

**IMPLANTACIÓN DE RIEGO POR GOTEO ENTERRADO
EN CULTIVO EXTENSIVO DE MAIZ Y CEBADA
GCP-2018-0019**



OCTUBRE DE 2020

ÍNDICE

- ▶ MIEMBROS DEL GRUPO DE COOPERACIÓN "GCP-2018-0019"
- ▶ OBJETIVOS DEL PROYECTO DE COOPERACIÓN
- ▶ EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO DE COOPERACIÓN
- ▶ CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
- ▶ CULTIVOS A DESARROLLAR
 - ANUALIDAD 2018-19. CEREAL DE INVIERNO CEBADA
 - ANUALIDAD 2018-19. MAÍZ DE CICLO CORTO 2ª COSECHA
 - ANUALIDAD 2019-20. MAÍZ DE CICLO LARGO
- ▶ ESTUDIO NDVI
 - 1ª ANUALIDAD (2018-19)
 - 2ª ANUALIDAD (2019-20)
- ▶ EVALUACIÓN DEL RIEGO
 - CEREAL DE INVIERNO CEBADA
 - MAÍZ DE CICLO CORTO 2ª COSECHA
 - MAÍZ DE CICLO LARGO
- ▶ RESULTADOS DE LOS CULTIVOS
 - CEREAL DE INVIERNO CEBADA
 - MAÍZ DE CICLO CORTO 2ª COSECHA
 - MAÍZ DE CICLO LARGO
- ▶ CONCLUSIONES

MIEMBROS DEL GRUPO DE COOPERACIÓN

GCP-2018-0019

▶ MIEMBROS BENEFICIARIOS:

- ▶ CONSULTORA DE INGENIERÍA RURAL Y AGROALIMENTARIA, S.L
(COORDINADOR)
- ▶ COMUNIDAD DE REGANTES DE BINACED-VALCARCA
- ▶ ALICIA LARDIES BARRAU

▶ CENTROS TECNOLÓGICOS:

- ▶ CISC AULA-DEI  **CSIC**
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
- ▶ CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA
DE ARAGÓN



OBJETIVOS DEL PROYECTO DE COOPERACIÓN

- ▶ Demostrar al regante, de la comunidad de Regantes de Binaced y por ende al resto de comunidades de regantes de Aragón mediante artículos y divulgación, la equivalencia y la superación en términos de producción y las ventajas del riego por goteo enterrado (RGE) para cultivos extensivos.
- ▶ Definir y documentar las condiciones agronómicas (suelo, pendiente, restos de cultivo), los criterios de diseño y manejo y mantenimiento de la instalación, haciendo hincapié en protocolizar labores y tratamientos para resolver la nascencia del maíz.
- ▶ Incidir en la viabilidad económica de las explotaciones, en la eficacia del uso de los recursos naturales y aspectos relacionados con la mitigación o adaptación al cambio climático.
- ▶ Mejorar eficiencia del recurso hídrico.
- ▶ Reducirá los costes energéticos mejorando la viabilidad económica de las explotaciones.

EMPLAZAMIENTO

El Proyecto se ha llevado a cabo en una finca situada dentro de la comunidad de regantes de Binaced (Huesca), concretamente en el polígono 30, parcelas 55, 18 y 21. El cultivo extensivo se llevará a cabo en una finca de aproximadamente 5,5 ha. La finca ya dispone del sistema de riego por goteo enterrado con seis sectorizaciones el cual se han realizado mejoras para su adaptación y automatización, instalando un data logger para el control y seguimiento de los riegos.



CARACTERISTICAS DEL SUELO

Se han tomado 12 muestras de suelo en las parcelas de estudio, dos por cada sector de riego para su análisis y estudio.

	SECTOR / PUNTO MUESTRA											
	1		2		3		4		5		6	
	P-7	P-8	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-11	P-12	P-9	P-10
PROFUNDIDAD (cm)	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
HUMEDAD C.C. (%)	24,3	21,5	13,2	21,1	16,0	17,1	27,8	31,2	31,3	30,8	28,9	30,4
HUMEDAD P.M. (%)	10,5	10,3	4,5	9,4	7,0	7,4	13,6	17,1	16,6	16,7	15,1	14,8
AGUA ÚTIL (%)	13,8	11,3	8,7	11,7	9,0	9,5	14,3	14,1	14,7	14,1	13,5	15,5
Agua Disponible (%)	48,3	39,2	30,5	41,0	31,5	34,0	49,7	49,4	51,5	49,4	48,3	54,6
AD SECTOR (mm)	43,8		35,7		32,7		49,5		50,4		51,5	
SALINIDAD (dS/m) 1:5	0,36	0,32	0,37	0,49	0,29	0,25	0,32	0,32	0,38	0,64	0,54	0,28
pH 1:2,5	8,2	8,6	10,0	8,9	8,1	8,7	8,4	7,8	10,0	8,4	8,7	8,4
MO (%)	2,7	3,5	1,7	3,3	2,6	2,6	2,8	3,4	2,9	2,9	2,8	3,0
TEXTURA	Franco Arcillo Arenosa	Franco Arcillo Arenosa	Franco Arenosa	Franco Arcillo Arenosa	Franco Arenosa	Franco Arenosa	Franco Arcillo Arenosa	Arcillosa	Franco Arcillosa	Arcillosa	Franco Arcillosa	Franco Arcillosa

CULTIVOS A DESARROLLAR

▶ **ANUALIDAD 2018-19. CEREAL DE INVIERNO - CEBADA**

- ▶ **SIEMBRA:** 02-11-2018
- ▶ **VARIEDAD:** Cebada Gustav, dosis 190-220 kg/ha, ciclo primavera.
- ▶ **COSECHA:** 26-06-2019



CULTIVOS A DESARROLLAR

▶ ANUALIDAD 2018-19. MAÍZ DE CICLO CORTO 2ª COSECHA

- ▶ SIEMBRA: 08-07-2019
- ▶ VARIEDAD: Maíz - DKC4796YG
- ▶ COSECHA: 11-02-2020



CULTIVOS A DESARROLLAR

▶ ANUALIDAD 2019-20. MAÍZ DE CICLO LARGO

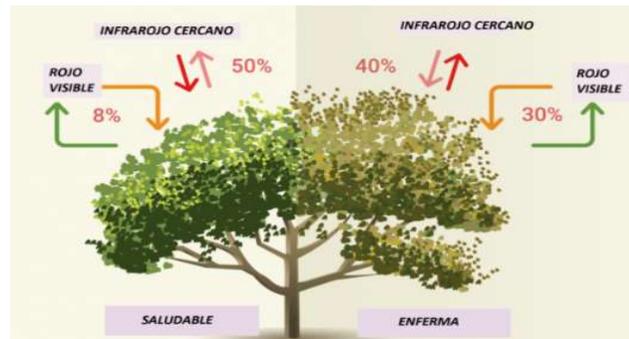
- ▶ SIEMBRA: 28-05-2020
- ▶ VARIEDAD: Maíz P0937Y; Maíz P0937
- ▶ COSECHA: 03-10-2020



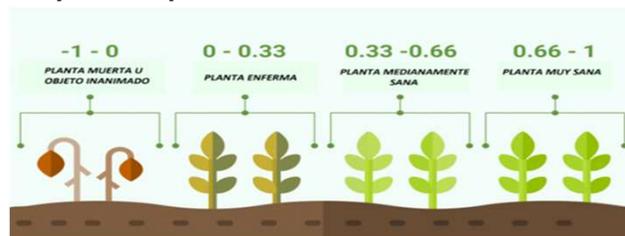
ESTUDIO NDVI

ÍNDICE DE DIFERENCIA DE VEGETACIÓN NORMALIZADO

Para el seguimiento y control de la plantación se usa la foto detección, mediante el índice NDVI. Es un índice usado para medir la diferencia normalizada entre las reflectancias del rojo y del infrarrojo cercano, proporcionando una medida sobre la cantidad, calidad y desarrollo de la cobertura vegetal y vigor en áreas extensas.

