



**Quinto  
Congreso Nacional  
de Riego y Drenaje  
COMEII-AURPAES 2019**

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



**AURPAES, S.C.**

Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego  
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
**LA MOLINA**



Instituto Nacional de Innovación Agraria

PNIA  
Programa Nacional de  
Innovación Agraria



# RELACIÓN DE LA ALTURA DE PLANTA DEL CULTIVO DE ARROZ BAJO ESTRÉS HÍDRICO CON ÍNDICES DE VEGETACIÓN OBTENIDAS DE IMÁGENES DE DRON

Javier Alvaro Quille Mamani; Lía Ramos Fernández; Ronald Ernesto Ontiveros Capurata; Waldo Ojeda Bustamante; Zenaida Rossana Jorge Porras

Fecha de presentación **20/septiembre/2019**  
Mazatlán, Sinaloa, México



**SINALOA**  
GOBIERNO DEL ESTADO



**CONAGUA**  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA



**AURPAES, S.C.**  
Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego  
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



**SADER**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA  
Y DESARROLLO RURAL



**SINALOA**  
SECRETARÍA DE  
AGRICULTURA  
Y GANADERÍA



**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA  
DEL AGUA



**ANUR**  
ASOCIACIÓN NACIONAL DE  
USUARIOS DE RIEGO, A.C.



**UNIVERSIDAD  
DE LOS MOCHIS**





# Contenido

- Introducción
- Métodos y Materiales
- Resultados y Discusión
- Conclusiones



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
**LA MOLINA**



Instituto Nacional de Innovación Agraria

PNIA  
Programa Nacional de  
Innovación Agraria





# Introducción



El arroz ocupa el 2do lugar a nivel mundial.



1er productor en área sembrada y cosechada, con 380,000 ha. en promedio



Consumo per cápita de 47.4 kg/año.



El arroz se cultiva tradicionalmente inundado, laminas de agua de 5 – 10 cm (Blanco, 1024)



Vectores causantes de la malaria y dengue (MINSA, 2011)



Cambio climático



Cultivo no inundado



## Estrés hídrico

Se refiere necesariamente al déficit de agua que sufre el cultivo (Allen *et al.*, 2006).

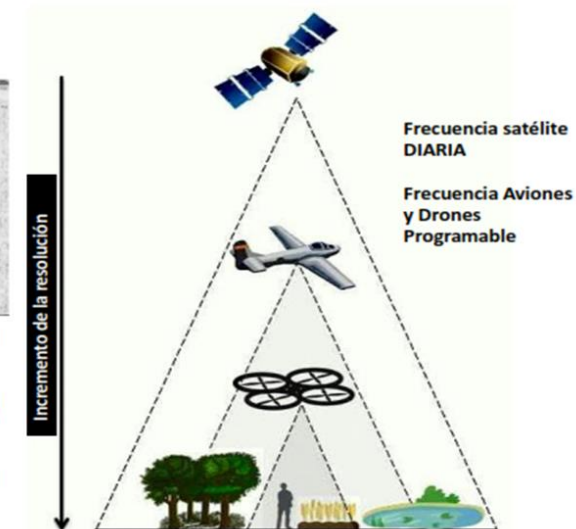
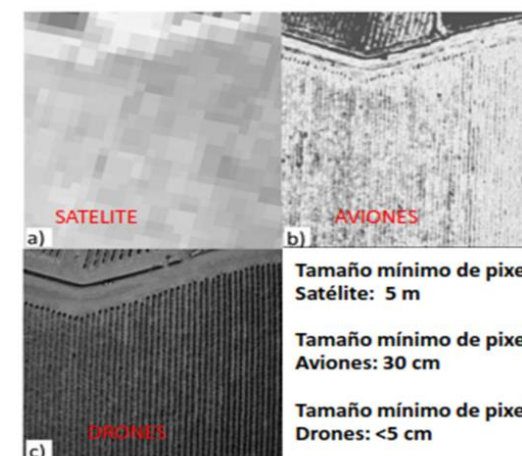
### Efectos del estrés hídrico en el arroz

Enrollado de las hojas, las hojas resecas, macollaje limitado, raquitismo, retraso de la floración, esterilidad de las espiguillas y un llenado incompleto de los granos, además de reducir la **altura y el área foliar**. (Chaudhary *et al.* 2003)



## Teledetección

### Diferentes plataformas para sensores remotos





# Objetivos

Evaluar los efectos con relación a la altura de la planta de arroz y mediante índices de vegetación (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) e Índice de área foliar (LAI)) de imágenes obtenidas con un dron, comúnmente llamado vehículo aéreo no tripulado (VANT).

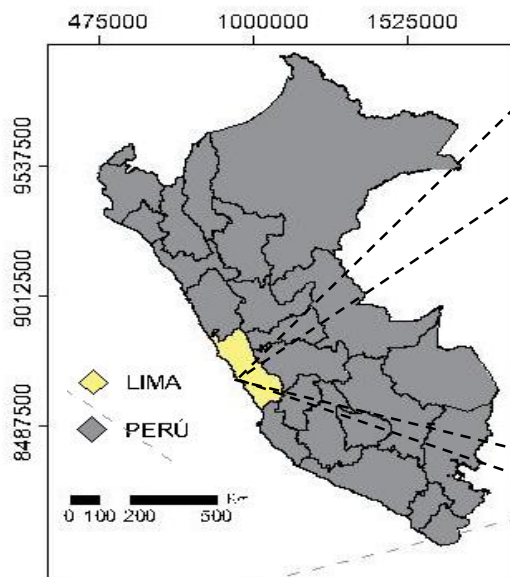


Foto: Chiclayo 2018

# Métodos y Materiales

## Zona de Estudio

- Realizó en el Área Experimental de Riego, Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM).
- Ubicada en la ciudad de Lima, provincia de Lima – Perú, 12.08°S, 76.95°W, altitud 244 m.
- Clima desértico árido-sub tropical, con una temperatura (18.5 °C) y una precipitación (90 mm) y la velocidad de viento media anual 1.5 m s<sup>-1</sup>.
- La textura del suelo es franco arenoso





