



INFORME ANUAL

ENSAYO DE RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO EN EL CENTRO AGRONÓMICO DE LA MELUSA (T.M. TAMARITE DE LITERA, HUESCA)

AGENTES PARTICIPANTES:

- COMUNIDAD GENERAL DE REGANTES DEL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (CENTRO AGRONÓMICO DE LA MELUSA).

REDACTADO POR:

- SERVICIOS TÉCNICOS DE LA COMUNIDAD GENERAL DE REGANTES DEL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA.
- PERSONAL TÉCNICO DEL CENTRO AGRONÓMICO DE LA MELUSA.

BINÉFAR (HUESCA), DICIEMBRE 2020

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN.....	15
2.1. Trigo	17
2.2. Maíz.....	18
2.3. Alfalfa.....	19
3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO	21
4. DATOS METEOROLÓGICOS.....	23
5. DATOS GEOLÓGICOS Y EDÁFICOS	27
6. CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO.....	29
7. RENDIMIENTOS	31
7.1. Trigo	31
7.2. Maíz.....	31
7.3. Alfalfa.....	32
8. AGUA APLICADA	35
8.1.Trigo	37
8.2. Maíz.....	39
8.3. Alfalfa.....	41
9. ASPECTOS DESTACABLES.....	45
10. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA.....	47
11. REFERENCIAS CONSULTADAS.....	49
11.1. Documentos.....	49
11.2. Páginas web.....	49
ANEXO I. DISPOSICIÓN DEL ENSAYO.....	51
ANEXO II. FERTIRRIGACIÓN	55
ANEXO III. FOTOGRAFÍAS	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación de las parcelas con los sistemas RGS y RGV.....	53
Figura 2. Parcela preparada para la siembra del trigo a finales de noviembre de 2019.....	61
Figura 3. Parcela de trigo ya sembrada en enero de 2020.....	61
Figura 4. Trigo en estadio de ahijamiento tras el abonado de cobertera a finales de marzo de 2020.....	62
Figura 5. Cultivo de trigo en estadio de zurrón, con la hoja bandera ya emergida.....	62
Figura 6. Espigas de trigo en el ensayo.....	63
Figura 7. Fuga de agua por rotura de manguera en la parcela 1.....	63
Figura 8. Panorámica general del cultivo de trigo después del corte del riego.....	64
Figura 9. Parcela de maíz después de la preparación del terreno y de la siembra.....	64
Figura 10. Cultivo de maíz ya emergido en estadio de 3-4 hojas.....	65
Figura 11. Infestación de cachurros (<i>Xanthium</i> sp.) por falta de solape en la aplicación del herbicida en el cultivo de maíz.....	65
Figura 12. Eficacia del tratamiento específico contra rodal de cachurros (<i>Xanthium</i> sp.) en el cultivo de maíz.....	66
Figura 13. Parcela de alfalfa a punto para la siega.....	66
Figura 14. Hileras de alfalfa segada previamente a la recogida.....	67
Figura 15. Cultivo de alfalfa en crecimiento después del rebrote.....	67
Figura 16. Detalle del hidrante roto a fecha 13/07/2020.....	68
Figura 17. Ejemplar de <i>Amaranthus palmeri</i> a fecha 06/08/2020.....	68
Figura 18. Siega de la alfalfa en el ensayo.....	69
Figura 19. Comienzo del desecamiento de las plantas de maíz.....	69
Figura 20. Detalle de mazorcas de maíz atacadas por aves y roedores.....	70
Figura 21. Toma de muestras de suelo a fecha 28/09/2020.....	70
Figura 22. Detalle de la boca de riego que abastece a la parcela testigo de alfalfa.....	71
Figura 23. Detalle de la limpieza de la instalación mediante el vaciado de tuberías.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información sobre la disposición del ensayo en la campaña 2019-2020.	13
Tabla 2. Técnicas de producción en cultivo de trigo en el ensayo en la campaña 2019-2020.	17
Tabla 3. Técnicas de producción en cultivo de maíz en el ensayo en la campaña 2019-2020.	18
Tabla 4. Técnicas de producción en cultivo de alfalfa en el ensayo en la campaña 2019-2020.	19
Tabla 5. Comparación de los valores de temperatura media mensual entre el año agrícola 2020 y la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.	23
Tabla 6. Comparación de los valores de temperatura máxima media mensual entre el año agrícola 2020 y la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.	24
Tabla 7. Comparación de los valores de temperatura mínima media mensual entre el año agrícola 2020 y la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.	24
Tabla 8. Comparación de los valores mensuales de precipitación entre el año agrícola 2020 y la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.	25
Tabla 9. Comparación de los valores mensuales de ET_0 entre el año agrícola 2020 y la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.	26
Tabla 10. Análisis individual de los parámetros fisicoquímicos del agua de riego de La Melusa.	29
Tabla 11. Evaluación de índices de calidad del agua de riego de La Melusa.	29
Tabla 12. Rendimientos obtenidos en cultivo de trigo en la campaña 2019-2020.	31
Tabla 13. Rendimientos obtenidos en cultivo de maíz en la campaña 2019-2020.	31
Tabla 14. Rendimientos obtenidos en cultivo de alfalfa en la campaña 2019-2020.	32
Tabla 15. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2019-2020.	37
Tabla 16. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm en la campaña 2019-2020.	37
Tabla 17. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGV en la campaña 2019-2020.	38
Tabla 18. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2019-2020.	39
Tabla 19. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm en la campaña 2019-2020.	40
Tabla 20. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGV en la campaña 2019-2020.	40
Tabla 21. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2019-2020.	41
Tabla 22. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm en la campaña 2019-2020.	42
Tabla 23. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGV en la campaña 2019-2020.	42

Tabla 24. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de trigo en función del método de cálculo de la precipitación efectiva.	43
Tabla 25. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de maíz en función del método de cálculo de la precipitación efectiva.	44
Tabla 26. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de alfalfa en función del método de cálculo de la precipitación efectiva.	44
Tabla 27. Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGS en la campaña 2019-2020.	57
Tabla 28. Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGV en la campaña 2019-2020.	57

LISTADO DE SIGLAS

AEMET: Agencia Estatal de Meteorología.

CAYC: Canal de Aragón y Cataluña.

CGRCAYC: Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña.

CHE: Confederación Hidrográfica del Ebro.

FAO: *Food and Agriculture Organization*.

ORA: Oficina del Regante de Aragón.

RGS: Riego por goteo subterráneo.

RGV: Riego por gravedad.

SAR: *Sodium Adsorption Ratio*.

SCS: *Soil Conservation Service*.

T.M.: Término municipal.

LISTADO DE PARÁMETROS DE CÁLCULO

C: Coeficiente intrínseco a un aforador Parshall en función de sus dimensiones.

E_a : Eficiencia de aplicación del agua de riego.

ET_c : Evapotranspiración del cultivo.

ET_o : Evapotranspiración de referencia.

H: Calado en un aforador Parshall.

K_c : Coeficiente de cultivo.

N_b : Necesidades de riego brutas.

N_n : Necesidades de riego netas.

PE: Precipitación efectiva.

Q: Caudal.

LISTADO DE UNIDADES

°C: Grado(s) centígrado(s) o Celsius.

°F: Grado(s) Hidrométrico(s) Francese(s).

cm: Centímetro(s).

dS/m: Decisiemens por metro.

g/l: Gramo(s) por litro.

ha: Hectárea(s).

kg/cm²: Kilogramo(s) por centímetro cuadrado.

kg/ha: Kilogramo(s) por hectárea.

Kg N/ha: Kilogramo(s) de nitrógeno por hectárea.

Kg N/t: Kilogramo(s) de nitrógeno por tonelada.

km/h: Kilómetro(s) por hora.

l/h: Litro(s) por hora.

l/ha: Litro(s) por hectárea.

l/m²: Litro(s) por metro cuadrado.

l/min: Litro(s) por minuto.

l/s: Litro(s) por segundo.

m: Metro(s).

m³/h: Metro(s) cúbico(s) por hora.

m³/ha: Metro(s) cúbico(s) por hectárea.

meq/l: Miliequivalente(s) por litro.

mg/l: Miligramo(s) por litro.

mm: Milímetro(s).

t/ha: Tonelada(s) por hectárea.

NOTA: las unidades de dosis de riego, precipitación y agua aplicada en el presente informe se expresan en milímetros de altura de columna de agua (mm). Para la conversión de unidades, ha de tenerse en cuenta que: $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$.

1. INTRODUCCIÓN

La Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña (CGRCAAYC) y la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) firmaron un convenio de colaboración en Tamarite de Litera (Huesca) a fecha 02/03/2015.

El objetivo de dicho convenio es el establecimiento, explotación, mantenimiento y seguimiento de un ensayo para el estudio técnico y económico de la implantación del sistema de riego por goteo subterráneo (RGS) en cultivos extensivos, comparando los resultados obtenidos bajo dicho sistema de riego respecto a parcelas testigo con los mismos cultivos y regadas mediante el sistema de riego por gravedad (RGV), siendo este último el sistema de riego tradicional en la zona.

Dentro del ensayo se distinguen 9 parcelas, de las cuales 6 parcelas se riegan bajo el sistema RGS y 3 parcelas testigo bajo el sistema RGV. De las 6 parcelas regadas mediante sistema RGS, en la mitad, los ramales porta-goteros se han instalado a 25 cm de profundidad (parcelas 1, 2 y 3), y en la otra mitad, los ramales porta-goteros se han instalado a 35 cm de profundidad (parcelas 4, 5 y 6).

Las mangueras de riego presentan un diámetro de 16 mm, el espaciamiento entre las mismas es 1 m, y los goteros son autocompensantes, con caudal unitario 1,6 l/h y separación de 50 cm entre goteros consecutivos en la misma manguera.