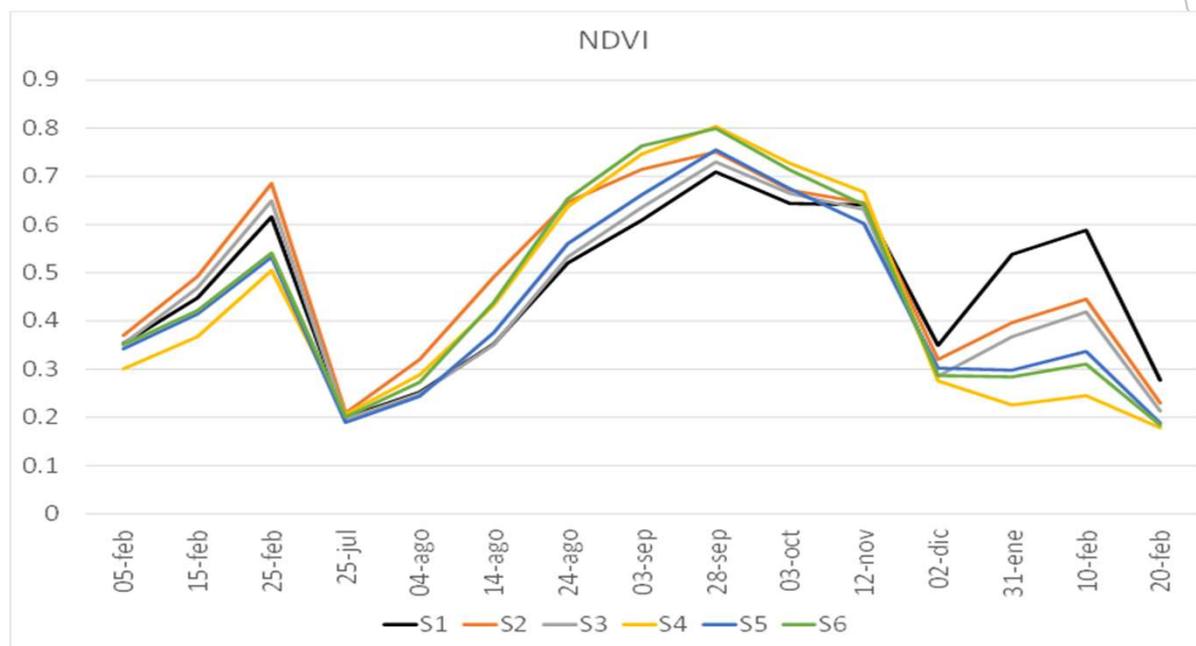


Los resultados del cálculo del NDVI varían de -1 a 1. El dosel de vegetación sano y denso debería estar por encima de 0.5, y la vegetación dispersa probablemente caerá dentro de 0.2 a 0.5, es solo una regla general y siempre debe tener en cuenta la temporada, el tipo de planta.



ESTUDIO NDVI

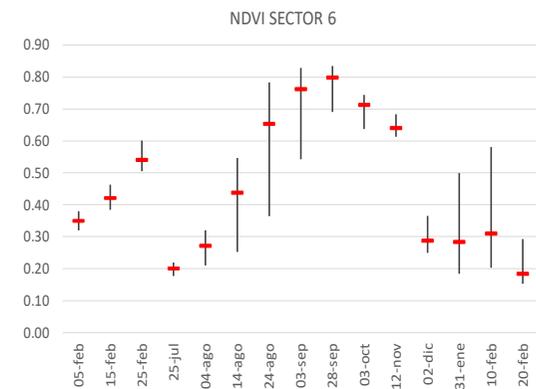
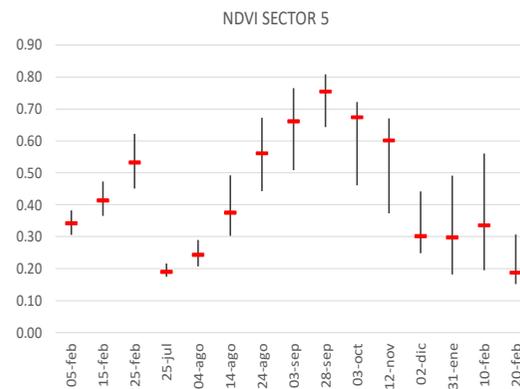
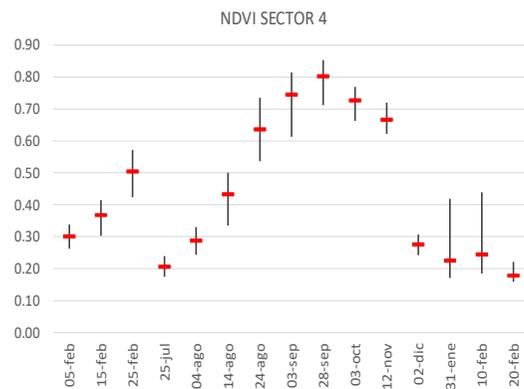
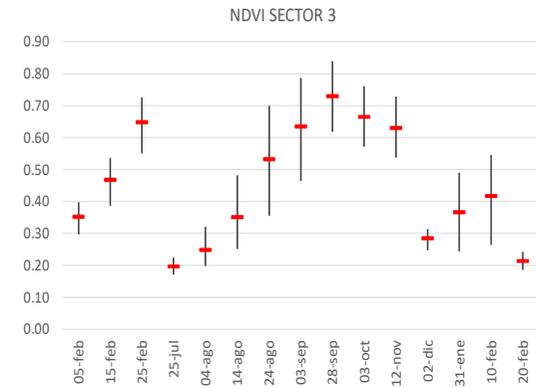
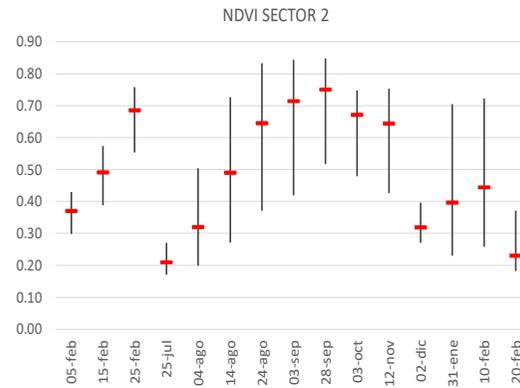
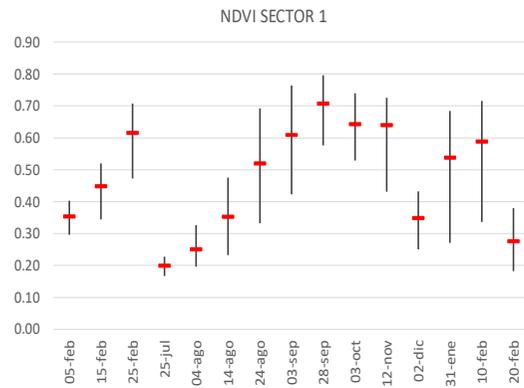
1ª ANUALIDAD (2018-19)



En el grafico puede verse cómo el NDVI de la parcela presenta dos picos debidos a los cultivos implantados, uno en primavera correspondiente al cultivo de cebada y otro en verano correspondiente al cultivo de maíz. En el grafico aparece un tercer pico a primeros del 2020 probablemente debido a la aparición de algunas malas hierbas, sobre todo en los sectores 1 y 2.