# Materiales

## Sensores de humedad

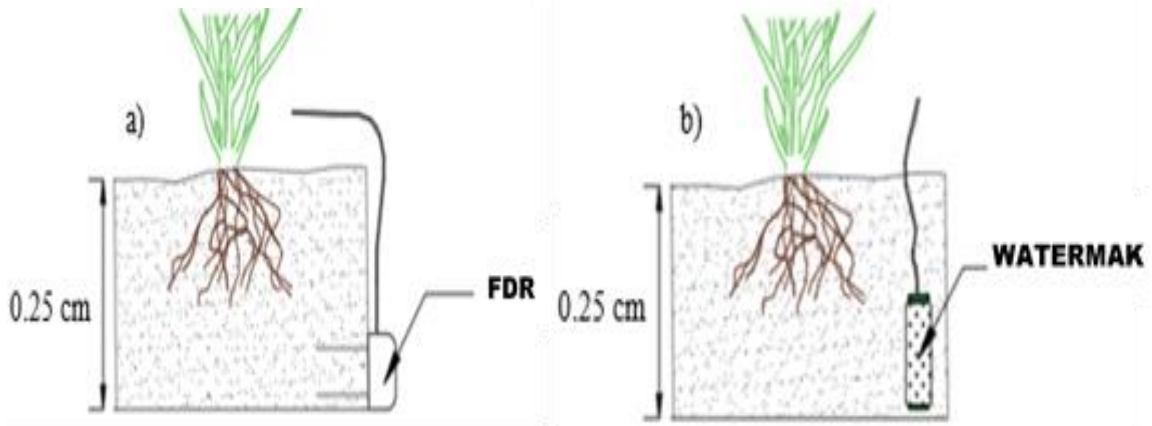
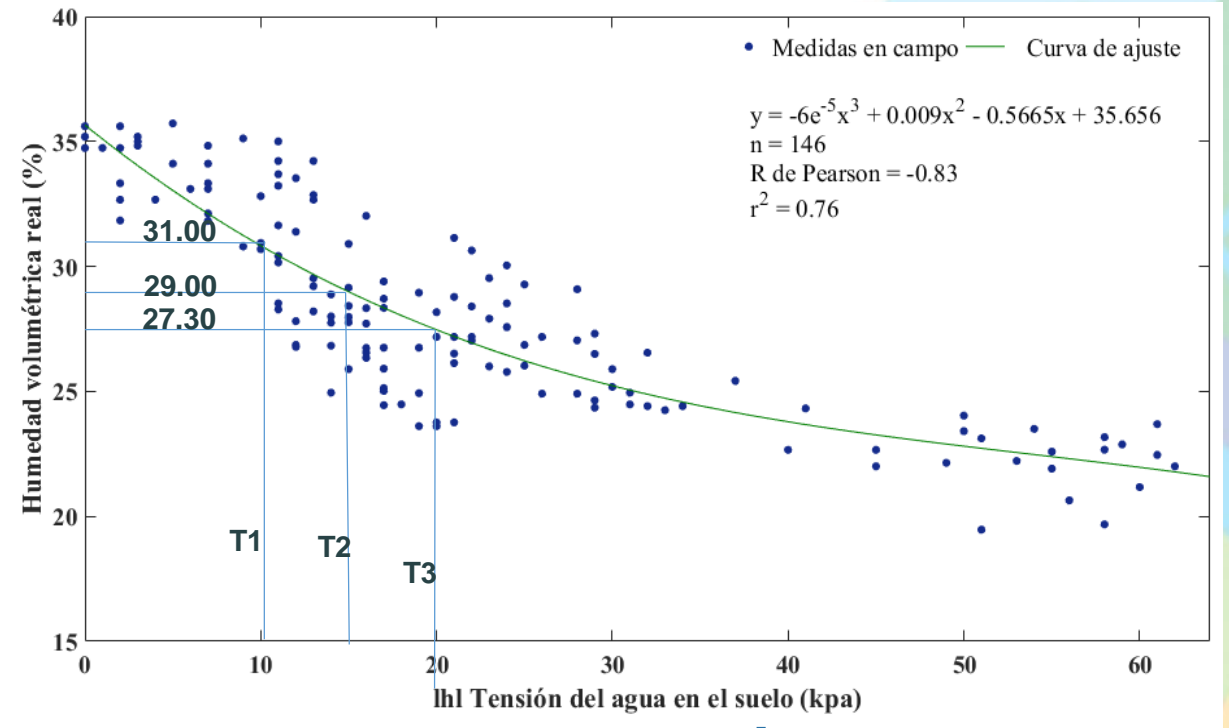


Figura 6: Sensores utilizados para la medición del contenido de humedad del suelo (a) Sensor FDR, (b) sensor watermark.  
FUENTE: Altamirano (2018)

## Valor de tensión del suelo según tratamientos

Tratamientos	Tensión del suelo (cb, KPa)	Variación	Humedad volumétrica equivalente del suelo (%)
T0	0	±2	36.00
T1	-10	±2	30.95
T2	-15	±2	29.00
T3	-20	±2	27.30

