



INFORME ANUAL

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

CAMPAÑA 2017-2018

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 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	9
2. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN	11
2.1. Trigo	12
2.2. Maíz	13
2.3. Alfalfa	14
3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO	15
4. DATOS METEOROLÓGICOS	17
5. DATOS GEOLÓGICOS Y EDÁFICOS	20
6. CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO	21
7. RENDIMIENTOS	23
7.1. Trigo	23
7.2. Maíz	23
7.3. Alfalfa	25
8. AGUA APLICADA	26
8.1. Trigo	27
8.2. Maíz	29
8.3. Alfalfa	30
9. ASPECTOS DESTACABLES	35
10. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA	38
11. REFERENCIAS CONSULTADAS	41
11.1. Documentos	41
11.2. Páginas web	41
ANEXO I. DISPOSICIÓN DEL ENSAYO	42
ANEXO II. FERTIRRIGACIÓN	44
ANEXO III. FOTOGRAFÍAS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Separación de las parcelas con los sistemas de riego RGS y RGV.	43
Figura 2. Madrigueras de topillos en alfalfa a fecha 06/03/2018.	47
Figura 3. Lecho de siembra preparado en la parcela testigo de maíz a fecha 02/05/2018.	47
Figura 4. Daños de apión en cultivo de alfalfa a fecha 02/05/2018. Finalmente se decidió no tratar por no superarse el umbral económico de daños.	48
Figura 5. Semillas de maíz dejadas al descubierto por los jabalíes hurgando en las líneas de siembra a fecha 09/05/2018.	48
Figura 6. Colocación del pastor eléctrico en parcela de maíz a fecha 09/05/2018.	49
Figura 7. Cultivo de trigo en antesis (floración) a fecha 15/05/2018.	49
Figura 8. Encamado del cultivo de trigo en la parcela testigo a fecha 15/05/2018.	50
Figura 9. Parcela de maíz con nascencia irregular en la cabecera debido a la compactación del suelo a fecha 14/06/2018.	50
Figura 10. Parcela de trigo infestada de vallico a fecha 14/06/2018.	51
Figura 11. Hileras de alfalfa recién segada y secándose a fecha 14/06/2018.	51
Figura 12. Tomando muestras de suelo con barrena tipo “Riverside” en una parcela de maíz a fecha 26/06/2018.	52
Figura 13. Limpiando los filtros de la estación de bombeo a fecha 26/06/2018.	52
Figura 14. Programando el riego a fecha 26/06/2018.	53
Figura 15. Mancha de humedad en parcela de maíz regada mediante sistema RGS a fecha 03/07/2018.	53
Figura 16. Cosecha del trigo a fecha 17/07/2018.	54
Figura 17. Midiendo la humedad del grano de trigo recién cosechado a fecha 17/07/2018.	54
Figura 18. Polen del cultivo de maíz a fecha 17/07/2018, cuando se encontraba en plena floración.	55
Figura 19. Mazorca de maíz atacada por aves a fecha 31/07/2018.	55
Figura 20. Cultivo de alfalfa a fecha 31/07/2018.	56
Figura 21. Detalle del bulbo húmedo formado en la parcela 2 de alfalfa a fecha 07/08/2018.	56
Figura 22. Floración en cultivo de alfalfa previamente al corte a fecha 07/08/2018.	57
Figura 23. Mazorca de maíz con los granos en formación en estado lechoso a fecha 07/08/2018. Nótese la coloración oscura que han ido tomando las sedas.	57
Figura 24. Ataque de taladro del maíz, apreciándose las características mordeduras, a fecha 07/08/2018.	58
Figura 25. Hojas de maíz deshilachadas a consecuencia de una tormenta a fecha 12/08/2018.	58
Figura 26. Mazorca de maíz con los granos en formación en estado harinoso a fecha 14/08/2018.	59
Figura 27. Deposición de excrementos en la entrada de una galería excavada por el taladro del maíz a fecha 21/08/2018.	59
Figura 28. Penacho caído por acción del taladro del maíz a fecha 21/08/2018.	60
Figura 29. Ejemplar hallado de taladro del maíz en el interior de un tallo a fecha 21/08/2018.	60
Figura 30. Coccinélido (mariquita), señal de la existencia de fauna auxiliar que se alimenta de plagas como los pulgones en el maíz. Fecha: 21/08/2018.	61
Figura 31. Izquierda: depósito de riego dentro de la caseta de bombeo. Derecha: tubería terciaria de la instalación de riego del ensayo. Fecha: 21/08/2018.	61
Figura 32. Dos señales de la presencia de araña roja en la parcela testigo de maíz: detalle de la telaraña formada y ejemplar del coleóptero Stethorus, depredador natural (punto negro a la izquierda sobre el nervio central de la hoja), a fecha 04/09/2018.	62
Figura 33. Concentración de pulgones en una planta de maíz a fecha 04/09/2018.	62
Figura 34. Mazorca de maíz plenamente desarrollada a fecha 04/09/18.	63
Figura 35. Grano de maíz que ha alcanzado la madurez fisiológica (punto negro), indicativo de que ya se puede cortar el riego, a fecha 11/09/2018.	63
Figura 36. Hileras de alfalfa recién segada a fecha 11/09/2018.	64
Figura 37. Rotura detectada en una manguera a fecha 21/09/2018.	64
Figura 38. Toma de muestras en parcela de maíz a fecha 02/10/2018.	65
Figura 39. Midiendo densidad de plantas y altura de inserción de las mazorcas en maíz a fecha 23/10/2018.	66