ESTUDIO NDVI

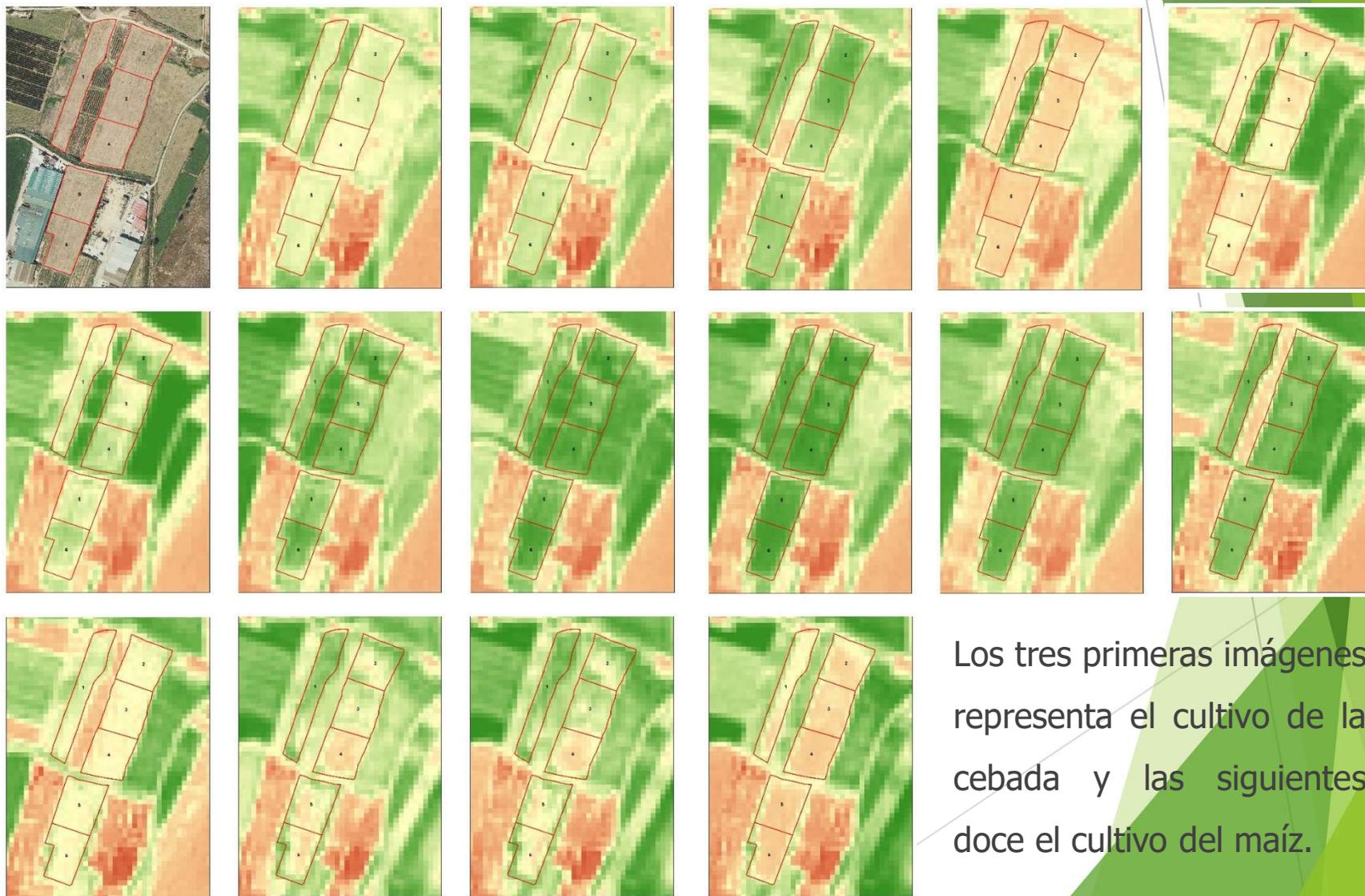
1ª ANUALIDAD (2018-19)



Valores de NDVI durante el año 2019, correspondientes al cultivo de cebada y maíz de segunda cosecha. Las líneas en cada fecha muestran el rango de valores, siendo el promedio de NDVI en cada fecha la línea roja perpendicular.

ESTUDIO NDVI

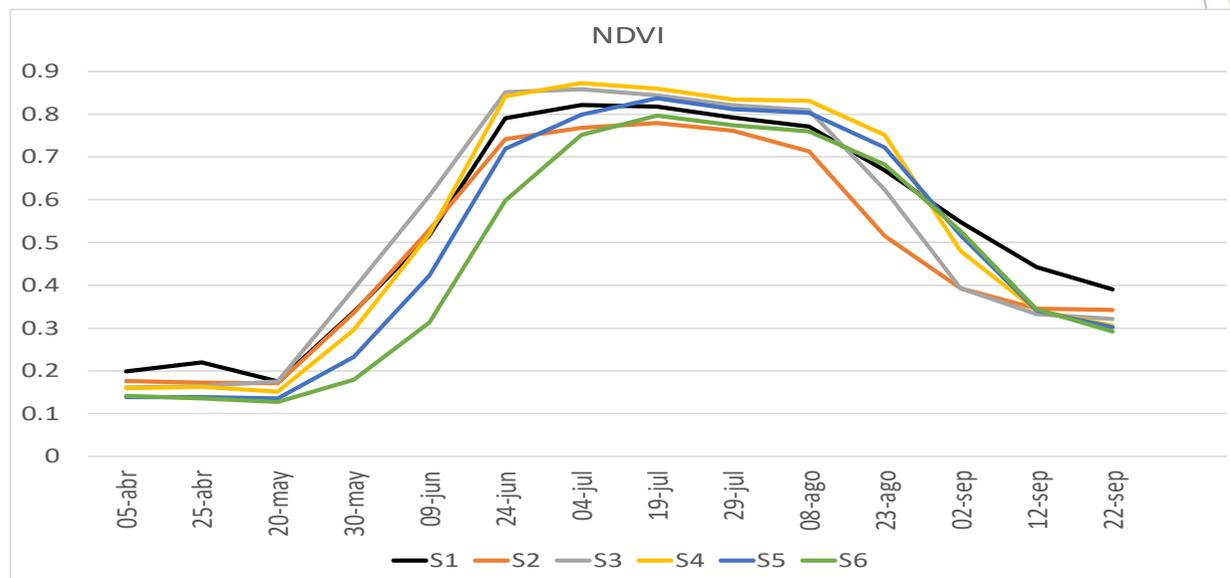
1ª ANUALIDAD / Representación bidimensional



Los tres primeras imágenes representa el cultivo de la cebada y las siguientes doce el cultivo del maíz.