## Calibración de Watermark con humedad volumétrica

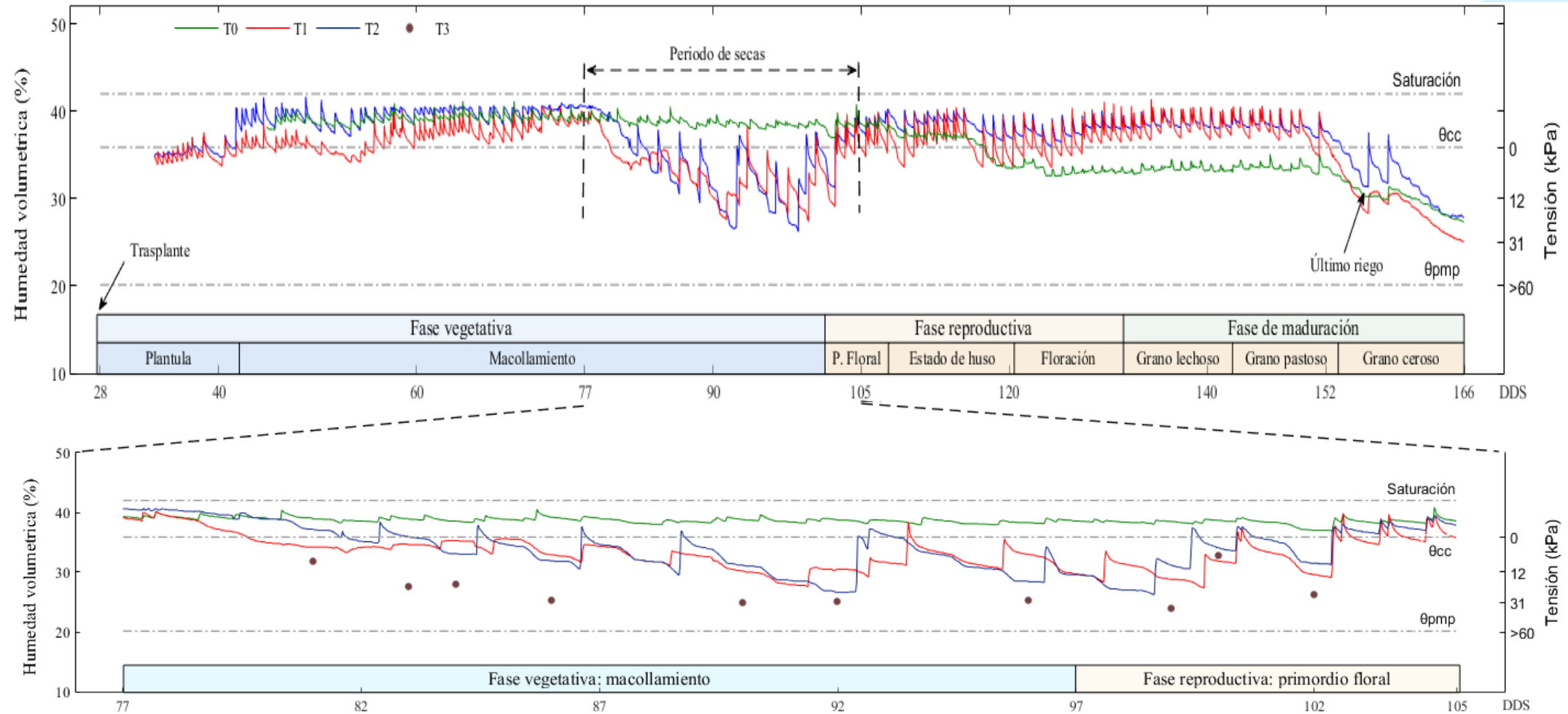


La calibración del sensor de Reflectometría de Dominio de Frecuencia (FDR) con la humedad volumétrica real se tiene una ecuación de ajuste :

$$\theta = 1.0249 * x - 1.3116$$

coeficiente de Pearson de 0.97 (Altamirano, 2018).

# Datos del sensor de Reflectometría de Dominio de Frecuencia (FDR)





## Sensores y Drone



**Matrice 210**

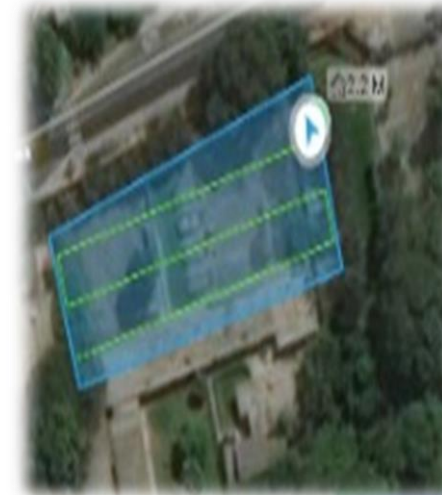


**Cámara Multi espectral (Parrot Sequoia)**

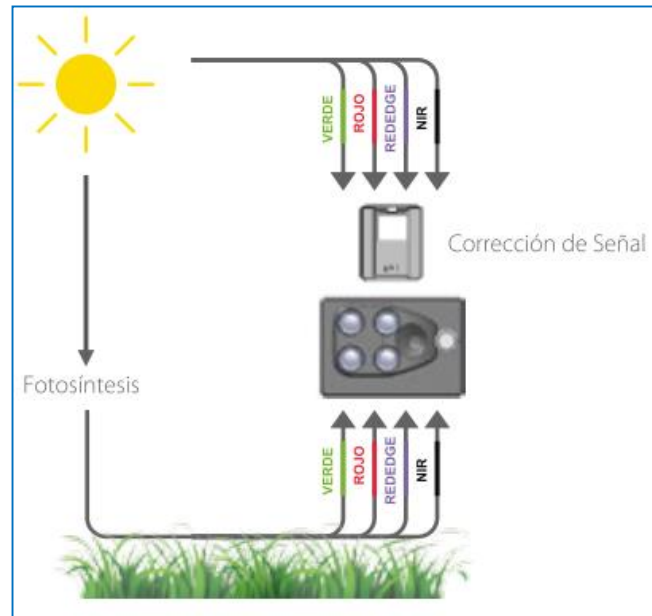
## Softwares para el Plan de Vuelo



**DJI GS Pro**



- velocidad: 4.5 m/s
- Altura de vuelo: 30 m
- Traslape frontal: 85%
- Traslape lateral: 80%

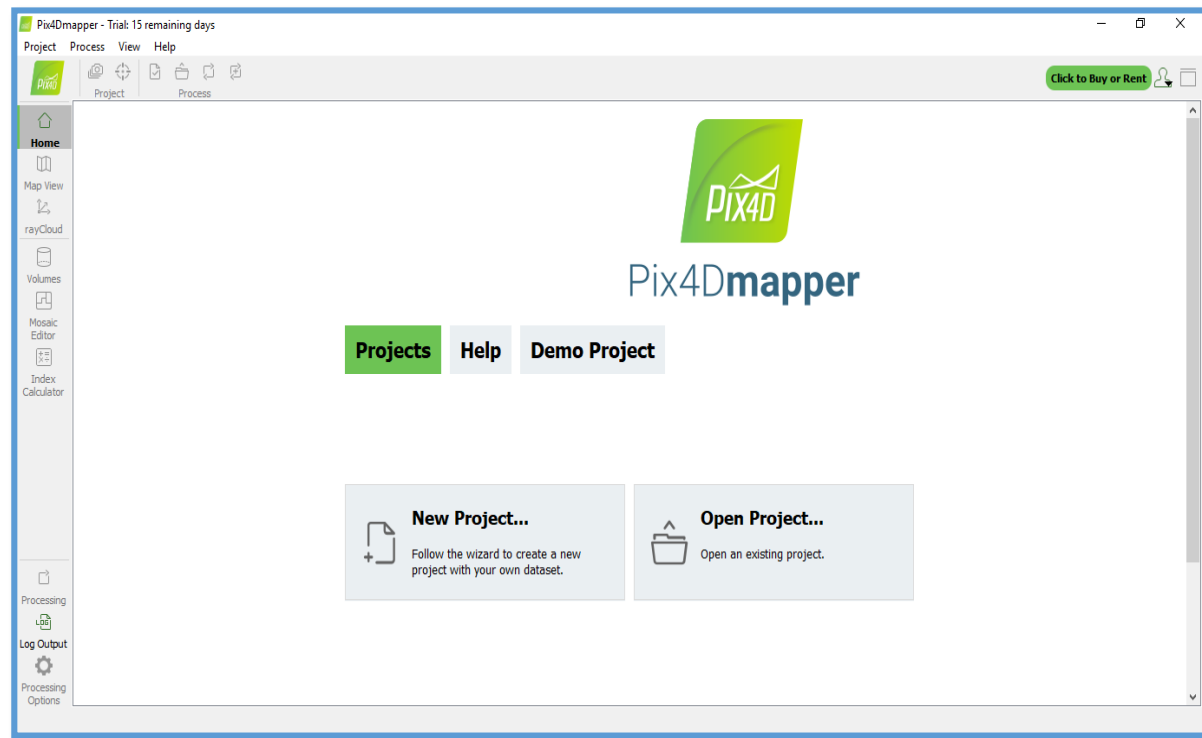


## Ancho de banda espectral

- Verde (530-570) nm
- Rojo (640-680) nm
- Red Edge (730 - 740) nm
- Infrarrojo cercano (770-810) nm



