

**"JORNADA APLICACIÓN DE LOS DRONES EN AGRICULTURA DE REGADÍO"
28 DE SEPTIEMBRE DE 2017**

Riego

MAPAMA -Subdirección General de Regadíos y Economía del Agua
CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA DE REGADÍOS (CENTER)
Gran Vía de San Francisco 4-6 (Madrid). Sala 7-C

"MONITORIZACION DE CULTIVO DE TABACO PARA DESARROLLO DE METODOLOGIA DE CONTROL CON SENSORES A BORDO DE RPA's"



PONENTE:
CARLOS ORTEGA POLO
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS



INDICE

- ANTECEDENTES
- OBJETIVOS
- METODOLOGÍA DE TRABAJO
- ANÁLISIS DE DATOS FASE 1
- RESUMEN Y CONCLUSIONES

ANTECEDENTES: PROMOTORES



(Comercializadora de tabaco)



DELTAFINA S.R.L.

(Transformadora de tabaco)

OBJETIVOS

FASE 1 / 2017

- **MONITORIZACIÓN I. VEGETACIÓN VS FENOLOGÍA CULTIVO TABACO.**
- **CORRELACIÓN DATOS DE PARÁMETROS TIERRA VS AIRE PARA VALIDAR DATOS.**
- **EVOLUCIÓN RESPUESTA ESPECTRAL VS ESTADOS FENOLÓGICOS.**
- **DETECTAR FENOLOGÍA + SENSIBLE A CAMBIOS ESPECTRALES DETERMINAR FUTUROS VUELOS.**

FASE 2 / 2018

- **DISEÑAR METODOLOGÍA CONTROL DEL TABACO < Nº DE VUELOS.**
- **VALIDAR METODOLOGÍA DESARROLLADA.**

METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.-CARACTERIZACIÓN / GEORREFERENCIACIÓN PARCELAS EXPERIMENTALES:

- Vuelo fotogramétrico y georreferenciación con precisión 0.015 m/pixel. (Ortofoto y MDT).

2.- TOMA DE DATOS SENSORES AIRE:

- CONAPA, Ala fija Ebee, multispectral SEQUOIA y térmica FLIR Evue.
- Postprocesado y corrección de imágenes (software PIX4D).



METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.- TOMA DE DATOS PARAMETROS TIERRA:

- **Muestras representativas.**
- **Medición de parámetros por vuelo:**
 - 1.- NDVI → TRIMBLE GREENSEEKER.**
 - 2.- Tª hoja → FLUKE Ti27.**
 - 3.- % de S. S. → app CANOPEO.**
 - 4.- h. planta → FLEXÍMETRO**

VALIDAR MEDIDAS Y MONITORIZAR CULTIVO S/FENOLOGÍA.

1 TOMA DATOS / VUELO REALIZADO

FENOLOGÍA DEL TABACO

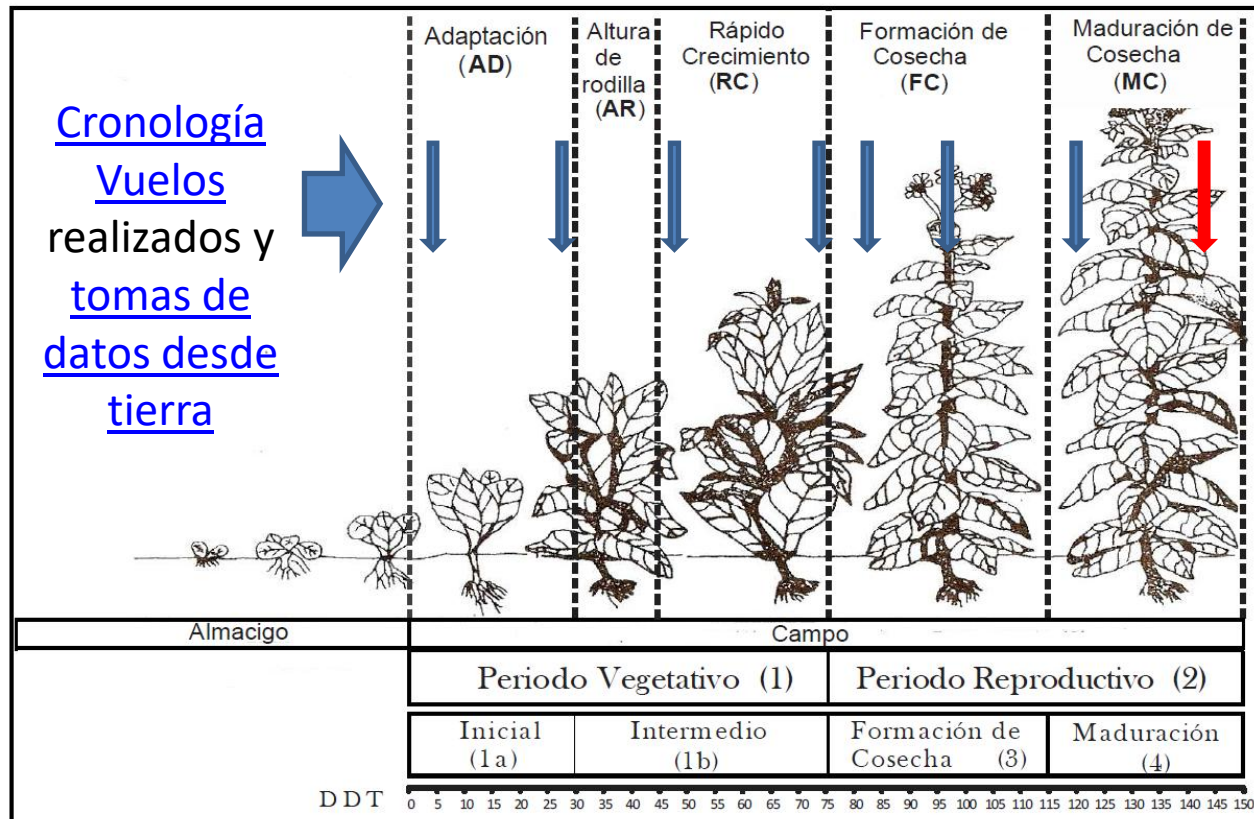


Figura 5.- Periodos de crecimiento en tabaco donde se muestra la división de producción en semillero (almacigo) y a campo. En la producción a campo se señala la división de los periodos vegetativos y reproductivos con cada una de las fases dentro de éstos: adaptación (**AD**); altura de rodilla (**AR**); rápido crecimiento (**RC**); formación de cosecha (**FC**) y maduración de cosecha (**MC**). La escala temporal, **DDT**, señala los días después del trasplante probables de ocurrencia de cada fase fisiológica. Adaptado de Doorembos y Kassan (1979)

Extraído de la Tesis :

Evaluación del efecto de distintos regímenes de riego como estrategia de riego deficitario controlado en tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). Fernando Martín Ledesma, 2012.



VUELO 1: FOTOGRAMÉTRICO

Fecha: 9 mayo 2017

DDT: 4/9

ESTADO FENOLÓGICO:
Inicio Periodo Vegetativo Inicial (AD)



VUELO 2: MULTIESPECTRAL

Fecha: 30 mayo 2017

DDT: 26/30

ESTADO FENOLÓGICO:

Fin Periodo Vegetativo Inicial (AD)



VUELO 3: MULTIESPECTRAL

Fecha: 21 junio 2017

DDT: 47/51

ESTADO FENOLÓGICO:

Inicio Periodo Vegetativo intermedio
(AR)



VUELO 4: MULTIESPECTRAL

Fecha: 11 julio 2017

DDT: 68/72

ESTADO FENOLOGICO:

Fin Periodo Vegetativo intermedio
(RC)