Figura 40. Estado del cultivo de alfalfa a la entrada del invierno.....	66
Figura 41. Cosecha del maíz a fecha 08/12/2018.	67
Figura 42. Midiendo la humedad del grano de maíz recién cosechado a fecha 08/12/2018.....	67
Figura 43. Perspectiva del ensayo a finales de año.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información sobre la disposición del ensayo para la campaña 2017-2018.	10
Tabla 2. Técnicas de producción del cultivo de trigo en el ensayo de La Melusa en la campaña 2017-2018.	12
Tabla 3. Técnicas de producción del cultivo de maíz en el ensayo de La Melusa en la campaña 2017-2018.	13
Tabla 4. Técnicas de producción del cultivo de alfalfa en el ensayo de La Melusa en la campaña 2017-2018.	14
Tabla 5. Comparación de los valores medios mensuales y anuales de temperatura entre la presente campaña y la serie histórica 1965-2017 (fuente: José Manuel Sanmartín, CHE La Melusa).	17
Tabla 6. Comparación de los valores mensuales y anuales de precipitación entre la presente campaña y la serie histórica 1965-2017 (fuente: José Manuel Sanmartín, CHE La Melusa).	18
Tabla 7. Comparación de los valores mensuales y anuales de ET_0 entre la presente campaña y la serie histórica 1965-2017 (fuente: José Manuel Sanmartín, CHE La Melusa).	19
Tabla 8. Análisis individual de los parámetros fisicoquímicos del agua de riego de La Melusa.	21
Tabla 9. Evaluación de índices de calidad del agua para riego de La Melusa.	22
Tabla 10. Rendimientos obtenidos en cultivo de trigo en la campaña 2017-2018.	23
Tabla 11. Rendimientos obtenidos en cultivo de maíz en la campaña 2017-2018.	23
Tabla 12. Rendimientos obtenidos en cultivo de alfalfa en la campaña 2017-2018.	25
Tabla 13. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2017-2018.	27
Tabla 14. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm en la campaña 2017-2018.	27
Tabla 15. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGV en la campaña 2017-2018.	28
Tabla 16. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2017-2018.	29
Tabla 17. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm de profundidad en la campaña 2017-2018.	29
Tabla 18. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGV en la campaña 2017-2018.	30
Tabla 19. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2017-2018.	31
Tabla 20. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm en la campaña 2017-2018.	31
Tabla 21. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGV en la campaña 2017-2018.	32
Tabla 22. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de trigo en función del método de cálculo de la precipitación efectiva.	33
Tabla 23. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de maíz en función del método de cálculo de la precipitación efectiva.	33
Tabla 24. Comparación de los valores de agua aplicada en cultivo de alfalfa en función del método de cálculo de la precipitación efectiva.	34
Tabla 28. Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGS en la campaña 2017-2018.	45
Tabla 29. Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGV en la campaña 2017-2018.	45