ESTUDIO NDVI

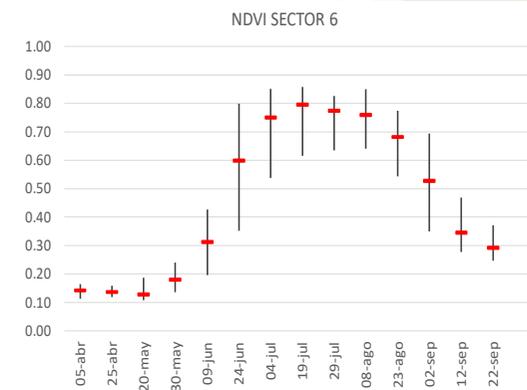
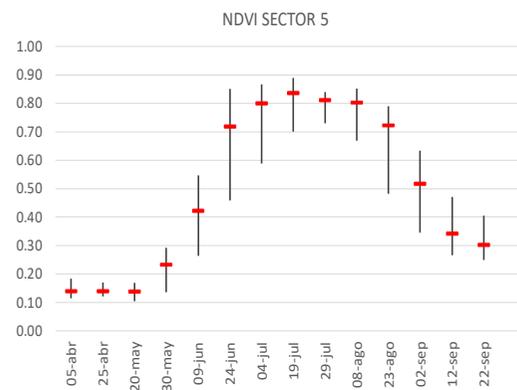
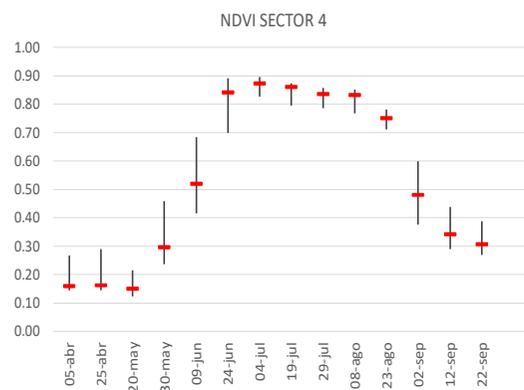
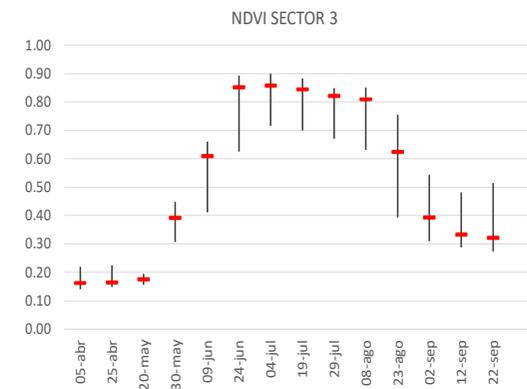
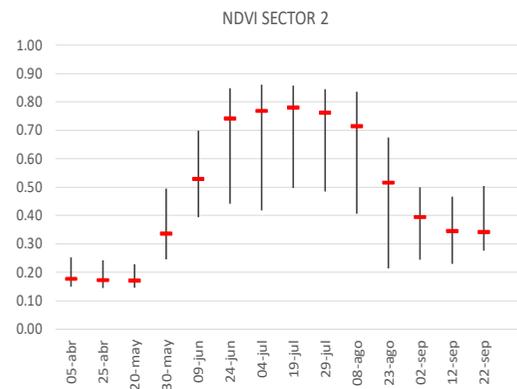
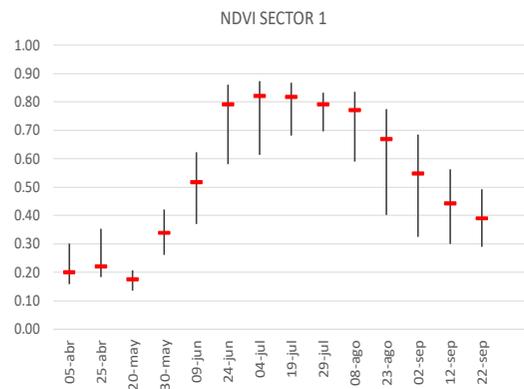
2ª ANUALIDAD (2019-20)



En el grafico puede verse cómo el NDVI de la parcela presenta un crecimiento a partir del mes de mayo hasta finales del mes de junio, que finaliza en una meseta con valores máximos durante los meses de verano (junio julio y principios de agosto), cuando el cultivo se encuentra en pleno desarrollo. El valor máximo de NDVI en la parcela (0.87) se detectó el 4 de julio en el S4.

ESTUDIO NDVI

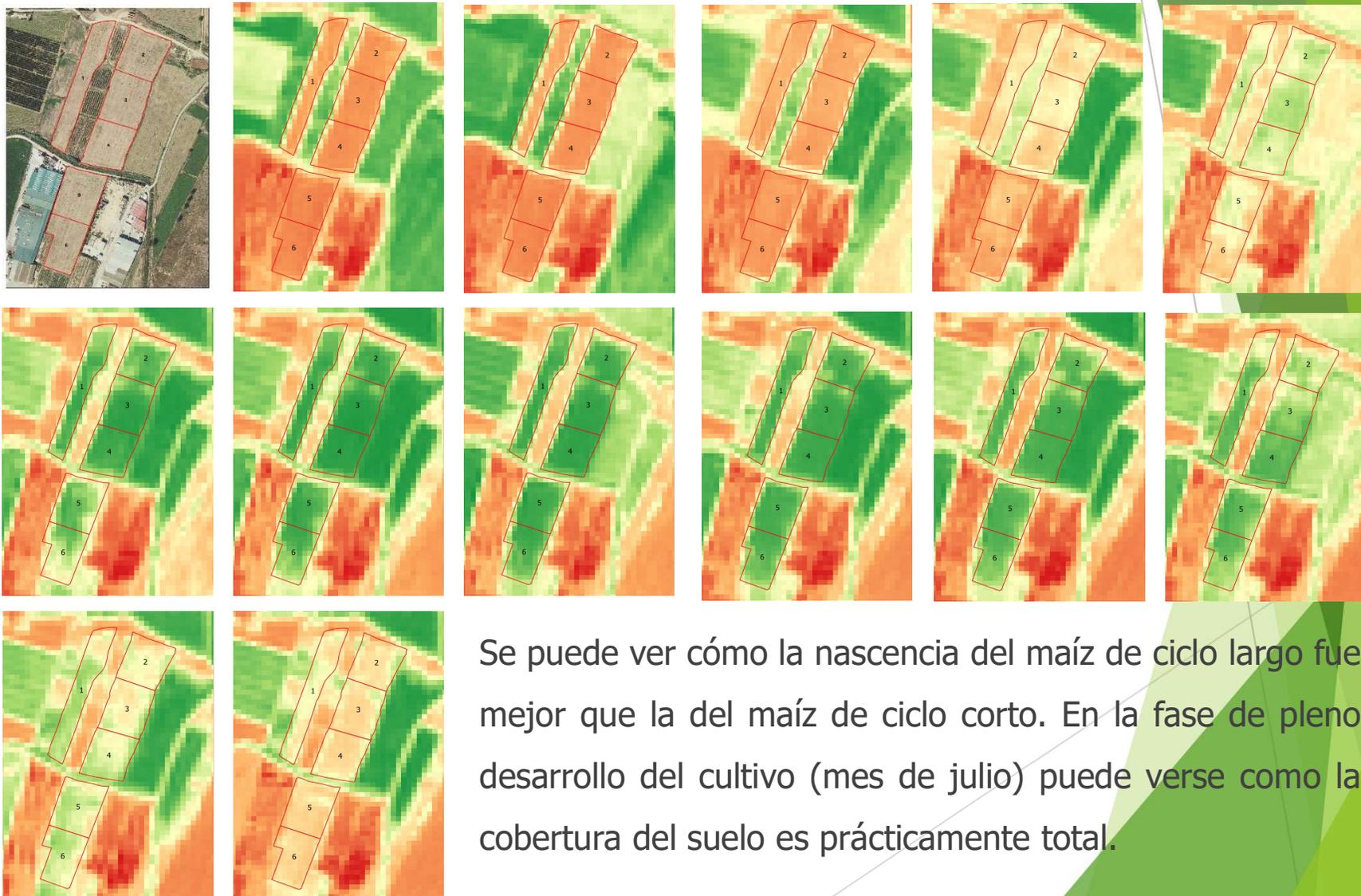
2ª ANUALIDAD (2019-20)