Antes del despunte flores



VUELO 5: MULTIESPECTRAL y TÉRMICA

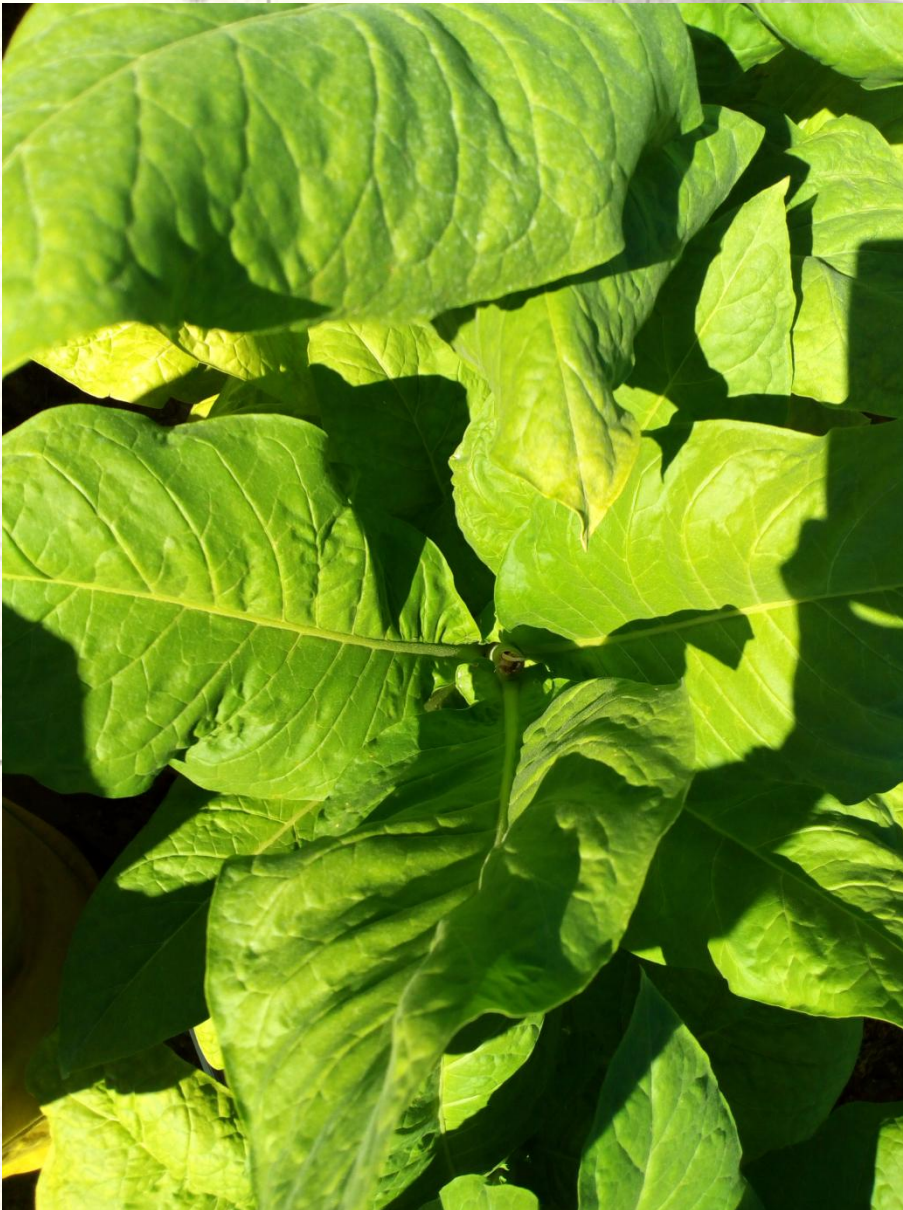
Fecha: 19 junio 2017

DDT: 76/80

ESTADO FENOLÓGICO:

Inicio Periodo Reproductivo (FC)

Tras el despunte de flores



VUELO 6: MULTIESPECTRAL

Fecha: 3 Agosto 2017

DDT: 91/95

ESTADO FENOLOGICO:
Mitad Periodo Reproductivo (FC)
Amarilleo hojas pisos inferiores



VUELO 7: MULTIESPECTRAL

Fecha: 24 Agosto 2017

DDT: 112/116

ESTADO FENOLÓGICO:

Final Periodo Reproductivo (FC)

Recogida pisos inferiores

An aerial photograph of a large agricultural field, divided into several rectangular plots. Overlaid on the image are numerous thin black rectangular outlines, each containing a small number from 1 to 14. These rectangles represent the locations of sensors used in the project. The field shows various textures, likely representing different crops or soil conditions. A road or canal is visible on the right side of the image.

TOMA DE DATOS EN TIERRA

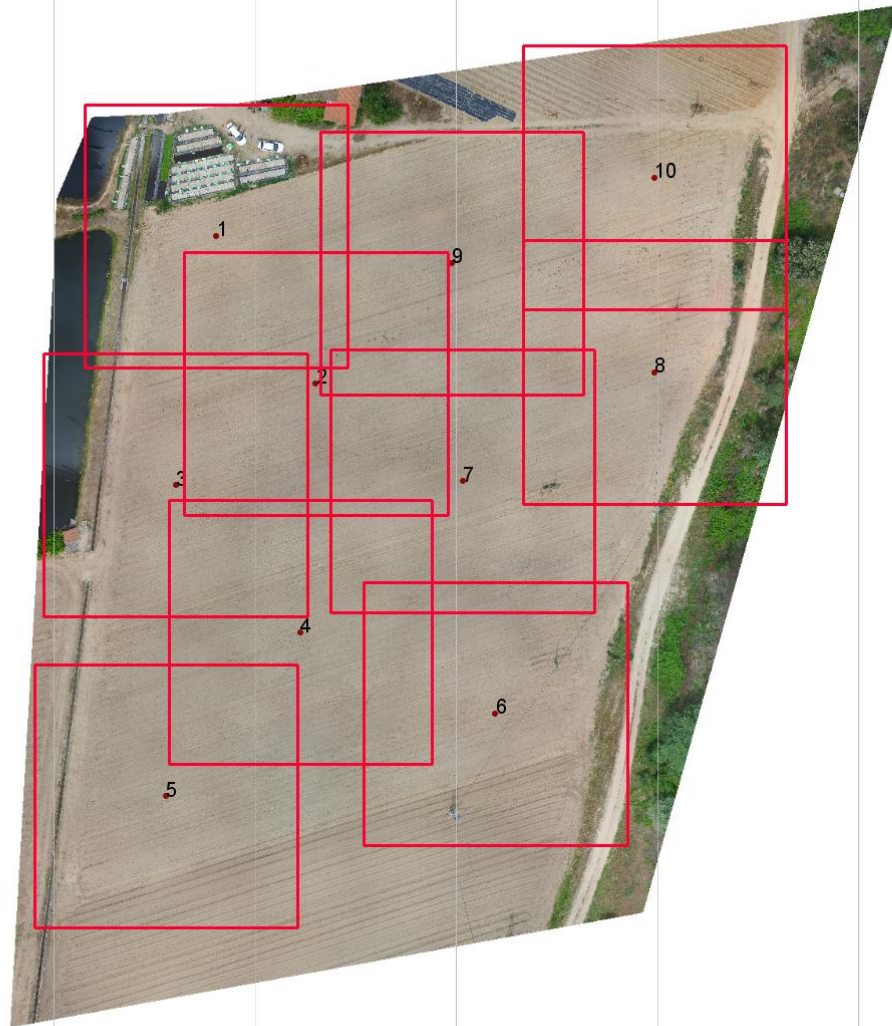
SENSORES USADOS EN EL PROYECTO

PUNTOS MUESTREO P1



SENSORES TIERRA

PUNTOS MUESTREO P2



SENSORES TIERRA

PARCELA 1 PUEBLONUEVO DE MIRAMONTES FECHA: 24/AGOSTO/2017
 REF. CATASTRO: 10/184/15/439/1

P. CONTROL	COORDENADAS		CONTROLES			
	X	Y	NDVI	Tª HOJA	% S.S.	h PLANTA
1	295.235,54	4.436.842,51	0,73	22,15	90,10	1,45
2	295.189,78	4.436.842,24	0,76	23,21	71,40	1,40
3	295.165,41	4.436.841,16	0,75	31,12	90,18	1,55
4	295.109,72	4.436.834,20	0,69	32,18	4,60	1,57
5	295.145,38	4.436.821,15	0,70	31,63	85,19	1,60
6	295.194,91	4.436.811,68	0,74	26,40	81,64	1,58
7	295.217,55	4.436.784,23	0,74	28,85	95,52	1,56
8	295.146,37	4.436.779,36	0,69	30,20	67,81	1,57
9	295.073,46	4.436.784,52	0,79	29,94	90,20	1,52
10	295.112,35	4.436.759,44	0,77	32,20	92,39	1,57
11	295.190,94	4.436.757,24	0,74	35,29	67,43	1,50
12	295.261,60	4.436.729,70	0,69	30,08	81,08	1,53
13	295.160,97	4.436.734,23	0,71	30,18	83,66	1,56
14	295.061,74	4.436.747,98	0,70	34,99	81,01	1,48

