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.**
- **CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO.**

BINÉFAR (HUESCA), DICIEMBRE 2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 15
2. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN 17
2.1. Trigo 19
2.2. Maíz 20
2.3. Alfalfa 21
3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO 23
4. DATOS METEOROLÓGICOS 25
5. DATOS GEOLÓGICOS Y EDÁFICOS 29
6. CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO 31
7. RENDIMIENTOS 33
7.1. Trigo 33
7.2. Maíz 34
7.3. Alfalfa 35
8. AGUA APLICADA 37
8.1.Trigo 39
8.2. Maíz 41
8.3. Alfalfa 43
9. ASPECTOS DESTACABLES 48
10. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA 51
11. REFERENCIAS CONSULTADAS 53
11.1. Documentos 53
11.2. Páginas web 53
ANEXO I. DISPOSICIÓN DEL ENSAYO 55
ANEXO II. FERTIRRIGACIÓN 59
ANEXO III. FOTOGRAFÍAS 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Separación de las parcelas con los sistemas RGS y RGV. 57
Figura 2. Parcela recién sembrada de trigo en el ensayo a fecha 25/01/2019. 65
Figura 3. Parcela testigo de trigo a fecha 28/02/2019. 65
Figura 4. Trigo en estadio de 3 hojas a fecha 28/02/2019. 66
Figura 5. Detalle de los gránulos del abono de cobertera sobre trigo a fecha 28/02/2018. 66
Figura 6. Limpieza de las tuberías a fecha 28/02/2019. 67
Figura 7. Riego por gravedad en la parcela testigo de trigo a fecha 10/04/2019. 67
Figura 8. Panorámica general del cultivo de trigo a fecha 06/05/2019. 68
Figura 9. Detalle de las espigas de trigo con el cultivo a punto de recolección a fecha 05/07/2019. 68
Figura 10. Malas hierbas en parcela de trigo a fecha de recolección (19/07/2019). 69
Figura 11. Restos de cañote de la campaña anterior a fecha 09/04/2019. 69
Figura 12. Detalle del cultivador con rodillo utilizado en La Melusa. 70
Figura 13. Detalle del pastor eléctrico colocado antes de la emergencia del cultivo de maíz. 70
Figura 14. Detalle de la infestación de malas hierbas en estadios tempranos del cultivo de maíz. 71
Figura 15. Detalle de los tanques de fertilización al lado de la estación de bombeo. 71
Figura 16. Aplicación del abono líquido en el agua de riego en el sistema RGV. 72
Figura 17. Suelo húmedo tras riego en la parcela testigo del maíz. 72
Figura 18. Infestación de *Xanthium strumarium* en una cabecera de parcela del maíz. 73
Figura 19. Forraje de calidad en La Melusa. 73
Figura 20. Panorámica del cultivo de alfalfa antes (a) y después (b) de la siega y recolección del forraje. 74
Figura 21. Hileras del forraje segado en la parcela testigo. 75
Figura 22. Detalle de una zona mal implantada de alfalfa. 75
Figura 23. Aforador Parshall. 76
Figura 24. Regla del aforador para medir la altura de calado. 76
Figura 25. Cultivo de maíz previamente a la recolección (I). 77
Figura 26. Cultivo de maíz previamente a la recolección (II). 77
Figura 27. Cultivo de maíz previamente a la recolección (III). 78
Figura 28. Cultivo de maíz previamente a la recolección (IV). 78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información sobre la disposición del ensayo en la campaña 2018-2019. 15
Tabla 2. Técnicas de producción en cultivo de trigo en el ensayo en la campaña 2018-2019. 19
Tabla 3. Técnicas de producción en cultivo de maíz en el ensayo en la campaña 2018-2019. 20
Tabla 4. Técnicas de producción en cultivo de alfalfa en el ensayo en la campaña 2018-2019. 21
Tabla 5. Comparación de los valores medios mensuales de temperatura entre el año agrícola 2019 y la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses. 26
Tabla 6. Comparación de los valores mensuales de temperatura máxima media entre el año agrícola 2019 y la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses. 26
Tabla 7. Comparación de los valores mensuales de temperatura mínima media entre el año agrícola 2019 y la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses. 27
Tabla 8. Comparación de los valores mensuales de precipitación entre el año agrícola 2019 y la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses. 27
Tabla 9. Comparación de los valores mensuales de ET_o entre el año agrícola 2019 y la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses. 28
Tabla 10. Análisis individual de los parámetros fisicoquímicos del agua de riego de La Melusa. 31
Tabla 11. Evaluación de índices de calidad del agua de riego de La Melusa. 32
Tabla 12. Rendimientos obtenidos en cultivo de trigo en la campaña 2018-2019. 33
Tabla 13. Rendimientos obtenidos en cultivo de maíz en la campaña 2018-2019. 34
Tabla 14. Rendimientos obtenidos en cultivo de alfalfa en la campaña 2018-2019. 35
Tabla 15. Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019. 39
Tabla 16. Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019. 39
Tabla 17. Valores mensuales de dotaciones de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGV en la campaña 2018-2019. 40
Tabla 18. Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019. 41
Tabla 19. Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019. 42
Tabla 20. Valores mensuales de dotaciones de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGV en la campaña 2018-2019. 42
Tabla 21. Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019. 43
Tabla 22. Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019. 44
Tabla 23. Valores mensuales de dotaciones de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGV en la campaña 2018-2019. 44
Tabla 24. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de trigo en función del método de cálculo de la precipitación efectiva. 46
Tabla 25. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de maíz en función del método de cálculo de la precipitación efectiva. 46

Tabla 26. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de alfalfa en función del método de cálculo de la precipitación efectiva. 47
Tabla 27. Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGS en la campaña 2018-2019. 61
Tabla 28. Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGV en la campaña 2018-2019. 61

LISTADO DE SIGLAS

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

ºC: Grado(s) centígrado(s) o Celsius.

ºF: Grado(s) Hidrométrico(s) Francese(s).

cm: Centímetro(s).

dS/m: Decisiemens por metro.

g/l: gramo(s) por litro.

ha: hectárea(s).

kg/cm^2: 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/min: litro(s) por minuto.

l/s: litro(s) por segundo.

m: metro(s).

m^3/h: metro(s) cúbico(s) por hora.

m^3/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 dotaciones 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 mm =1 l/m^2 =10 m^3/ha.

1. INTRODUCCIÓN

La Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña (CGRCAYC) 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, mantenimiento y seguimiento de un ensayo cuyo fin es 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), 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 de 1 m, y los goteros son autocompensantes, con caudal unitario 1,6 l/h y separación de 50 cm entre goteros consecutivos de 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 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 2018-2019, la superficie total del ensayo ha sido de 3,9 ha, regándose 2,2 ha y 1,7 ha mediante los sistemas RGS y RGV, respectivamente. La superficie, cultivo y tipo del sistema de riego por parcela se especifican en la **Tabla 1**.