## Softwares para elaboración de los ortomosaicos



Plataforma Software Pix4D

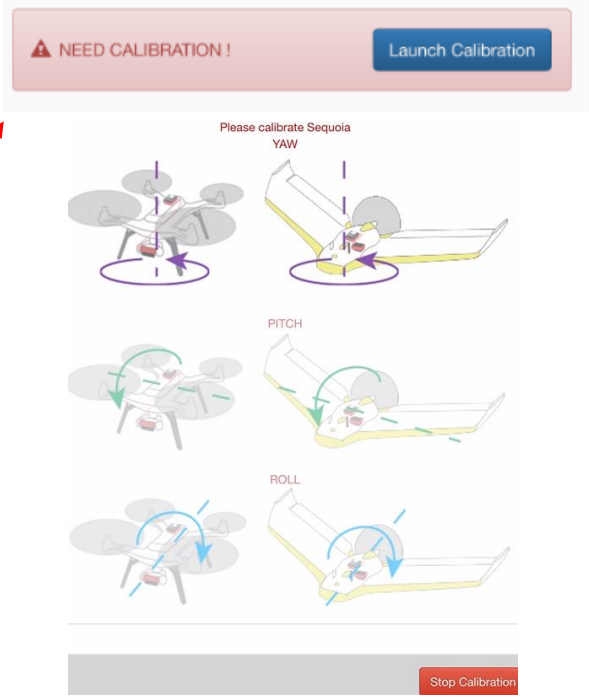
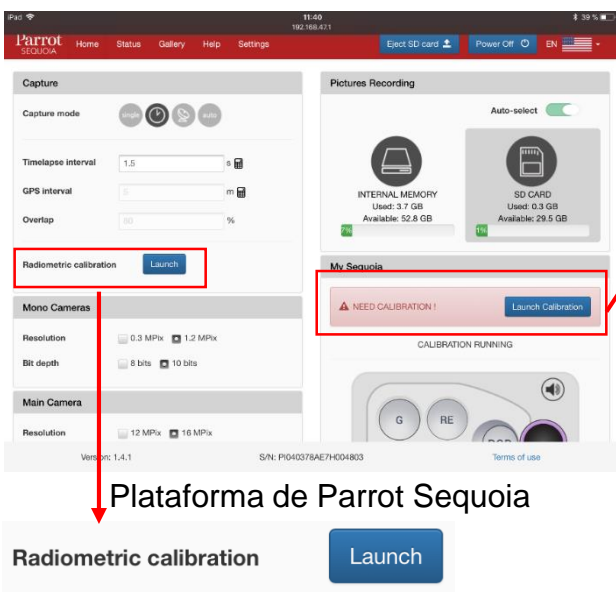


Puntos de control





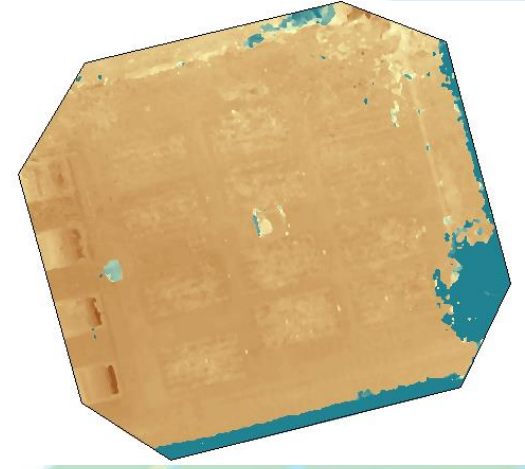
# PRE- PROCESAMIENTO DE LA CÁMARA MULTI ESPECTRAL (PARROT SEQUOIA).



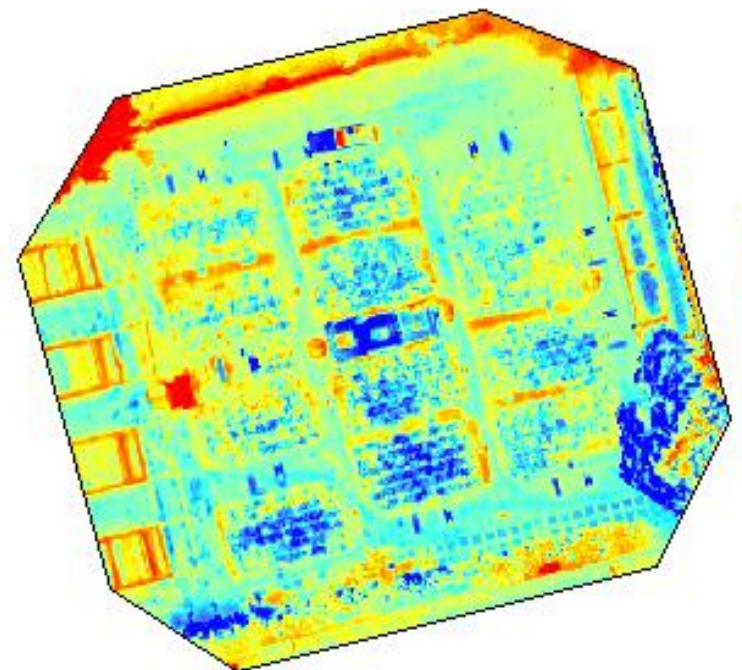
Calibraciones



Imagen RGB



Modelo digital de superficie (MDS)





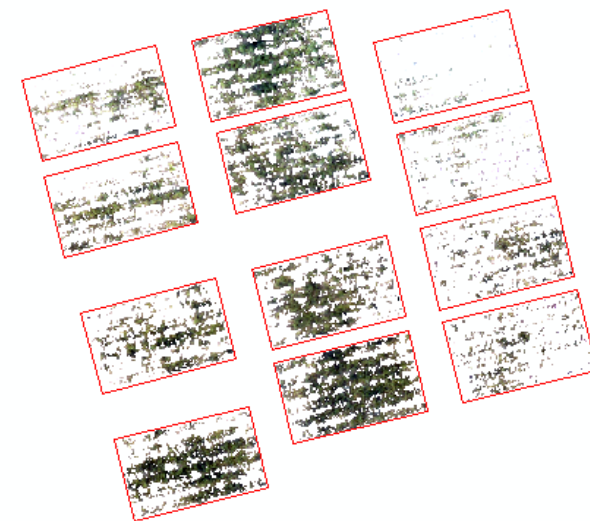
## PROCESAMIENTO



Imagen RGB



Delimitación de los tratamientos



Clasificación supervisada

## ÍNDICES DE VEGETACIÓN

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

Índice normalizado de vegetación. Rouse et al. (1974).

$$SAVI = \frac{(1 + L)(IRC - R)}{(L + IRC + R)}$$

Índice de vegetación ajustado al suelo. Huete (1988).

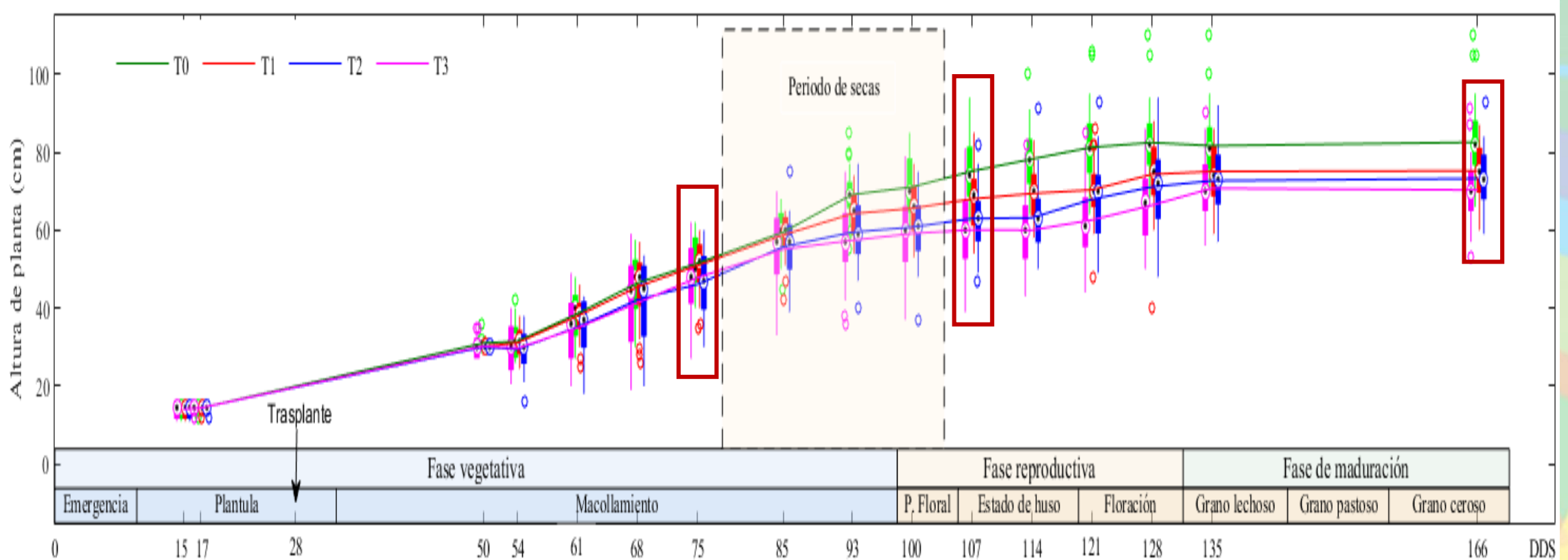
$$IAF = -\frac{\ln\left(\frac{0.69 - SAVI}{0.59}\right)}{0.91}$$

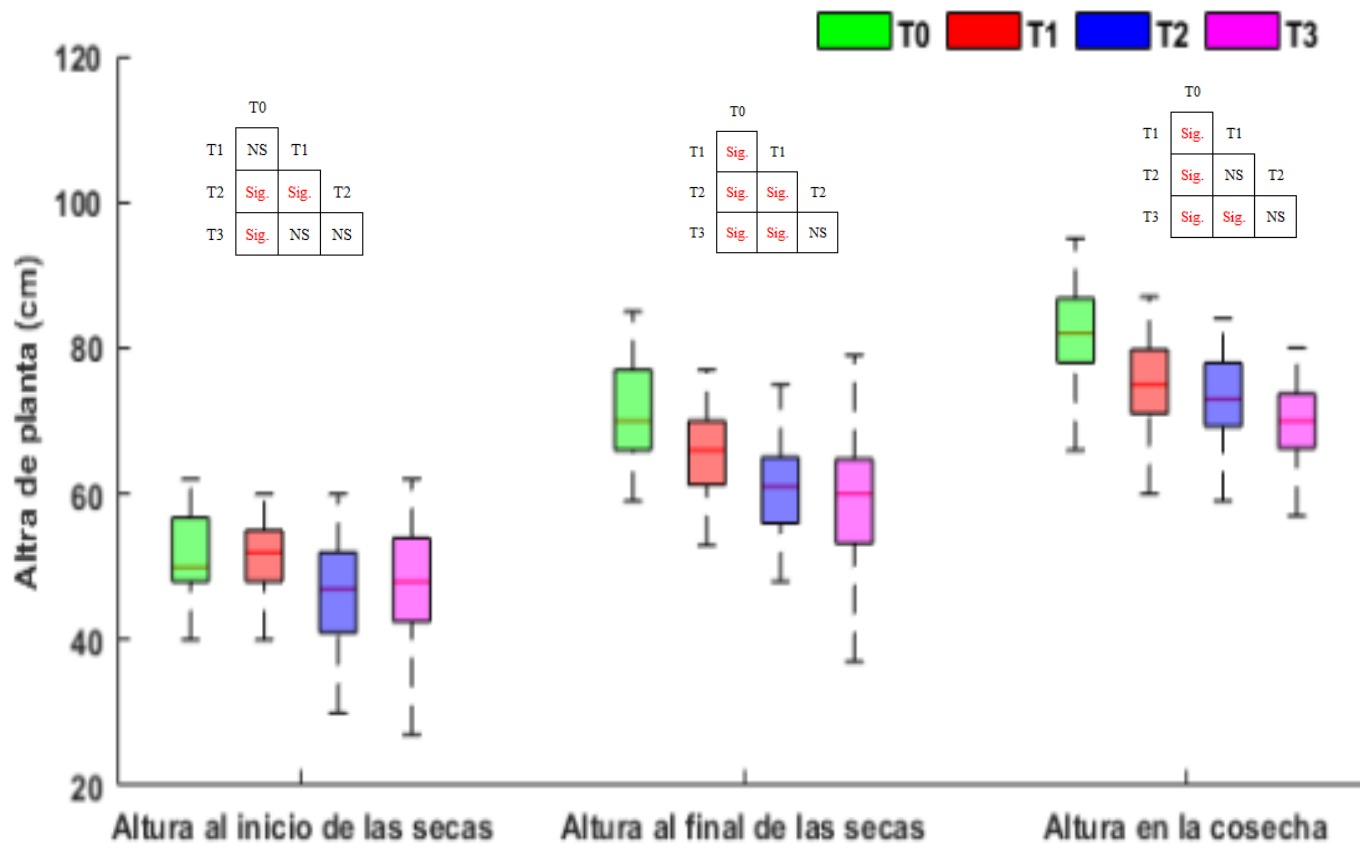
Índice de área foliar. Allen et al. (2002).



# Resultados y Discusión

## Altura de planta:





Tratamientos	Nº de plantas	Inicio de secas Promedio (cm)	$\sigma$	Momento de evaluación Final de secas Promedio (cm)	$\sigma$	Cosecha Promedio(cm)	$\sigma$
T0	51	51.5	5.8	75.1	6.6	82.2	7.5
T1	51	51.1	5.3	68	5.9	75.2	6.6
T2	51	46.1	7.8	63	7.8	73.2	6.5
T3	51	47.8	8.8	60.1	9.1	70.3	6.9





# Índice Normalizado de Vegetación (NDVI)

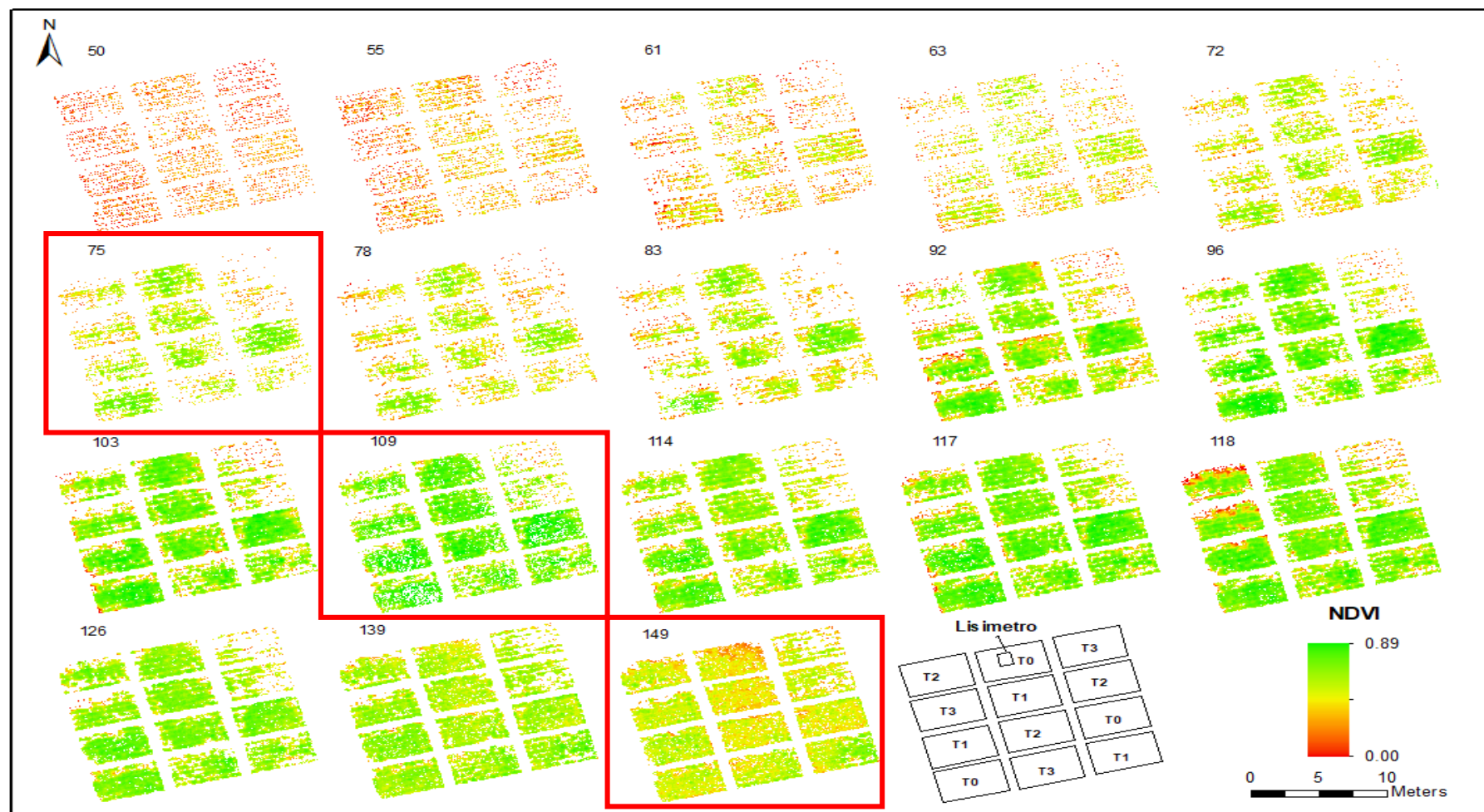
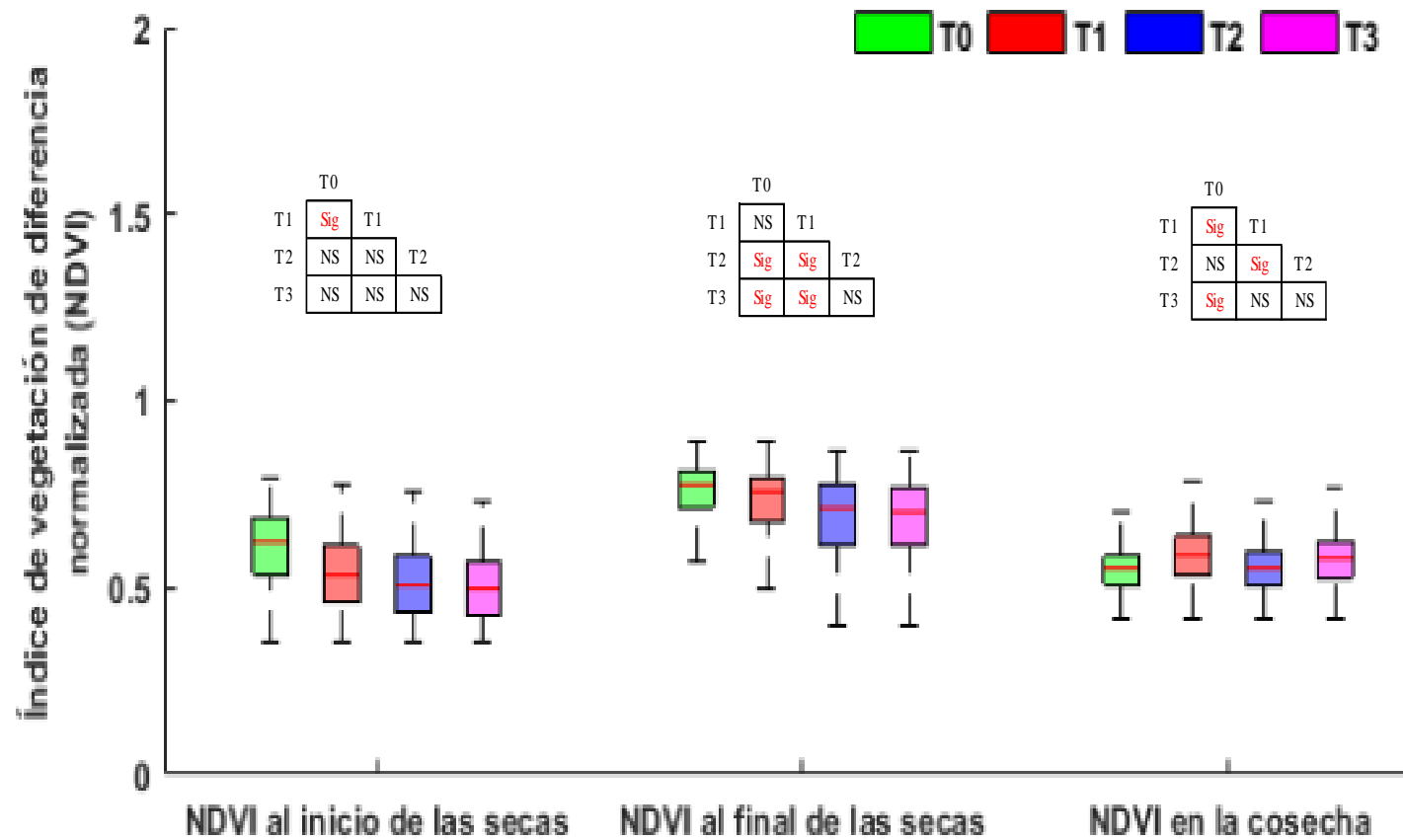