MEDIAS 0,73 29,64 67,05 1,53

PARCELA 2: LOSAR DE LA VERA FECHA: 24/AGOSTO/2017
 REF. CATASTRO: 10/108/7/58/43

P. CONTROL	COORDENADAS		CONTROLES			
	X	Y	NDVI	Tª HOJA	% S.S.	h PLANTA
1	280.096,04	4.436.454,06	0,80	40,92	83,34	1,60
2	280.114,70	4.436.427,32	0,78	38,6	74,55	1,70
3	280.088,46	4.436.406,92	0,82	43,06	86,55	1,63
4	280.112,61	4.436.380,44	0,83	41,11	93,01	1,48
5	280.087,54	4.436.346,87	0,79	37,94	87,12	1,67
6	280.149,13	4.436.363,46	0,78	36,49	81,13	1,65
7	280.142,93	4.436.407,59	0,80	38,68	92,12	1,76
8	280.179,22	4.436.428,19	0,82	38,33	93,55	1,70
9	280.140,11	4.436.447,41	0,81	8,54	92,45	1,68
10	280.179,27	4.436.465,10	0,78	46,7	85,46	1,50

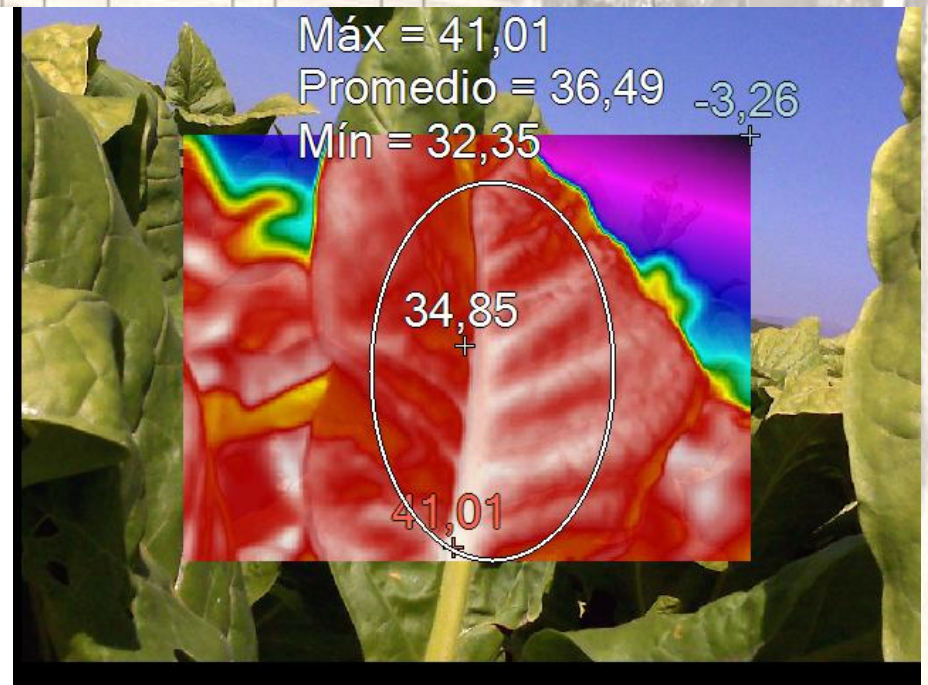
MEDIAS 0,80 34,35 86,73 1,63

- MISMO DIA Y HORA CADA VEZ QUE SE VUELE.
- ESTACIÓN FENOLÓGICA DE PLANTAS DE UN AREA DE INFLUENCIA DE 25-30 M.

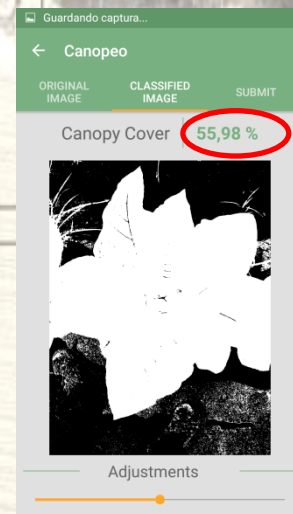
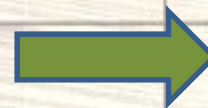
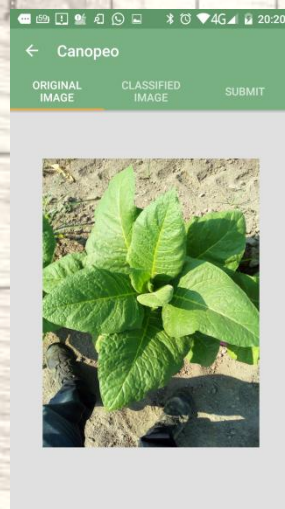
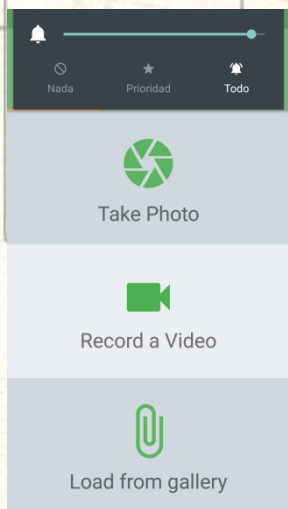
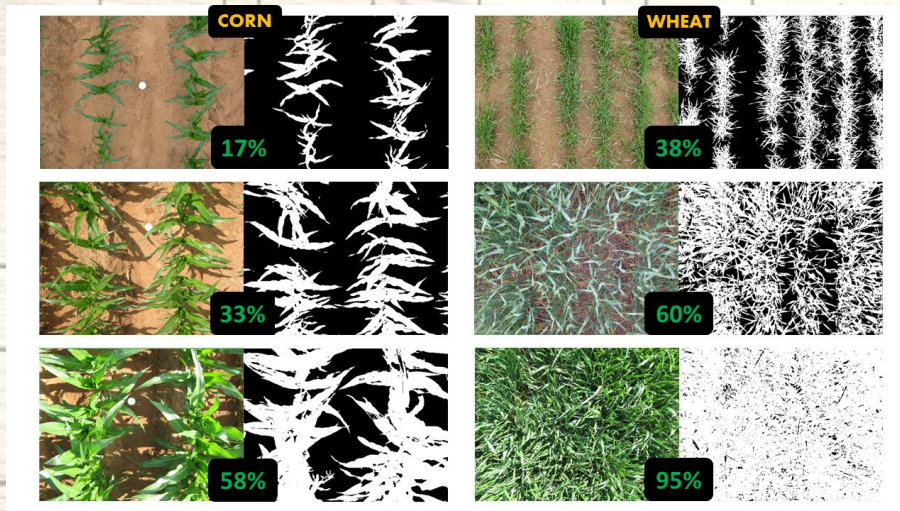
GREENSEEKER (NDVI)



CÁMARA TÉRMICA (Tª HOJA)



APP CANOPEO (% S.S.)



METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.- ANÁLISIS DE DATOS FASE 1



ANÁLISIS DATOS

TIERRA

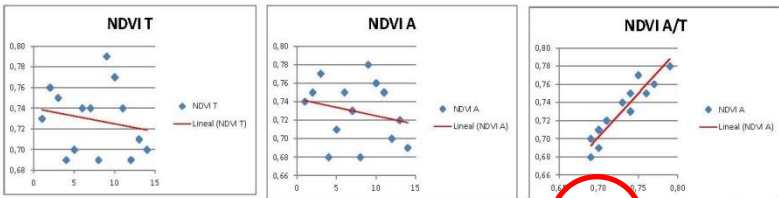
Correlación NDVI T/A P1



PARCELA 1 PUEBLONUEVO DE MIRAMONTES FECHA: 24/AGOSTO/2017
REF. CATASTRO: 10/184/15/439/1

P. CONTROL	COORDENADAS		CONTROLES				
	X	Y	NDVI T	NDVI A	Tº HOJA	% S.S.	h PLANTA
1	295.235,54	4.436.842,51	0,73	0,74	22,15	90,10	1,43
2	295.193,78	4.436.842,24	0,76	0,75	23,21	71,40	1,40
3	295.165,41	4.436.841,16	0,75	0,77	31,12	90,19	1,35
4	295.109,72	4.436.834,20	0,69	0,68	32,18	4,60	1,57
5	295.143,38	4.436.821,15	0,70	0,71	31,63	85,19	1,60
6	295.194,91	4.436.811,68	0,74	0,75	26,40	81,64	1,58
7	295.217,55	4.436.784,23	0,74	0,73	28,85	95,52	1,56
8	295.146,37	4.436.779,36	0,69	0,68	30,20	67,81	1,57
9	295.073,46	4.436.764,52	0,79	0,78	29,94	90,20	1,52
10	295.112,35	4.436.759,44	0,77	0,78	32,24	92,39	1,57
11	295.190,94	4.436.757,24	0,74	0,75	35,24	67,43	1,50
12	295.261,60	4.436.729,70	0,69	0,70	30,08	81,08	1,33
13	295.160,97	4.436.734,23	0,71	0,72	30,18	83,66	1,56
14	295.061,74	4.436.747,98	0,70	0,69	34,99	81,01	1,48