Tabla 1. *Información sobre la disposición del ensayo en la campaña 2018-2019.*

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 3ª campaña del ensayo:

- Técnicas de producción por cultivo y parcela del ensayo.
- Datos meteorológicos de la campaña 2018-2019.
- Datos sobre la calidad del agua para riego.
- Rendimientos obtenidos de los cultivos de trigo, maíz y alfalfa en la campaña 2018-2019 en función de los 2 sistemas de riego ensayados.
- Dotaciones de riego aplicadas en los cultivos de trigo, maíz y alfalfa en la campaña 2018-2019 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 2018-2019.

2. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

En el presente apartado se describe las técnicas de producción aplicadas en los cultivos en el ensayo en la campaña 2018-2019. 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.

Los encargados del ensayo decidieron que las prácticas de cultivo a seguir debían ser las mismas que suelen realizar los agricultores de la zona regable del CAYC, con el fin de dotar al ensayo de la mayor practicidad posible.

2.1. Trigo

Tabla 2. *Técnicas de producción en cultivo de trigo en el ensayo en la campaña 2018-2019.*

Operación agrícola	Información	Observaciones
Preparación del terreno	Se efectuaron 2 pases de cultivador a 10 cm de profundidad aproximadamente, seguido de 1 pase de rotovator (otoño de 2018).	En el resto de la finca se suele seguir el mismo itinerario de laboreo, 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.	La parcela testigo se abonó a fecha 01/02/2019 y las otras 2 parcelas a fecha 14/02/2019. Debido a fallos de planificación técnica, el abonado de fondo se aplicó una vez sembrado el cultivo, aunque esto no sea lo habitual en la finca.
Siembra	Siembra de la variedad *Atomo* a fecha 11/01/2019 a dosis de 250 kg/ha mediante sembradora de distribución mecánica de discos con preparador de tierra delantero incorporado. Pase de rulo a fecha 28/02/2019 para compactar el lecho de siembra.	Sistema de siembra típico en cultivo de cereal de invierno en la finca de La Melusa. A fecha 12/02/2019 la nascencia del cultivo de trigo ya era del 100 %.
Abonado de cobertera	Aplicación de 336 kg/ha de sulfato amónico (riqueza del 21 %) mediante abonadora de distribución de doble plato a fecha 28/02/2019, cuando se comenzaba a dar el inicio del ahijado.	Debido a cuestiones de planificación técnica, el abonado de cobertera se aplicó un par de semanas después del abonado de fondo, cuando lo habitual es que haya más espaciamiento temporal entre ambos abonados.
Tratamientos fitosanitarios	Aplicación a fecha 29/03/2019 mediante pulverizadora hidráulica de las siguientes materias activas: • Florasulam 1,42 % y piroxsulam 7,08 % (265 g/ha) y mojante (0,75 l/ha) (herbicida para hoja ancha y estrecha). • Bromuconazol 16,7 % y tebuconazol 10,7 % (1 l/ha) y mojante (1 l/ha) (fungicida para septoria, roya y fusariosis). Aplicación a fecha 06/05/2019 mediante pulverizadora hidráulica en las parcelas 1 y 4 de las siguientes materias activas: • Pinoxaden 6 % (1 l/ha) (herbicida para gramíneas). • Bromuconazol 16,7 % y tebuconazol 10,7 % (1 l/ha) (fungicida para septoria, roya y fusariosis).	Observación de posible enfermedad foliar en una cabecera de la parcela 1 a fecha 03/04/2019. Finalmente se notificó que era un efecto fisiológico sobre la planta derivado de la conjunción de riego con bajas temperaturas.
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 19/07/2019 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 *Dickey-John*®. Se registró un peso hectolitro del grano cosechado de 78 kg/hl, en promedio.

2.2. Maíz

Tabla 3. *Técnicas de producción en cultivo de maíz en el ensayo en la campaña 2018-2019.*

Operación agrícola	Información	Observaciones
Preparación del terreno	A fecha 18/03/2019: picado del rastrojo del cultivo de maíz que quedaba sobre las parcelas remanente de la campaña anterior (**Figura 11**). A fecha 22/03/2019: pase de grada de púas en la parcela testigo. A fecha 26/03/2019: pase de cultivador en las 3 parcelas cultivadas de maíz. A fecha 11/04/2019: pase de rotovator en las 3 parcelas cultivadas de maíz.	Se observa que ha sido necesario retirar mucho cañote del campo. De hecho, el exceso de cañote ha dificultado alguna operación de preparación del suelo, especialmente en las parcelas con RGS debido a la limitación en la profundidad de laboreo que se da en dichas parcelas.
Abonado de fondo	Aplicación a fecha 09/04/2019 de mezcla de 400 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0) y 400 kg/ha de sulfato de potasa (riqueza del 50 %) mediante abonadora de distribución de doble plato.	-
Siembra	Siembra de la variedad híbrida *DKC6980* a fecha 29/04/2019 a densidad de 95.200 plantas/ha (marco de siembra 70 cm x 15 cm), mediante sembradora monograno neumática.	-
Abonado de cobertera	Se ha aplicado mediante sistema de fertirrigación (**Figuras 15** y **16**).	Más información en el apartado **9. ASPECTOS DESTACABLES** y en el **ANEXO II. FERTIRRIGACIÓN.**
Tratamientos fitosanitarios	Aplicación simultáneamente a la siembra de insecticida piretroide encapsulado (formulado en base a teflutrina y coformulantes) para el control de gusanos grises (*Agrotis* sp.) y gusanos de alambre (*Agriotes* sp.) a dosis de 3 kg/ha. Aplicación a fecha 30/04/2019 de las siguientes materias activas: • Glifosato al 36 % (2 l/ha) para limpieza de las lindes (véase celda de observaciones). • Terbutilazina 18,75 % y s-metolacloro 31,25 % (3,5 l/ha) para malas hierbas anuales en preemergencia del cultivo. • Isoxaflutol 24 % (0,35 l/ha) para malas hierbas anuales en preemergencia del cultivo. Aplicación a fecha 23/05/2019 de nicosulfurón al 24 % de riqueza a 0,25 l/ha para malas hierbas en postemergencia del cultivo.	A comienzos de campaña se observa una infestación importante en los márgenes de las parcelas de maíz de malas hierbas problemáticas (*Sorghum halepense*, *Xanthium* sp., o incluso *Phragmites australis*), algunas de las cuales además son hospedantes de insectos cicadélidos vectores de virosis que pueden afectar gravemente al cultivo. Se aplica producto fitosanitario con sulfatadora de mochila.
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 10/11/2019 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 *Dickey-John®*.