Figura 5: Mapa de la variación temporal del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en las etapas fenológicas del cultivo de arroz en días después de la siembra (DDS)



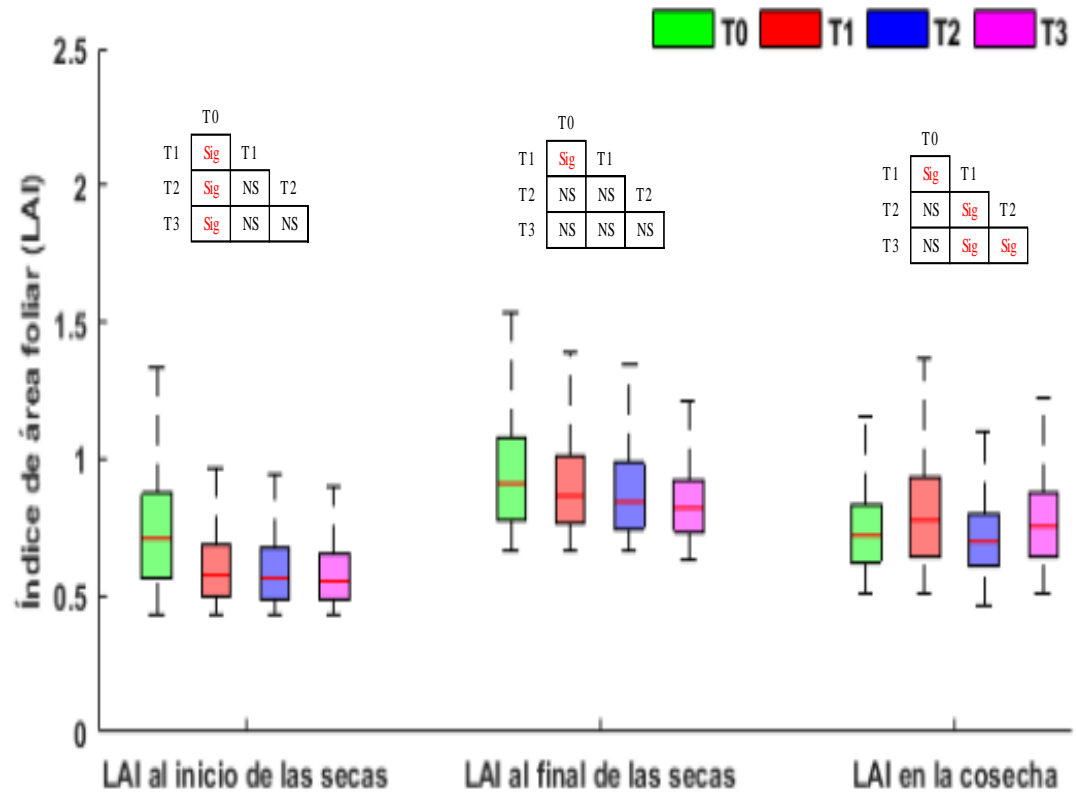
Tratamientos	Nº de pixeles	Inicio de secas Promedio	$\sigma$	Momento de evaluación Final de secas Promedio	$\sigma$	Cosecha Promedio	$\sigma$
T0	6963 $\geq$ 40151	0.61	0.10	0.75	0.09	0.55	0.06
T1	6963 $\geq$ 40151	0.54	0.10	0.73	0.10	0.59	0.07
T2	6963 $\geq$ 40151	0.51	0.09	0.69	0.11	0.55	0.06
T3	6963 $\geq$ 40151	0.50	0.09	0.68	0.11	0.57	0.07



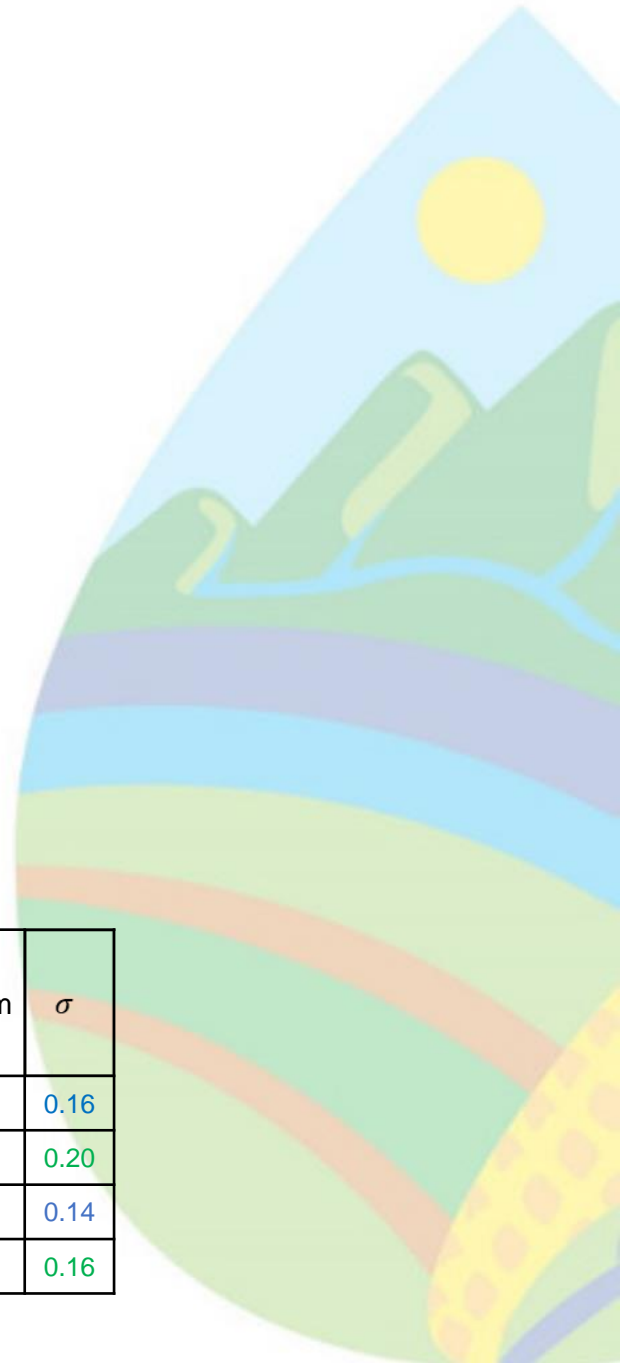
# Índice de Área foliar (IAF)