MEDIAS 0,73 0,73 29,64 67,05 1,53

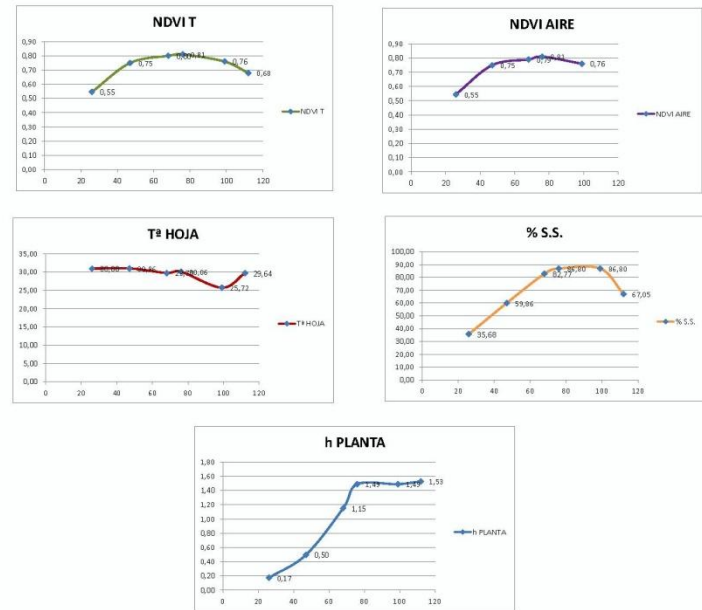


R ²	C. CORR.	COVAR
0,90	0,80	0,000941837

R² = 0.90

EVOLUCIÓN PARÁMETROS PARCELA 1

Nº VUELO	DDT	NDVI T	NDVI AIRE	Tº HOJA	% S.S.	h PLANTA
V2	26	0,55	0,55	30,88	25,68	0,17
V3	47	0,75	0,75	30,96	59,96	0,50
V4	68	0,60	0,79	29,70	82,77	1,15
V5	76	0,61	0,61	30,06	86,80	1,49
V6	99	0,76	0,76	25,72	86,80	1,49
V7	112	0,68		29,64	67,05	1,53



Evolución parámetros/vuelos P1

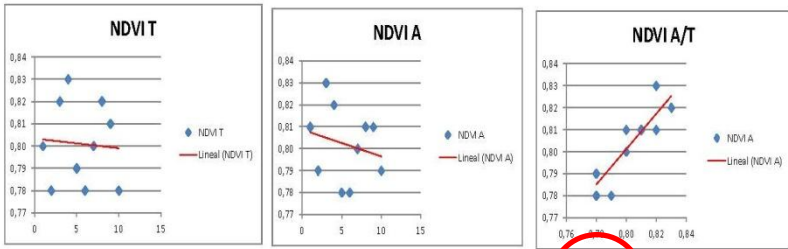
Correlación NDVI T/A P2



PARCELA 2: LOSAR DE LA VERA
 REF. CATASTRO: 10/108/7/58/43
 FECHA: 24/AGOSTO/2017

P. CONTROL	COORDENADAS		CONTROLES				
	X	Y	NDVI T	NDVI A	Tª HOJA	% S.S.	h PLANTA
1	280.096,04	4.496.454,06	0,80	0,81	40,92	83,34	1,60
2	280.114,70	4.496.427,32	0,78	0,79	38,6	74,55	1,70
3	280.088,46	4.496.406,92	0,82	0,83	43,06	86,55	1,63
4	280.112,61	4.496.380,44	0,83	0,82	41,11	89,01	1,48
5	280.087,54	4.496.346,87	0,79	0,78	37,94	87,13	1,67
6	280.149,13	4.496.363,46	0,78	0,78	36,49	81,13	1,65
7	280.142,93	4.496.407,59	0,80	0,80	38,68	92,12	1,76
8	280.179,22	4.496.428,19	0,82	0,81	38,33	98,55	1,70
9	280.140,11	4.496.447,41	0,81	0,81	8,54	92,45	1,68
10	280.179,27	4.496.465,10	0,78	0,79	46,7	85,46	1,50

MEDIAS 0,80 0,80 34,35 86,73 1,63

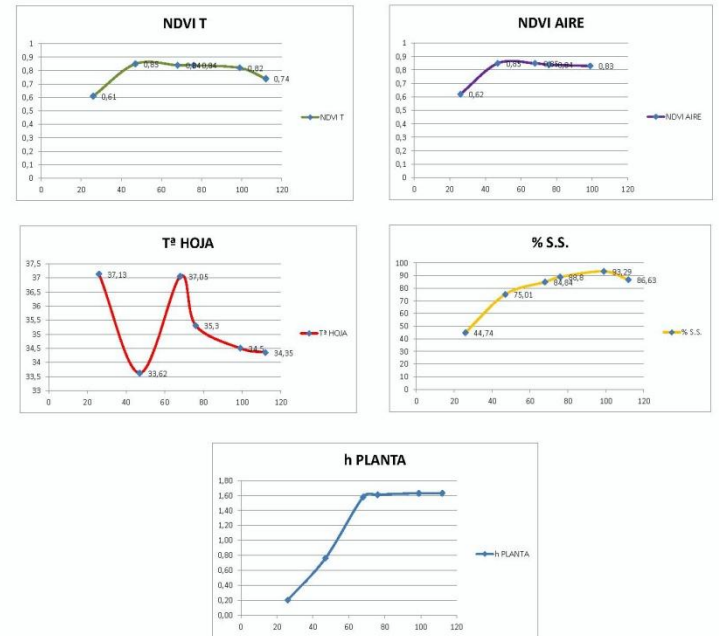


R ²	CORR.	COVAR
0,78	0,88	0,000248

R² = 0.78

EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS PARCELA 2

Nº VUELO	DDY	NDVI T	NDVI AIRE	Tª HOJA	% S.S.	h PLANTA
V2	26	0,61	0,62	37,13	44,74	0,20
V3	47	0,85	0,85	33,62	75,01	0,76
V4	68	0,84	0,85	37,05	84,84	1,58
V5	76	0,84	0,84	35,3	88,8	1,61
V6	99	0,82	0,83	34,5	93,29	1,63
V7	112	0,74		34,35	86,63	1,63

