fitosanitario y un control preventivo de plantaciones.

La utilización del dron Phantom 4 equipado con la cámara multiespectral Parrot Sequoia permitió capturar información correspondiente a un muestreo de 104 hectáreas del cultivo de palma africana y, además, discriminar por medio de la aplicación de un índice de vegetación NDVI con una redimensión de color de rojo a verde, la presencia de la enfermedad conocida como Pudrición de Cogollo de otras patologías existentes en la misma zona de estudio.

La utilización del dron Phantom 4 equipado con la cámara multiespectral Parrot Sequoia permitió capturar información correspondiente a un muestreo de 104 hectáreas del cultivo de palma africana y además discriminar por medio de la aplicación de un índice de vegetación NDVI en escala de gris, la presencia de la enfermedad conocida como Anillo Rojo de otras patologías existentes en la misma zona de estudio.

El método de clasificación más adecuado para determinar los diferentes grados de afectación en una plantación de palma africana fue el clasificador de Máxima probabilidad proyectando un valor de 58,82 % para la precisión global y un índice Kappa de 0,46. No obstante, el clasificador de Mahalanobis presentó resultados similares, indicando que ambos métodos son capaces de diferenciar entre PC_2; PC_3; PC_Cráter; Sanas y AR correspondientes a las 5 clases evaluadas dentro de un mismo cultivo con diferentes grados de afectación.

Se recomienda realizar un análisis multitemporal de la zona de estudio para corroborar las zonas de entrenamiento de los clasificadores.

Se recomienda realizar un muestreo de forma homogénea en cuanto a las zonas de entrenamiento.

Se recomienda analizar la precisión del método de mínimas distancias frente a la ejecución de 2 clases con separabilidad alta.

Se recomienda depurar las imágenes RGB para optimizar el tiempo de procesamiento en la creación de un ortomosaico.

Se recomienda analizar la plantación por partes para obtener una mayor precisión global con los clasificadores de Mahalanobis y Máxima Probabilidad.

AGRADECIMIENTOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Vladimir Bravo – Técnico de ANCUPA

Dr. Izar Sinde – Docente Tutor

Mis padres, mis abuelos y mi hermano

Mis Amigos y compañeros



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA