

JORNADA SOBRE EFICIENCIA HÍDRICA Y ENERGÉTICA EN PROYECTOS DE I+D+i H2020

OPTIREG: GESTIÓN EFICIENTE DE REGADÍOS

EFICIENCIA HIDRICA



Ángel Rubio Melón

Rosario Escudero Barbero

ÍNDICE

- Qué es la eficiencia hídrica.
- Mejora de la eficiencia hídrica.
- Programación de riegos.
- Teledetección con satélites.
- Teledetección con RPAS.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Retos a futuro.

Definición de eficiencia hídrica

❑ Qué es la eficiencia hídrica.

- ✓ El menor consumo de agua para obtener una determinada cantidad de cosecha. (m^3 de agua/kgr de materia seca).
- ✓ El menor consumo de agua por ha, para obtener la misma cosecha. (m^3/ha).
- ✓ Aplicación del agua justa en el momento justo

Mejora de la eficiencia hídrica

- ✓ Reduciendo las pérdidas de agua en los canales generales.
- ✓ Disminuyendo las pérdidas en la red de distribución. Control avanzado de control de fugas



Grupo Tragsa



Mejora de la eficiencia hídrica

- ✓ Mejorando las instalaciones en parcela. Tener en cuenta el coeficiente de uniformidad (CU).
 - Limitando las pérdidas en las instalaciones de parcela.
 - Cálculo de las pérdidas de carga (tubería, aspersor).
 - En la elección de la instalación de la parcela, tener en cuenta disponibilidad de agua y presión.
 - Diseñar la instalación con criterios de ahorro y eficiencia.



Mejora de la eficiencia hídrica

- ✓ Actuando sobre la programación del riego.
 - Dosis.
 - Frecuencia.
 - Momento de aplicación. Riego nocturno.
 - Menos viento.
 - Menos evaporación.
 - Mas barato.

Programación de riegos

- ❑ **Como se programan riegos en la gestión y mantenimiento de regadíos.**
 - ✓ Los regantes solicitan el riego por teléfono.
 - ✓ Los regantes solicitan el riego a través de un Smartphone o de la página web.
 - ✓ Por vez: basado en las necesidades de los cultivos, estableciendo unos días fijos de riego.
 - ✓ Por ETP: el programa automáticamente lanza los riegos en función de las necesidades de los cultivos y basado en el balance de agua, según FAO 56

Programación de riegos

■ Como se programan los riegos por ETP

- ✓ El objetivo de la programación de riegos basado en el balance de agua, es mantener el nivel de agua en el suelo (NAS), a base de reponer la evapotranspiración del cultivo (ET_C) acumulada desde el último riego.
- ✓ La ecuación del balance de agua está basada en la FAO 56 y es la siguiente:

$$NAS_T = NAS_{T-1} + R_E + P_E - ET_C$$

$$ET_C = ET_0 \times K_C$$

NAS_T = Nivel de agua en el suelo para el día t.

NAS_{T-1} = Nivel de agua en el suelo del día anterior.

R_E = Riego efectivo.

P_E = Precipitación efectiva.

ET_C = Evapotranspiración del cultivo.

ET_0 = Evapotranspiración de referencia.

K_C = Coeficiente del cultivo.

Programación de riegos

❑ Como se obtienen los datos de la ET_0 .

- ✓ AEMET con 7 días de antelación, envía los datos de temperatura máxima, temperatura mínima y velocidad del viento. Aplicando el método de FAO Penman-Monteith calculamos la ET_0 , pero el resto de datos de la fórmula (humedad y radiación) son estimados a través de los datos de temperatura, tal y como se presenta en la Guía N°56 FAO.
- ✓ Cada día se ajusta la ET_0 , a los datos de predicción de AEMET.
- ✓ La ET_0 se ajusta finalmente con los datos de observación de la RED SIAR, o de las estaciones meteorológicas de cada sector de riego.

- ✓ Fórmula de Penman-Monteith

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (6)$$

donde:

ET_0	evapotranspiración de referencia (mm día^{-1})
R_n	radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)
R_s	radiación extraterrestre (mm día^{-1})
G	flujo del calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)
T	temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$)
u_2	velocidad del viento a 2 m de altura (m s^{-1})
e_s	presión de vapor de saturación (kPa)
e_a	presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$	déficit de presión de vapor (kPa)
Δ	pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)
γ	constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

Programación de riegos

- ❑ **Datos para obtener la precipitación efectiva.**
- ✓ De los datos de las estaciones meteorológicas de la RED SIAR y de las propias estaciones de las Comunidades de Regantes.

Precipitación efectiva (P_E).

$$P_E = 1,9 \times [f(\text{DAS}) [1,25 P^{0,824} - 2,93] 10^{0,000955 \text{ ET}}]$$
$$f(\text{DAS}) = 0,53 + 0,0116 \text{ DAS} - 8,94 \cdot 10^{-5} \text{ DAS}^2 + 2,32 \cdot 10^{-7} \text{ DAS}^3$$

Programación de riegos

- ☐ Valores de ET_0 para previsiones de días diferentes.



Programación de riegos

☐ Datos del suelo para definir la UDr

The screenshot displays the 'Agua Util por UdR' software interface. The main window is titled 'Agua Util por UdR' and contains several tabs: COMUNIDAD, TOPONIMIA, RED HIDRÁULICA, CULTIVOS, ETP, TELEGESTIÓN, PLANIFICACIÓN, DATOS ECONÓMICOS, CONFIGURACIÓN, and COMPROBAR ACTIVACIÓN. The 'ETP' tab is active.

Datos de suelo

- Tipo de suelo: FRANCO ARENOSO
- Capacidad de campo: 260,000 mm
- Punto marchitez: 110,000 mm
- Margen de riego: 50 %
- Momento de riego: 226,25 mm
- NAP: 159,5 mm
- KDosis: 0,180

Dosis y datos Agua en Suelo

- Calcular NAS
- Sugerir fecha petición en ETP
- Realizar petición automática
- NAS: 246,92 mm (08/10/2014)
- Ajuste KC: 1,000 (01/06/2014)
- Dosis recomendada (mm): 25,00
- Dosis ordenada (mm): 15
- Dosis mínima (mm): 10,00

Datos del cultivo para cálculo ETP

- KNAP: 0,67
- Prof. Radicular (m.): 1,00
- Días cultivo: 171

PERÍODOS VARIEDAD (Valores actuales)