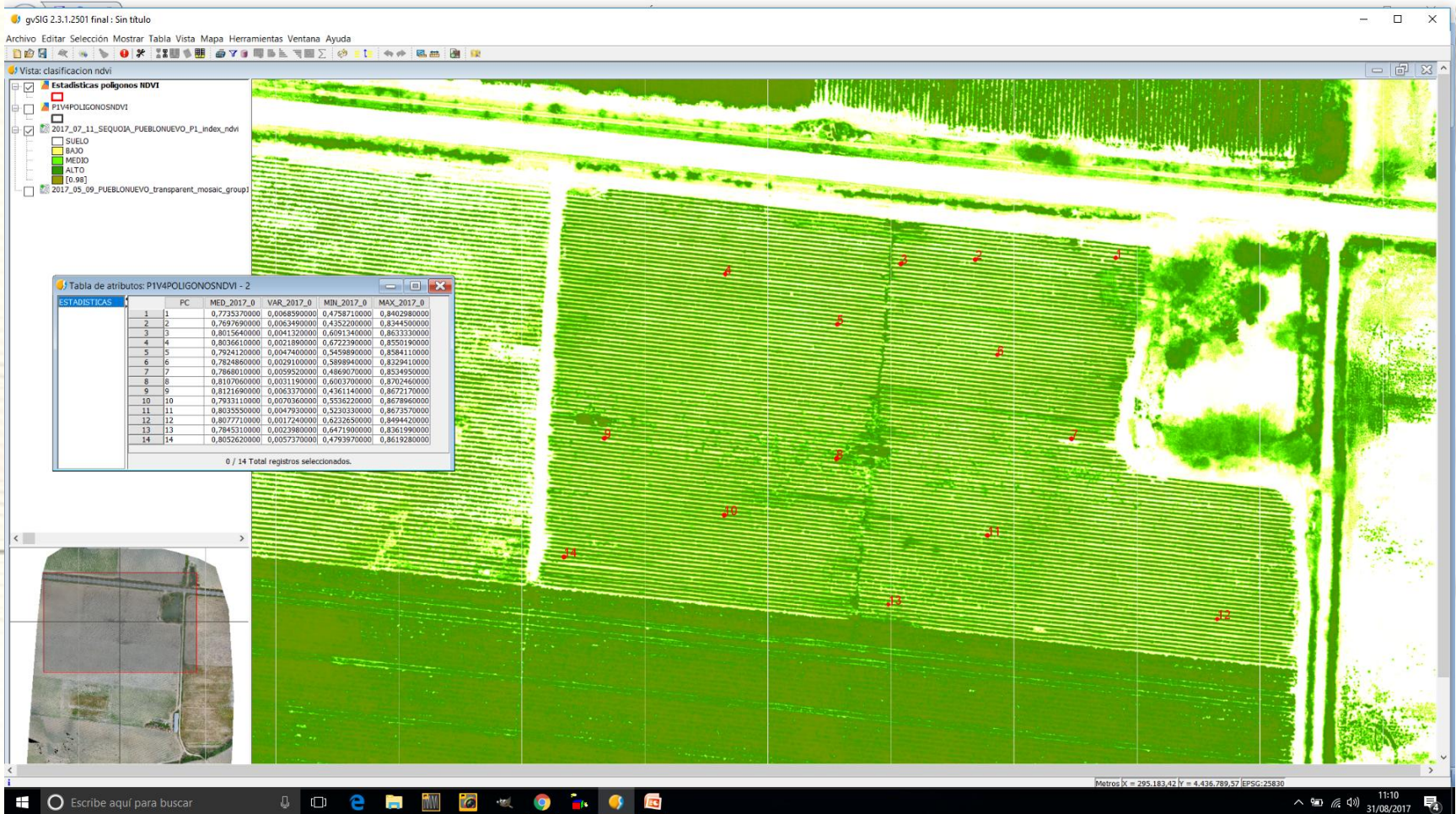


Evolución parámetros/vuelos P2

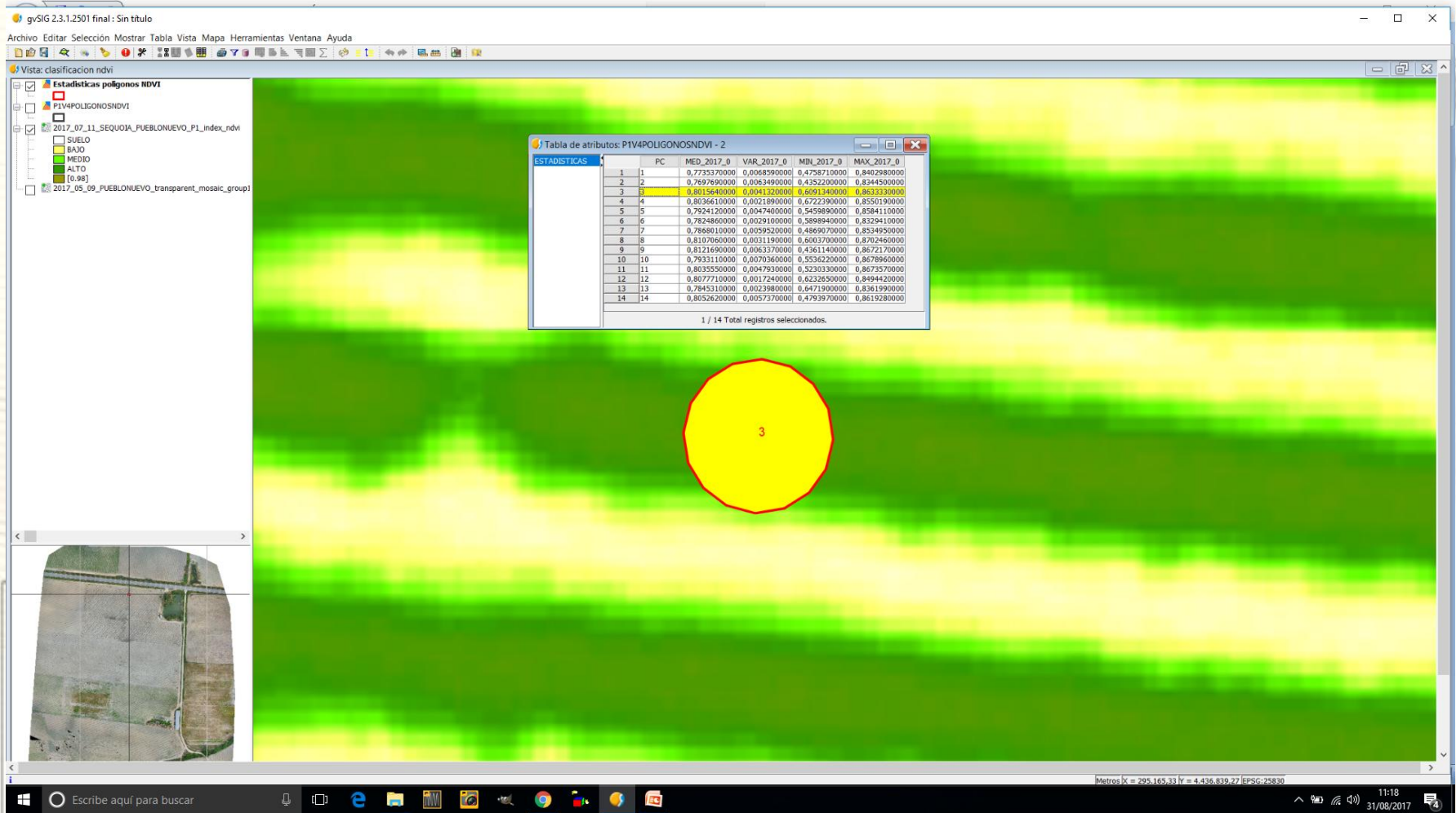


ANÁLISIS DATOS

AIRE

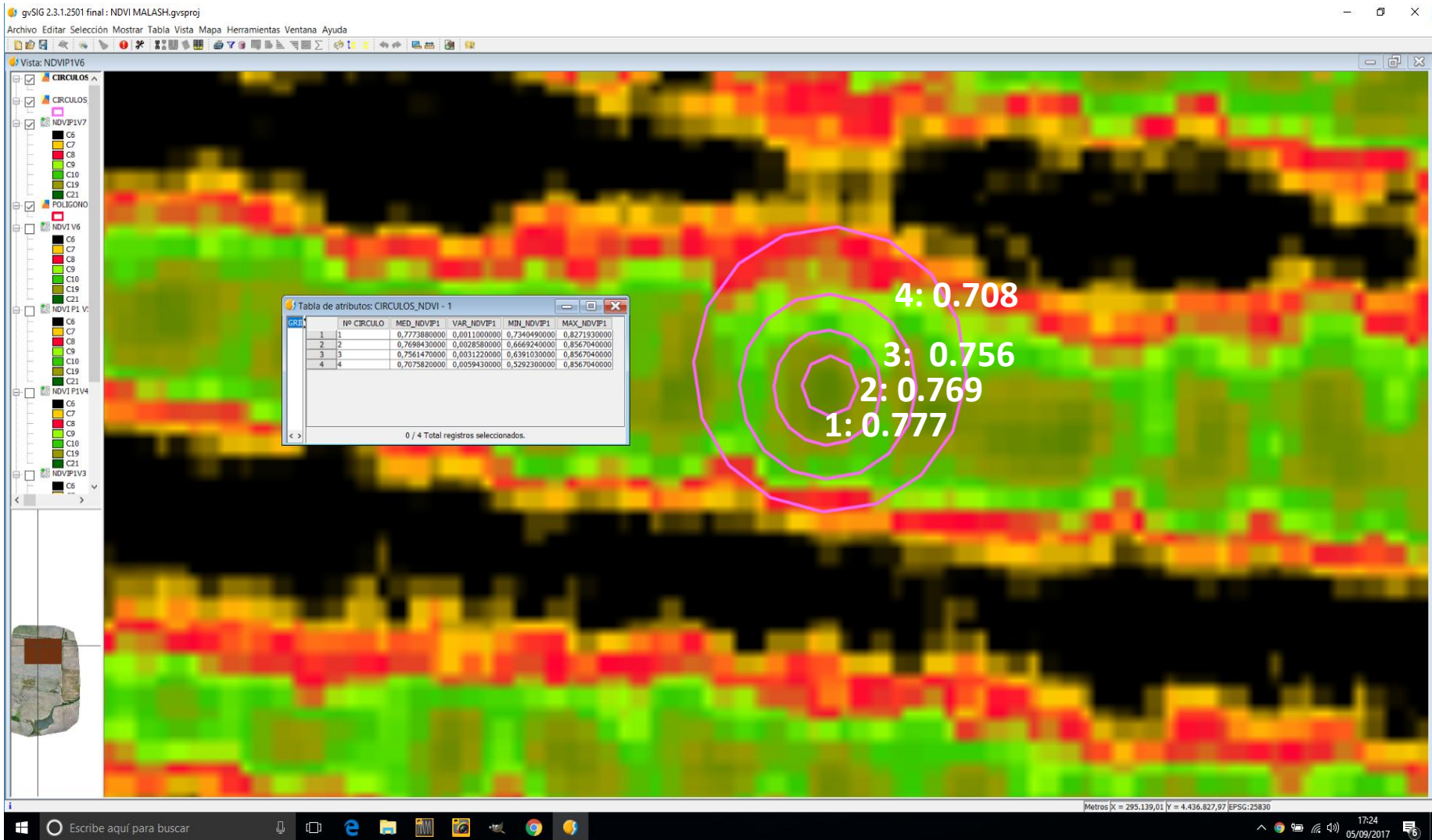


ESTADÍSTICAS EN POLÍGONOS DE CONTROL (NDVI, SUP.PLANTA, ETC)