El ensayo se ubica en el Centro Agronómico de La Melusa, finca patrimonial de la CHE y situada en el término municipal de Tamarite de Litera. Los cultivos herbáceos ensayados bajo ambos sistemas de riego son los cultivos extensivos mayoritarios en la zona regable del canal de Aragón y Cataluña (CAYC): trigo, maíz y alfalfa. La duración acordada de este ensayo abarca un periodo de 10 años: 2015-2025.

Para la campaña 2019-2020, la superficie total del ensayo ha sido igual a 3,9 ha, regándose 2,2 ha y 1,7 ha mediante los sistemas RGS y RGV, respectivamente. El cultivo, el sistema de riego y la superficie por parcela se especifican en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Información sobre la disposición del ensayo en la campaña 2019-2020.

Parcela	Cultivo	Sistema de riego	Superficie (ha)
1	Trigo	RGS a 25 cm	0,275
2	Alfalfa	RGS a 25 cm	0,300
3	Maíz	RGS a 25 cm	0,350
4	Trigo	RGS a 35 cm	0,375
5	Alfalfa	RGS a 35 cm	0,425
6	Maíz	RGS a 35 cm	0,475
Superficie del ensayo bajo sistema RGS			2,200
T1	Trigo	RGV	0,575
T2	Maíz	RGV	0,525
T3	Alfalfa	RGV	0,575
Superficie del ensayo bajo sistema RGV			1,675
Superficie total del ensayo			3,875

En el presente informe se recopilan y discuten los siguientes resultados obtenidos en la quinta campaña del ensayo:

- Técnicas de producción por cultivo y parcela del ensayo.
- Datos meteorológicos de la campaña 2019-2020.
- Datos sobre la calidad del agua para riego en la presente campaña.
- Rendimientos obtenidos de los cultivos de trigo, maíz y alfalfa en la campaña 2019-2020 en función de los 2 sistemas de riego ensayados.
- Dosis de riego aplicadas en los cultivos de trigo, maíz y alfalfa en la campaña 2019-2020 en función de los 2 sistemas de riego ensayados.
- Incidencias técnicas más destacables en relación con los cultivos y los sistemas de riego en la campaña 2019-2020.

2. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

En el presente apartado se describen las técnicas de producción aplicadas en los cultivos en el ensayo en la campaña 2019-2020. Las técnicas de producción son las mismas en las parcelas regadas bajo sistema RGS que en las parcelas testigo, salvo que se indique lo contrario.

Se decidió que las prácticas de cultivo a seguir debían ser las mismas que los agricultores de la zona regable del CAYC realizan habitualmente, con el fin de dotar al ensayo de la mayor practicidad posible. Los insumos productivos (semillas, productos fertilizantes y fitosanitarios) son adquiridos en establecimientos cercanos; y son aplicados mediante maquinaria propiedad de La Melusa, o bien, por empresas de la zona especializadas en efectuar trabajos agrícolas a terceros.

2.1. Trigo

Tabla 2. Técnicas de producción en cultivo de trigo en el ensayo en la campaña 2019-2020.

Operación agrícola	Información	Observaciones
Preparación del terreno	En otoño de 2019 se efectuó un pase de grada de púas y otro pase de cultivador en la parcela testigo, mientras que en las parcelas bajo el sistema RGS se dieron pases de cultivador a 10 cm de profundidad.	En el resto de la finca se suele seguir el mismo itinerario de laboreo con maquinaria propia, aunque la profundidad de trabajo difiere según las características físicas del suelo de cada parcela.
Abonado de fondo	Aplicación de mezcla de 200 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0) y 200 kg/ha de sulfato de potasa (riqueza del 50 %) mediante abonadora de distribución de doble plato a fecha 28/11/2019.	En el resto de la finca se suele seguir el mismo itinerario de abonado de fondo con maquinaria propia en los cereales de invierno.
Siembra	Siembra de la variedad <i>Tocayo</i> (R2) a fecha 02/01/2020 a dosis de 240 kg/ha mediante sembradora de distribución mecánica de discos con preparador de tierra delantero incorporado, propiedad de la CHE.	Sistema de siembra típico en cultivo de cereal de invierno en la finca de La Melusa, aunque la fecha de siembra se retrasó respecto a lo habitual debido a las condiciones meteorológicas dadas a finales del año anterior. A fecha 27/01/2020 la nascencia del cultivo de trigo era ya del 100 %. La semilla empleada ha sido certificada de categoría R2.
Abonado de cobertera	Aplicación de 250 kg/ha de urea (riqueza del 46 %) mediante abonadora de distribución de doble plato en el mes de marzo de 2020.	El abonado de cobertera se aplicó al inicio del ahijado del cultivo.
Tratamientos fitosanitarios	Aplicación a fecha 27/03/2020 mediante pulverizador de barras propiedad de la CHE de las siguientes materias activas: <ul style="list-style-type: none"> • Pinoxaden 6 % (1 l/ha) (herbicida para gramíneas). • Tribenurón-metil 75 % (20 g/ha) (herbicida para dicotiledóneas). • Epoxiconazol 12,5 % (0,8 l/ha) (fungicida para roya y septoria). • Piraclostrobin 20 % (0,4 l/ha) (fungicida para roya). 	Los tratamientos fitosanitarios aplicados se corresponden con los problemas fitosanitarios más recurrentes cada año en el cultivo de cereal de invierno en la finca.
Riego	Los datos referidos al riego del cultivo de trigo se detallan en el subapartado 8.1. Trigo del apartado 8. AGUA APLICADA .	Se explica cómo se determinan las necesidades de riego del cultivo en el apartado 3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO .
Cosecha	Cosecha a fecha 14/07/2020 mediante cosechadora estándar comercial. Los rendimientos obtenidos se detallan en el subapartado 7.1. Trigo del apartado 7. RENDIMIENTOS .	La humedad del grano en cosecha se determinó mediante un medidor de humedad portátil <i>Dickey-John</i> [®] . Se registró en promedio un peso hectolitro del grano cosechado de 69 kg/hl.

2.2. Maíz

Tabla 3. Técnicas de producción en cultivo de maíz en el ensayo en la campaña 2019-2020.

Operación agrícola	Información	Observaciones
Preparación del terreno	Picado del rastrojo remanente del cultivo de maíz de la campaña anterior. Pase de grada de púas en la parcela testigo. Pase de cultivador en las 3 parcelas cultivadas de maíz. Pase de rotovalor en las 3 parcelas cultivadas de maíz.	En el resto de la finca se suele seguir el mismo itinerario de laboreo con maquinaria propia, aunque la profundidad de trabajo difiere según las características físicas del suelo de cada parcela.
Abonado de fondo	Aplicación a fecha 05/05/2020 de mezcla de 700 kg/ha de abono ternario complejo (7-12-15) mediante cisterna con mangueras de inyección de abono líquido.	El abonado de fondo del maíz se contrata a una empresa de la zona para aplicar el mismo a todas las parcelas de maíz de la finca.
Siembra	Siembra de la variedad híbrida <i>DKC6980</i> (ciclo 700) a fecha 08/05/2020 a densidad de 88.700 plantas/ha, mediante sembradora monograno neumática. Simultáneamente a la siembra se ha aplicado un inoculante biológico a dosis 10 kg/ha.	La siembra del maíz en todas las parcelas de maíz de la finca se contrata a una empresa de la zona, previa compra de la semilla a una casa comercial.
Abonado de cobertera	Se ha aplicado mediante sistema de fertirrigación.	Más información en el ANEXO II. FERTIRRIGACIÓN.
Tratamientos fitosanitarios	Aplicación a fecha 04/05/2020 como herbicida de presiembrado glifosato 36 % (2 l/ha) para el control de cerrajón (<i>Sorghum halepense</i>). Aplicación a fecha 08/05/2020 (simultáneamente a la siembra) de lambda-cihalotrin 2,5 % a dosis 7 kg/ha (insecticida piretroide). Aplicación a fecha 09/05/2020 de las materias activas isoxaflutol 24 % (0,4 l/ha) y s-metolacoloro 31,25 % y terbutilazina 18,75 % (4 l/ha) para malas hierbas anuales en preemergencia del cultivo. Aplicación a fecha 19/05/2020 de las siguientes materias activas herbicidas: <ul style="list-style-type: none"> • Nicosulfurón 24 % (0,25 l/ha), selectivo para gramíneas. • Fluroxipir 20 % (1 l/ha), para malas hierbas dicotiledóneas. • Sal amina -2,4 D ácido 60 %- (2 l/ha), para malas hierbas dicotiledóneas. 	A lo largo de la campaña se ha observado una infestación importante en los márgenes de las parcelas de maíz de malas hierbas problemáticas (<i>Sorghum halepense</i> , <i>Datura stramonium</i> y <i>Xanthium</i> sp. principalmente), algunas de las cuales además son hospedantes de insectos cicadélidos vectores de virosis que podrían afectar gravemente al cultivo. Excepto las aplicaciones a fecha 04/05/2020 y 09/05/2020, el resto de tratamientos fitosanitarios se han efectuado con pulverizadores de barras propiedad de la CHE. A fecha 19/06/2020 se han repetido los mismos tratamientos fitosanitarios que en la misma fecha del mes anterior en las parcelas 3 y 6, debido a que se produjo una falta de solapamiento en los tratamientos que dejó una zona sin tratar en la cabecera de las parcelas y que se infestó de cachorros (<i>Xanthium</i> sp.) (Figuras 11 y 12).
Riego	Los datos referidos al riego del cultivo de maíz se detallan en el subapartado 8.2. Maíz del apartado 8. AGUA APLICADA.	Se explica cómo se determinan las necesidades de riego del cultivo en el apartado 3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO.
Cosecha	Cosecha a fecha 31/10/2020 mediante cosechadora estándar comercial. Los rendimientos obtenidos se detallan en el subapartado 7.2. Maíz del apartado 7. RENDIMIENTOS.	La humedad del grano en cosecha se determinó mediante un medidor de humedad portátil <i>Dickey-John</i> ®.