2.3. Alfalfa

Tabla 4. *Técnicas de producción en cultivo de alfalfa en el ensayo en la campaña 2018-2019.*

Operación agrícola	Información	Observaciones
Preparación del terreno	-	Es el 4º año de cultivo de alfalfa implantado.
Abonado de fondo	-	Es el 4º año de cultivo de alfalfa implantado.
Siembra	-	El año 2019 es el 4º año del cultivo de alfalfa en producción (ecotipo "*Aragón*"), 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.
Abonado de cobertera	Aplicación a fecha 06/05/2019 (después del 1º corte) de abono complejo de mezcla (blending) 9-23-23 (NPK) a dosis de 200 kg/ha.	-
Tratamientos fitosanitarios	Aplicación a fecha 06/03/2019 de tratamiento rodenticida mediante producto con fosfuro de aluminio (56 % de riqueza) a dosis de 1 tableta/galería contra topillos campesinos (*Microtus arvalis*). Aplicación a fecha 04/05/2019 de tratamiento insecticida con camión-aplicador contra cuca (*Colaspidema atrum*), gusano verde (*Hypera postica*) y pulgones con productos en base a cipermetrin 10 % (0,5 l/ha), deltametrin 2,5 % (0,5 l/ha) y mojante (0,5 l/ha).	-
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: 27/04/2019, 31/05/2019, 04/07/2019, 07/08/2019, 14/09/2019 y 28/10/2019. Los rendimientos obtenidos se detallan en el subapartado **7.3. Alfalfa** del apartado **7. RENDIMIENTOS**.	Los valores de humedad del forraje en cada corte 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 siguiente:

1) A nivel semanal 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 semanal 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) Semanalmente se registra la precipitación caída en La Melusa, y de este valor se contabiliza que el 75 % de la misma es precipitación efectiva, es decir, aprovechable por el cultivo (PE), 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 en el sistema RGS se ha considerado del 95 %. Respecto al sistema RGV, la eficiencia de aplicación del agua de riego se ha considerado alrededor del 75 %, ya que los regantes de La Melusa manejan 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 puede modificarse, por ejemplo pueden suprimirse algunos riegos ante el aumento del nivel de humedad en el suelo. A modo de ejemplo, a fecha 20/08/2019 se registraron 17 mm de precipitación y los riegos programados para ese día 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 de las parcelas. 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 medición de caudales de canales, acequias y demás conducciones en las que el agua transcurre bajo régimen de lámina libre (**Figura 23**).

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 (**Figura 24**), 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.

- Se debe 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, se debe reiniciar 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 parar el riego el 3º 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 después de la recogida.

4. DATOS METEOROLÓGICOS

En el presente apartado se describen las condiciones meteorológicas que se han dado durante la campaña agrícola 2019, las cuales han influido en la productividad de los cultivos y en el itinerario técnico seguido de determinadas prácticas culturales.

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 valores mensuales medios (en el caso de la temperatura) y totales (en el caso de la precipitación y la ET_o) se han registrado en la presente campaña durante los meses que se consideran como "año agrícola", es decir, entre las fechas 01/09/2018 y 31/08/2019.

Los datos meteorológicos han sido tomados del servidor de datos meteorológicos de la ORA para la Estación Meteorológica de Tamarite de Litera-La Melusa y de los registros propios del personal técnico de la finca, y como serie histórica de comparación se ha tomado el periodo de años 1965-2018, que representa la serie de años de la que se disponen datos meteorológicos completos registrados en 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 la mayor 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 desean obtener rendimientos óptimos.

En la **Tabla 5** se muestran los valores de temperatura media mensual durante el año agrícola 2019 y según la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses.

Tabla 5. *Comparación de los valores medios mensuales de temperatura entre el año agrícola 2019 y la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses.*

Mes y año campaña actual	Temperatura media mensual año agrícola 2019 (ºC)	Temperatura media mensual 1965-2018 (ºC)
Septiembre 2018	22,2	20,2
Octubre 2018	15,4	15,2
Noviembre 2018	10,5	8,8
Diciembre 2018	6,2	4,8
Enero 2019	3,6	4,6
Febrero 2019	7,6	6,4
Marzo 2019	10,3	9,6
Abril 2019	12,7	12,6
Mayo 2019	16,1	16,8
Junio 2019	22,1	21,4
Julio 2019	25,7	24,5
Agosto 2019	24,8	24,1

En base a la **Tabla 5**, no se observan diferencias apreciables, si bien los valores de temperatura media mensual en cada mes del año agrícola 2019 (excepto en enero y mayo) han sido ligeramente superiores a los valores históricos.

En la **Tabla 6** se muestran los valores mensuales de temperatura máxima media durante el año agrícola 2019 y según la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses.

Tabla 6. *Comparación de los valores mensuales de temperatura máxima media entre el año agrícola 2019 y la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses.*

Mes y año campaña actual	Temperatura máxima media mensual año agrícola 2019 (ºC)	Temperatura máxima media mensual 1965-2018 (ºC)
Septiembre 2018	29,6	27,2
Octubre 2018	21,8	21,6
Noviembre 2018	15,8	14,2
Diciembre 2018	10,3	9,1
Enero 2019	9,1	9,5
Febrero 2019	16,3	12,8
Marzo 2019	19,6	16,9
Abril 2019	19,7	19,7
Mayo 2019	24,2	24
Junio 2019	31,1	28,9
Julio 2019	33,8	32,3
Agosto 2019	32,4	31,6

En base a la **Tabla 6**, no se observan diferencias apreciables entre los valores mensuales de temperatura máxima media del año agrícola 2019 y los valores históricos. No obstante, se puede corroborar que, excepto en el mes de enero, en el resto de los meses los valores del año agrícola 2019 han sido ligeramente superiores a los valores históricos.

En la **Tabla 7** se muestran los valores mensuales de temperatura mínima media durante el año agrícola 2019 y según la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses.

Tabla 7. *Comparación de los valores mensuales de temperatura mínima media entre el año agrícola 2019 y la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses.*

Mes y año campaña actual	Temperatura mínima media mensual año agrícola 2019 (ºC)	Temperatura mínima media mensual 1965-2018 (ºC)
Septiembre 2018	14,8	13
Octubre 2018	9,0	8,7
Noviembre 2018	5,2	3,3
Diciembre 2018	2,1	0,5
Enero 2019	-1,9	-0,1
Febrero 2019	-1,2	0,2
Marzo 2019	1,0	2,4
Abril 2019	5,7	5,4
Mayo 2019	8,0	9,6
Junio 2019	13,2	13,7
Julio 2019	17,5	16,6
Agosto 2019	17,1	16,6

En base a la **Tabla 7**, no se observan diferencias apreciables entre los valores mensuales de temperatura mínima media del año agrícola 2019 y los valores históricos, si bien los valores en los meses de 2018 sí han sido algo superiores a la media histórica. Por el contrario, en los meses correspondientes al año 2019, los valores mensuales han sido inferiores a los históricos excepto en los meses de abril, julio y agosto.

En la **Tabla 8** se muestran los valores mensuales de precipitación durante el año agrícola 2019 y según la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses.