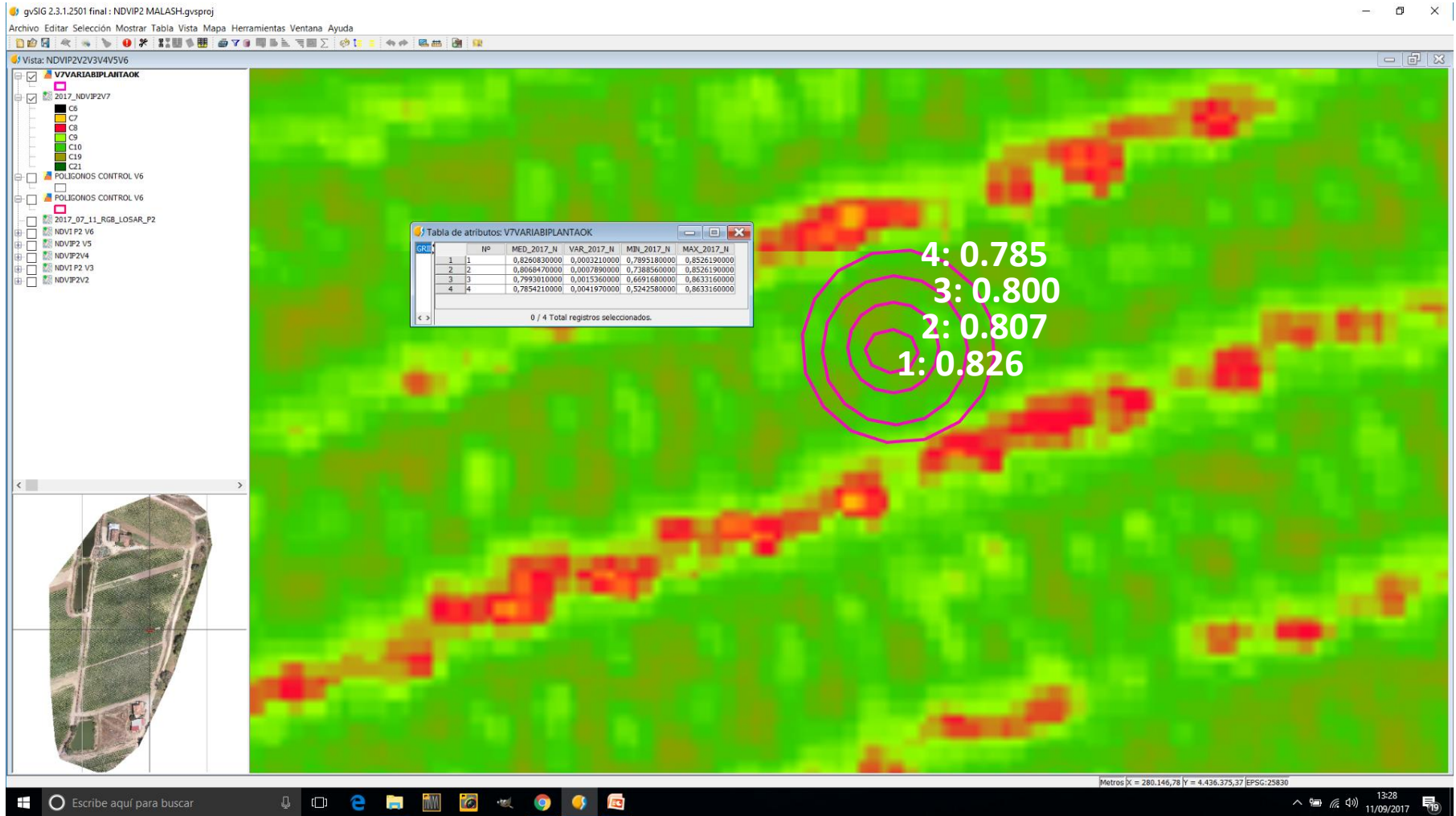
VARIABILIDAD EN LA MISMA PLANTA (NDVI CRECE DE PERIFERIA A CENTRO)

DISTRIBUCIÓN NDVI EN PLANTA P1

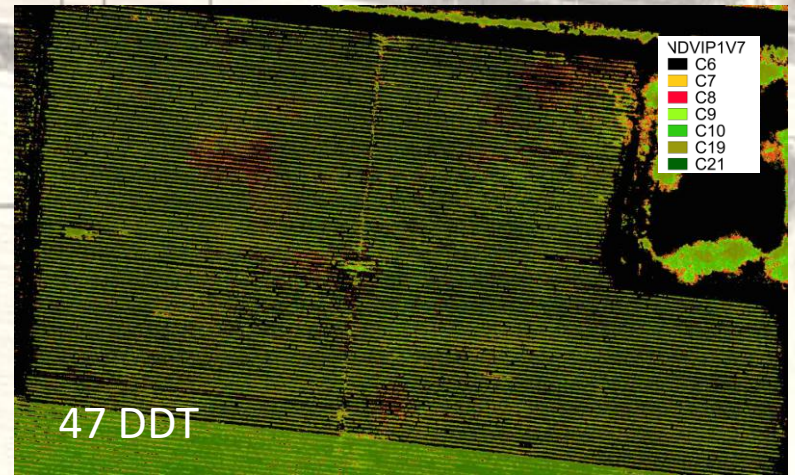
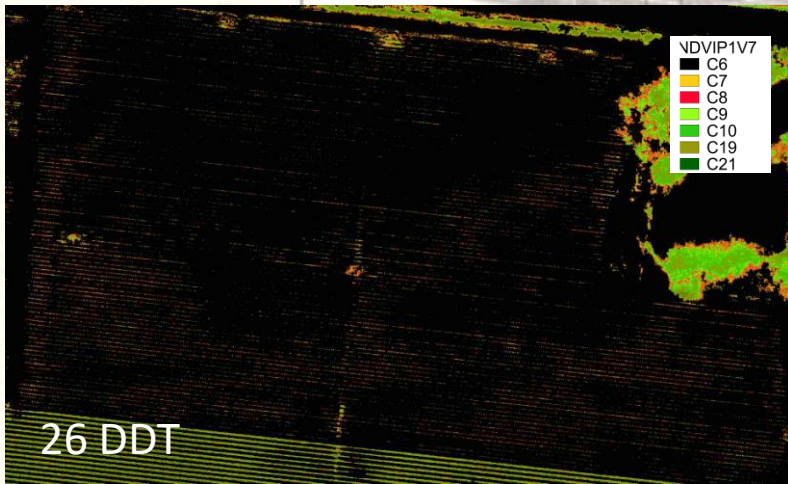