Días desde siembra	KC
25	0,400
60	1,050
120	1,050
160	0,800

Ajustes de KC

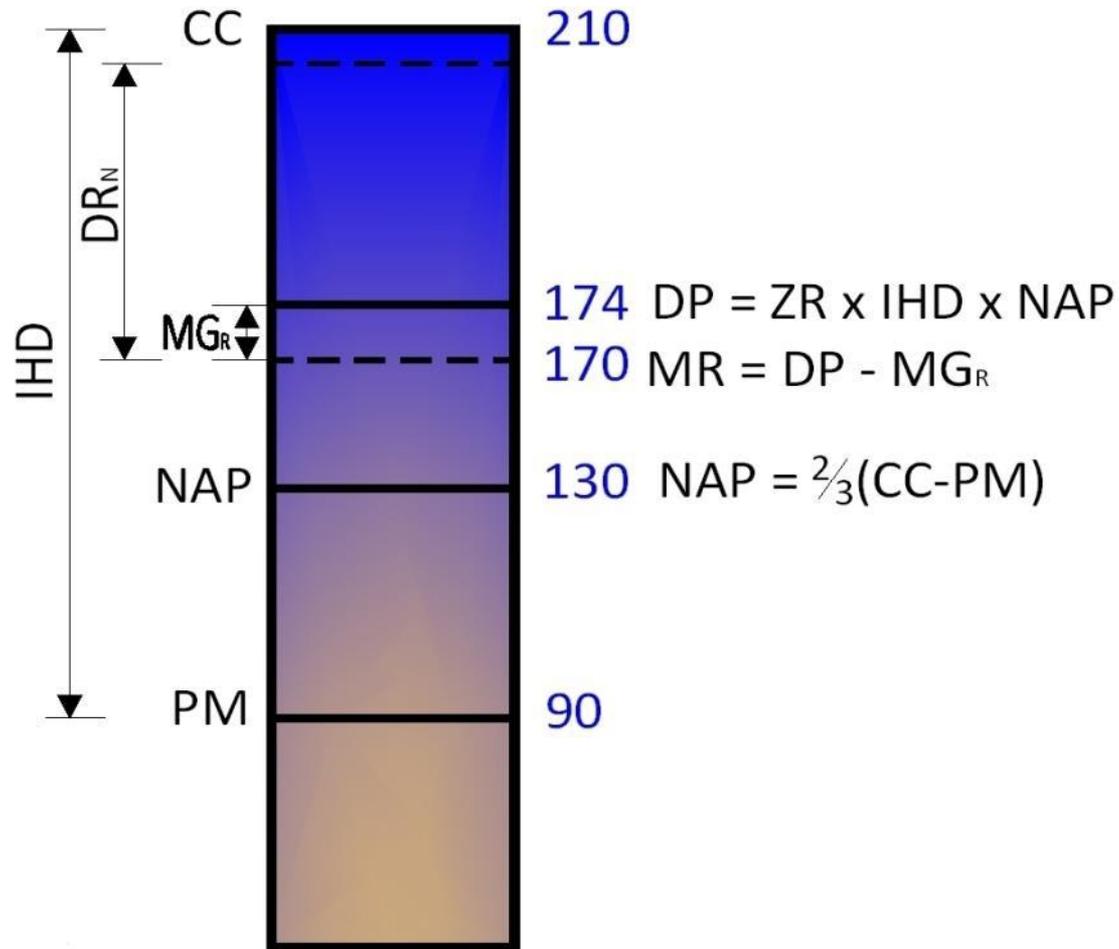
Gráfico de Ajustes de KC. El eje Y es 'Ajuste KC' (0,00 a 2,00) y el eje X es 'Fecha ajuste' (01 junio). Se muestra un punto de ajuste en 1,000.

Valores KC

Gráfico de Valores KC. El eje Y es 'KC' (0,00 a 2,50) y el eje X es 'Días desde siembra' (0 a 180). Se muestra una línea de valores de KC que fluctúa entre 0,400 y 1,050.

Programación de riegos

□ Gráfico del nivel de agua en el suelo



Programación de riegos

☐ Datos para el calculo de la programación de riegos.

Cálculo de ETP

Sector: [Sin selección] F.Inicio: 10/04/2016 F.Fin: 11/04/2016 Sólo con variación en reservas Hacer peticiones Fecha anulación: 12/04/2016

Seleccionar todas Ocultar datos de cultivo, sistema de riego y suelo Datos erróneos Aviso

Haga doble click sobre la unidad de riego si desea modificar sus datos

Sel	Mod.	Regante	Unidad de riego													Parcela							
			NURiego	F.Inicio ETP	F.Fin ETP	T. min riego	T. máx riego	Cálculo NAS	Sug.	Fecha Petición	Dosis reco	Dosis ordenada	Dosis min (A, K.C)	F.NAS	NAS	NAS Último	FNAS Último	Inic. NAS	Est. Pluv	Est. ET	Est. Predic		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MIGUEL-ANGEL GARCIA RODRIGUEZ	25-2	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	0.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
Hidranete: 336																							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ELIDIO SANCHEZ REGUERO	28-1	01/06/2015	01/11/2015	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00					<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
Hidranete: 337																							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	S.C. OTERO DE VILLABONILLOS	7-1	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00	01/06/20...	0	0	01/06/2015	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	S.C. OTERO DE VILLABONILLOS	7-2	01/06/2015	01/11/2015	24	72	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25.00	15.00	10.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	S.C. OTERO DE VILLABONILLOS	7-3	01/06/2015	01/11/2015	24	72	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25.00	15.00	10.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	S.C. OTERO DE VILLABONILLOS	7-4	01/06/2015	01/11/2015	24	72	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25.00	15.00	10.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	S.C. OTERO DE VILLABONILLOS	7-5	01/06/2015	01/11/2015	24	72	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25.00	15.00	10.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	JOSE-MANUEL POZO LIEBANA	46-1	01/06/2015	01/11/2015	8	72	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25.00	15.00	10.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
Hidranete: 338																							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	JOSE-MANUEL POZO LIEBANA	48-1	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00	01/07/20...	300.85	300.85	01/07/2015	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FERNANDO SANTAMARTA VEGA	5-1	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25.00	15.00	10.00	1.00	09/07/20...	162.86	162.86	09/07/2015	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FERNANDO SANTAMARTA VEGA	5-2	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25.00	15.00	10.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
Hidranete: 339																							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	JESUS-MARIA BLANCO CACHAN	3-1	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00					<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IVAN GONZALEZ MIGUELEZ	50-1	01/06/2015	01/11/2015	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00					<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
Hidranete: 34																							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MIGUEL-ANGEL GARCIA RODRIGUEZ	84-1	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MIGUEL-ANGEL GARCIA RODRIGUEZ	84-2	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
Hidranete: 340																							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MOISES RODRIGUEZ MARTINEZ	51-1	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00					<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MAXIMINO GONZALEZ BARRIO	1-1	01/06/2015	01/11/2015	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00					<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARACELI PEREZ UGIDOS	2-1	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00					<input type="checkbox"/>	Itacy_Cubillas	Itacy_Cubillas	Pred_AEMET_Cubillas
Hidranete: 341																							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MARIANO FRESNO ALONSO	102-1	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25.00	15.00	10.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MARIANO FRESNO ALONSO	102-2	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25.00	15.00	10.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MARIANO FRESNO ALONSO	102-3	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MARIANO FRESNO ALONSO	102-4	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00	04/02/20...	0	0	04/02/2016	<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ANGELY-PEDRO FRESNO CAÑO	87-1	01/06/2015	01/11/2015	8	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34.00	34.00	0.00	1.00					<input type="checkbox"/>	Sector IV-B	Sector IV-B	Pred_AEMET_Cubillas
Hidranete: 342																							