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_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).

€/ha: Euro(s) por hectárea.

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.

l/ha: litro(s) por hectárea.

l/min: litro(s) por minuto.

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 dotaciones de riego 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

A fecha 2 de marzo de 2015 en Tamarite de Litera (Huesca) se firma el convenio de colaboración entre la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña (CGRCAAYC) y la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE).

El objetivo de dicho convenio es la creación, mantenimiento y seguimiento de un ensayo para el estudio técnico-económico sobre 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 sistema de riego por gravedad (RGV), el sistema de riego tradicional en la zona. Por lo tanto, dentro del ensayo cabe distinguir entre las parcelas regadas mediante sistema RGS y las parcelas regadas mediante sistema RGV (parcelas testigo).

El ensayo se ubica en el Centro Agronómico de La Melusa, finca patrimonial de la CHE y situado 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 teórica de este ensayo abarca un periodo de 10 años: 2015-2025.

Si el lector desea adquirir más información acerca del Centro Agronómico de La Melusa, del ensayo y de los resultados de las 2 campañas anteriores, se le remite a los documentos disponibles en el enlace de la página web del CAYC: <http://www.cayc.es/index.php/agronomia/ensayo-de-rgs-en-la-melusa>.

Todas las parcelas del ensayo se localizan dentro del polígono 28, parcela 6, de clase “rústico” y uso principal “agrario”, según se detalla en la Dirección General del Catastro, a excepción de la parcela testigo de alfalfa, que se ubica en la parcela 4, pero igualmente en el polígono 28 y que presenta la misma clase y uso principal.

Dentro del ensayo se distinguen 9 parcelas, de las cuales 6 parcelas se riegan bajo el sistema RGS y 3 parcelas bajo el sistema RGV. A nivel de control de riego, cada parcela del ensayo se ha considerado un sector de riego. Cabe remarcar que, de las 6 parcelas regadas mediante sistema RGS, en la mitad de las mismas 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).

Para la campaña 2017-2018, la superficie total del ensayo ha sido de 3,875 ha, regándose 2,2 ha y 1,675 ha mediante los sistemas RGS y RGV, respectivamente. La superficie, cultivo y tipología del sistema de riego por parcela se especifica en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Información sobre la disposición del ensayo para la campaña 2017-2018.

Parcela	Cultivo	Sistema de riego	Superficie (ha)
1	Trigo	RGS a 25 cm	0,2750
2	Alfalfa	RGS a 25 cm	0,3000
3	Maíz	RGS a 25 cm	0,3500
4	Trigo	RGS a 35 cm	0,3750
5	Alfalfa	RGS a 35 cm	0,4250
6	Maíz	RGS a 35 cm	0,4750
Superficie del ensayo bajo sistema RGS			2,2000
T1	Trigo	RGV	0,5750
T2	Maíz	RGV	0,5250
T3	Alfalfa	RGV	0,5750
Superficie del ensayo bajo sistema RGV			1,6750
Superficie total del ensayo			3,8750

En el presente informe se recopilan y discuten los siguientes resultados obtenidos en la 3ª campaña del ensayo 2017-2018:

- Técnicas de producción seguidas en cada cultivo.
- Datos meteorológicos de la campaña 2017-2018.
- Datos sobre analíticas de suelos y calidad del agua para riego.
- Rendimientos de los cultivos de trigo, maíz y alfalfa en la campaña 2017-2018 en función de los 2 sistemas de riego ensayados.
- Dotaciones de riego aplicadas en los cultivos de trigo, maíz y alfalfa en la campaña 2017-2018 en función de los 2 sistemas de riego ensayados.
- Incidencias técnicas más destacables en la campaña 2017-2018 en relación con el funcionamiento de ambos sistemas de riego, especialmente del sistema RGS.

2. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

En el presente apartado se describe las técnicas de producción aplicadas en los cultivos en el ensayo para la campaña 2017-2018. 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 culturales a seguir debían ser las mismas que suelen realizar los agricultores de la zona regable del CAYC, con el fin de dotar al ensayo del mayor realismo posible.

2.1. Trigo

Tabla 2. Técnicas de producción del cultivo de trigo en el ensayo de La Melusa en la campaña 2017-2018.

Operación agrícola	Información	Observaciones
Preparación del terreno	2 pases de cultivador entre 10 y 15 cm de profundidad y 1 pase de rotovalor (otoño 2017).	En el resto de la finca como sistema de laboreo se suelen utilizar los mismos aperos, aunque la profundidad de trabajo difiere según la parcela.
Abonado de fondo	No se realizó por fallo técnico.	Causa posible de mermas en el rendimiento.
Siembra	Siembra de la variedad de trigo blando “ <i>Soissons</i> ” a fecha 07/12/2017 a dosis de 180 kg/ha mediante sembradora de distribución mecánica de discos con preparador de tierra delantero incorporado. Pase de rulo posterior para compactar el lecho de siembra.	Sistema de siembra típico en cultivo de cereal de invierno en la finca de La Melusa. No obstante, las condiciones del terreno en el momento de la siembra no eran las adecuadas, lo cual generó una nascencia irregular, lo que se explica como una de las posibles causas del descenso de los rendimientos.
Abonado de cobertera	Aplicación de 200 kg/ha de urea (46 % de riqueza en nitrógeno) a fecha 27/03/2018 con abonadora de distribución de doble plato.	Sistema de fertilización típico en cultivo de cereal de invierno en la finca de La Melusa.
Tratamientos fitosanitarios	<p>Aplicación con pulverizador de barras como tratamiento herbicida de presiembra glifosato al 36 % a dosis de 2,5 l/ha.</p> <p>Aplicación con pulverizador de barras y con materia mojante como coadyuvante de las siguientes materias activas a fecha 15/03/2018:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tebuconazol al 43 % a dosis de 0,5 l/ha (fungicida). • Tribenurón-metil al 75 % a dosis de 20 g/ha (herbicida). • Pinoxadén al 6 % a dosis de 0,9 l/ha (herbicida). 	Existe el convencimiento generalizado entre el personal de La Melusa de que se tendría que haber tratado mucho antes el vallico (<i>Lolium rigidum</i>) para que la acción herbicida contra esta mala hierba hubiese sido mucho más eficaz. De hecho, la alta infestación de vallico es una de las posibles causas de disminución de los rendimientos respecto a los esperables en un principio.
Riego	Los datos referidos al riego se detallan en el apartado 8. AGUA APLICADA.	Se explica cómo se determinan las necesidades de riego del cultivo en el apartado 3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO.
Cosecha	<p>Cosecha a fecha 17/07/2018 mediante cosechadora estándar comercial.</p> <p>Los rendimientos obtenidos se detallan en el apartado 7. RENDIMIENTOS.</p> <p>La humedad del grano en cosecha se determinó mediante un medidor de humedad portátil Dickey-John®.</p>	Cada año se contrata el servicio de cosecha en La Melusa. El cereal de invierno siempre se suele cosechar en esta finca durante el mes de julio. Después de la cosecha, en la parcela testigo se labró y se enterró el rastrojo con un arado cincel.

2.2. Maíz

Tabla 3. Técnicas de producción del cultivo de maíz en el ensayo de La Melusa en la campaña 2017-2018.