EL NDVI DISMINUYE DESDE EL CENTRO HACIA EL PERÍMETRO DE PLANTA

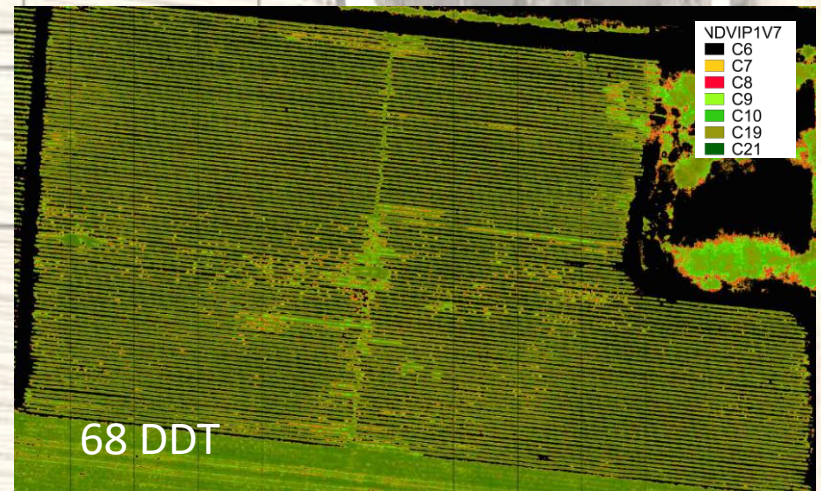
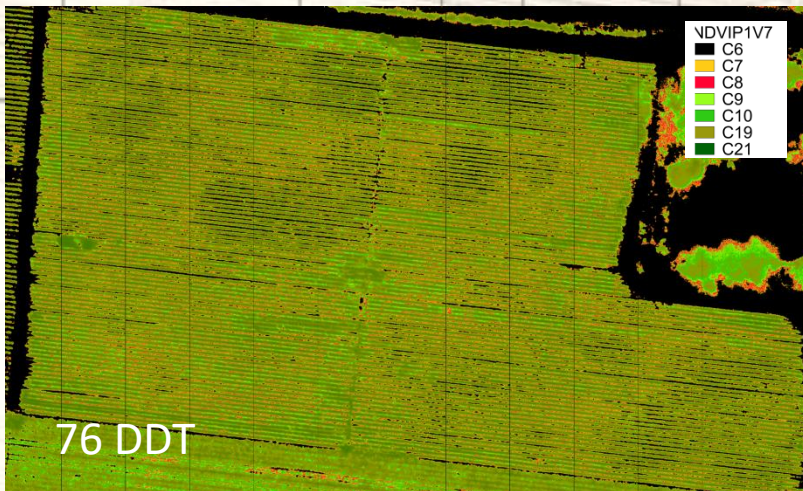
DISTRIBUCIÓN NDVI EN PLANTA P2

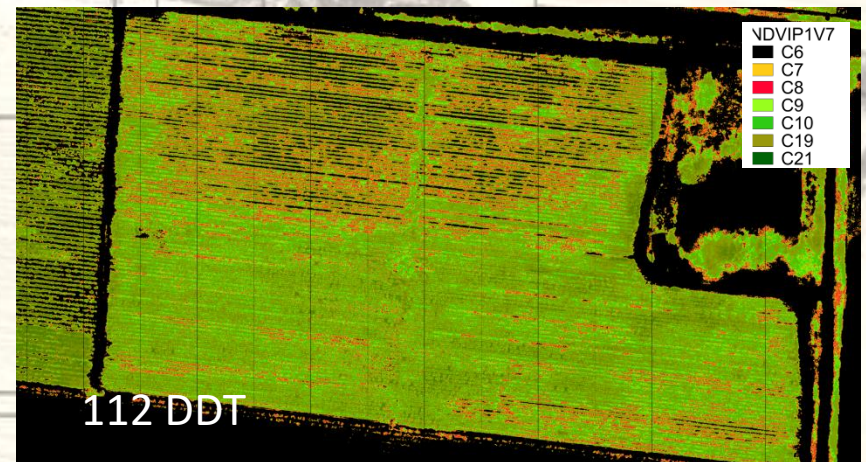
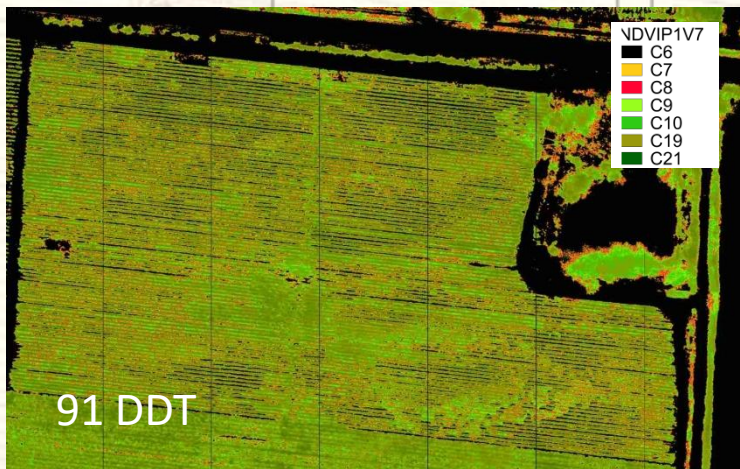


EL NDVI DISMINUYE DESDE EL CENTRO HACIA EL PERÍMETRO DE PLANTA



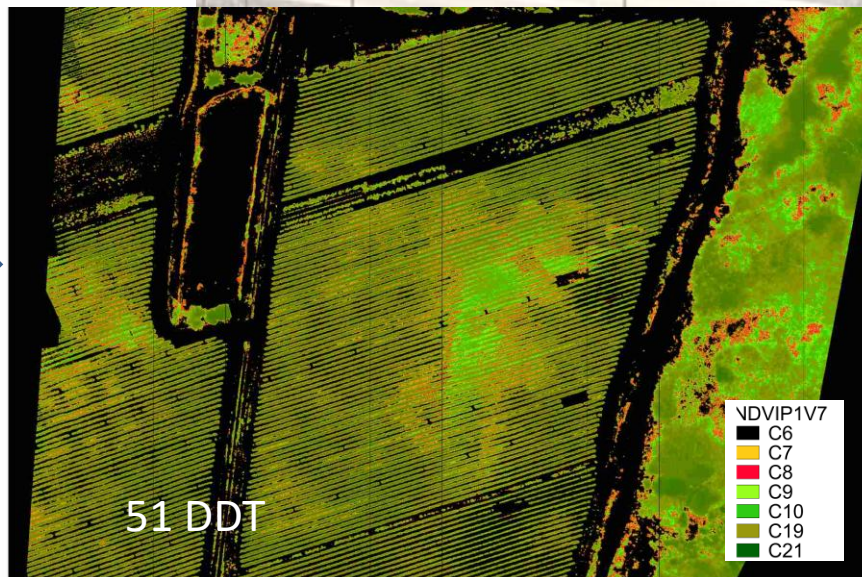
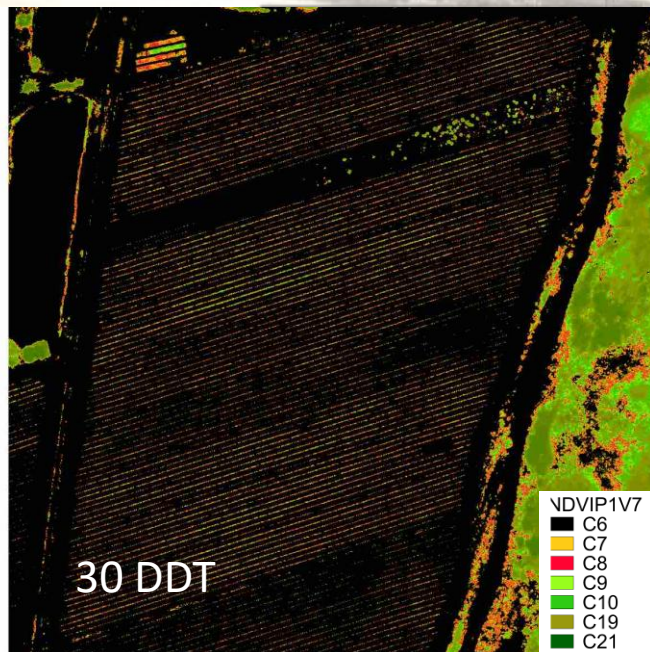
**EVOLUCIÓN DEL CULTIVO P1
SEGÚN NDVI**