Establecer NAS Fijo al valor con fecha Calcular NAS Lluvia

Aportación de usuario al valor con fecha Sugerir petición ET

Fijar último NAS calculado en fecha <- Hacer petición Predicción

Recalcular dosis recomendada Dosis riego mín mm

Recalcular dosis ordenada Tiempo mín entre riegos horas

Reasignar periodos de la variedad a todas las UDR Actualizar los valores de tipo de riego a todas las UDR Actualizar los valores de suelo a todas las UDR

Programación de riegos

Gráfico de la evolución del agua en la UDr



Programación de riegos

- **Incertidumbres para la programación de riegos por el balance de agua (FAO 56).**
 - La ET_0 queda resuelta con las variables atmosféricas.
 - La K_c , está muy condicionada por diversos factores, que genera incertidumbre su valor:
 - ✓ Tipo de cultivo
 - ✓ Fecha de siembra
 - ✓ Etapas de crecimiento.
 - Variedad
 - Clima
 - Prácticas agrícolas.

TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

La Teledetección vía satélite, es una tecnología que puede integrarse en los sistemas de telecontrol de riego contribuyendo a una mayor eficiencia hídrica, resolviendo la incertidumbre del cálculo de la K_c .

En los últimos años se han producido enormes mejoras en los sensores, optimizando sus características de:

- Resolución espacial, con tamaños de pixel de hasta 30 y 50 cm.
- Resolución espectral, con un mayor número de bandas.
- Resolución radiométrica, con mayor sensibilidad (10-12 bit).
- La resolución temporal, gracias a las constelaciones estos periodos se reducen consiguiendo periodos de revisita de menos de una semana.

Además de la apertura de los archivos de imágenes de media resolución de la NASA (Landsat) y ESA (Sentinel).

TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

❑ Características de los satélites utilizadas en las Comunidades de Regantes gestionadas, campaña 2016:

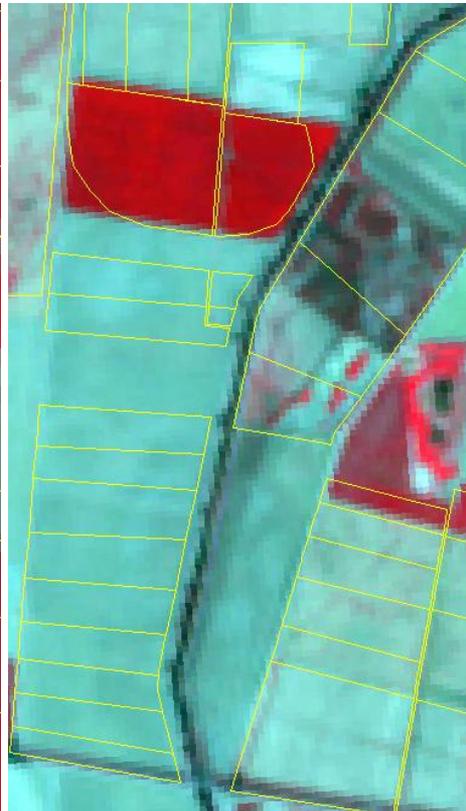
Satélite y sensor	Ancho de pasada (Swath) en Km	Resolución espectral (nº de bandas y rango espectral)	Resolución espacial de las bandas Ms y Pan	Resolución temporal
LANDSAT 8 OLI	185	10 bandas: Visible, IRC, IRM	30 m Ms 15 m Pan	16 días (8 en zona de solape)
SENTINEL 2A MSI	290	13 bandas: Visible, Borde del Rojo, IRC, IRM	10 a 60 m Ms	10 días
PLÉIADES	20	4 bandas: Visible, IRC	2 m Ms 0.5 m Pan	Programadas 6 imágenes entre Mayo y Septiembre

TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

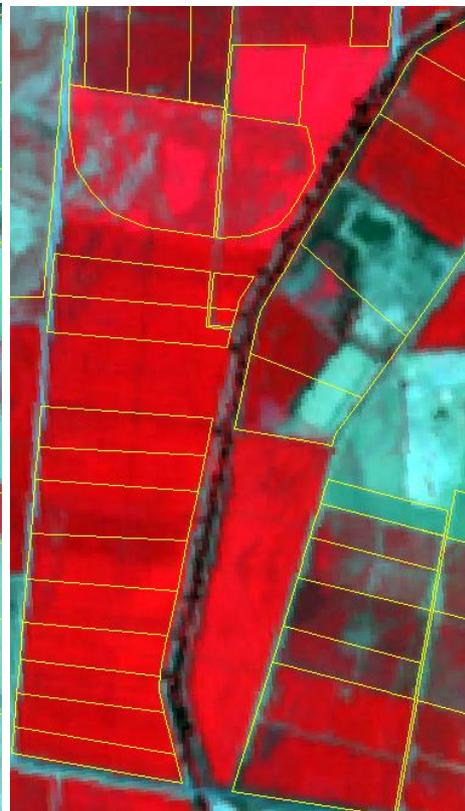
☐ Resolución espacial compuesto falso color: IRC (R) Rojo (G) Verde (B)



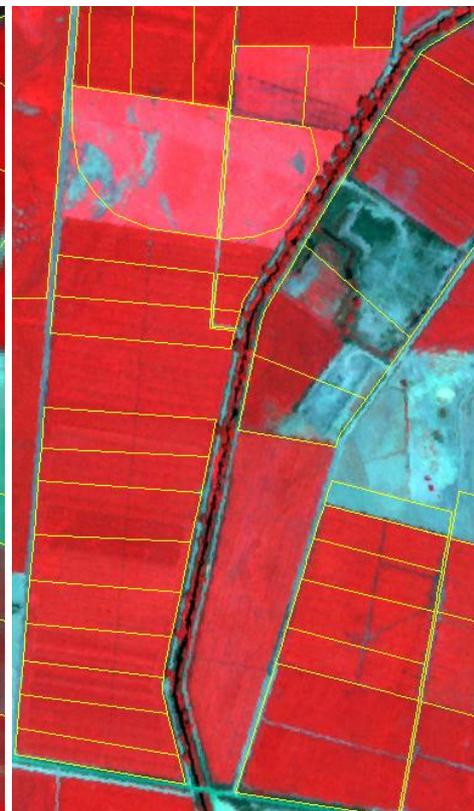
Landsat 8 (30 m)
21/07/2015



Sentinel 2 (10 m)
07/04/2016



Spot 7 (6 m)
15/07/2015



Pléiades (2 m)
25/05/2015

TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

■ Determinación de la K_c basada en la teledetección:

- **NVDI** (*Normalized Difference Vegetation Index*), índice de vegetación con significado biofísico, que informa de la actividad fotosintética de la plantas. Este índice se calcula a partir de las bandas roja (R) e infrarroja cercana (IRC) del espectro electromagnético, donde la diferencia en los valores de reflectividad para la vegetación sana son mayores. Su valor varía entre -1 y 1.

$$\text{NVDI} = (\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R})$$

$$K_c = K_{cb} * K_s + K_e$$

K_c : coeficiente de cultivo.