Tabla 8. *Comparación de los valores mensuales de precipitación entre el año agrícola 2019 y la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses.*

Mes y año campaña actual	Precipitación total mensual año agrícola 2019 (mm)	Precipitación media mensual 1965-2018 (mm)
Septiembre 2018	20,6	37,3
Octubre 2018	97,6	49,1
Noviembre 2018	65,8	37
Diciembre 2018	12,6	23,6
Enero 2019	6,1	24,7
Febrero 2019	8,5	19,4
Marzo 2019	1,3	28,5
Abril 2019	40,4	43,2
Mayo 2019	34,2	47,5
Junio 2019	6,7	34,3
Julio 2019	26,6	18,3
Agosto 2019	18,4	24,6

De acuerdo a la **Tabla 8**, en los meses de octubre y noviembre de 2018 sí se registraron precipitaciones muy por encima de la media (77,3 mm en exceso entre ambos meses conjuntamente), lo cual hacía prever unas óptimas condiciones de tempero para la siembra del cultivo de trigo, después de las negativas previsiones de septiembre (se registraron 16,7 mm menos que la media en dicho mes). Sin embargo, la pluviometría elevada en los meses de octubre y noviembre también enlanteció las labores de preparación del terreno y la

siembra misma, la cual tuvo que retrasarse hasta comienzos del mes de enero del año siguiente.

Tendencia opuesta es lo que ha ocurrido a partir del mes de diciembre de 2018, dado que entre dicho mes y junio de 2019 se ha acumulado un déficit de precipitaciones respecto a los valores históricos de 111,4 mm, destacando los bajos valores registrados en enero, febrero, marzo y junio de 2019. De hecho, los bajos valores registrados de precipitación acumulada a la salida del invierno provocaron que el riego de trigo en las parcelas RGS comenzase ya la primera semana de marzo, hallándose entonces la capa arable del suelo de dichas parcelas con un claro déficit de humedad.

A pesar de dicho contexto, se considera que la precipitación registrada en el mes de abril favoreció un buen tempero en el lecho de siembra en el maíz, si bien ello también favoreció la germinación de varias especies de malas hierbas.

Citar también que el mes de julio del año 2019 es el único mes de dicho año en el cual el valor registrado de precipitaciones supera al valor histórico.

En la **Tabla 9** se muestran los valores mensuales de ET_o durante el año agrícola 2019 y según la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses.

Tabla 9. *Comparación de los valores mensuales de ET_o entre el año agrícola 2019 y la serie histórica 1965-2018 para los mismos meses.*

Mes y año campaña actual	ET_o total mensual año agrícola 2019 (mm)	ET_o media mensual 1965-2018 (mm)
Septiembre 2018	95,5	102,9
Octubre 2018	51,0	56
Noviembre 2018	20,6	24,5
Diciembre 2018	7,4	13,3
Enero 2019	14,1	18,3
Febrero 2019	27,8	34,2
Marzo 2019	73,8	73,7
Abril 2019	95,3	106,1
Mayo 2019	135,3	147,5
Junio 2019	163,7	177,5
Julio 2019	163,9	189,7
Agosto 2019	141,4	157,8

Respecto a los valores de ET_o de la **Tabla 9**, se observa que en el año agrícola 2019 han seguido una tendencia similar a los valores medios del periodo histórico considerado, si bien los valores registrados de ET_o en todos los meses han sido inferiores a los históricos excepto en el mes de marzo.

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 en el ensayo 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 (previamente validados) han sido tomados a partir de los análisis efectuados por la CHE sobre muestras tomadas en el CAYC durante la campaña de riego.

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

Parámetro	Valor medido	Intervalo recomendable	Grado de cumplimiento
pH	8,2	6,4-8,5	CUMPLE
Conductividad eléctrica	0,253 dS/m	< 0,7 dS/m	CUMPLE
Cloruros	0,47 meq/l	0-30 meq/l	CUMPLE
Sulfatos	0,50 meq/l	0-20 meq/l	CUMPLE
Bicarbonatos	1,16 meq/l	< 1,5 meq/l	CUMPLE
Carbonatos	0,33 meq/l	0-0,1 meq/l	NO CUMPLE
Nitratos	2,6 mg/l	< 5 mg/l	CUMPLE
Fosfatos	0,02 mg/l	< 2 mg/l	CUMPLE
Potasio	0,02 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	10,8 mg/l	< 3 mg/l	NO CUMPLE
Boro	0,001 mg/l	< 0,33 mg/l	CUMPLE

De acuerdo con la **Tabla 10**, existen 2 iones que superan los umbrales estándar establecidos: carbonatos y sodio. No obstante, respecto a los carbonatos, el cálculo del índice de Eaton (**Tabla 11**) descarta la posibilidad de formación de carbonatos residuales perjudiciales para el mantenimiento de la instalación de riego. En cuanto al sodio, serían esperables verdaderos efectos perjudiciales si se cultivasen cultivos leñosos o se regase por aspersión. En las parcelas testigo, al regarse por gravedad, además, es esperable que una proporción importante del sodio quede fijado en el suelo.

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
Sólidos disueltos totales	0,18 g/l	< 0,5 g/l	Agua positivamente buena para riego
SAR ajustada	0,58	≤ 3	No hay problema de uso del agua para riego
Relación calcio/magnesio	5,28	≥ 1	Agua buena para el riego
Índice de Langelier	0,03	≤ 0	No hay riesgo de obstrucción de los goteros
Índice de Eaton	0	≤ 1,25	Agua buena para el riego
Dureza del agua	11,42 ºF	7-14 ºF	Agua dulce
Coeficiente alcalimétrico	122	≥ 18	Agua buena para el riego
Índice de Kelly	70 %	≥ 35 %	Agua buena para el riego
Norma de H. Greene	Acudir al gráfico de Greene, según el porcentaje de sodio sobre el total de cationes y sales disueltas		Agua de buena calidad para el riego
Normas Wilcox	Acudir al gráfico de Wilcox, según el porcentaje de sodio sobre el total de cationes y conductividad del agua de riego		Agua de calidad excelente a buena para el riego

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

7. RENDIMIENTOS

En el presente apartado se exponen los rendimientos de los cultivos obtenidos en los sistemas RGS y RGV para la campaña 2018-2019.

7.1. Trigo

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2018-2019 en cultivo de trigo (expresados al 12 % de humedad de grano) se muestran en la **Tabla 12**.

Tabla 12. *Rendimientos obtenidos en cultivo de trigo en la campaña 2018-2019.*

Parcela	Tratamiento de riego	Rendimientos (12 %, kg/ha)
1	RGS a 25 cm	3.235
4	RGS a 35 cm	3.838
T1	RGV	5.736

En la **Tabla 12** se puede constatar que los rendimientos obtenidos en las parcelas RGS son muy bajos para los valores habituales de 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:

- Inadecuada preparación del lecho de siembra y fecha de siembra tardía respecto a la habitual.
- No se efectuó el abonado de fondo propiamente dicho, sino que el abonado que debería corresponderse con el de fondo se aplicó cuando el cultivo ya había germinado, y seguidamente, cuando el cultivo únicamente contaba con 3 hojas (apenas había comenzado el ahijamiento) se aplicó el abonado de cobertera (**Figura 5**). La fertilización nitrogenada no se aplicó, por lo tanto, en el momento de máximas necesidades del cultivo (final del ahijamiento y comienzo del encañado).
- Infestación elevada e inadecuado control de malas hierbas (**Figura 10**). Aparte de considerar que hizo falta un tratamiento fitosanitario más, los tratamientos se efectuaron demasiado tarde, pues el cultivo ya había comenzado el encañado y se generaron muchas roderas que aplastaron el cultivo por el tránsito de la maquinaria de aplicación.
- Se considera que las pautas del riego han sido óptimas y objetivas, basadas en criterios técnicos, sin embargo en los resultados productivos finales ha predominado el efecto de dos factores limitantes del rendimiento: carencia de nitrógeno en los estadios fenológicos sensibles y competencia en el uso de los recursos con las malas hierbas.