2.3. Alfalfa

Tabla 4. Técnicas de producción en cultivo de alfalfa en el ensayo en la campaña 2019-2020.

Operación agrícola	Información	Observaciones
Preparación del terreno	-	Se trata del quinto año de cultivo de alfalfa implantado.
Abonado de fondo	-	Se trata del quinto año de cultivo de alfalfa implantado.
Siembra	-	El cultivo de alfalfa en el ensayo (ecotipo “Aragón”) fue sembrado a fecha 10/03/2016 a dosis de 25 kg/ha mediante sembradora de distribución mecánica de discos con preparador de tierra delantero incorporado. Previamente se había efectuado un pase de cultivador en el mes de febrero de 2016.
Abonado de cobertera	Aplicación a fecha 16/07/2020 (después del 3º corte) de abono complejo de mezcla (9-23-30) a dosis de 200 kg/ha.	La aplicación del abonado anual de la alfalfa se retrasó en un corte debido a factores meteorológicos, principalmente, la pluviometría elevada que hacía inadecuada la entrada de maquinaria en la parcela.
Tratamientos fitosanitarios	Aplicación a fecha 19/05/2020 de las siguientes materias activas: <ul style="list-style-type: none"> • Cipermetrin 10 % a dosis 0,7 l/ha (insecticida piretroide). • Lambda-cihalotrin 2,5 % a dosis 320 g/ha (insecticida piretroide). • Mojante no iónico 20 % a dosis 0,5 l/ha (coadyuvante). 	La aplicación de los tratamientos fitosanitarios se contratan a una empresa de la zona para todas las parcelas de alfalfa de la finca.
Riego	Los datos referidos al riego del cultivo de alfalfa se detallan en el subapartado 8.3. Alfalfa del apartado 8. AGUA APLICADA .	Se explica cómo se determinan las necesidades de riego del cultivo en el apartado 3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO .
Siegas	Se han efectuado 6 cortes a lo largo de toda la campaña (abril-octubre) en las fechas siguientes: 16/04/2020, 04/06/2020, 09/07/2020, 13/08/2020, 14/09/2020 y 30/10/2020. Los rendimientos obtenidos se detallan en el subapartado 7.3. Alfalfa del apartado 7. RENDIMIENTOS .	Los valores de humedad del forraje en cada corte y parcela eran suministrados por los albaranes de la deshidratadora.

3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

En el presente apartado se explica cómo se han determinado las necesidades hídricas de los cultivos en el ensayo y cómo se han controlado las dosis de riego aportadas a los mismos.

Las necesidades de riego de los cultivos del ensayo se han obtenido de los servicios de asesoramiento de la Oficina del Regante de Aragón (ORA), aunque de forma suplementaria también se ha consultado a la Oficina del Regante de Cataluña. Las necesidades hídricas de los cultivos se han ido actualizando semanalmente y el procedimiento de cálculo seguido es el descrito a continuación:

- 1) Diariamente, se obtiene de la estación meteorológica de Tamarite de Litera-La Melusa el valor de la evapotranspiración de referencia (ET_o), calculado a partir del método de Penman-Monteith.
- 2) Conocido el valor diario del coeficiente de cultivo (K_c) para el cultivo en cuestión y para el momento del ciclo fenológico en el que se encuentre (se dispone de valores tabulados en la base de datos de la ORA), se calcula semanalmente el valor de evapotranspiración del cultivo (ET_c) a partir del producto $ET_o * K_c$.
- 3) Diariamente, se registra la precipitación caída en La Melusa, y de este valor se contabiliza que el 75 % de la misma es precipitación efectiva (PE), es decir, aprovechable por el cultivo, según el criterio establecido por la ORA.
- 4) Se cuantifican las necesidades de riego netas (NR_n) a partir de la diferencia $ET_c - PE$.
- 5) Las necesidades de riego semanales se corresponden con las necesidades de riego brutas (NR_b), en cuyo cálculo se tiene en cuenta la eficiencia de aplicación del agua de riego (E_a), de manera que $NR_b = NR_n / E_a$.

La eficiencia de aplicación del agua de riego es un parámetro que depende fundamentalmente del sistema de riego y del manejo que se haga del mismo. Dicho parámetro se ha considerado del 95 % en el sistema RGS. En cambio, respecto al sistema RGV, la eficiencia de aplicación del agua de riego con dicho sistema se ha considerado alrededor del 75 %, ya que el personal encargado del riego en La Melusa maneja este sistema de riego con buena praxis tras muchos años de experiencia, a lo cual se une la presencia de unos suelos con una serie de propiedades físicas (especialmente la textura y la capacidad de retención del agua disponible) que los hacen especialmente aptos para dicho sistema de riego.

En el caso de registrarse precipitaciones abundantes, la programación de riegos se modifica, por ejemplo, suprimiéndose algunos riegos ante el aumento del nivel de humedad en el suelo. Así pues, en la presente campaña, en el periodo 19/04/2020-27/04/2020 se registraron 46 mm de precipitación y los riegos programados previamente en los cultivos de trigo y alfalfa para dicho intervalo de tiempo se interrumpieron.

La medición de los volúmenes de agua de riego aplicados con el sistema RGS se ha efectuado mediante 6 contadores volumétricos, uno por parcela de riego, instalados a pie de campo al lado del camino de acceso. Por otra parte, en las parcelas regadas mediante RGV, el control de caudales se ha efectuado mediante un aforador Parshall.

Un aforador Parshall es un dispositivo de aforo muy apropiado para la medición de caudales de canales, acequias y demás conducciones en las que el agua transcurre bajo régimen de lámina libre.

Un aforador Parshall consta de 3 partes: entrada (de paredes convergentes), garganta (de paredes paralelas y piso inclinado), y salida (de paredes divergentes). La garganta es una sección de estrangulación que provoca la aceleración del flujo del agua y una subida del nivel. Esta subida del nivel (calado, H) se puede medir gracias a una regla listada instalada en el propio sistema de aforo, y el caudal (Q) se calcula a partir de la siguiente relación:

$$Q=C*(H)^n$$

Siendo “C” y “n” coeficientes que dependen de las dimensiones del aforador, fundamentalmente del ancho de garganta. El personal técnico de La Melusa dispone de tablas y nomogramas específicos en los que los valores de caudal ya aparecen tabulados para el tipo de aforador según el ancho de garganta y el nivel de calado.

Por último, comentar que, en el cultivo de alfalfa, dado el carácter plurianual de este cultivo, la planificación del riego en las parcelas regadas con RGS presenta algunas particularidades:

- Respecto a los valores de K_c , en la Oficina del Regante de Cataluña se dispone de los valores aplicables de dicho coeficiente para “alfalfa a punto de segar” y para “alfalfa recién segada”. Por lo tanto, en este sentido, se pueden precisar bastante las necesidades hídricas del cultivo en estos 2 momentos puntuales del ciclo fenológico.
- Hay que tener en cuenta que, aparte de cortar el riego antes de la siega para evitar que el suelo esté demasiado húmedo durante el tránsito de la maquinaria, debe reiniciarse de nuevo el riego después de los cortes para facilitar el rebrote del cultivo, pero de manera que tampoco afecte negativamente a las labores de secado en campo y de recogida del forraje. Así pues, la práctica habitual es detener el riego el tercer día previo a la fecha de corte (fecha concertada con la industria deshidratadora) y reiniciar el riego una vez recogido el forraje, a poder ser incluso el mismo día de la recogida.

4. DATOS METEOROLÓGICOS

En el presente apartado se describen las condiciones meteorológicas que se han dado durante la campaña agrícola 2020, las cuales han influido en la productividad de los cultivos y en el itinerario técnico seguido de determinadas prácticas culturales. La campaña agrícola 2020 abarca el periodo 01/09/2019-31/08/2020.

Las variables meteorológicas consideradas más relevantes a estudiar han sido la temperatura, la precipitación y la ET_o, calculada según el método de Penman-Monteith, como se ha citado en el apartado anterior. Los datos meteorológicos de la campaña actual y de la serie histórica (1965-2019) son registrados desde la Estación Meteorológica de la AEMET nº. 9918 en Tamarite de Litera, ubicada en la propia finca de La Melusa.

El clima de La Melusa se clasifica como clima mediterráneo templado, es decir, el clima mediterráneo con rasgos continentales típico de la comarca de La Litera y de buena parte del valle del Ebro. Las máximas temperaturas se alcanzan en pleno periodo estival, situándose las mínimas en invierno y las temperaturas intermedias en primavera y otoño, apreciándose contrastes térmicos intranuales notables.

Otro rasgo climático importante es que se dan 2 picos anuales de precipitación (en primavera y otoño) y se da un descenso notable de las precipitaciones en periodo estival, que se corresponde con el único periodo del año en el que se da déficit hídrico, lo cual se corresponde con el patrón pluviométrico usual en clima mediterráneo y hace necesario el riego de los cultivos en dicha época si se pretenden obtener rendimientos óptimos.

En la **Tabla 5** se muestran los valores de temperatura media mensual durante el año agrícola 2020 y según la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.

Tabla 5. Comparación de los valores de temperatura media mensual entre el año agrícola 2020 y la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.

Mes y año campaña actual	Temperatura media mensual año agrícola 2020 (°C)	Temperatura media mensual 1965-2019 (°C)
Septiembre 2019	20,6	20,4
Octubre 2019	16,1	15,7
Noviembre 2019	8,9	8,9
Diciembre 2019	8,1	6,5
Enero 2020	5,3	4,1
Febrero 2020	9,6	7,0
Marzo 2020	10,7	10,0
Abril 2020	14,5	12,7
Mayo 2020	19,4	16,5
Junio 2020	21,5	21,8
Julio 2020	25,1	25,1
Agosto 2020	24,8	24,5
Promedio anual	15,4	14,4

En base a la **Tabla 5**, se observa que los valores de temperatura media mensual en cada mes del año agrícola 2020 han sido superiores o iguales (caso de noviembre y julio) a los valores históricos, excepto en el mes de junio. Las mayores diferencias entre valores actuales

e históricos se han registrado en los meses de mayo (2,9 °C), febrero (2,6 °C), abril (1,8 °C), diciembre (1,6 °C) y enero (1,2 °C). En el resto de meses, las diferencias entre temperaturas han sido inferiores a 1 °C.