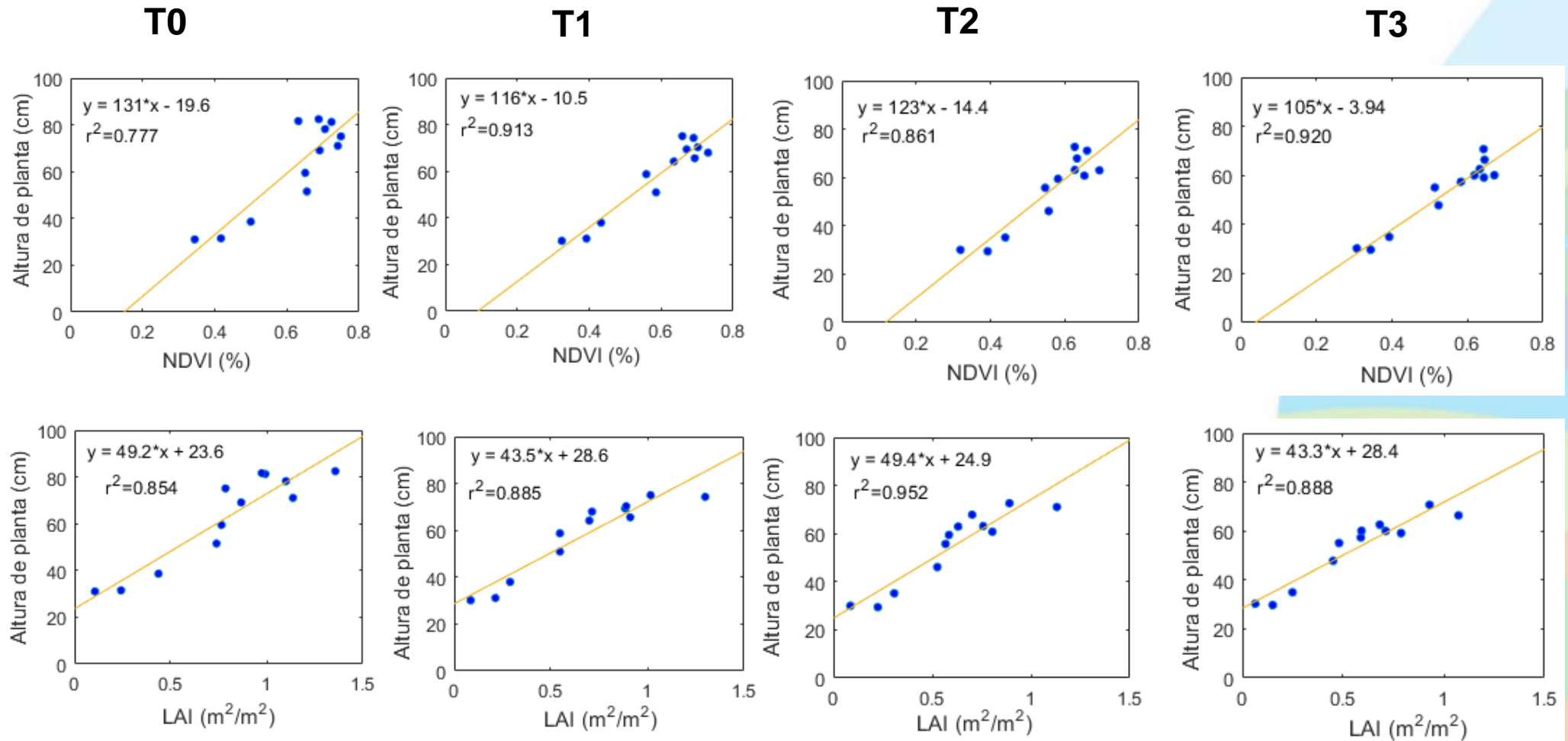
Figura 6: Mapa de la variación temporal del índice de área foliar (IAF) en las etapas fenológicas del cultivo de arroz en días después de la siembra (DDS)



Tratamientos	Nº de pixeles	Inicio de secas Promedio (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$\sigma$	Momento de evaluación Final de secas Promedio (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$\sigma$	Cosecha Promedio(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$\sigma$
T0	6963 $\geq$ 40151	0.68	0.16	0.95	0.22	0.74	0.16
T1	6963 $\geq$ 40151	0.61	0.14	0.91	0.19	0.80	0.20
T2	6963 $\geq$ 40151	0.60	0.13	0.89	0.18	0.72	0.14
T3	6963 $\geq$ 40151	0.58	0.11	0.84	0.14	0.77	0.16



# Correlación de la altura de planta e índices de vegetación





# Conclusiones

- La diferencia del potencial hídrico del suelo, proporciono un análisis de tres momentos en el cultivo (antes de secas, después de secas y en la cosecha) en la **altura de planta**, obteniendo una diferencia de **10 (T0 y T3), 20 y 15** por ciento entre tratamientos. Además, se obtuvo para el índice de vegetación de diferencia normalizada (**NDVI**) una diferencia de **17, 9** y al final se redujo hasta en **6 por ciento**, en cambio el índice de área foliar (LAI) se obtuvo una diferencia **15, 11** y al final se redujo hasta un **7 por ciento**. Estos resultados muestran que el **NDVI y LAI** tiene la misma tendencia y diferente a la altura de la planta.
- La relación de la altura de planta de arroz con respecto a los índices de vegetación muy alta, presentando una correlación entre  **$0.85 \geq R^2 \leq 0.95$**  y  **$0.77 \geq R^2 \leq 0.92$**  para el **LAI y NDVI**, con relación a la altura de planta de arroz. Este resultado demuestra la viabilidad del uso de índices de vegetación para la detección temprana el estrés hídrico en los cultivos.

GRACIAS



Quinto  
Congreso Nacional  
de Riego y Drenaje  
**COMEII-AURPAES 2019**

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



**AURPAES, S.C.**  
Asociación Nacional de Asociaciones de Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.

## Contacto

Javier Alvaro Quille Mamani

Universidad Nacional Agraria La  
Molina

alvaroquille@gmail.com