K_{cb} : coeficiente de cultivo basal o coeficiente de transpiración.

K_s : coeficiente evaporativo del suelo.

K_e : coeficiente evaporativo.

Nosotros hemos adoptado la fórmula de Calera et al, 2014 de la Universidad de Albacete.

$$K_c = 1,25 * \text{NVDI} + 0,1$$

Teniendo en cuenta que la utilizamos para riegos por pivot y aspersión en cultivos herbáceos.

TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

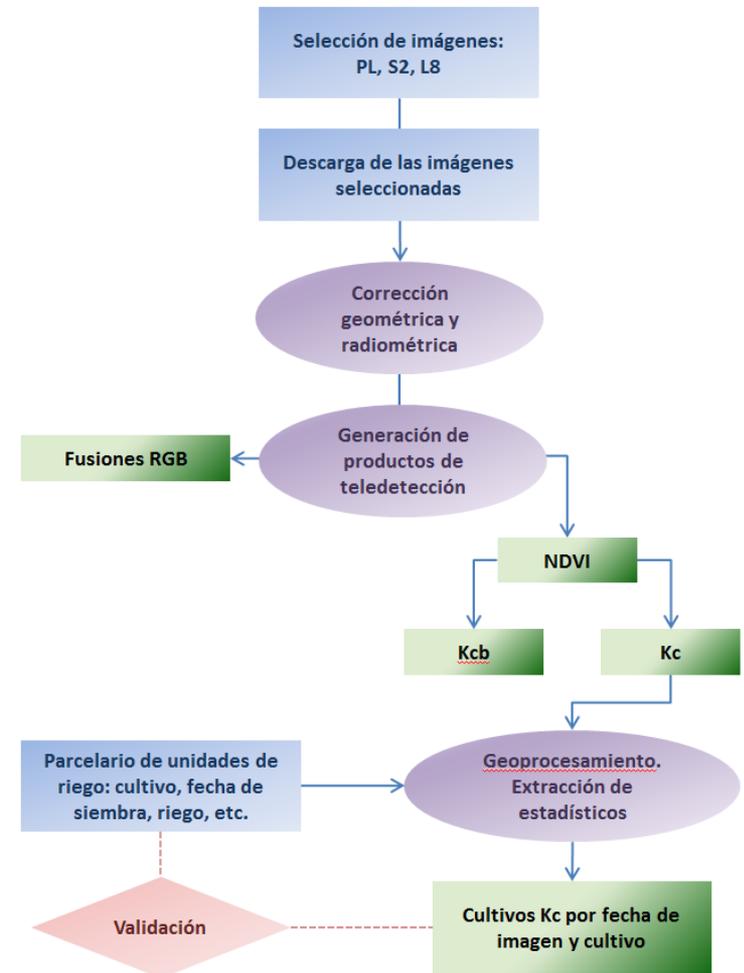
□ Procesado de imágenes y obtención de productos derivados

- Selección de sensores, programación y gestión de capturas a lo largo de la campaña.
- Descarga y procesado de imágenes:
 - ✓ Georreferenciación (solo imágenes PL)
 - ✓ Generación de mosaicos sin nubes
 - ✓ Obtención del producto RGB para FI (para L8 y PL producto de fusión)
 - ✓ Generación de reflectividades TOA para PL
- * L8 y S2 se suministran georreferenciadas y en valores de reflectividad TOA
- Cálculo de NDVI:

$$\text{NDVI} = (\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R})$$

Siendo IR la reflectividad del infrarrojo cercano y R la reflectividad de la banda roja
- Cálculo de Kc:

$$\text{Kc} = 1.25 * \text{NDVI} + 0.1 \text{ (Calera et al., 2014)}$$
- Cruce espacial con el parcelario → estadísticas de Kc media por unidad de riego



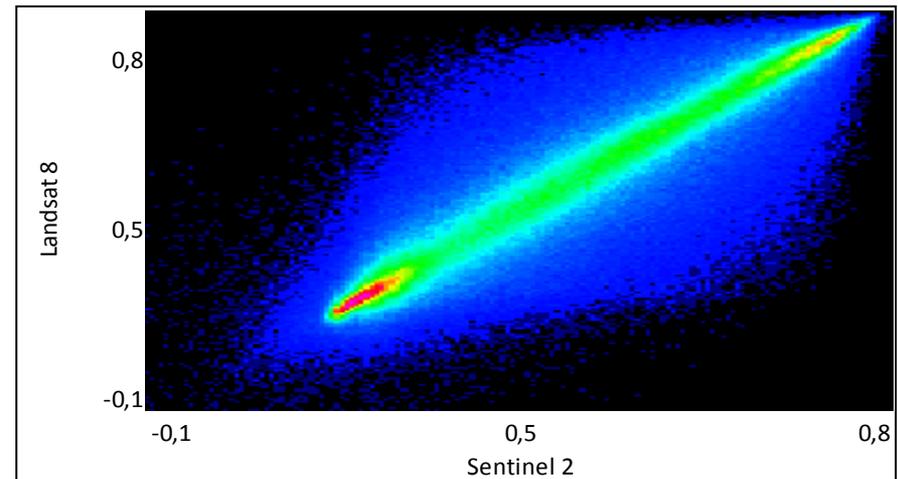
TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

Al trabajar en valores de reflectividades TOA (calibración radiométrica) se asegura la consistencia de las imágenes con independencia del sensor.

Comparación de los valores de $NDVI_{TOA}$ de las imágenes Landsat8 y Sentinel2.