7.2. Maíz

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2018-2019 en cultivo de maíz (expresados al 14 % de humedad de grano) se muestran en la **Tabla 13**.

Tabla 13. *Rendimientos obtenidos en cultivo de maíz en la campaña 2018-2019.*

Parcela	Tratamiento de riego	Rendimientos (14 %, kg/ha)
3	RGS a 25 cm	11.628
6	RGS a 35 cm	12.099
T2	RGV	12.851

Según se puede observar en la **Tabla 13**, los rendimientos se pueden considerar bajos-normales. Estos resultados se explican debido a diferentes factores:

- Notable infestación de malas hierbas desde comienzos de campaña en las parcelas del ensayo (**Figuras 14** y **18**). Los tratamientos fitosanitarios efectuados no se consideran eficaces.

- Problemática existente en relación con la población local de jabalíes y con plagas, principalmente el taladro y araña roja (*Tetranychus urticae*). Ante los recurrentes ataques de jabalíes en las anteriores campañas, se consideró necesario colocar un pastor eléctrico desde la siembra del maíz alrededor de las parcelas (**Figura 13**). Los efectos del taladro se han hecho plenamente visibles a finales de octubre y comienzos de noviembre, cuando se han dado rachas de viento de hasta 75 km/h, las cuales han provocado el tronzamiento de muchas cañas ya debilitadas y la caída de mazorcas al suelo. Ello se observa en las **Figuras 25**, **26**, **27** y **28**.

7.3. Alfalfa

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2018-2019 en cultivo de alfalfa (expresados al 12 % de humedad de forraje) se muestran en la **Tabla 14**.

Tabla 14. *Rendimientos obtenidos en cultivo de alfalfa en la campaña 2018-2019.*

Parcela	Tratamiento de riego	Número de corte	Rendimientos (12 %, kg/ha)
2	RGS a 25 cm	1º	2.810
		2º	1.360
		3º	2.420
		4º	2.581
		5º	2.215
		6º	908
		TOTAL	**12.295**
5	RGS a 35 cm	1º	2.669
		2º	1.280
		3º	3.246
		4º	2.551
		5º	2.032
		6º	1.077
		TOTAL	**12.855**
T3	RGV	1º	2.666
		2º	1.005
		3º	1.768
		4º	2.155
		5º	2.022
		6º	894
		TOTAL	**10.510**

De acuerdo con la **Tabla 14**, se observa ya un declive de la producción de alfalfa respecto a la campaña pasada, especialmente en las parcelas 2 y 5, aunque la producción ha sido superior en ambas parcelas respecto a la obtenida en la parcela testigo. Debe tenerse en cuenta que se trata del 4º año de alfalfa, y que lo habitual es levantar el cultivo al 5º año en las zonas de regadío del valle del Ebro.

8. AGUA APLICADA

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

Respecto al agua de riego, decir que ésta 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 correspondiente al primer corte de alfalfa hasta la fecha del último corte de forraje.

Además, debe tenerse en cuenta que no toda la precipitación caída es aprovechable por el cultivo, esto es, no toda la precipitación es efectiva. Para registrar la precipitación 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 dotaciones de riego los valores de precipitación efectiva obtenidos de acuerdo con dicho método.
- Agua aplicada según el método de la ORA, sumando a las dotaciones 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 dotaciones de riego y de precipitación total y efectiva registrados mensualmente sobre las parcelas de trigo del ensayo durante la campaña 2018-2019.

Tabla 15. *Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019.*

CULTIVO DE TRIGO PARCELA 1 (GOTEROS ENTERRADOS A 25 cm)						
Mes y año campaña actual	**Dotación 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 2019	0,0	6,1	2,7	2,7	4,6	4,6
Febrero 2019	0,0	8,5	4,7	4,7	6,4	6,4
Marzo 2019	53,3	1,3	0,0	53,3	1,0	54,3
Abril 2019	22,2	40,4	29,4	51,6	30,3	52,5
Mayo 2019	94,7	34,2	27,3	122,0	25,7	120,4
Junio 2019	105,0	6,7	3,3	108,3	5,0	110,0
Total	275,2	97,2	67,3	**342,5**	72,9	**348,1**

Tabla 16. *Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019.*

CULTIVO DE TRIGO PARCELA 4 (GOTEROS ENTERRADOS A 35 cm)						
Mes y año	**Dotación 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 2019	0,0	6,1	2,7	2,7	4,6	4,6
Febrero 2019	0,0	8,5	4,7	4,7	6,4	6,4
Marzo 2019	57,0	1,3	0,0	57,0	1,0	57,9
Abril 2019	23,7	40,4	29,4	53,1	30,3	54,0
Mayo 2019	86,1	34,2	27,3	113,3	25,7	111,7
Junio 2019	106,9	6,7	3,3	110,2	5,0	111,9
Total	273,6	97,2	67,3	**340,9**	72,9	**346,5**

Tabla 17. *Valores mensuales de dotaciones de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGV en la campaña 2018-2019.*

CULTIVO DE TRIGO PARCELA TESTIGO (RIEGO POR GRAVEDAD)						
Mes y año	**Dotación 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 2019	0,0	6,1	2,7	2,7	4,6	4,6
Febrero 2019	0,0	8,5	4,7	4,7	6,4	6,4
Marzo 2019	0,0	1,3	0,0	0,0	1,0	1,0
Abril 2019	125,6	40,4	29,4	155,0	30,3	155,9
Mayo 2019	209,2	34,2	27,3	236,5	25,7	234,9
Junio 2019	0,0	6,7	3,3	3,3	5,0	5,0
Total	334,8	97,2	67,3	**402,1**	72,9	**407,7**

Comparando las **Tablas 15, 16** y **17**, se puede apreciar cómo los valores de agua aplicada de acuerdo con el método ORA han sido ligeramente superiores (en torno a 6 mm) a los del método SCS. Las dosis de agua aplicada en las parcelas RGS son prácticamente similares entre sí, tanto para el método SCS (en torno a 341 mm) como para el método ORA (347 mm, aproximadamente). La dosis de agua aplicada en la parcela testigo es en torno a 60 mm superior a la aplicada en las parcelas RGS, para ambos métodos de cálculo.

Destacar que el primer riego en trigo en las parcelas 1 y 4 se dio ya a fecha 01/03/2019, cuando el cultivo contaba con 3 hojas, debido a la ausencia prolongada de precipitaciones desde comienzos de año (véase el apartado **4. DATOS METEOROLÓGICOS**), observándose la capa superficial de suelo a finales de febrero con un claro déficit de humedad. El último riego en ambas parcelas se dio a fecha 22/06/2019. El caudal de riego en la parcela 1 ha variado entre 7 y 7,6 m^3/h y en la parcela 4 entre 9,7 y 10 m^3/h. En toda la campaña, el número total de horas de riego ha sido de 89 y 87,5 horas en las parcelas 1 y 4, respectivamente.