En la **Tabla 6** se muestran los valores de temperatura máxima media mensual durante el año agrícola 2020 y según la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.

Tabla 6. Comparación de los valores de temperatura máxima media mensual entre el año agrícola 2020 y la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.

Mes y año campaña actual	Temperatura máxima media mensual año agrícola 2020 (°C)	Temperatura máxima media mensual 1965-2019 (°C)
Septiembre 2019	28,6	27,9
Octubre 2019	22,7	22,2
Noviembre 2019	14,8	14,5
Diciembre 2019	12,1	10,6
Enero 2020	8,8	9,3
Febrero 2020	16,9	14,6
Marzo 2020	17,0	18,3
Abril 2020	20,7	19,7
Mayo 2020	26,7	24,1
Junio 2020	28,7	30,0
Julio 2020	33,3	33,1
Agosto 2020	32,6	32,0
Promedio anual	21,9	21,4

En base a la **Tabla 6**, se observa que los valores de temperatura máxima media en cada mes del año agrícola 2020 han sido superiores a los valores históricos, excepto en los meses de enero, marzo y junio. Las mayores diferencias entre valores actuales e históricos se han registrado en los meses de mayo (2,6 °C), febrero (2,3 °C) y diciembre (1,5 °C).

En la **Tabla 7** se muestran los valores de temperatura mínima media mensual durante el año agrícola 2020 y según la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.

Tabla 7. Comparación de los valores de temperatura mínima media mensual entre el año agrícola 2020 y la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.

Mes y año campaña actual	Temperatura mínima media mensual año agrícola 2020 (°C)	Temperatura mínima media mensual 1965-2019 (°C)
Septiembre 2019	12,6	13,0
Octubre 2019	9,5	8,7
Noviembre 2019	2,9	3,3
Diciembre 2019	4,1	0,5
Enero 2020	1,7	-1,0
Febrero 2020	2,3	-0,5
Marzo 2020	4,3	1,7
Abril 2020	8,3	5,6
Mayo 2020	12,1	8,8
Junio 2020	14,3	13,5
Julio 2020	17,0	17,1
Agosto 2020	17,0	16,9
Promedio anual	8,8	7,3

En base a la **Tabla 7**, se observa que los valores de temperatura mínima media en cada mes del año agrícola 2020 han sido superiores a los valores históricos, excepto en septiembre, noviembre y julio. De hecho, entre los meses de diciembre y mayo, los valores actuales han superado en más de 2,5 °C a los valores históricos de cada mes.

En la **Tabla 8** se muestran los valores mensuales de precipitación durante el año agrícola 2020 y según la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.

Tabla 8. Comparación de los valores mensuales de precipitación entre el año agrícola 2020 y la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.

Mes y año campaña actual	Precipitación total mensual año agrícola 2020 (mm)	Precipitación media mensual 1965-2019 (mm)
Septiembre 2019	8,4	36,8
Octubre 2019	90,8	49,9
Noviembre 2019	20,1	36,7
Diciembre 2019	40,0	23,9
Enero 2020	98,9	15,4
Febrero 2020	0,4	14,0
Marzo 2020	50,5	14,9
Abril 2020	73,4	41,8
Mayo 2020	72,6	40,9
Junio 2020	73,7	20,5
Julio 2020	6,4	22,5
Agosto 2020	24,0	21,5
Total anual	559,2	338,8

De acuerdo a la **Tabla 8**, las diferencias entre valores actuales e históricos de precipitación son dispares. Así pues, en el mes de octubre se registró un nivel de precipitación superior a la media en 40,9 mm, en el mes de diciembre el nivel registrado superó al valor histórico en 16,1 mm y en el mes de enero se registró un nivel de precipitación superior al valor histórico en 83,5 mm. Además, entre los meses de marzo y junio (conjuntamente), la precipitación registrada ha superado en una cuantía de 152,1 mm a los valores históricos acumulados en el mismo periodo de la serie histórica de referencia.

En el caso del mes de agosto, la precipitación registrada únicamente ha superado en 2,5 mm al valor histórico medio. Por el contrario, la precipitación registrada ha sido inferior a los valores históricos en los meses de septiembre (28,4 mm), noviembre (16,6 mm), julio (16,1 mm) y febrero (13,6 mm).

La pluviometría elevada registrada en invierno y primavera hizo posible retrasar el comienzo del riego en las parcelas de alfalfa bajo el sistema RGS hasta después del primer corte de forraje, aunque también retrasó la aplicación del abonado de cobertera en alfalfa en un corte, tal y como se comenta en el subapartado **2.3. Alfalfa**.

En la **Tabla 9** se muestran los valores mensuales de ET_0 durante el año agrícola 2020 y según la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.

Tabla 9. Comparación de los valores mensuales de ET_o entre el año agrícola 2020 y la serie histórica 1965-2019 para los mismos meses.

Mes y año campaña actual	ET_o total mensual año agrícola 2020 (mm)	ET_o media mensual 1965-2019 (mm)
Septiembre 2019	97,3	102,6
Octubre 2019	53,3	55,9
Noviembre 2019	28,5	24,7
Diciembre 2019	16,9	13,5
Enero 2020	13,6	16,2
Febrero 2020	38,9	31,0
Marzo 2020	65,3	73,8
Abril 2020	90,0	100,7
Mayo 2020	133,3	141,4
Junio 2020	154	170,6
Julio 2020	173,2	176,8
Agosto 2020	146,3	149,6
Total anual	1.010,6	1.056,8

Respecto a los valores de la **Tabla 9**, se observa que en el año agrícola 2020 se han dado diferencias acusadas, sin seguir una tendencia clara, entre los valores registrados y los históricos de ET_o .

Así pues, los valores registrados de ET_o han sido superiores a los valores históricos en los meses de febrero (7,9 mm), noviembre (3,8 mm) y diciembre (3,4 mm). En cambio, los valores actuales de ET_o han sido inferiores respecto a los de la serie histórica en los meses de septiembre (5,3 mm), octubre (2,6 mm), enero (2,6 mm) y en el periodo marzo-agosto, en el cual los valores de ET_o acumulados han sido inferiores a los de la serie histórica en una cuantía igual a 50,8 mm.

5. DATOS GEOLÓGICOS Y EDÁFICOS

En La Melusa, como en otros puntos de la zona regable del CAYC, se localizan materiales geológicos que datan del periodo cuaternario. Estos materiales se corresponden con sedimentos de origen aluvial-coluvial depositados en terrazas en antiguos periodos geológicos por los ríos Cinca y Noguera Ribagorzana, formándose capas más o menos cementadas de arcillas, arenas, areniscas, limos carbonatados, gravas y cantos rodados.

El conocimiento en profundidad de los suelos del ensayo es posible gracias al estudio de una calicata abierta a fecha 27/11/2017 sobre la cual se llevó a cabo un estudio edafológico completo del perfil del suelo en campo, complementado con una serie de análisis de suelo en laboratorio.

Los suelos de La Melusa son suelos profundos, presentan textura media (franca y franco-limosa) o moderadamente fina (franco-arcillo-limosa), valores de pH entre “moderadamente básicos” y “ligeramente alcalinos” (8,2-8,7), contenidos bajos-medios de materia orgánica (1,5-1,9 %) y contenidos en carbonato cálcico equivalente entre un 19 y 25 % (suelos calcáreos).

Los suelos de La Melusa son suelos calificados desde “muy ligeramente salinos” a “salinos”, con valores de SAR (*Sodium Adsorption Ratio*) entre “normales” y “ligeramente altos” (1,2 y 5,2). Respecto a la fertilidad, los suelos de La Melusa presentan niveles bajos de fósforo y potasio y niveles suficientes de microelementos.

6. CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

La calidad del agua de riego resulta un aspecto fundamental en toda explotación de regadío, dado que si el agua de riego es de baja calidad puede producir efectos fitotóxicos sobre los cultivos y causar averías en la instalación de riego.

En la **Tabla 10** se muestran los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua de riego de La Melusa e interpretación de los mismos. Estos datos han sido tomados a partir de los análisis efectuados por la CHE sobre muestras tomadas en el CAYC durante la campaña de riego actual.

Tabla 10. Análisis individual de los parámetros fisicoquímicos del agua de riego de La Melusa.

Parámetro	Valor medido	Intervalo recomendable (*)	Grado de cumplimiento
pH	8,0	6,4-8,5	CUMPLE
Conductividad (25 °C)	0,32 dS/m	< 0,7 dS/m	CUMPLE
Cloruros	0,42 meq/l	0-30 meq/l	CUMPLE
Sulfatos	0,73 meq/l	0-20 meq/l	CUMPLE
Bicarbonatos	1,41 meq/l	< 1,5 meq/l	CUMPLE
Carbonatos	0,07 meq/l	0-0,1 meq/l	CUMPLE
Nitratos	2,60 mg/l	< 5 mg/l	CUMPLE
Potasio	0,01 meq/l	0-2 meq/l	CUMPLE
Magnesio	0,36 meq/l	0-5 meq/l	CUMPLE
Calcio	1,91 meq/l	0-20 meq/l	CUMPLE
Sodio	10,6 mg/l	< 200 mg/l	CUMPLE
Boro	0,01 mg/l	< 0,33 mg/l	CUMPLE

**Los intervalos recomendables se han tomado de la publicación de Ayers y Westcot (1987), a excepción del sodio, que se ha tomado el valor de referencia establecido por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.*

Al margen de la evaluación individual de cada parámetro, se pueden extraer más valoraciones a partir del cálculo de una serie de índices de calidad del agua para riego que se muestran en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Evaluación de índices de calidad del agua de riego de La Melusa.