Correlación del NDVI L8/S2 para una imagen del 12/03/2016

Recta de regresión $\rightarrow 0,91 x + 0,03$
 $R^2: 0,9$



TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

TELEDETECCIÓN CERCANA



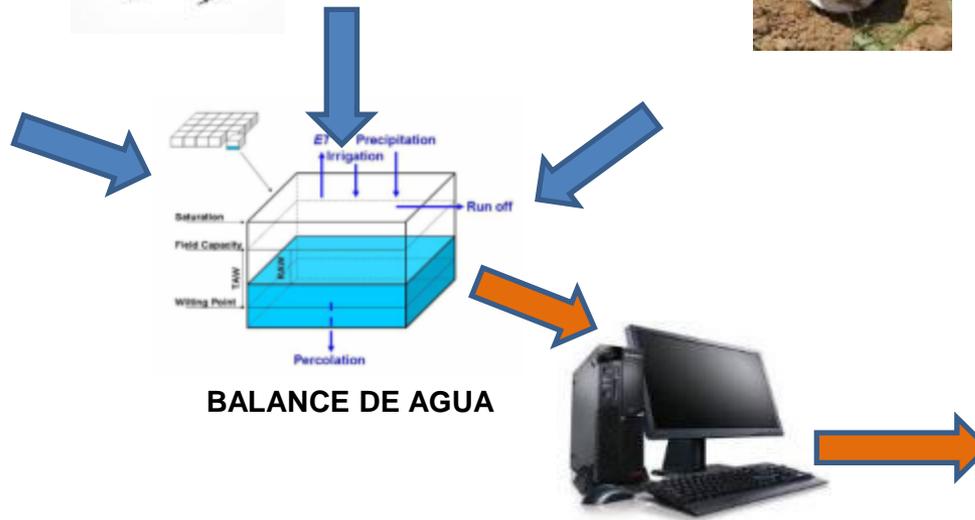
REDES AGROCLIMÁTICAS



PROPIEDADES Y HUMEDAD DEL SUELO



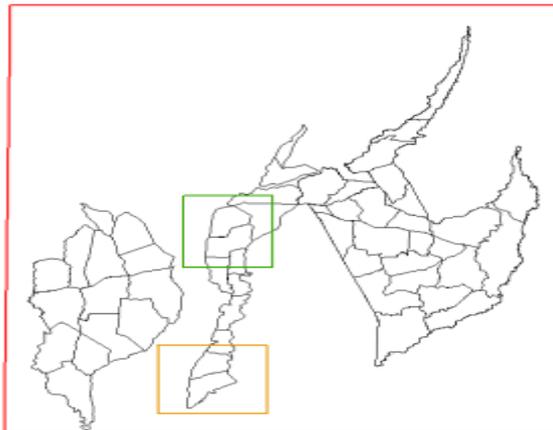
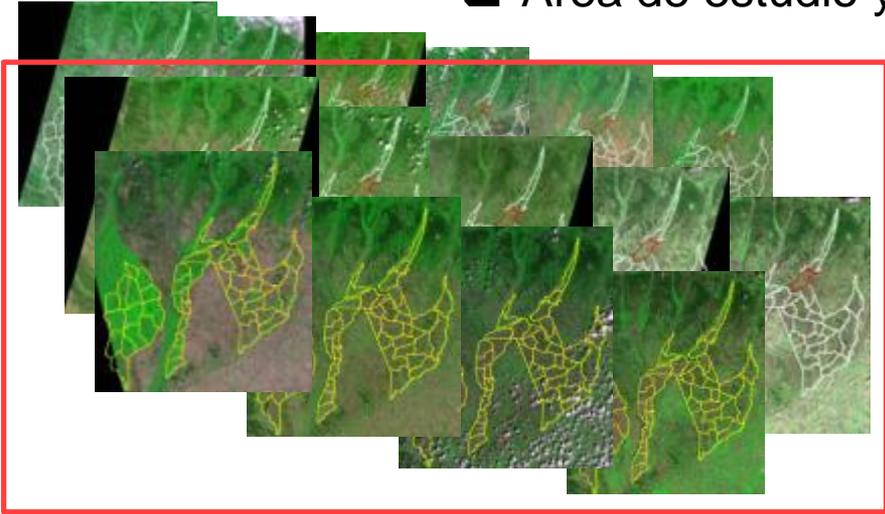
GESTIÓN DEL RIEGO POR BALANCE DE AGUA EN EL SUELO



BALANCE DE AGUA

TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

□ Área de estudio y calendario de imágenes en 2014 y 2015.



PROGRAMACIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE SOBRE LAS ZONAS DE OPTIREG 2015

MARZO							ABRIL							MAYO							
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	
						1				1	2	3	4	5						1	3
2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12	4	5	6	7	8	9	10	
9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19	11	12	13	14	15	16	17	
16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26	18	19	20	21	22	23	24	
23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30				25	26	27	28	29	30	31	
30	31																				

JUNIO							JULIO							AGOSTO						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9
8	9	10	11	12	13	14	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16
15	16	17	18	19	20	21	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23
22	23	24	25	26	27	28	27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30
29	30													31						

SEPTIEMBRE							OCTUBRE						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4
7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10	11
14	15	16	17	18	19	20	12	13	14	15	16	17	18
21	22	23	24	25	26	27	19	20	21	22	23	24	25
28	29	30					26	27	28	29	30	31	