Operación agrícola	Información	Observaciones
Preparación del terreno	Picado del rastrojo del cultivo anterior seguido de 2 pases de cultivador entre 10 y 15 cm de profundidad y 1 pase de rotovator (abril 2018).	En el resto de la finca como sistema de laboreo se suelen utilizar los mismos aperos, aunque la profundidad de trabajo difiere según la parcela. La preparación se retrasó unos días respecto a lo deseable debido a la precipitación caída.
Abonado de fondo	Aplicación de 200 kg/ha de fosfato diamónico y 200 kg/ha de sulfato de potasa mezclados mediante abonadora de distribución de doble plato.	Sistema de abonado de fondo usual en cultivo de maíz en la finca de La Melusa.
Siembra	Siembra de la variedad híbrida “MAS 68.K” (ciclo 700) a fecha 04/05/2018 a dosis de 35 kg/ha, marco de 15 cm x 70 cm y profundidad de 4 cm mediante sembradora de distribución neumática.	Sistema de siembra típico en maíz en la finca de La Melusa, servicio el cual se suele contratar.
Abonado de cobertera	Aplicación de 273 kg N/ha mediante el sistema de fertirrigación en las parcelas RGS y mezclado con el agua de riego en las parcelas RGV.	Más información en el apartado 11. ASPECTOS DESTACABLES y en el ANEXO II. FERTIRRIGACIÓN.
Tratamientos fitosanitarios	Aplicación con pulverizador de barras y con materia mojante como coadyuvante de las siguientes materias activas herbicidas: <ul style="list-style-type: none"> • A fecha 05/05/2018 glifosato al 36 % (a dosis de 2 l/ha), isoxaflutol al 22,5 % y tiencarbazona-metil al 9 % (a dosis de 425 cc/ha) y terbutilazina al 18,75 % y s-metolacoloro al 31,25 % (a dosis de 3 l/ha). • A fecha 08/06/2018 nicosulfurón al 6 % a dosis de 0,5 l/ha. 	Al igual que en el caso del cultivo de trigo, el principal problema fitosanitario en el cultivo de maíz reside en el control de las malas hierbas, fundamentalmente en lo que se refiere a cañota (<i>Sorghum halepense</i>).
Riego	Los datos referidos al riego se detallan en el apartado 8. AGUA APLICADA.	Se explica cómo se determinan las necesidades de riego del cultivo en el apartado 3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO.
Siegas	Cosecha a fecha 08/12/2018 mediante cosechadora estándar comercial. Los rendimientos obtenidos se detallan en el apartado 7. RENDIMIENTOS. La humedad del grano en cosecha se determinó mediante un medidor de humedad portátil Dickey-John®.	Cada año se contrata el servicio de cosecha en La Melusa. El cultivo de maíz siempre se suele cosechar en esta finca entre finales del mes de octubre y comienzos del mes de noviembre. El retraso que se ha producido esta campaña es debido a la precipitación registrada durante los meses de octubre y noviembre.

2.3. Alfalfa

Tabla 4. Técnicas de producción del cultivo de alfalfa en el ensayo de La Melusa en la campaña 2017-2018.