Índice	Valor calculado	Valor recomendable	Calificación
Índice de Scott	193,30	≥ 18	Agua de buena calidad para riego
Índice de Eaton	-0,80	$\leq 1,25$	Agua de buena calidad para riego
Índice de Kelly	69,90 %	≥ 35 %	Agua de buena calidad para riego
Relación de adsorción de sodio	0,43	<10	Agua de buena calidad para riego
Dureza del agua	11,42 G.H.F.	7-14 G.H.F.	Agua blanda

Como conclusión, se puede afirmar que la calidad del agua de riego en La Melusa es óptima.

7. RENDIMIENTOS

En el presente apartado se exponen los rendimientos de los cultivos obtenidos en los sistemas RGS y RGV para la campaña 2019-2020.

7.1. Trigo

Los rendimientos (expresados al 12 % de humedad de grano) alcanzados en cultivo de trigo en la campaña 2019-2020 se muestran en la **Tabla 12**.

Tabla 12. Rendimientos obtenidos en cultivo de trigo en la campaña 2019-2020.

Parcela	Tratamiento de riego	Rendimientos (12 %, kg/ha)
1	RGS a 25 cm	3.572
4	RGS a 35 cm	4.141
T1	RGV	5.028

En la **Tabla 12** se constata que los rendimientos obtenidos en las parcelas RGS son bajos para los valores habituales en cultivo de trigo en regadío en el valle del Ebro. Además, se sigue cumpliendo la tendencia de las pasadas campañas en el ensayo, en cuanto a que los mejores rendimientos se obtienen en la parcela testigo.

Entre las causas que explican estos bajos rendimientos en las parcelas RGS destacan:

- Preparación del lecho de siembra no óptima y condicionada por la meteorología.
- Mayor grado de infestación de malas hierbas en las parcelas bajo el sistema RGS que respecto al sistema RGV.
- Riego no uniforme en la parcela 1 debido a la rotura de una manguera secundaria (**Figura 7**).
- Posible grado de afectación de la granizada registrada a fecha 16/06/2020.

7.2. Maíz

Los rendimientos (expresados al 14 % de humedad de grano) alcanzados en cultivo de maíz en la campaña 2019-2020 se muestran en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Rendimientos obtenidos en cultivo de maíz en la campaña 2019-2020.

Parcela	Tratamiento de riego	Rendimientos (14 %, kg/ha)
3	RGS a 25 cm	10.843
6	RGS a 35 cm	11.995
T2	RGV	12.723

Según se puede observar en la **Tabla 13**, los rendimientos se pueden considerar bajos-normales. Estos resultados se explican debido a diferentes factores, algunos de los cuales ya vienen siendo condicionantes recurrentes de campañas anteriores:

- Elevada infestación de cachorros (plantas del género *Xanthium* sp.), y estramonio (*Datura stramonium*), especialmente en los bordes de las parcelas.

- Ataques a mazorcas por parte de la fauna, principalmente roedores. Se observaron mazorcas prácticamente vacías previamente a la cosecha.
- Carencia de abonado nitrogenado suficiente, lo cual ha dado lugar también a un aspecto del cultivo poco vigoroso y a fallos fisiológicos en la formación de los granos. Como resultado, se apreció que las mazorcas presentaban una longitud más corta y un número de filas y de granos por fila inferiores a lo habitual.
- Caída de plantas debido a la acción conjunta de daños producidos por taladro (*Sesamia nonagrioides*) y las rachas de viento registradas a finales del mes de septiembre.

Comparando los resultados de las últimas tres campañas, los rendimientos más elevados viene registrándose en la parcela testigo, seguida a su vez por las parcelas regadas bajo los sistemas RGS35 y RGS25, respectivamente.

7.3. Alfalfa

Los rendimientos (expresados al 12 % de humedad de forraje) alcanzados en cultivo de alfalfa en la campaña 2019-2020 se muestran en la **Tabla 14**.

Tabla 14. Rendimientos obtenidos en cultivo de alfalfa en la campaña 2019-2020.

Parcela	Tratamiento de riego	Número de corte	Rendimientos (12 %, kg/ha)
2	RGS a 25 cm	1º	1.165
		2º	1.597
		3º	1.554
		4º	741
		5º	508
		6º	165
		TOTAL	5.732
5	RGS a 35 cm	1º	1.121
		2º	1.438
		3º	1.463
		4º	1.046
		5º	437
		6º	175
		TOTAL	5.681
T3	RGV	1º	1.326
		2º	1.121
		3º	1.149
		4º	1.057
		5º	415
		6º	151
		TOTAL	5.219

De acuerdo con la **Tabla 14**, se observa un acusado declive de la producción de alfalfa respecto a las campañas anteriores, aunque la producción ha sido superior en las parcelas 2 y 5 respecto a la obtenida en la parcela testigo.

Ha de tenerse en cuenta que se trata del quinto año de alfalfa, y que lo habitual es levantar el cultivo al quinto año de implantación en las zonas de regadío del valle del Ebro. Se han apreciado a lo largo de la campaña muchos fallos en los rebrotes, así como menor vigor en los rebrotes tras los cortes. También se ha observado la existencia de rodales sin cultivo dentro de las parcelas, lo cual se atribuye a la acción conjunta de varios factores (suelo muy apelmazado, problemas de drenaje, posibles daños por nemátodos, etc.).

Cabe destacar que, a fecha del primer corte, no se había efectuado ningún riego en las parcelas de alfalfa bajo el sistema RGS y un único riego en la parcela bajo el sistema RGV, debido a la abundancia relativa de precipitaciones en los meses previos en comparación con la serie histórica.

8. AGUA APLICADA

En el presente apartado se detallan las cantidades de agua aplicadas mensualmente en cada cultivo para ambos sistemas de riego ensayados.

Respecto al agua de riego, decir que esta se puede considerar de apta calidad para dicho fin, tal como se puede corroborar consultando el apartado **6. CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO** del presente informe.

Dentro del agua aplicada sobre los cultivos se distingue la procedente del riego y la procedente de las precipitaciones.

Sobre el agua contabilizada como precipitación deben hacerse un par de consideraciones:

- Respecto a los cultivos de trigo y maíz, las precipitaciones se han contabilizado desde el mes de siembra hasta la fecha del último riego.
- En el caso del cultivo de alfalfa, se han contabilizado las precipitaciones desde el mes de marzo (cuando se da el primer riego en la parcela testigo) hasta la fecha del último corte de forraje.

Además, debe tenerse en cuenta que no toda la precipitación caída es aprovechable por el cultivo. Para registrar la precipitación realmente efectiva, se han aplicado 2 métodos:

- Método del *Soil Conservation Service* (SCS) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, que es el método utilizado por la red de estaciones meteorológicas que integran el Sistema de Información Agroclimática para el Regadío del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Método propuesto por la ORA, según el cual se supone que el 75 % de la precipitación caída es efectiva. Este ha sido el método aplicado a la hora de calcular las dosis de riego en el ensayo (véase el apartado **3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO**).

Así pues, se han obtenido 2 valores finales posibles de agua aplicada por parcela, en función del método aplicado de cálculo de la precipitación efectiva:

- Agua aplicada según el método del SCS, sumando a las dosis de riego los valores de precipitación efectiva obtenidos de acuerdo con dicho método.
- Agua aplicada según el método de la ORA, sumando a las dosis de riego los valores de precipitación efectiva obtenidos de acuerdo con dicho método.

8.1. Trigo

En las **Tablas 15, 16 y 17** se detallan los valores de dosis de riego y de precipitación total y efectiva registrados mensualmente sobre las parcelas de trigo del ensayo durante la campaña 2019-2020.

Tabla 15. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2019-2020.

CULTIVO DE TRIGO PARCELA 1 (GOTEROS ENTERRADOS A 25 cm)						
Mes y año campaña actual	Dosis de riego (mm)	Precipitación total (mm)	Precipitación efectiva según SCS (mm)	Agua aplicada según SCS (mm)	Precipitación efectiva según ORA (mm)	Agua aplicada según ORA (mm)
Enero 2020	0,0	98,9	53,5	53,5	74,2	74,2
Febrero 2020	0,0	0,4	0,0	0,0	0,3	0,3
Marzo 2020	0,0	50,5	33,5	33,5	37,9	37,9
Abril 2020	17,1	73,4	50,4	67,5	55,1	72,1
Mayo 2020	104,5	72,6	54,1	158,6	54,5	159,0
Junio 2020	26,0	14,1	8,9	34,9	10,6	36,6
Total	147,6	309,9	200,4	348,0	232,6	380,1

Tabla 16. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm en la campaña 2019-2020.

CULTIVO DE TRIGO PARCELA 4 (GOTEROS ENTERRADOS A 35 cm)						
Mes y año	Dosis de riego (mm)	Precipitación total (mm)	Precipitación efectiva según SCS (mm)	Agua aplicada según SCS (mm)	Precipitación efectiva según ORA (mm)	Agua aplicada según ORA (mm)
Enero 2020	0,0	98,9	53,5	53,5	74,2	74,2
Febrero 2020	0,0	0,4	0,0	0,0	0,3	0,3
Marzo 2020	0,0	50,5	33,5	33,5	37,9	37,9
Abril 2020	13,0	73,4	50,4	63,4	55,1	68,0
Mayo 2020	85,4	72,6	54,1	139,6	54,5	139,9
Junio 2020	19,8	14,1	8,9	28,7	10,6	30,4
Total	118,2	309,9	200,4	318,7	232,6	350,7

Tabla 17. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGV en la campaña 2019-2020.