Valores de NDVI durante el año 2020, correspondientes al cultivo de maíz de ciclo largo. Las líneas en cada fecha muestran el rango de valores, siendo el promedio de NDVI en cada fecha la línea roja perpendicular.

ESTUDIO NDVI

2ª ANUALIDAD / Representación bidimensional



Se puede ver cómo la nascencia del maíz de ciclo largo fue mejor que la del maíz de ciclo corto. En la fase de pleno desarrollo del cultivo (mes de julio) puede verse como la cobertura del suelo es prácticamente total.

EVALUACIÓN DEL RIEGO

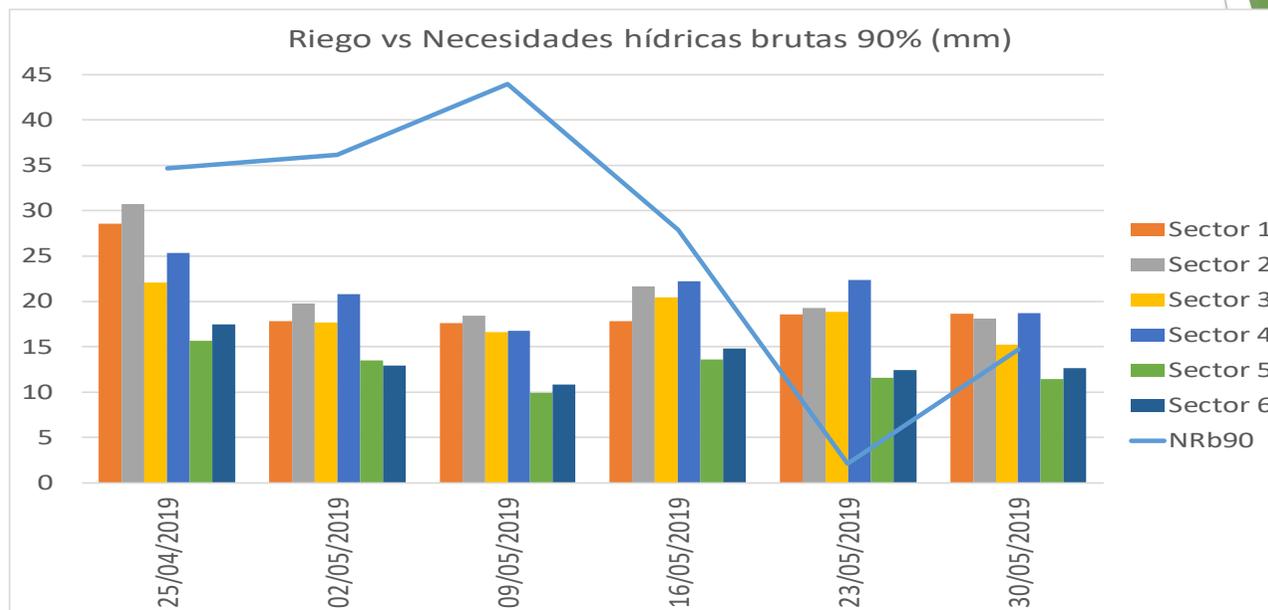
CEREAL DE INVIERNO - CEBADA

Para el cálculo de las necesidades hídricas se utilizaron los datos agrometeorológicos disponibles en la red SIAR para la estación situada en Alfántega. Con estos datos agrometeorológicos se calcularon las necesidades hídricas netas y, aplicando una eficiencia de riego del 90%, las necesidades de riego brutas correspondientes

SEMANA		ETo	Kc	ETc	PE	NHn	NRb90
INICIO	FINAL						
25/04/2019	01/05/2019	30.9	1.09	33.7	2.6	31.2	34.7
02/05/2019	08/05/2019	30.9	1.09	33.7	1.2	32.5	36.1
09/05/2019	15/05/2019	38.9	1.02	39.6	0	39.6	44.0
16/05/2019	22/05/2019	36.5	0.79	28.7	3.6	25.1	27.9
23/05/2019	29/05/2019	35.8	0.55	19.8	17.9	1.9	2.1
30/05/2019	05/06/2019	40.9	0.32	13.2	0	13.2	14.7