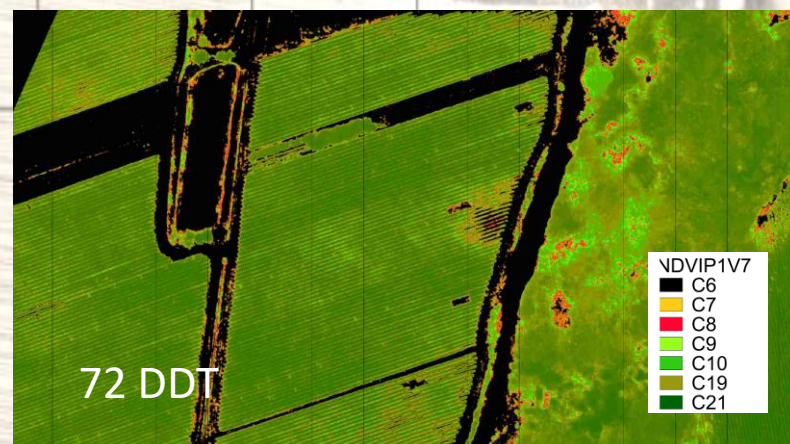
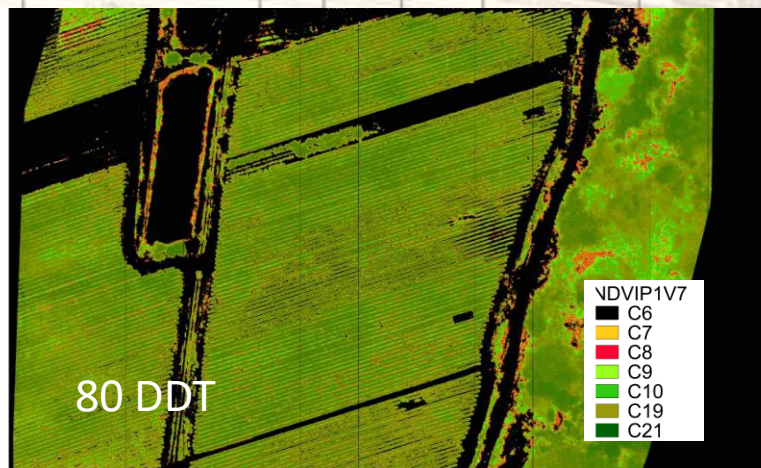


VARIABILIDADES DETECTADAS

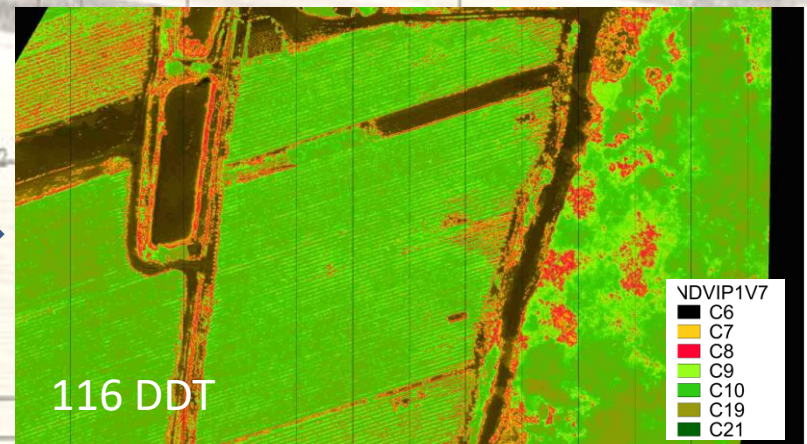
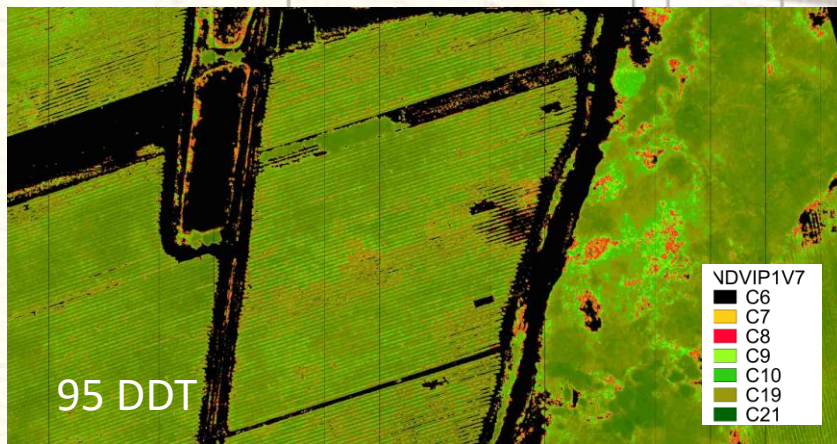
- VARIABILIDAD ESPACIAL (POR DENSIDAD, TIPO CULTIVO, ZONIFICACIÓN MANEJO DIF. DESDE INICIO).
- DETECCIÓN MALAS HIERBAS (DESDE PRIMEROS ESTADÍOS HASTA COSECHA).
- DIFERENCIACIÓN MANEJO (EJEMPLO :RECOLECTADA/SIN RECOLECTAR).
- EVALUACIÓN DE DESARROLLO (ANCHURA, S.S.) Y MADUREZ (NDVI PERIFERICO).
- ETC...



**EVOLUCIÓN DEL CULTIVO P2
SEGÚN NDVI**



ANÁLISIS DE DATOS



VARIABILIDADES DETECTADAS

- VARIABILIDAD ESPACIAL (POR DENSIDAD, TIPO CULTIVO, ZONIFICACIÓN MANEJO DIF. DESDE INICIO).
- DETECCIÓN MALAS HIERBAS (DESDE PRIMEROS ESTADÍOS HASTA COSECHA).
- DIFERENCIACIÓN MANEJO (EJEMPLO :RECOLECTADA/SIN RECOLECTAR).
- EVALUACIÓN DE DESARROLLO (ANCHURA, S.S.) Y MADUREZ (NDVI PERIFERICO).
- ETC...

RESUMEN Y CONCLUSIONES FASE 1

- **ES FACTIBLE MONITORIZAR EL CULTIVO MEDIANTE EL ESTUDIO DE INDICES DE VEGETACIÓN. NDVI Y GNDVI (VALIDOS TODO EL CICLO) SAVI, SAVI2 (DIFERENCIACIÓN ESTADIOS TEMPRANOS SUELO PLANTA)**
- **LA CORRELACIÓN ENTRE NDVI T vs NDVI A ES MUY ALTA ($0.607 < R^2 < 0.90$), LO CUAL INDICA LA BONDAD DE LOS DATOS DE AIRE/TIERRA Y LA VALIDEZ DE AMBOS SENSORES (MULTIESPECTRAL Y GREENSEEKER) PARA DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE CONTROL.**
- **SE HA ESTUDIADO LA EVOLUCIÓN DE LOS DATOS EN CADA PERIODO FENOLÓGICO, OBTENIENDOSE CURVAS DE EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS FRENTE AL DESARROLLO DEL CULTIVO QUE SERVIRÁN PARA EVALUAR Y PROGRAMAR FECHAS DE VUELOS EN SEGUNDA FASE.**
- **SE CONSIDERA NECESARIA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE SUELOS EN ZONAS DIFERENCIADAS PARA COMPLEMENTAR EL ANÁLISIS EN LA SEGUNDA FASE DEL PROYECTO DOCUMENTANDO ORIGEN DE VARIABILIDADES INTRAPARCELARIAS DETECTADAS. (GRANULOMETRIAS Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA).**

**MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN**

Madrid 28 de septiembre de 2017

CARLOS ORTEGA POLO

GRADO EN INGENIERÍA DE LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS

620285879

ortecarlos@gmail.com