CULTIVO DE TRIGO PARCELA TESTIGO (RIEGO POR GRAVEDAD)						
Mes y año	Dosis de riego (mm)	Precipitación total (mm)	Precipitación efectiva según SCS (mm)	Agua aplicada según SCS (mm)	Precipitación efectiva según ORA (mm)	Agua aplicada según ORA (mm)
Enero 2020	0,0	98,9	53,5	53,5	74,2	74,2
Febrero 2020	0,0	0,4	0,0	0,0	0,3	0,3
Marzo 2020	0,0	50,5	33,5	33,5	37,9	37,9
Abril 2020	155,2	73,4	50,4	205,6	55,1	210,3
Mayo 2020	0,0	72,6	54,1	54,1	54,5	54,5
Junio 2020	109,6	14,1	8,9	118,5	10,6	120,2
Total	264,8	309,9	200,4	465,2	232,6	497,4

Comparando las **Tablas 15, 16 y 17**, se puede apreciar cómo los valores de agua aplicada de acuerdo con el método ORA han sido superiores en una cuantía aproximadamente igual a 32 mm a los del método SCS. Las dosis de agua aplicada en las parcelas RGS difieren entre sí, aplicándose en la parcela 1 una cuantía superior en algo más de 29 mm al agua aplicada en la parcela 4. En la parcela testigo, la cuantía de agua aplicada supera en torno a 117 mm y 147 mm a las cantidades aplicadas en las parcelas 1 y 4, respectivamente, en ambos métodos de cálculo.

Ha de señalarse que los riegos en las parcelas 1 y 4 se dieron en el periodo comprendido entre las fechas 17/04/2020 y 08/06/2020, regándose un total de 35 y 36 horas a lo largo de la campaña en dichas parcelas, respectivamente. El caudal aplicado en cada riego en ambas parcelas ha oscilado alrededor de 10 m³/h, valor el cual viene siendo el habitual en la parcela 4 en las anteriores campañas, pero se trata de un caudal algo elevado para la parcela 1, en la cual en anteriores campañas se había registrado un caudal medio aplicado en torno a 7 m³/h. Esto ha sido debido fundamentalmente a una fuga detectada a fecha 05/06/2020 y reparada a fecha 14/07/2020, hallándose un posible ataque de roedores en una manguera en la cabecera de la parcela 1 que había provocado un pequeño socavón en el terreno (véase **Figura 7**).

Otra posible causa de registro de elevados consumos en la parcela 1 en momentos puntuales respecto a campañas anteriores ha derivado de la posible entrada de aire en el sistema de aspiración de la tubería primaria de la instalación de riego tras producirse vacíos repentinos del depósito. Finalmente, este problema consiguió solventarse mediante limpieza de la instalación y rebajando el tiempo de riego. Se

considera que esta problemática no había surgido en campañas anteriores porque, en esta campaña, la duración diaria del riego ha sido superior y podían coincidir simultáneamente en la caseta el bombeo desde los depósitos hacia las fincas, por una parte y hacia las instalaciones y alojamientos de la finca, por otra parte (existen dos depósitos interconectados).

Por otro lado, en la parcela testigo se han dado un total de 2 riegos, aplicados en las fechas 20/04/2020 y 05/06/2020, variando el caudal de riego aplicado desde 85 a 63 l/s, y la duración del tiempo de riego ha oscilado entre 175 y 167 minutos entre dichas fechas.

La campaña de riego del trigo en el ensayo y, por extensión, en toda la explotación, ha venido condicionada por una primavera excepcionalmente lluviosa que ha posibilitado reducir las cantidades de agua a aplicar mediante los sistemas de riego respecto a las aplicadas en la campaña anterior.

8.2. Maíz

En las **Tablas 18, 19 y 20** se detallan los valores de dosis de riego y de precipitación total y efectiva registrados mensualmente sobre las parcelas de maíz del ensayo durante la campaña 2019-2020.

Tabla 18. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2019-2020.

CULTIVO DE MAÍZ PARCELA 3 (GOTEROS ENTERRADOS A 25 cm)						
Mes y año	Dosis de riego (mm)	Precipitación total (mm)	Precipitación efectiva según SCS (mm)	Agua aplicada según SCS (mm)	Precipitación efectiva según ORA (mm)	Agua aplicada según ORA (mm)
Mayo 2020	0,0	72,6	42,9	42,9	54,5	54,5
Junio 2020	61,8	73,7	50,1	111,9	55,3	117,1
Julio 2020	174,4	6,4	4,5	178,9	4,8	179,2
Agosto 2020	241,4	24,0	21,2	262,5	18,0	259,4
Septiembre 2020	90,2	0,0	0,0	90,2	0,0	90,2
Total	567,8	176,7	118,7	686,4	132,6	700,4

Tabla 19. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm en la campaña 2019-2020.

CULTIVO DE MAÍZ PARCELA 6 (GOTEROS ENTERRADOS A 35 cm)						
Mes y año	Dosis de riego (mm)	Precipitación total (mm)	Precipitación efectiva según SCS (mm)	Agua aplicada según SCS (mm)	Precipitación efectiva según ORA (mm)	Agua aplicada según ORA (mm)
Mayo 2020	0,0	72,6	42,9	42,9	54,5	54,5
Junio 2020	73,7	73,7	50,1	123,7	55,3	128,9
Julio 2020	181,6	6,4	4,5	186,1	4,8	186,4
Agosto 2020	250,1	24,0	21,2	271,3	18,0	268,1
Septiembre 2020	98,0	0,0	0,0	98,0	0,0	98,0
Total	603,4	176,7	118,7	722,0	132,6	735,9

Tabla 20. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGV en la campaña 2019-2020.

CULTIVO DE MAÍZ PARCELA TESTIGO (RIEGO POR GRAVEDAD)						
Mes y año	Dosis de riego (mm)	Precipitación total (mm)	Precipitación efectiva según SCS (mm)	Agua aplicada según SCS (mm)	Precipitación efectiva según ORA (mm)	Agua aplicada según ORA (mm)
Mayo 2020	0,0	72,6	42,9	42,9	54,5	54,5
Junio 2020	75,4	73,7	50,1	125,5	55,3	130,7
Julio 2020	335,8	6,4	4,5	340,3	4,8	340,6
Agosto 2020	195,3	24,0	21,2	216,5	18,0	213,3
Septiembre 2020	81,8	0,0	0,0	81,8	0,0	81,8
Total	688,3	176,7	118,7	807,0	132,6	820,9

Comparando las **Tablas 18, 19 y 20**, se puede apreciar que la dosis de riego en la parcela 3 ha sido la más baja de las aplicadas en las tres parcelas (5.678 m³/ha), seguida por las parcelas 6 (6.034 m³/ha) y testigo (6.883 m³/ha).

En cuanto a los valores de agua aplicada, los valores calculados con el método ORA han sido superiores en una cuantía aproximadamente igual a 14 mm a los calculados mediante el método SCS. Las dosis de agua aplicadas en la parcela 6 han sido superiores a las dosis aplicadas en la parcela 3 en una cuantía cercana a 36 mm. Por otra parte, la cuantía de agua aplicada en la parcela

testigo supera, aproximadamente, en 121 mm y 85 mm a las cantidades aplicadas en las parcelas 3 y 6, respectivamente, para ambos métodos de cálculo.

El calendario de riegos en las parcelas 3 y 6 ha abarcado el periodo 10/06/2020-28/09/2020. El caudal de riego en la parcela 3 ha variado entre 8,3 y 9 m³/h y en la parcela 6 entre 11,3 y 14,3 m³/h. En el cómputo global de la campaña, el número total de horas de riego ha sido de 176 y 177 horas en las parcelas 3 y 6, respectivamente.

Por otra parte, en cultivo de maíz en la parcela testigo se han dado un total de 9 riegos, aplicados en las siguientes fechas: 24/06/2020, 03/07/2020, 13/07/2020, 24/07/2020, 31/07/2020, 07/08/2020, 19/08/2020, 28/08/2020 y 10/09/2020. El caudal de riego en dicha parcela ha variado entre 59,4 y 84,2 l/s. La duración promedio de un turno de riego en dicha parcela ha sido igual a 90,78 minutos.

8.3. Alfalfa

En las **Tablas 21, 22 y 23** se detallan los valores de dosis de riego y de precipitación total y efectiva registrados mensualmente sobre las parcelas de alfalfa durante la campaña 2019-2020.

Tabla 21. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2019-2020.

CULTIVO DE ALFALFA PARCELA 2 (GOTEROS ENTERRADOS A 25 cm)						
Mes y año	Dosis de riego (mm)	Precipitación total (mm)	Precipitación efectiva según SCS (mm)	Agua aplicada según SCS (mm)	Precipitación efectiva según ORA (mm)	Agua aplicada según ORA (mm)
Marzo 2020	0,0	50,5	30,0	30,0	37,9	37,9
Abril 2020	6,3	73,4	50,5	56,8	55,1	61,3
Mayo 2020	68,8	72,6	51,0	119,7	54,5	123,2
Junio 2020	66,0	73,7	53,7	119,7	55,3	121,3
Julio 2020	122,7	6,4	3,9	126,5	4,8	127,5
Agosto 2020	151,2	24,0	18,8	169,9	18,0	169,2
Septiembre 2020	57,4	5,2	2,2	59,6	3,9	61,3
Octubre 2020	0,0	16,5	10,1	10,1	12,4	12,4
Total	472,4	322,3	220,2	692,3	241,9	714,1

Tabla 22. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm en la campaña 2019-2020.