IMÁGENES LANDSAT-8

Escenas 202-30 Y 31 ■

Escenas 203-30 Y 31 ■

Imagen no valida nubes ■

Imagen fuera de campaña ✕

IMÁGENES PLEIADES

Escenas Zona Porma ■

Seguimiento captura □

Imagen no capturada ■

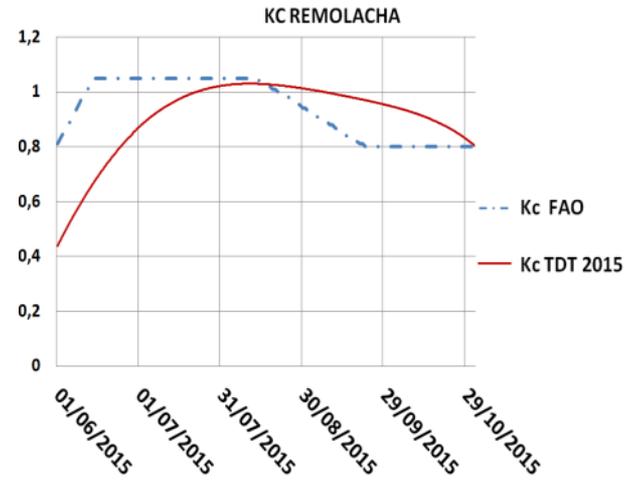
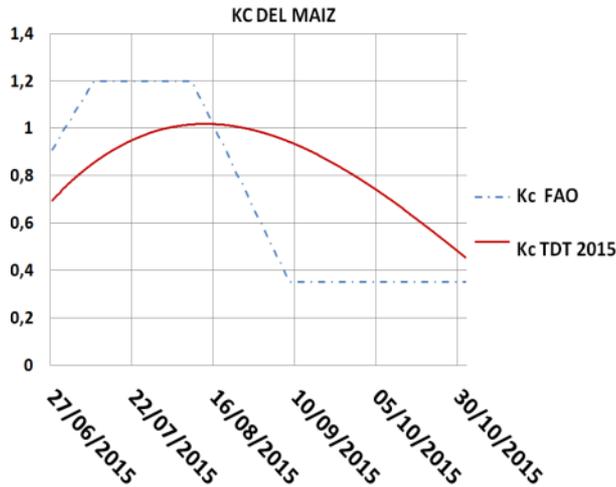
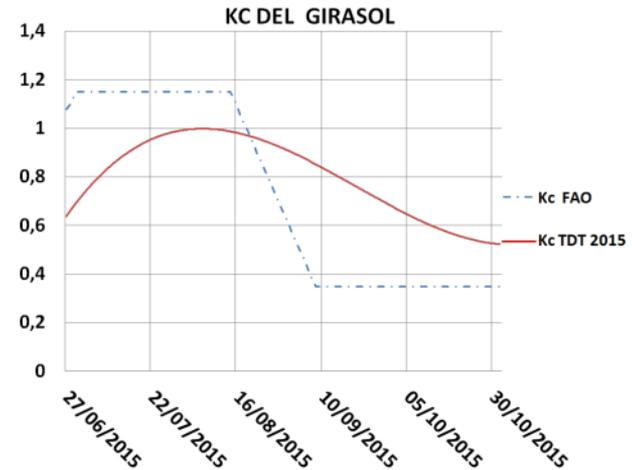
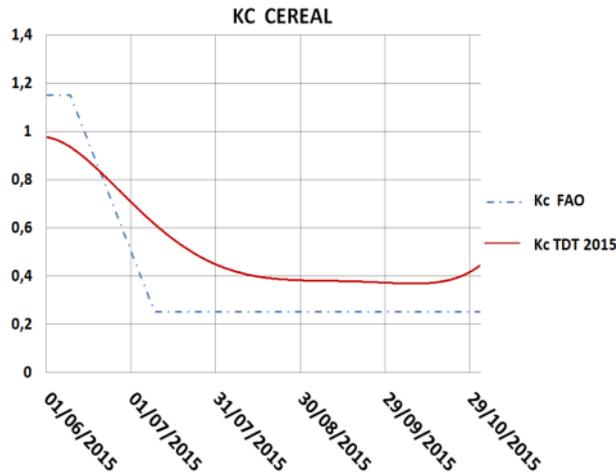
IMÁGENES SPOT 6 y 7

Escena sector IX y X ■

Escena Zona Porma ■

TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

- Comparativa de las curvas del K_c obtenida por teledetección y curva FAO para cereal, girasol, maíz y remolacha .



TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES□ Comparativa de las ET_c acumuladas

	27 de Junio a 31 de Octubre	1 de Junio a 31 de Octubre	1 de Junio a 15 de Julio	27 de Junio a 30 de Septiembre
Cultivo	Maíz (2015)	Remolacha (2015)	Cereal (2015)	Girasol (2015)
ET_c (K_c FAO) mm	369	586	171	359
ET_c (K_c Teled.) mm	391	525	190	340
Diferencia ET_c mm	22	-61	19	-19

TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

- ❑ Cálculo de las necesidades brutas mensuales del maíz campaña 2015 (sobre 18 parcelas)

	NNHHb FAO (mm)	NNHHb Teledetección (mm)	Diferencia (ahorro) mm
Junio	26	21	-5
Julio	146	138	-8
Agosto	138	122	-16
Septiembre	49	76	27
Octubre	15	29	14

- ❑ Cálculo de las necesidades brutas mensuales de la remolacha campaña 2015 (sobre 9 parcelas)

	NNHHb FAO (mm)	NNHHb Teledetección (mm)	Diferencia (ahorro) mm
Junio	119	85	-34
Julio	181	165	-16
Agosto	143	133	-10
Septiembre	82	96	14
Octubre	39	41	2

TELEDETECCIÓN CON SATÉLITES

- Cálculo de las necesidades brutas mensuales del cereal campaña 2015 (sobre 13 parcelas)

	NNHHb FAO (mm)	NNHHb Teledetección (mm)	Diferencia (ahorro) mm
Junio	60	62	2
Julio	48	49	1

- Cálculo de las necesidades brutas mensuales del girasol campaña 2015 (sobre 2 parcelas)

	NNHHb FAO (mm)	NNHHb Teledetección (mm)	Diferencia (ahorro) mm
Junio	27	20	-7
Julio	134	111	-23
Agosto	139	134	-5
Septiembre	36	67	31
Octubre	16	28	12

TELEDETECCIÓN CON RPAS

□ Teledetección con RPAS (drones)

- Sistema RPAS
- Campaña RPAS
- Productos derivados

TELEDETECCIÓN CON RPAS

Sistema RPAS: Spread Wings S1000

- Multirroto, tipo octocóptero de uso profesional.
- Peso máximo al despegue de 12 kg y tiempo de autonomía de 10-15 minutos (en función de la carga de pago).
- Esta plataforma cuenta con sistemas de vuelo asistido y manual.

Sensores embarcados

- Cámara RGB SONY Alpha A5100 de 24 Megapíxeles.
- Cámara multispectral Tetracam Mini-MCA 6. Dispone de 6 bandas espectrales entre el verde y el infrarrojo cercano de 10 nanómetros de ancho de banda.

Espectro visible: verde			E. visible: rojo	Borde del rojo	Infrar. cercano
530 nm	550 nm	570 nm	670 nm	700 nm	800 nm

- Cámara termográfica FLIR A65. Este sensor registra información en la región del infrarrojo térmico (8-12 μm), con una resolución de 640x512 píxeles.

Plataforma Spread Wings S1000



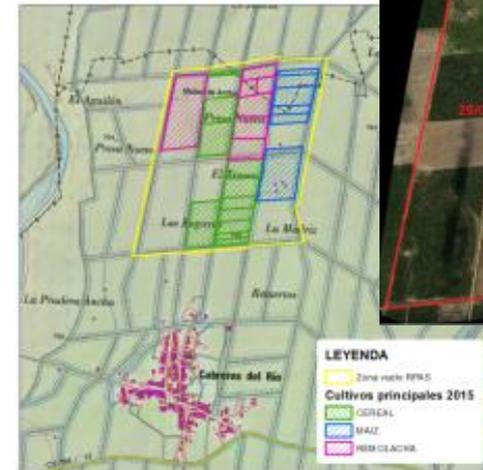
Sensores embarcados



TELEDETECCIÓN CON RPAS

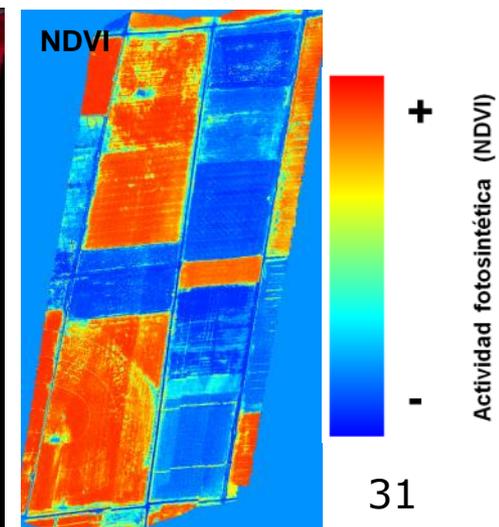
Parámetros del vuelo

	28/07/2015	29/07/2015
Altura de vuelo	120 m	120 m
Superficie volada	50 ha	50 ha
Condiciones meteorológicas	Soleado / brisa muy débil	Nubosidad variable (claros y nubes) / brisa débil
Hora de comienzo del vuelo / duración	12 h / 1 h	11:45 h / 1 h
Duración del vuelo	4 vuelos / 10-12 minutos	4 vuelos / 10-12 minutos