Por otra parte, en cultivo de trigo en la parcela testigo se han dado un total de 3 riegos, aplicados en las siguientes fechas: 10/04/2019, 07/05/2019 y 31/05/2019. El caudal de riego en dicha parcela ha variado entre 70 y 96 l/s. La duración del tiempo de riego en dicha parcela ha oscilado entre 115 y 172 minutos.

Por último, señalar que se confirma una campaña más que las dotaciones de riego han sido inferiores en las parcelas RGS (en torno a 2.740 m^3/ha) que en la parcela testigo (sobre 3.350 m^3/ha). Además, debe destacarse que en esta 4ª campaña de ensayo se han registrado las mayores dotaciones de riego aplicadas en cultivo de trigo hasta la fecha en las 3 parcelas (los años anteriores las dotaciones de riego

habían oscilado entre 1.300 y 1.900 m^3/ha en las 3 parcelas). Este incremento en las dotaciones de riego ha sido necesario debido principalmente a las altas temperaturas y baja humedad en el suelo que se ha dado al final del ciclo del cultivo en estadios fenológicos sensibles como el llenado y madurez de los granos. De hecho, la campaña de cereal de invierno 2018-2019 ha finalizado en situación de sequía en la mayor parte de zonas cerealistas tanto de Aragón como del resto de España.

8.2. Maíz

En las **Tablas 18**, **19** y **20** se detallan los valores de dotaciones de riego y de precipitación total y efectiva registrados mensualmente sobre las parcelas de maíz del ensayo durante la campaña 2018-2019.

Tabla 18. *Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019.*

CULTIVO DE MAÍZ PARCELA 3 (GOTEROS ENTERRADOS A 25 cm)						
Mes y año	**Dotación 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 2019	0,0	34,2	21,6	21,6	25,7	25,7
Junio 2019	122,9	6,7	3,8	126,7	5,0	128,0
Julio 2019	172,9	26,6	24,8	197,7	20,0	192,9
Agosto 2019	126,1	18,4	16,2	142,3	13,8	139,9
Septiembre 2019	117,1	8,4	5,3	122,4	6,3	123,4
Octubre 2019	32,3	0,0	0,0	32,3	0,0	32,3
Total	571,4	94,3	71,6	**643,1**	70,7	**642,2**

Tabla 19. *Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019.*

CULTIVO DE MAÍZ PARCELA 6 (GOTEROS ENTERRADOS A 35 cm)						
Mes y año	**Dotación 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 2019	0,0	34,2	21,6	21,6	25,7	25,7
Junio 2019	122,6	6,7	3,8	126,4	5,0	127,7
Julio 2019	175,3	26,6	24,8	200,1	20,0	195,3
Agosto 2019	134,7	18,4	16,2	150,8	13,8	148,5
Septiembre 2019	124,8	8,4	5,3	130,1	6,3	131,1
Octubre 2019	34,8	0,0	0,0	34,8	0,0	34,8
Total	592,2	94,3	71,6	**663,8**	70,7	**662,9**

Tabla 20. *Valores mensuales de dotaciones de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGV en la campaña 2018-2019.*

CULTIVO DE MAÍZ PARCELA TESTIGO (RIEGO POR GRAVEDAD)						
Mes y año	**Dotación 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 2019	0,0	34,2	21,6	21,6	25,7	25,7
Junio 2019	148,5	6,7	3,8	152,3	5,0	153,5
Julio 2019	344,6	26,6	24,8	369,4	20,0	364,6
Agosto 2019	348,8	18,4	16,2	365,0	13,8	362,6
Septiembre 2019	113,3	8,4	5,3	118,6	6,3	119,6
Octubre 2019	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	955,2	94,3	71,6	**1.026,8**	70,7	**1.025,9**

Comparando las **Tablas 18**, **19** y **20**, se puede apreciar que las dotaciones de riego en las parcelas RGS no han superado los 6.000 m^3/ha y en la parcela RGV casi se ha alcanzado una dotación de 10.000 m^3/ha (**Figura 7**).

Las dosis de agua aplicada en las parcelas RGS son prácticamente similares entre sí para cada parcela, tanto para el método SCS como para el método ORA, con unos valores promedio de 642 mm (parcela 3) y 662 mm (parcela 6). La dosis de agua aplicada en la parcela testigo es ligeramente superior a 1.000 mm para ambos métodos de cálculo.

El calendario de riegos en las parcelas 3 y 6 ha abarcado desde el 03/05/2019 hasta el 10/10/2019 (coincidiendo con el fin de la campaña de riegos en la zona regable del CAYC). El caudal de riego en la parcela 3 ha variado entre 8,3 y 8,8 m^3/h y en la parcela 6 entre 10,9 y 13,7 m^3/h. En toda la campaña, el número total de horas de riego ha sido de 177,5 y 178,5 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 8 riegos, aplicados en las siguientes fechas: 25/06/2019, 02/07/2019, 11/07/2019, 23/07/2019, 01/08/2019, 12/08/2019, 28/08/2019 y 19/09/2019. El caudal de riego en dicha parcela ha variado entre 64 y 104 l/s. La duración del tiempo de riego en dicha parcela ha oscilado entre 97 y 203 minutos.

8.3. Alfalfa

En las **Tablas 21**, **22** y **23** se detallan los valores de dotaciones de riego y de precipitación total y efectiva registrados mensualmente sobre las parcelas de alfalfa durante la campaña 2018-2019.

Tabla 21. *Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019.*

CULTIVO DE ALFALFA PARCELA 2 (GOTEROS ENTERRADOS A 25 cm)						
Mes y año	**Dotación 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)**
Abril 2019	22,1	40,4	29,4	51,5	30,3	52,4
Mayo 2019	79,5	34,2	25,7	105,2	25,7	105,1
Junio 2019	121,5	6,7	4,1	125,6	5,0	126,5
Julio 2019	143,0	26,6	21,4	164,4	20,0	162,9
Agosto 2019	92,2	18,4	14,3	106,5	13,8	106,0
Septiembre 2019	81,6	8,4	4,9	86,5	6,3	87,9
Octubre 2019	47,7	90,8	50,6	98,3	68,1	115,8
Total	587,5	225,5	150,5	**738,0**	169,1	**756,6**

Tabla 22. *Valores mensuales de dotaciones 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 2018-2019.*

CULTIVO DE ALFALFA PARCELA 5 (GOTEROS ENTERRADOS A 35 cm)						
Mes y año	**Dotación 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)**
Abril 2019	24,2	40,4	29,4	53,6	30,3	54,5
Mayo 2019	77,6	34,2	25,7	103,2	25,7	103,2
Junio 2019	123,0	6,7	4,1	126,8	5,0	127,7
Julio 2019	141,7	26,6	21,4	163,2	20,0	161,7
Agosto 2019	96,1	18,4	14,3	110,4	13,8	109,9
Septiembre 2019	84,3	8,4	4,9	89,1	6,3	90,6
Octubre 2019	53,0	90,8	50,6	103,6	68,1	121,1
Total	599,7	225,5	150,5	**750,2**	169,1	**768,9**