EVALUACIÓN DEL RIEGO

CEREAL DE INVIERNO - CEBADA

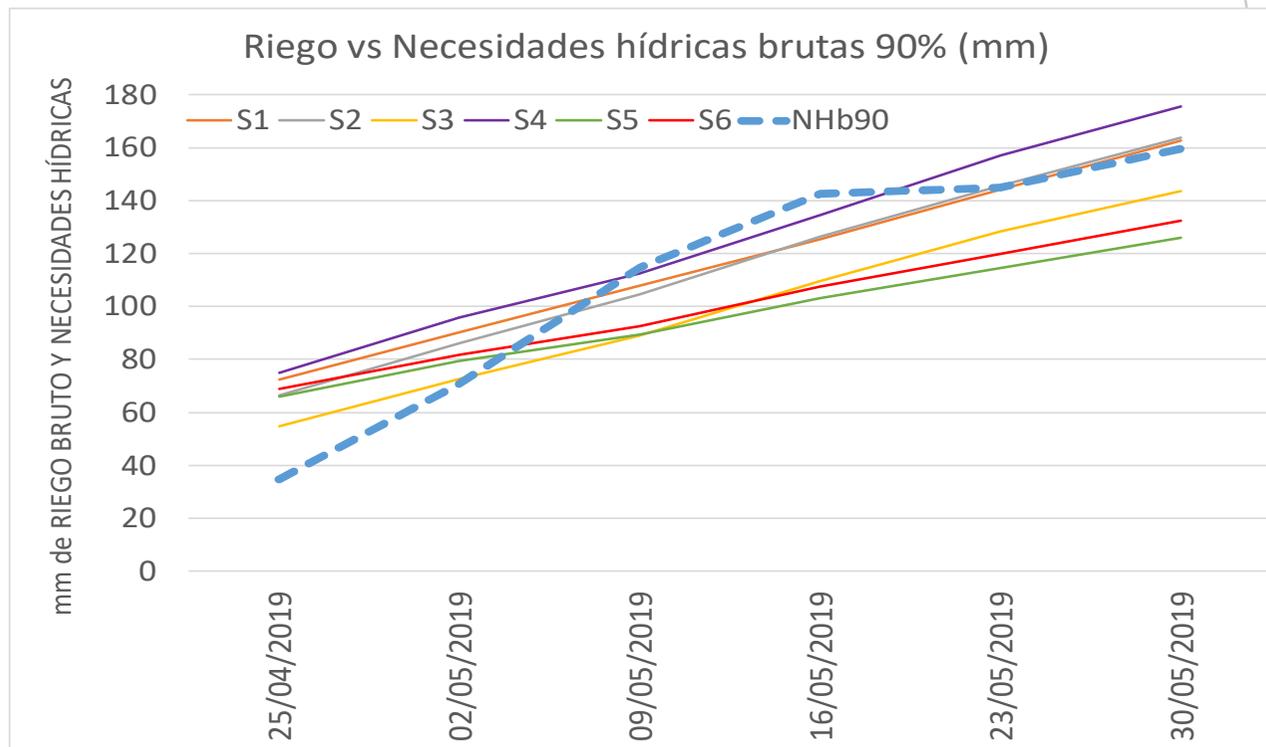


Durante las cuatro primeras semanas estudiadas, las necesidades de riego resultaron mayores que las dosis promedio aplicadas entre 29 y 11 mm. En la quinta semana sucedió justamente lo contrario, con un exceso de riego promedio de 15 mm. Sin embargo, en la sexta semana las dosis aplicadas se ajustaron muy bien a las necesidades de riego con una desviación de 1 mm.

EVALUACIÓN DEL RIEGO

CEREAL DE INVIERNO - CEBADA

En la siguiente grafica se ha tenido en cuenta el papel amortiguador que realiza el suelo como reservorio de agua de riego



En la grafica puede verse cómo el ajuste entre necesidades de riego y dosis aplicada es mucho mayor, siendo las diferencias menores.

EVALUACIÓN DEL RIEGO

MAÍZ DE CICLO CORTO 2ª COSECHA

Las necesidades de riego del cultivo de maíz se calcularon mediante la integral térmica (IT) con los siguientes parámetros:

- ▶ Ciclo 350
- ▶ Integral Térmica Total (°C): 1800
- ▶ Temperatura base: 8 °C
- ▶ Siembra: 08/07/2019

Los datos diarios de evapotranspiración de referencia se obtuvieron de la red SIAR, de la estación de Alfántega, situada a 5 Km de la parcela. Los grados día se calcularon con la siguiente expresión:

$$IT \text{ (grados-día)} = \sum ([T_{med}] - T_b)$$

$$FIT = (\sum IT) / ITT$$

IT: Integral Térmica

Tmed: Temperatura media diaria

Tb: Temperatura base

FIT: Fracción de la integral térmica

ITT: Integral térmica total

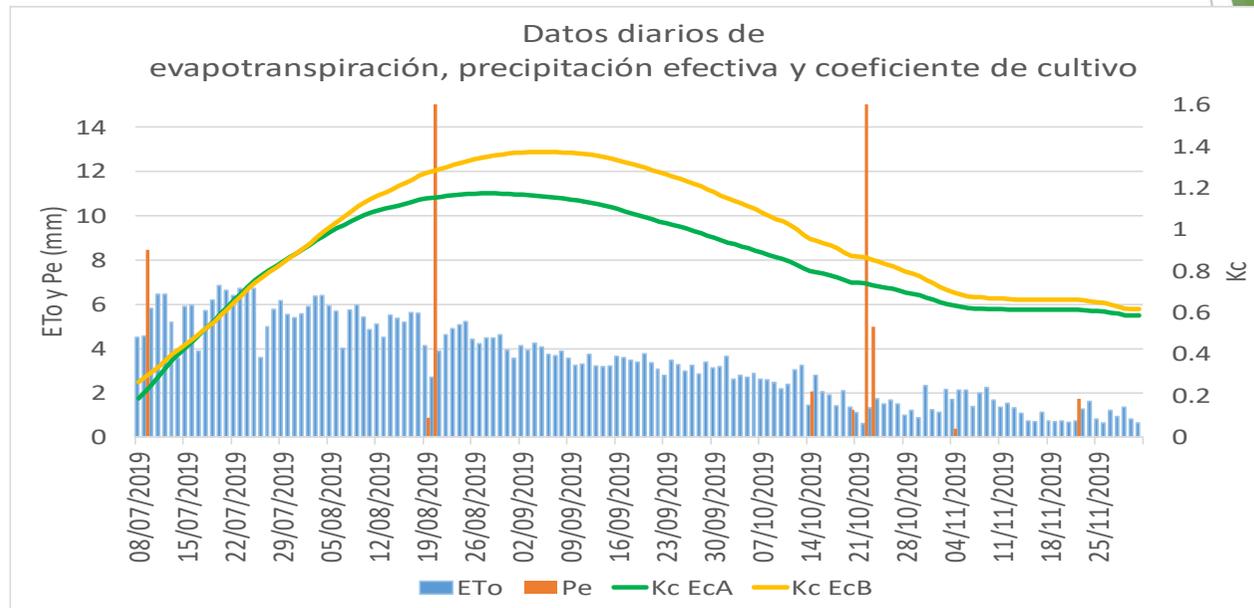
El coeficiente de cultivo diario se ha calculado mediante la siguiente ecuación:

$$EcA: K_c = 0.1448 + 3.8057 * FIT - 3.5159 * FIT^2$$

$$EcB: K_c = 0.2389 + 2.4973 * FIT + 1.045 * FIT^2 - 3.4245 * FIT^3$$

EVALUACIÓN DEL RIEGO

MAÍZ DE CICLO CORTO 2ª COSECHA

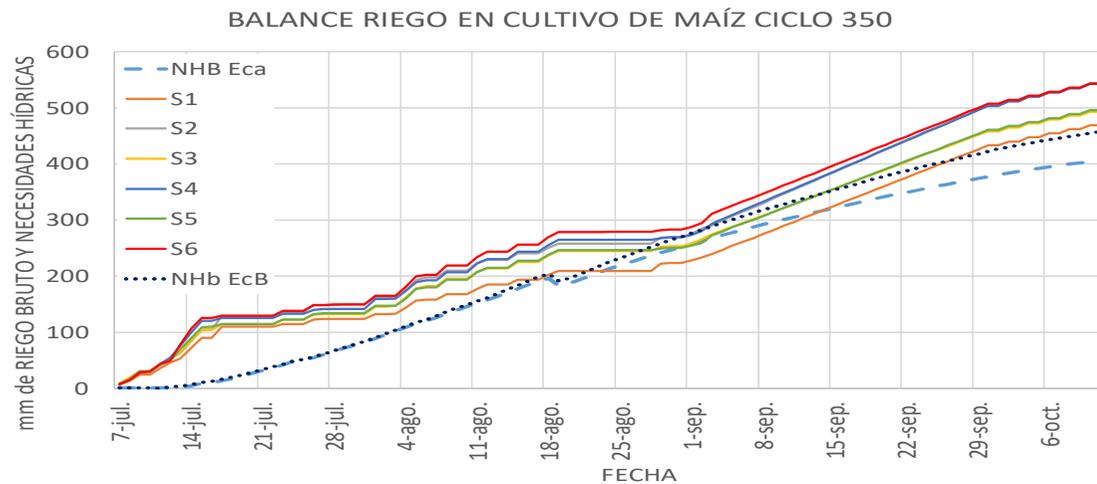


En la grafica se presentan los valores diarios de evapotranspiración de referencia, precipitación efectiva y coeficiente de cultivo calculado. Como puede verse en la grafica, la curva de Kc tiene su máximo (1.17 en EcA 1.37 en EcB) a finales de agosto y principios del mes de septiembre. Los valores de ETo resultan máximos a principio del ciclo, con valores en torno a 5 mm. Posteriormente van reduciéndose paulatinamente hasta valores en torno a 1 mm en el mes de noviembre.

EVALUACIÓN DEL RIEGO

MAÍZ DE CICLO CORTO 2ª COSECHA

Para el cálculo de las necesidades de riego brutas (NHb), se aplicó una eficiencia de aplicación del agua de riego del 90%



Las dosis de riego aplicadas han sido en general mayores a las necesidades brutas hasta aproximadamente la mitad del ciclo del cultivo. Estas diferencias son elevadas sobretodo en la fase inicial del cultivo, debido probablemente a los riegos destinados a mejorar la nascencia. A partir de esta fase inicial, el riego se ajustó hasta no llegar a cubrir las necesidades de riego del cultivo en algunos sectores. En la parte final del ciclo del cultivo esta tendencia se vio corregida y las dosis de riego volvieron a ser superiores a las necesidades hídricas calculadas

EVALUACIÓN DEL RIEGO

MAÍZ DE CICLO LARGO

Las necesidades de riego del cultivo de maíz se calcularon mediante la integral térmica (IT) con los siguientes parámetros:

- ▶ Ciclo 500
- ▶ Integral Térmica Total (°C): 2000
- ▶ Temperatura base: 8 °C
- ▶ Siembra: 28/04/2020

Los datos diarios de evapotranspiración de referencia se obtuvieron de la red SIAR, de la estación de Alfántega, situada a 5 Km de la parcela. Los grados día se calcularon con la siguiente expresión:

$$IT \text{ (grados-día)} = \sum ([T_{med}] - T_b)$$

$$FIT = (\sum IT) / ITT$$

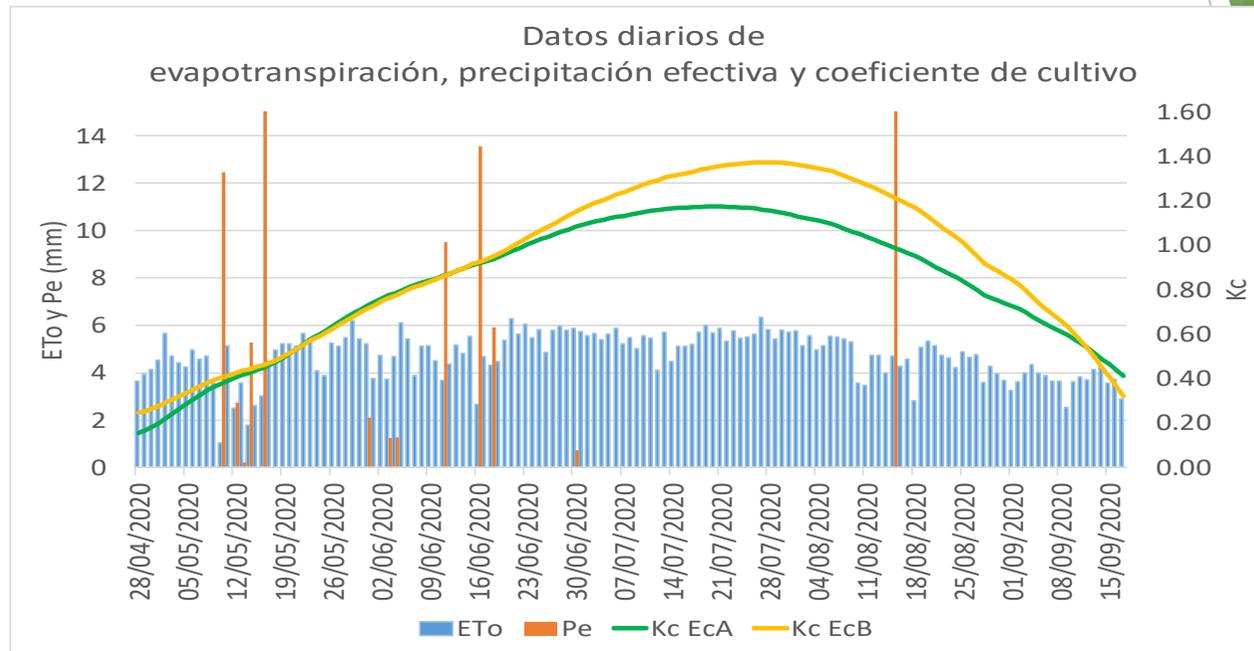
El coeficiente de cultivo diario se ha calculado mediante la siguiente ecuación:

$$EcA: K_c = 0.1448 + 3.8057 * FIT - 3.5159 * FIT^2$$

$$EcB: K_c = 0.2389 + 2.4973 * FIT + 1.045 * FIT^2 - 3.4245 * FIT^3$$

EVALUACIÓN DEL RIEGO

MAÍZ DE CICLO LARGO

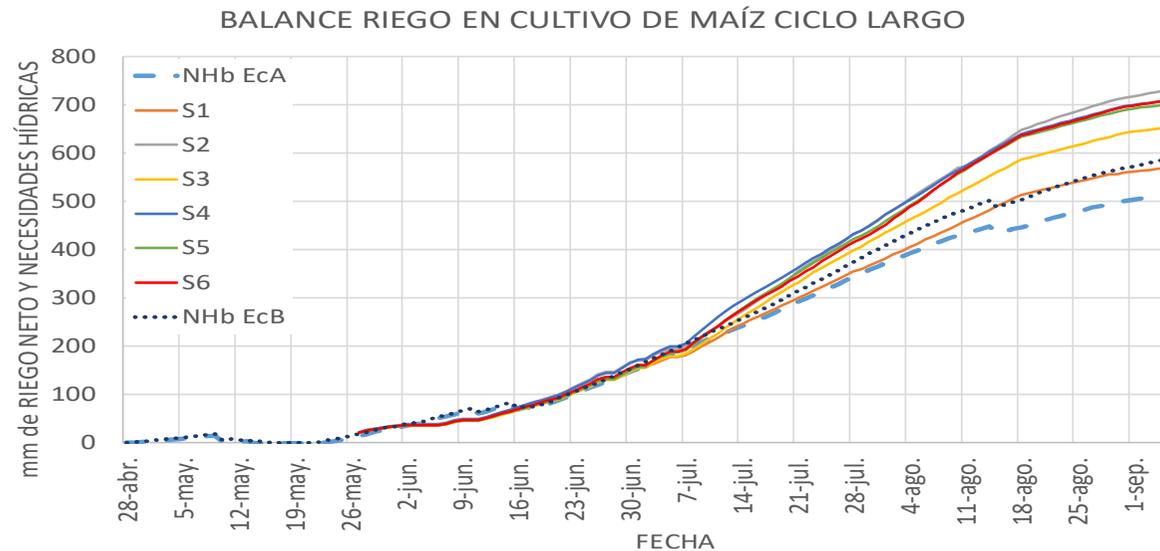


En la grafica se presentan los valores diarios de evapotranspiración de referencia, precipitación efectiva y coeficiente de cultivo calculado. Como puede verse en la figura, la curva de Kc presentan su máximo (1.17 en EcA y 1.37 en EcB) a mediados-finales del mes de julio. Los valores de ETo resultan bastante constantes hasta la parte final del ciclo, con valores en torno a 5 mm. En la fase final del ciclo, los valores de ETo se reducen algo, pero aún hay más de 3 mm de evapotranspiración en el momento en el que se detiene el riego.

EVALUACIÓN DEL RIEGO

MAÍZ DE CICLO LARGO

Para el cálculo de las necesidades de riego brutas (NHB), se aplicó una eficiencia de aplicación del agua de riego del 90%



Como puede verse en la grafica, las dosis de riego aplicadas han sido bastante ajustadas a las necesidades de riego brutas, sobretodo en la primera mitad del ciclo. De hecho, en la fase inicial la cantidad de agua aplicada ha sido algo inferior a la necesaria. A partir de mediados del ciclo, las dosis aplicadas se han ajustado bastante bien a las necesidades de riego del cultivo

RESULTADOS DE LOS CULTIVOS

CEREAL DE INVIERNO - CEBADA

- Los rendimientos en el cultivo de cebada fueron bastante elevados, siendo el rendimiento promedio de 8.375,50 Kg/ha.
- Comparando los rendimientos de cebada con los obtenidos en otras parcelas de la zona regadas por aspersión, puede verse que el rendimiento de cebada fue mayor (8.375 kg/ha frente al promedio de 5.650 kg/ha referidos en la zona)
- Presenta valores de consumos similares a los valores de consumos por aspersión en otras parcelas de la zona

SECTOR	PRODUCCIÓN CEBADA (Kg/ha)	VOLUMEN RIEGO CEBADA (m ³ /ha)
1	8,072.07	1190
2	6,000.00	1280
3	8,720.93	1109
4	10,023.26	1261
5	8,831.46	756
6	8,605.26	810

RESULTADOS DE LOS CULTIVOS

MAÍZ DE CICLO CORTO 2ª COSECHA

- Los rendimientos en el cultivo de maíz de ciclo corto fueron menores de los esperados, siendo el rendimiento promedio de 5.091 Kg/ha.
- Comparando los rendimientos con otras parcelas de la zona regadas por aspersión, el rendimiento fue menor (5.091 kg/ha frente al promedio de 8.550 kg/ha referidos en la zona), probablemente por los problemas de nescencia un déficit hídrico en la floración.
- Presenta valores de consumos similares a los valores de consumos por aspersión en otras parcelas de la zona

SECTOR	PRODUCCIÓN MAÍZ (Kg/ha)	VOLUMEN RIEGO MAÍZ (m ³ /ha)
1	4,846.85	4759
2		5510
3	5,579.77	4993
4		5502
5	4,832.97	5025
6	4,127.03	5501

RESULTADOS DE LOS CULTIVOS

MAÍZ DE CICLO LARGO

- Los rendimientos en el cultivo de maíz de ciclo largo fueron de 11.000 Kg/ha. Estas producciones son similares a las que referidas como normales en la zona con riego por aspersión.
- En cuanto al consumo de agua en la parcela, tiene un promedio de 6.585 m³/ha, valor algo inferior a las cifras referidas para el riego por aspersión en la zona que es de unos 7.000 m³/ha.

SECTOR	MAÍZ (Kg/ha)	VOLUMEN RIEGO MAÍZ (m ³ /ha)
1	12,311.87	5493
2	10,774.16	7102
3	10,617.22	6332
4	10,586.73	6891
5	10,753.18	6806
6	10,442.93	6888

CONCLUSIONES

- ▶ Durante la campaña de 2019, la cebada se estableció correctamente y los rendimientos del cultivo fueron muy elevados. Sin embargo, la siembra del maíz de segunda cosecha en el mes de julio provocó problemas de nascencia y un descenso en la producción. Parece ser que la instalación del sistema de riego a una profundidad algo irregular fue lo que provocó grandes diferencias en cuanto a nascencia dentro de los sectores.
- ▶ Durante la campaña 2020 no se detectaron diferencias en cuanto a profundidad de siembra, aunque sí hubo algunas diferencias entre sectores en uniformidad de cobertura del cultivo. Se detectó un mayor rendimiento en la parcela en la que se encuentra instalado el goteo autocompensante.
- ▶ En cuanto al riego, las dosis aplicadas fueron en general superiores en la fase inicial del desarrollo de los mismos debido a los riegos de nascencia.. En las fases finales del ciclo el riego fue más ajustado y, en algunos casos, algo inferior a las necesidades de riego.
- ▶ El agua que necesita un determinado cultivo para su máxima producción es el mismo independientemente del sistema de riego que aplique el agua. Los menores consumos que pueden verse en el riego por goteo se derivan de que es un sistema con menores pérdidas en la aplicación del agua.

CONCLUSIONES

- ▶ Vistos los resultados obtenidos en este ensayo podemos decir que el riego por goteo enterrado parece adecuado para el desarrollo de cultivos extensivos, pero teniendo en cuenta los siguientes conceptos:
 - ▶ El riego debe estar correctamente diseñado e instalado con los medios suficientes como para garantizar una profundidad homogénea y suficiente para garantizar la nascencia de los cultivos con la textura de suelo presente en la parcela.
 - ▶ La instalación debe estar diseñada para favorecer un correcto mantenimiento, limpieza y control del funcionamiento de las misma.
 - ▶ Se deben realizar los tratamientos de limpieza y mantenimiento con la periodicidad recomendada por los instaladores y fabricantes.
 - ▶ Las siembras de cultivos en periodos en los que el suelo esté seco se deberán realizar con prudencia y teniendo en cuenta que la nascencia vendrá determinada por la capacidad de nuestro sistema de hacer ascender el agua hasta la profundidad en la que se encuentran las semillas. Este proceso requiere un sistema de riego muy bien diseñado, un suelo adecuado y un conocimiento del manejo del riego en parcela medio-elevado.