CULTIVO DE ALFALFA PARCELA 5 (GOTEROS ENTERRADOS A 35 cm)						
Mes y año	Dosis de riego (mm)	Precipitación total (mm)	Precipitación efectiva según SCS (mm)	Agua aplicada según SCS (mm)	Precipitación efectiva según ORA (mm)	Agua aplicada según ORA (mm)
Marzo 2020	0,0	50,5	30,0	30,0	37,9	37,9
Abril 2020	6,3	73,4	50,5	56,8	55,1	61,4
Mayo 2020	85,0	72,6	51,0	136,0	54,5	139,5
Junio 2020	66,1	73,7	53,7	119,8	55,3	121,4
Julio 2020	108,0	6,4	3,9	111,8	4,8	112,8
Agosto 2020	144,1	24,0	18,8	162,8	18,0	162,1
Septiembre 2020	66,9	5,2	2,2	69,1	3,9	70,8
Octubre 2020	0,0	16,5	10,1	10,1	12,4	12,4
Total	476,4	322,3	220,2	696,4	241,9	718,3

Tabla 23. Valores mensuales de dosis de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGV en la campaña 2019-2020.

CULTIVO DE ALFALFA PARCELA TESTIGO (RIEGO POR GRAVEDAD)						
Mes y año	Dosis de riego (mm)	Precipitación total (mm)	Precipitación efectiva según SCS (mm)	Agua aplicada según SCS (mm)	Precipitación efectiva según ORA (mm)	Agua aplicada según ORA (mm)
Marzo 2020	83,0	50,5	30,0	113,0	37,9	120,9
Abril 2020	0,0	73,4	50,5	50,5	55,1	55,1
Mayo 2020	0,0	72,6	51,0	51,0	54,5	54,5
Junio 2020	90,9	73,7	53,7	144,6	55,3	146,2
Julio 2020	112,1	6,4	3,9	116,0	4,8	116,9
Agosto 2020	0,0	24,0	18,8	18,8	18,0	18,0
Septiembre 2020	144,7	5,2	2,2	146,9	3,9	148,6
Octubre 2020	0,0	16,5	10,1	10,1	12,4	12,4
Total	430,7	322,3	220,2	650,9	241,9	672,6

Comparando las **Tablas 21, 22 y 23**, se puede apreciar que las dosis de riego no han superado la cifra de 5.000 m³/ha en ninguna de las parcelas de alfalfa.

Las dosis de agua aplicada en las parcelas RGS han diferido en cada parcela en torno a 22 mm entre los métodos SCS y ORA. La dosis de agua aplicada en la parcela testigo es de 662 mm, como promedio de ambos métodos de cálculo, por lo que con el sistema RGV se ha aplicado menos agua que con el sistema RGS. La causa principal reside en que en momentos puntuales se han sobrepasado las dosis de riego aplicadas en alfalfa con el sistema RGS respecto a las necesidades hídricas teóricas del cultivo, ante las altas temperaturas que se han dado en la época estival, tomándose un enfoque cauteloso aprovechando la flexibilidad de programación que ofrece el sistema RGS frente al sistema RGV.

El calendario de riegos en las parcelas 2 y 5 ha abarcado desde el 30/04/2020 hasta el 28/09/2020. El caudal de riego en la parcela 2 ha variado entre 6,8 y 8,3 m³/h y en la parcela 5 entre 7,8 y 13,2 m³/h. En toda la campaña, el número total de horas de riego ha sido de 151,5 y 148,5 horas en las parcelas 2 y 5, respectivamente. Por otra parte, en cultivo de alfalfa en la parcela testigo se han dado un total de 5 riegos, aplicados en las siguientes fechas: 30/03/2020, 24/06/2020, 27/07/2020, 01/09/2020 y 28/09/2020. El caudal de riego en dicha parcela ha variado entre 72,3 y 107,4 l/s. La duración del tiempo de riego en dicha parcela ha oscilado entre 74 y 105 minutos.

Un resumen de los datos anteriores por cultivo se muestra en las **Tablas 24, 25 y 26**.

Tabla 24. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de trigo en función del método de cálculo de la precipitación efectiva.

CULTIVO DE TRIGO			
Sistema de riego	Goteros enterrados a 25 cm	Goteros enterrados a 35 cm	Gravedad
Dosis de riego (mm)	147,6	118,2	264,8
Precipitación total ciclo de cultivo (mm)	309,9	309,9	309,9
Precipitación efectiva según SCS (mm)	200,4	200,4	200,4
Precipitación efectiva según ORA (mm)	232,6	232,6	232,6
Agua aplicada según SCS (mm)	348,0	318,7	465,2
Agua aplicada según ORA (mm)	380,1	350,7	497,4

Tabla 25. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de maíz en función del método de cálculo de la precipitación efectiva.

CULTIVO DE MAÍZ			
Sistema de riego	Goteros enterrados a 25 cm	Goteros enterrados a 35 cm	Gravedad
Dosis de riego (mm)	567,8	603,4	688,3
Precipitación total ciclo de cultivo (mm)	176,7	176,7	176,7
Precipitación efectiva según SCS (mm)	118,7	118,7	118,7
Precipitación efectiva según ORA (mm)	132,6	132,6	132,6
Agua aplicada según SCS (mm)	686,4	722,0	807,0
Agua aplicada según ORA (mm)	700,4	735,9	820,9

Tabla 26. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de alfalfa en función del método de cálculo de la precipitación efectiva.

CULTIVO DE ALFALFA			
Sistema de riego	Goteros enterrados a 25 cm	Goteros enterrados a 35 cm	Gravedad
Dosis de riego (mm)	472,4	476,4	430,7
Precipitación total ciclo de cultivo (mm)	322,3	322,3	322,3
Precipitación efectiva según SCS (mm)	220,2	220,2	220,2
Precipitación efectiva según ORA (mm)	241,9	241,9	241,9
Agua aplicada según SCS (mm)	692,3	696,4	650,9
Agua aplicada según ORA (mm)	714,1	718,3	672,6

9. ASPECTOS DESTACABLES

En el presente apartado se describen las principales incidencias registradas en el ensayo durante la campaña 2019-2020, tanto a nivel de cultivos como de los sistemas de riego.

Cultivo de trigo

→En las parcelas de trigo bajo el sistema RGS se han dado problemas técnicos puntuales. Así pues, en la parcela 1 se dio un consumo de agua anormalmente elevado en el mes de abril en comparación con la parcela 4 y con años anteriores sobre la misma parcela debido a a un pinchazo en la instalación enterrada (**Figura 7**). Posteriormente, a fecha 07/05/2020 tuvo que rebajarse el tiempo diario de riego en la misma parcela de 3 a 2 horas al quedarse el depósito sin agua. Esto ya se ha comentado en el subapartado **8.1. Trigo** del apartado **8. AGUA APLICADA**.

→Se han detectado varias fugas en el sistema RGS al finalizar la campaña.

→Conviene mejorar las técnicas de producción del cultivo de trigo para alcanzar rendimientos normales relativos a las condiciones edafo-climáticas y de regadío del valle del Ebro, especialmente en lo que respecta a la preparación del lecho de siembra en las parcelas bajo el sistema RGS.

Cultivo de maíz

→Se ha registrado una problemática severa en relación con el control de malas hierbas, en especial sarrajón (*Sorghum halepense*), cachorros (*Xanthium strumarium* y *Xanthium spinosum*), y estramonio (*Datura stramonium*). Además, se han detectado 3 ejemplares de una nueva mala hierba invasora *Amaranthus palmeri* en los meses de julio y agosto (**Figura 17**), los cuales, una vez identificados, se eliminaron antes de alcanzar el estadio de madurez reproductiva.

→A fecha 13/07/2020 se produjo una rotura del hidrante de la parcela 6 debido al choque de un tracto-carro cargado de alfalfa de la parcela 5 (a la cual también abastece dicho hidrante), tal como se puede observar en la **Figura 16**. A fecha 14/07/2020 dicha avería fue reparada.

→En la presente campaña no se han dado problemas por jabalíes y no ha sido necesaria la colocación del pastor eléctrico. El personal de la finca opina que ello es debido a que en la presente campaña se ha sembrado una mayor superficie de maíz en la finca y que, por lo tanto, los daños se han concentrado en otras zonas de la explotación

Cultivo de alfalfa

→A fecha 15/06/2020 el caudal aplicado medido en la parcela 5 fue más bajo de lo normal, y se procedió a la limpieza de la instalación.

→A fecha 13/07/2020 se produjo una rotura del hidrante de la parcela 5 debido al choque de un tracto-carro cargado de alfalfa de la misma parcela. Un día después, dicha avería fue reparada, aunque fue necesario efectuar otra reparación a fecha 19/07/2020 al no registrarse adecuadamente las lecturas en el contador del hidrante.

→En la presente campaña, si bien se han observado madrigueras de topillos (*Microtus duodecimcostatus*), no se ha considerado necesario el tratamiento contra los mismos.

Sistema RGS

→Resulta especialmente recomendable efectuar una limpieza de la instalación con vaciado de las tuberías tanto al principio como al final de la campaña de riegos, con el objetivo adicional de detectar posibles pinchazos y fugas, siendo estas más fácilmente visibles en los cultivos cerealistas que no en el cultivo de alfalfa, al cubrir este la práctica totalidad del terreno. Se trata de una instalación que requiere de un seguimiento técnico continuo.

Sistema RGV

→No se destaca ninguna incidencia respecto del sistema RGV en la presente campaña. No obstante, se recomienda nivelar la parcela testigo de maíz, dado que en una cabecera de la parcela existen zonas en las que se producen encharcamientos, y en otras no llega el agua aplicada.

10. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

En el presente apartado se plasman las conclusiones generales sobre la experiencia técnica que ha supuesto una campaña más este ensayo en la finca de La Melusa.