Tabla 23. *Valores mensuales de dotaciones de riego y de precipitación total y efectiva durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGV en la campaña 2018-2019.*

CULTIVO DE ALFALFA PARCELA TESTIGO (RIEGO POR GRAVEDAD)						
Mes y año	**Dotación 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)**
Abril 2019	78,7	40,4	29,4	108,1	30,3	109,0
Mayo 2019	88,0	34,2	25,7	113,7	25,7	113,7
Junio 2019	87,2	6,7	4,1	91,3	5,0	92,2
Julio 2019	84,5	26,6	21,4	105,9	20,0	104,5
Agosto 2019	82,6	18,4	14,3	96,9	13,8	96,4
Septiembre 2019	83,2	8,4	4,9	88,1	6,3	89,5
Octubre 2019	0,0	90,8	50,6	50,6	68,1	68,1
Total	504,2	225,5	150,5	**654,7**	169,1	**673,3**

Comparando las **Tablas 21**, **22** y **23**, se puede apreciar que las dotaciones de riego en ninguna de las 3 parcelas de alfalfa no han superado los 6.000 m^3/ha.

Las dosis de agua aplicada en las parcelas RGS han diferido en cada parcela en torno a 12 mm entre los métodos SCS y ORA. La dosis de agua aplicada en la parcela testigo es de 664 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 dotaciones de riego aplicadas con el sistema RGS respecto a las necesidades hídricas del cultivo de alfalfa, ante los diversos golpes de calor que se han dado en la época estival, tomándose un enfoque cautelar aprovechando la flexibilidad de programación que ofrece el sistema RGS frente al sistema RGV, mucho más rígido de planificar al funcionar en base a turnos de riego.

El calendario de riegos en las parcelas 2 y 5 ha abarcado desde el 03/04/2019 hasta el 10/10/2019 (coincidiendo con el fin de la campaña de riegos en la zona regable del CAYC). El caudal de riego en la parcela 2 ha variado entre 7,8 y 8,3 m^3/h y en la parcela 5 entre 11,2 y 13,8 m^3/h. En toda la campaña, el número total de horas de riego ha sido de 188,5 y 185 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 6 riegos, aplicados en las siguientes fechas: 03/04/2019, 13/05/2019, 17/06/2019, 15/07/2019, 27/08/2019 y 30/09/2019. El caudal de riego en dicha parcela ha variado entre 74,3 y 117 l/s. La duración del tiempo de riego en dicha parcela ha oscilado entre 50 y 75 minutos.

Las diferencias en cuanto al agua aplicada de acuerdo con los métodos SCS y ORA se muestran 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**
Dotación de riego (mm)	275,2	273,6	334,8
Precipitación total ciclo de cultivo (mm)	97,2	97,2	97,2
Precipitación efectiva según SCS (mm)	67,3	67,3	67,3
Precipitación efectiva según ORA (mm)	72,9	72,9	72,9
Agua aplicada según SCS (mm)	342,5	340,9	402,1
Agua aplicada según ORA (mm)	348,1	346,5	407,7
Diferencia [“agua aplicada ORA”- “agua aplicada SCS”] (mm)	**5,6**	**5,6**	**5,6**

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**
Dotación de riego (mm)	571,4	592,2	955,2
Precipitación total ciclo de cultivo (mm)	94,3	94,3	94,3
Precipitación efectiva según SCS (mm)	71,6	71,6	71,6
Precipitación efectiva según ORA (mm)	70,7	70,7	70,7
Agua aplicada según SCS (mm)	643,1	663,8	1.026,8
Agua aplicada según ORA (mm)	642,2	662,9	1.025,9
Diferencia [“agua aplicada SCS”- “agua aplicada ORA”] (mm)	**0,9**	**0,9**	**0,9**

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**
Dotación de riego (mm)	587,5	599,7	504,2
Precipitación total ciclo de cultivo (mm)	225,5	225,5	225,5
Precipitación efectiva según SCS (mm)	150,5	150,5	150,5
Precipitación efectiva según ORA (mm)	169,1	169,1	169,1
Agua aplicada según SCS (mm)	738,0	750,2	654,7
Agua aplicada según ORA (mm)	756,6	768,9	673,3
Diferencia [“agua aplicada ORA”- “agua aplicada SCS”] (mm)	**18,7**	**18,7**	**18,7**

9. ASPECTOS DESTACABLES

En el presente apartado se describen las principales incidencias registradas en el ensayo durante la campaña 2018-2019, tanto a nivel de cultivos como de los sistemas de riego.

Cultivo de trigo

→ Conviene seguir mejorando 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, momento de la siembra y control precoz de las malas hierbas.

Cultivo de maíz

→Se ha establecido de forma protocolaria en las parcelas de maíz el proceder a un riego inicial "de prueba" previamente a la nascencia del cultivo para detectar posibles fugas a tiempo de repararlas. En esta campaña dicho "riego" se dio a fecha 03/05/2019.

→La población local de jabalíes suele causar problemas cada campaña durante la nascencia y en los primeros estadios fenológicos del maíz. Como consecuencia de ello, a fecha 02/05/2019 se colocó un pastor eléctrico en las 3 parcelas de maíz, como ya viene siendo habitual en las últimas campañas. Los jabalíes han producido algunos daños en el pastor eléctrico y ha sido necesario reponerlo en las parcelas RGS en dos ocasiones (a fechas 13/05/2019 y 30/05/2019). A fecha 04/06/2019 incluso se instala una valla metálica en una cabecera de la parcela 3, la cual se ha convertido en un paso de tránsito habitual de dichos animales. El pastor eléctrico se retiró a fecha 21/06/2019. En una prospección dentro de las parcelas a fecha 28/09/2019 se registraron daños por el paso de jabalíes en el interior de las mismas.

→Se ha registrado una mala nascencia del cultivo en las cabeceras de las parcelas por compactación, especialmente en las parcelas RGS, lo cual ha favorecido en etapas posteriores cierto estrés hídrico en dichas zonas puntuales.

→A finales del mes de julio se dieron ciertas interferencias en la programación del riego debido a reparaciones en la red de abstecimiento a la finca. Además, se produjo una rotura en el punto kilométrico 49 del CAYC en las mismas fechas, que afectó al suministro de agua de riego durante unos días.

→Se ha registrado una problemática severa en relación con el control de malas hierbas, en especial sarrajón y cachurros (*Sorghum halepense*, *Xanthium strumarium* y *Xanthium spinosum*), estramonio (*Datura stramonium*) e incluso carrizo (*Pragmites australis*).

Cultivo de alfalfa

→El problema en cuanto a la incidencia de la fauna silvestre (topillos) persiste una campaña más. El control es complicado debido a las escasas materias activas autorizadas en el mercado, unido a que la aplicación del producto es manual.

→Otro problema de relevancia es la aparición de fugas en el sistema RGS, habiéndose detectado varias a lo largo de la campaña, por ejemplo en el primer día de inicio del riego (03/04/2019). Además, se produjo una rotura en el punto kilométrico 49 del CAYC a finales del mes de julio, que afectó al suministro de agua de riego durante unos días.