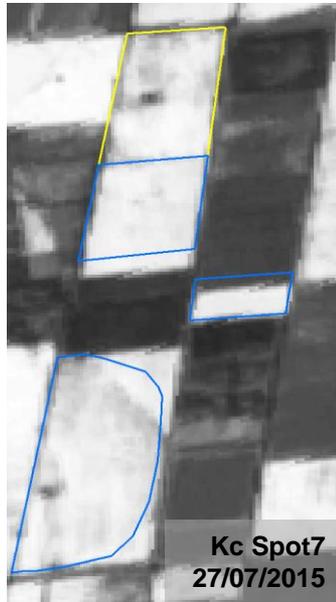
Datos entregados y procesados:

- Ortomosaico RGB de los días 28 y 29 de julio.
- Ortomosaico multiespectrales del día 29 de julio (las imágenes del día 28 están sobreexpuestas, sin que sea posible trabajar con ellas).
- Muestra de imágenes térmicas del día 28 sin telemetría (los datos del día 29 se perdieron por un fallo en la recepción de los datos).

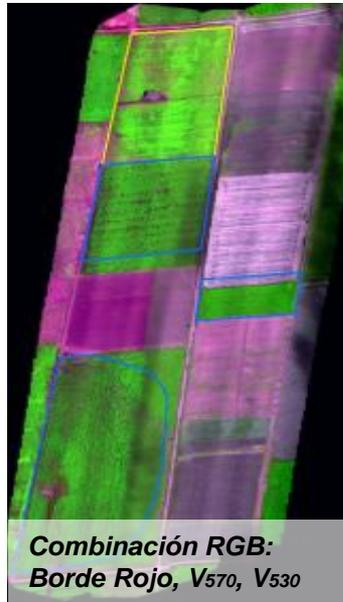


TELEDETECCIÓN CON RPAS

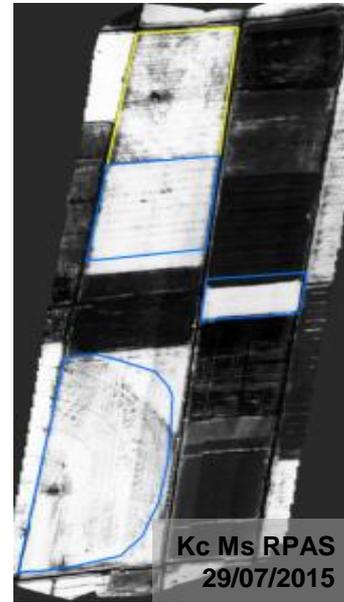
❑ COMPARACIÓN VALOR Kc ENTRE SATÉLITE/RPAS



Kc Spot7
27/07/2015



Combinación RGB:
Borde Rojo, V570, V530



Kc Ms RPAS
29/07/2015

Cultivos presentes en la zona:

- Remolacha
- Maíz

Comparación de los resultados del Kc obtenido por este método para los sensores MS satélite y RPAS. Los resultados corroboran su coherencia.

Nº de parcela	Cultivo	Kc medio Spot 7	Kc medio Ms RPAS
1	Maíz	1,08	1,05
2	Remolacha	1,00	0,98
3	Maíz	0,85	0,76
4	Maíz	1,05	1,05

Conclusiones y recomendaciones

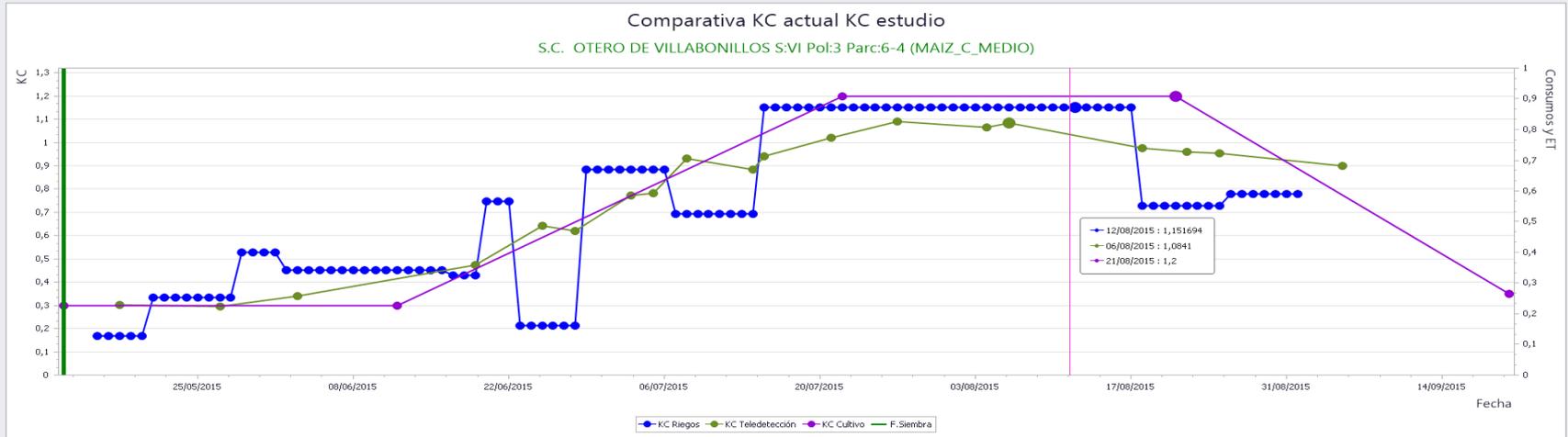
- Los resultados obtenidos hasta la fecha corroboran la hipótesis de partida de que a partir de los datos de teledetección es posible generar unas curvas de K_c más ajustada que las de FAO para los cultivos principales de la zona: maíz, remolacha, cereal y girasol.
- Pese a la diversidad de sensores utilizados, la coherencia y similitud de los valores del K_c , derivados de las imágenes de satélite, muestran la consistencia de los datos de teledetección, fruto de un procesado robusto y fiable.
- La metodología de cálculo de K_c (Calera et al, 2014) arroja resultados consistentes para los cultivos analizados.
- Las necesidades hídricas calculadas con este coeficiente de cultivo ajustado se pretende utilizarlas como información de referencia, de manera que permitan mejorar la eficiencia hídrica, no sólo en la cantidad de agua, sino también en el momento adecuado para regar.
- En el análisis de las necesidades hídricas brutas, hay diferencia en la distribución mensual de los riegos.
- Con la teledetección se elimina la incertidumbre de la K_c y por lo tanto se incrementa la eficiencia hídrica (cantidad y distribución).