- Los rendimientos obtenidos en trigo no han sido los previstos al inicio de la campaña. La realización de determinadas prácticas culturales en los momentos no adecuados, junto con condiciones meteorológicas no propicias, han provocado que los rendimientos finales obtenidos sean muy bajos a los que habitualmente se obtienen en las condiciones de regadío del valle del Ebro.
- Los rendimientos obtenidos en maíz han sido similares a los de campañas anteriores. Se considera que el abonado de fondo puede planificarse mejor para un mayor aprovechamiento del potencial de las variedades híbridas cultivadas. Una alternativa interesante a estudiar al respecto sería la aplicación de fertilizante orgánico de fondo, dada la elevada disponibilidad del mismo en la zona.
- La limitación en la profundidad de laboreo a la que obliga el sistema RGS se considera un factor limitante de la productividad, pues deriva en problemas de compactación del suelo. Este hecho se ha venido observando y agravando particularmente en las parcelas de alfalfa, al no efectuarse ningún tipo de labor mientras el cultivo está implantado, y dándose además un importante tráfico de maquinaria sobre las parcelas.
- En general, con el sistema RGS se consigue un ahorro de agua en comparación con el sistema RGV si se tienen en cuenta las necesidades hídricas reales del cultivo y se da un manejo eficiente de la instalación de riego. Además, gracias al sistema RGS las dosis de riego se aplican mucho mejor repartidas a lo largo del ciclo de los cultivos. No obstante, en la anualidad 2020, el agua aplicada con el sistema RGS en las parcelas de alfalfa, como ya se observó en las dos campañas anteriores, ha superado la cuantía de agua aplicada con el sistema RGV, por las razones ya explicadas previamente.
- En base a la experiencia acumulada hasta la fecha, se afirma que el cultivo de alfalfa está respondiendo mejor al sistema RGS en términos de rendimiento que los cultivos cerealistas, si bien los rendimientos de esta quinta y última campaña de alfalfa no han sido los óptimos. Respecto a los rendimientos en trigo y maíz, el hecho de no alcanzar los valores potencialmente esperables se debe a otros factores ya comentados que no siempre están en relación con el sistema de riego utilizado.
- De cara a la próxima campaña, se han estudiado una serie de mejoras a aplicar en el ensayo, entre las cuales caben destacar:

- ❖ Cambio de los cultivos sobre las parcelas del ensayo mediante las rotaciones: trigo-colza, alfalfa-maíz y maíz-alfalfa. El cultivo de la colza ya se ha sembrado en otoño de 2020 en el ensayo, siendo un cultivo tradicional en La Melusa. Además, la colza presenta una expansión potencial en la zona ante los requisitos de diversificación de cultivos de las políticas agrarias. Por otro lado, la rotación alfalfa-maíz es muy practicada en el valle del Ebro, con el fin de que el maíz pueda aprovechar el nitrógeno residual dejado en el suelo por la alfalfa, dado que el maíz es un cultivo con altas necesidades en nitrógeno.
- ❖ Establecer un protocolo estandarizado para la toma de muestras de suelo con el fin de monitorizar la evolución de la salinidad, así como el contenido en nitratos, en las parcelas del ensayo.
- ❖ Aplicación de abono orgánico como abonado de fondo en todas las parcelas del ensayo, con el fin principal de mejorar las propiedades edáficas, dado que los suelos del ensayo se encuentran muy compactados ante la falta de laboreo profundo que impone el sistema RGS, problema que se acentúa año tras año.
- ❖ Aplicación de ácido fosfórico en la limpieza de la instalación de riego.

11. REFERENCIAS CONSULTADAS

11.1. Documentos

Ayers, R.S.; Westcot, D.W. 1987. *La calidad del agua en la agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 175 pp.

Buil Trigo, M. 2008. A caballo de dos grandes unidades geológicas. En: Palomares Puertas, A., Rovira Marsal, J. (coord.). *Comarca de La Litera*. Colección Territorio, 29, Departamento de Política Territorial, Justicia e Interior, Gobierno de Aragón. Zaragoza, España. 365 pp. p. 17-24.

España. Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Boletín Oficial del Estado, 21 de febrero de 2003, núm. 45, pp. 7228 a 7245.

Jiménez Hajar, M.E. 2014. *Proyecto de modernización y mejora del regadío, en Tamarite de Litera (Huesca)*. Juan José Mazón (tut.). Trabajo Fin del Grado en Ingeniería Agrícola y Medio Rural. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Campus de Valladolid. Valladolid, España. 354 pp.

Martínez-Cob, A., Faci González, J.M., Bercero Bercero, A. 1998. *Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón*. Institución “Fernando el Católico”. Zaragoza, España. 224 pp.

Oficina del Regant. *Qualitat de l'aigua de reg*. Fitxa Tècnica 70. Novembre 2018.

Petit i Tomàs, X. 2016. *Instalaciones de reg a baixa pressió*. 62ª Fira Agrària de Sant Miquel. Lleida, España (29/09/2016).

Tejero Juste, M. 2003. *Cálculo de la variabilidad temporal de las necesidades hídricas de los cultivos en las comarcas de Aragón*. 2 vol. A. Martínez-Cob (dir.) y P.J. Pérez García (tut.). Proyecto Final de Carrera de Ingeniero Agrónomo. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària, Universitat de Lleida. Lleida, España. 287 pp.

11.2. Páginas web

<http://aplicaciones.aragon.es/oresa/> (Página web de la Oficina del Regante de Aragón).

<http://www.cayc.es> (Página web de la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña).

<http://www.chebro.es> (Página web de la Confederación Hidrográfica del Ebro).

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/> (sección de la página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación que contiene información sobre precios de productos agrícolas).

<http://ruralcat.gencat.cat/oficina-del-regant> (Página web de la Oficina del Regante de Cataluña).

ANEXO I. DISPOSICIÓN DEL ENSAYO



Figura 1. Delimitación de las parcelas con los sistemas RGS y RGV.

ANEXO II. FERTIRRIGACIÓN

El abonado de cobertera en el cultivo de maíz en el ensayo se ha aplicado mediante solución nitrogenada al 32 % de riqueza junto con el agua de riego para los 2 sistemas de riego ensayados. En las **Tablas 27** y **28** se muestra la información sobre fertirrigación en maíz en función del sistema de riego.

Tabla 27. Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGS en la campaña 2019-2020.

Variables	Datos	Observaciones
Necesidades nitrogenadas en cultivo de maíz	345 kg N/ha	Se parte de unas necesidades teóricas de 23 kg N/t y de un rendimiento esperable de 15 t/ha.
Dosis de nitrógeno aplicada en fondo	49 kg N/ha	Aplicación de 700 kg/ha de abono NPK 7-12-15 en fondo.
Dosis de nitrógeno aplicada en cobertera	296 kg N/ha	Dosis obtenida a partir de la diferencia entre las necesidades totales y la dosis aplicada en fondo.
Número de riegos con coberteras aplicadas	9 (parcela 3) y 10 (parcela 6)	Inyección del fertilizante en la red de riego mediante bomba dosificadora de caudal 2,5 l/min.
Duración del tiempo de inyección por riego	9-13 minutos (parcela 3) o 12 minutos (parcela 6)	La fertirrigación se ha aplicado desde la última semana de junio hasta fecha 13/07/2020 (inicio de la emergencia de la inflorescencia masculina).

Tabla 28. Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGV en la campaña 2019-2020.

Variables	Datos	Observaciones
Necesidades nitrogenadas en cultivo de maíz	345 kg N/ha	Se parte de unas necesidades teóricas de 23 kg N/t y de un rendimiento esperable de 15 t/ha.
Dosis de nitrógeno aplicada en fondo	49 kg N/ha	Aplicación de 700 kg/ha de abono “blending” NPK (7-12-15) en fondo.
Dosis de nitrógeno aplicada en cobertera	296 kg N/ha	Dosis obtenida a partir de la diferencia entre las necesidades totales y la dosis aplicada en fondo.
Número de riegos con coberteras aplicadas	4	Abertura del depósito de fertilizante sobre la boca de entrada del riego en la parcela.
Duración del tiempo de inyección por riego	Equivalente a la duración del tiempo de riego	La duración de un riego en el cultivo de maíz regado mediante RGV ha oscilado entre 80 y 108 minutos.

ANEXO III. FOTOGRAFÍAS

En el presente anexo se muestran una serie de imágenes tomadas por el personal técnico de La Melusa en el ensayo durante la campaña 2019-2020 y que permiten visualizar los hechos acaecidos más importantes en el mismo.



Figura 2. Parcela preparada para la siembra del trigo a finales de noviembre de 2019.



Figura 3. Parcela de trigo ya sembrada en enero de 2020.



Figura 4. Trigo en estadio de ahijamiento tras el abonado de cobertera a finales de marzo de 2020.



Figura 5. Cultivo de trigo en estadio de zurrón, con la hoja bandera ya emergida.



Figura 6. Espigas de trigo en el ensayo.



Figura 7. Fuga de agua por rotura de manguera en la parcela 1.



Figura 8. Panorámica general del cultivo de trigo después del corte del riego.



Figura 9. Parcela de maíz después de la preparación del terreno y de la siembra.



Figura 10. Cultivo de maíz ya emergido en estadio de 3-4 hojas.



*Figura 11. Infestación de cachurros (*Xanthium sp.*) por falta de solape en la aplicación del herbicida en el cultivo de maíz.*



Figura 12. Eficacia del tratamiento específico contra rodal de cachurros (*Xanthium sp.*) en el cultivo de maíz.



Figura 13. Parcela de alfalfa a punto para la siega.



Figura 14. Hileras de alfalfa segada previamente a la recogida.



Figura 15. Cultivo de alfalfa en crecimiento después del rebrote.



Figura 16. Detalle del hidrante roto a fecha 13/07/2020.



Figura 17. Ejemplar de Amaranthus palmeri a fecha 06/08/2020.



Figura 18. Siega de la alfalfa en el ensayo.



Figura 19. Comienzo del desecamiento de las plantas de maíz.



Figura 20. Detalle de mazorcas de maíz atacadas por aves y roedores.



Figura 21. Toma de muestras de suelo a fecha 28/09/2020.



Figura 22. Detalle de la boca de riego que abastece a la parcela testigo de alfalfa.



Figura 23. Detalle de la limpieza de la instalación mediante el vaciado de tuberías.