Sistema RGS

→Un día después al inicio de la campaña de riego en la zona regable del CAYC (a fecha 27/02/2019) se procedió a efectuar un vaciado de las tuberías con un doble fin: limpieza interior de la instalación de riego una vez transcurrida el periodo invernal y detección de posibles pinchazos y fugas. En la **Figura 6** se visualiza la suciedad del agua derivada de las partículas de tierra que habían penetrado en las tuberías.

→La verificación inicial de pinchazos no significa que no puedan surgir más durante la campaña de riego en las parcelas del ensayo. La situación es especialmente problemática en las parcelas de alfalfa, en las cuales se considera que la instalación de los ramales subterráneos no fue la óptima, de ahí deriva la causa principal de por qué a lo largo de cada campaña existen varios pinchazos en dichas parcelas.

→Resulta igualmente recomendable efectuar una limpieza de la instalación con vaciado de las tuberías al final de la campaña de riegos.

Sistema RGV

→ No se destaca ninguna incidencia respecto del sistema RGV en la presente campaña.

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 deben ser considerados, al igual que se ha dado en años anteriores. La realización de determinadas prácticas culturales en los momentos no propicios ha provocado que los rendimientos finales obtenidos sean muy bajos para los usuales en las condiciones de regadío del valle del Ebro.

- Los rendimientos obtenidos en maíz han sido inferiores a los de campañas anteriores. Se considera que el abonado de fondo puede planificarse mejor para aprovechar mayormente el potencial de las variedades híbridas cultivadas. Una alternativa interesante a estudiar al respecto sería la aplicación de purín porcino como fertilizante orgánico de fondo, dada la elevada disponibilidad del mismo en la zona.

- La diferencia de consumo de agua de riego entre la parcela testigo de maíz y las parcelas 3 y 6 ha sido superior a 3.500 m^3/ha en esta anualidad, cantidad muy significativa teniendo en cuenta que los rendimientos no han sido muy desiguales entre las 3 parcelas.

- En relación también al cultivo de maíz, comentar que la disminución de los rendimientos respecto a los potencialmente esperables se ha debido a la conjunción de varios factores: afecciones por jabalíes, taladro, araña roja, etc. Además, las fuertes rachas de viento registradas previamente a la fecha de recolección han acentuado los daños causados por los factores anteriormente citados.

- En el cultivo de alfalfa los topillos no suponen una plaga de por sí en la finca, pero sí pueden causar roturas en las mangueras de plástico enterradas, ante lo cual debe aplicarse el tratamiento rodenticida correspondiente.

- 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 de manera especialmente preocupante en las cabeceras de las parcelas de maíz, además parece que el problema de la compactación se va agravando cada año más.

- En general, con el sistema RGS se consigue un ahorro de agua significativo 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 2019, el agua aplicada con el sistema RGS en las parcelas de alfalfa, como ya se observó en la campaña pasada, ha superado ligeramente la cuantía de agua aplicada con el sistema RGV.

- 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. 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 están en relación con el sistema de riego utilizado.

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.

Jiménez Hijar, 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. *Separación de las parcelas con los sistemas RGS y RGV.*

ANEXO II. FERTIRRIGACIÓN

Tal como se ha comentado en el subapartado **2.2. Maíz** del presente informe, el abonado de cobertera en el cultivo de maíz en el ensayo se ha aplicado junto con el agua de riego para los 2 sistemas de riego ensayados. En las **Tablas 27** y **28** se muestra información sobre la fertirrigación en maíz en función del sistema de riego.

Tabla 27. *Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGS en la campaña 2018-2019.*

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	72 kg N/ha	Aplicación de 400 kg/ha de fosfato diamónico (18 % riqueza N) en fondo.
Dosis de nitrógeno aplicada en cobertera	273 kg N/ha	Dosis obtenida a partir de la diferencia entre las necesidades totales y la dosis aplicada en fondo.
Número de coberteras aplicadas	12	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 minutos (parcela 3) o 12 minutos (parcela 6)	La fertirrigación se ha aplicado desde la última semana de junio (maíz en estadio de 10 hojas) hasta la 3ª semana de julio (100 % emergencia de la inflorescencia masculina).

Tabla 28. *Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGV en la campaña 2018-2019.*

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	72 kg N/ha	Aplicación de 400 kg/ha de fosfato diamónico (18 % riqueza N) en fondo.
Dosis de nitrógeno aplicada en cobertera	273 kg N/ha	Dosis obtenida a partir de la diferencia entre las necesidades totales y la dosis aplicada en fondo.
Número de coberteras aplicadas	3	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 100 y 200 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 2018-2019 y que permiten visualizar los hechos acaecidos más importantes en el mismo.

Figura 2. *Parcela recién sembrada de trigo en el ensayo a fecha 25/01/2019.*

Figura 3. *Parcela testigo de trigo a fecha 28/02/2019.*

Figura 4. *Trigo en estadio de 3 hojas a fecha 28/02/2019.*

Figura 5. *Detalle de los gránulos del abono de cobertera sobre trigo a fecha 28/02/2018.*

Figura 6. *Limpieza de las tuberías a fecha 28/02/2019.*

Figura 7. *Riego por gravedad en la parcela testigo de trigo a fecha 10/04/2019.*

Figura 8. *Panorámica general del cultivo de trigo a fecha 06/05/2019.*

Figura 9. *Detalle de las espigas de trigo con el cultivo a punto de recolección a fecha 05/07/2019.*

Figura 10. *Malas hierbas en parcela de trigo a fecha de recolección (19/07/2019).*

Figura 11. *Restos de cañote de la campaña anterior a fecha 09/04/2019.*

Figura 12. *Detalle del cultivador con rodillo utilizado en La Melusa.*

Figura 13. *Detalle del pastor eléctrico colocado antes de la emergencia del cultivo de maíz.*

Figura 14. *Detalle de la infestación de malas hierbas en estadios tempranos del cultivo de maíz.*

Figura 15. *Detalle de los tanques de fertilización al lado de la estación de bombeo.*

Figura 16. *Aplicación del abono líquido en el agua de riego en el sistema RGV.*

Figura 17. *Suelo húmedo tras riego en la parcela testigo del maíz.*

Figura 18. *Infestación de Xanthium strumarium en una cabecera de parcela del maíz.*

Figura 19. *Forraje de calidad en La Melusa.*

(a)

(b)

Figura 20. *Panorámica del cultivo de alfalfa antes (a) y después (b) de la siega y recolección del forraje.*

Figura 21. *Hileras del forraje segado en la parcela testigo.*

Figura 22. *Detalle de una zona mal implantada de alfalfa.*

Figura 23. *Aforador Parshall.*

Figura 24. *Regla del aforador para medir la altura de calado.*

Figura 25. *Cultivo de maíz previamente a la recolección (I).*

Figura 26. *Cultivo de maíz previamente a la recolección (II).*

Figura 27. *Cultivo de maíz previamente a la recolección (III).*

Figura 28. *Cultivo de maíz previamente a la recolección (IV).*