Programación de riegos

Gráfico de la evolución del agua en la UDr

Gestor de ETP

Listado de curvas de KC Estudio de curva de KC Tratamiento de la curva Sumar curvas



F.Siembra estudio Días 13/05/2015 Precipitación KC Cultivo ET estudio
 KC Teledetección KC Riegos Riegos

Fecha	Consumo + Precipitación	ET	KC	Precipitación
19/06/2015	0,0000	0,0000		0,474200
25/06/2015	0,0000	0,0000		0,643600
28/06/2015	0,0000	0,0000		0,620600
03/07/2015	0,0000	0,0000		0,772800
05/07/2015	0,0000	0,0000		0,783200
08/07/2015	0,0000	0,0000		0,933400
14/07/2015	0,0000	0,0000		0,885800
15/07/2015	0,0000	0,0000		0,940700
21/07/2015	0,0000	0,0000		1,021400
27/07/2015	0,0000	0,0000		1,092500
04/08/2015	0,0000	0,0000		1,066500
06/08/2015	0,0000	0,0000		1,084100
18/08/2015	0,0000	0,0000		0,976900
22/08/2015	0,0000	0,0000		0,960000
25/08/2015	0,0000	0,0000		0,953000
05/09/2015	0,0000	0,0000		0,900000

Tabla de valores de KC

Periodo	KC	Consumo y ET
30		0,300
70		1,200
100		1,200
130		0,350

Retos a futuro

Para 2016:

- Campaña de Teledetección combinando imágenes Landsat8, Sentinel2 y Pleiades.
- Servicio web de imágenes en tiempo real y repositorio único.
- Seguimiento de la campaña agrícola por los regantes a través de la aplicación web que permitirá consultar las imágenes, el NDVI y la Kc para las unidades de riego.
- Realización de un nuevo desarrollo para la integración de la teledetección con la aplicación de telecontrol de riego en León → desarrollo propio.
- Coeficiente de homogeneidad de cultivo en UDr (CHC), analizando la variación del NDVI dentro de la parcela a lo largo de la serie de imágenes.

Retos a futuro

CALENDARIO OPTIREG LEÓN 2016

MARZO						
L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

ABRIL						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

MAYO						
L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

JUNIO						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

JULIO						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

AGOSTO						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

SEPTIEMBRE						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

OCTUBRE						
L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

IMÁGENES LANDSAT-8

Escenas 202-30 Y 31

Escenas 203-30 Y 31



IMÁGENES SENTINEL2 *

(la fecha es orientativa)



IMÁGENES PLEIADES

Sectores IV-A, B y VI de Porma

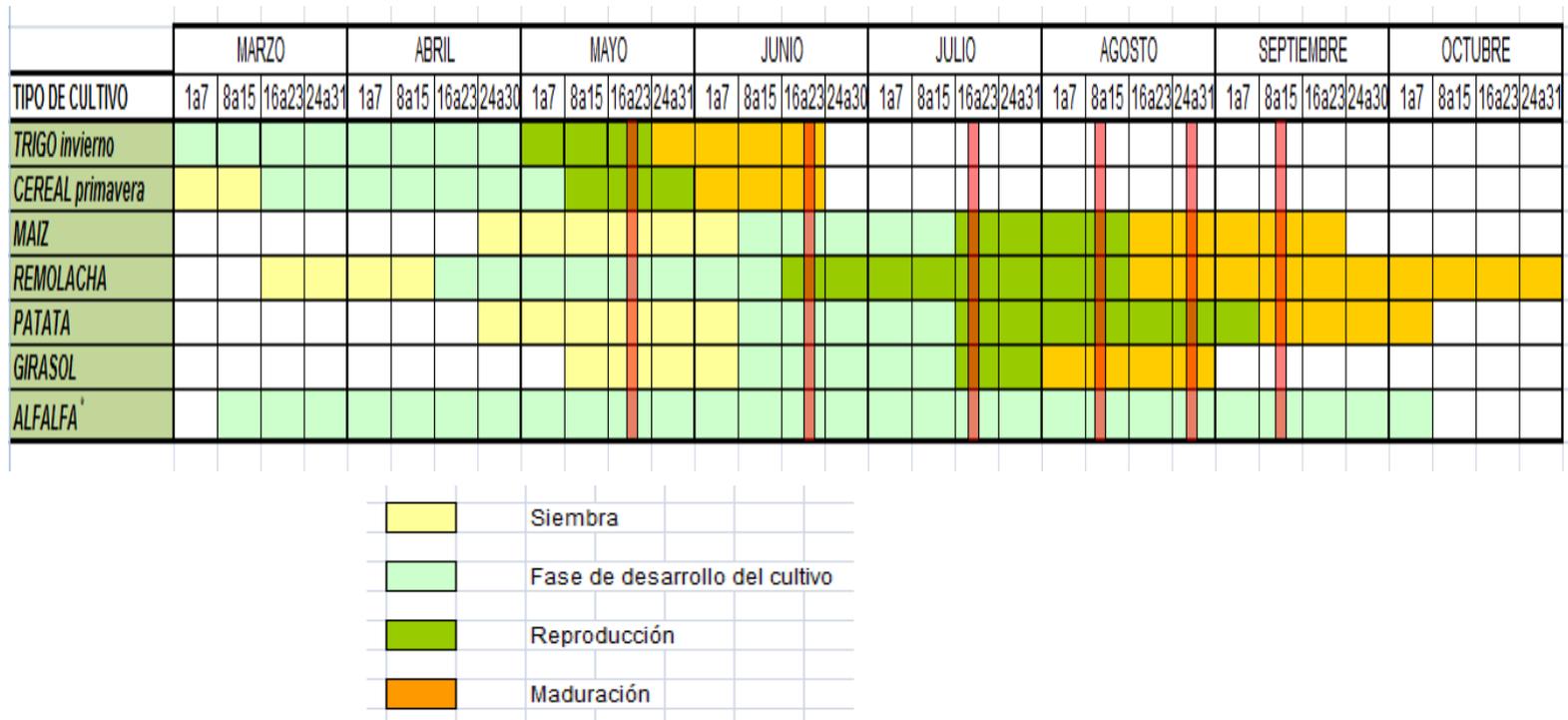


~~X~~ Nubes. Escena no válida

* En la actualidad el periodo de revisita es de 10 días

Retos a futuro

- ❑ **Calendario fenológico de cultivos y ventana de programación Pléiades (indicada con línea en rojo)**



MUCHAS GRACIAS