Operación agrícola	Información	Observaciones
Preparación del terreno	-	Es el 3º año del cultivo de alfalfa implantado.
Abonado de fondo	-	Es el 3º año del cultivo de alfalfa implantado.
Siembra	-	El año 2018 es el 3º 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	<p>Aplicación mediante abonadora de distribución de doble plato de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0) y de 100 kg/ha de sulfato de potasa al 50 % de riqueza a fecha 02/05/2018 (justo después del 1º corte). • 90 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0) y de 90 kg/ha de sulfato de potasa al 50 % de riqueza a fecha 17/07/2018 (justo después del 3º corte). 	Sistema de abonado de cobertera habitual en cultivo de alfalfa ya implantado en la finca de La Melusa.
Tratamientos fitosanitarios	Únicamente se ha efectuado un tratamiento en base a fosfaminas contra topillos (<i>Microtus arvalis</i>) a fecha 14/03/2018 (véase Figura 2).	A pesar de que se observaron algunos ejemplares de torete o apión (<i>Apion pisi</i>) en las parcelas de alfalfa del ensayo a comienzos del mes de mayo de 2018 (véase Figura 4), la baja densidad de ejemplares contados hizo desestimar un posible tratamiento.
Riego	Los datos referidos al riego se detallan en el apartado 8. AGUA APLICADA .	Se explica cómo se determinan las necesidades de riego del cultivo en el apartado 3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO .
Siegas	<p>Se han efectuado 6 cortes a lo largo de toda la campaña, en las fechas siguientes: 25/04/2018, 12/06/2018, 11/07/2018, 09/08/2018, 10/09/2018 y 26/10/2018.</p> <p>Los rendimientos obtenidos se detallan en el apartado 7. RENDIMIENTOS.</p> <p>Los valores de humedad del forraje en cada corte eran suministrados por los albaranes de la deshidratadora.</p>	El servicio de siega y recogida del forraje se acuerda con la industria deshidratadora. Habitualmente, entre la fecha de corte y de recogida transcurren entre 2 y 4 días para favorecer el secado natural del forraje.

3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

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

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 la Oficina del Regante de Cataluña. Las necesidades hídricas de los cultivos se han ido actualizando semanalmente, y en su cálculo se siguen las siguientes pautas:

- 1) A nivel semanal se obtiene de la estación meteorológica de Tamarite de Litera-La Melusa el valor de evapotranspiración de referencia (ET_o), calculado a partir del método FAO Penman-Monteith.
- 2) Conocido el valor semanal de K_c (coeficiente de cultivo) 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 ET_c (evapotranspiración del cultivo) 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 PE (precipitación efectiva, aprovechable por el cultivo).
- 4) Se cuantifican las NR_n (necesidades de riego netas) a partir de la diferencia $ET_c - PE$.
- 5) Las necesidades de riego semanales se corresponden con las NR_b (necesidades de riego brutas), en cuyo cálculo se tiene en cuenta la E_a (eficiencia de aplicación del agua de riego), 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 %.

En el sistema RGV la eficiencia de aplicación del agua de riego se ha considerado del orden del 65 % mínimo, ya que los regantes de La Melusa saben aplicarlo y manejarlo 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.

La medición de los volúmenes de agua de riego aplicados con el sistema RGS se ha efectuado mediante 6 contadores volumétricos, uno por sector/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 instalado al inicio de las parcelas testigo.

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.

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 a diferencia del trigo y el maíz, que son cultivos de ciclo anual como ya es sabido:

- Respecto a los valores de K_c , en la Oficina del Regante de Cataluña se dispone de los valores aplicables de dicho parámetro para la “alfalfa a punto de segar” y para la “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, se debe reiniciar de nuevo el riego después de los cortes para facilitar el rebrote del cultivo pero de manera que tampoco afecte a las labores de secado y recogida del forraje. Así pues, la práctica habitual es cortar el riego 1 semana previa a la fecha de corte (fecha concertada con la industria deshidratadora) y reiniciar el riego una vez recogido el forraje, a poder ser el mismo día incluso después de la recogida.

4. DATOS METEOROLÓGICOS

En el presente apartado se describen las condiciones meteorológicas que se han dado durante el año 2018, las cuales han podido influir en la productividad de los cultivos y en cómo y cuándo realizar determinadas prácticas culturales.

Los datos meteorológicos considerados más relevantes a estudiar han sido la temperatura, la precipitación y la ET_0 (método FAO Penman-Monteith).

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 1965-2017, que representa la serie de años de la que se dispone con datos meteorológicos registrados en La Melusa.

El clima de La Melusa queda clasificado como clima mediterráneo templado, es decir, el clima mediterráneo con rasgos continentales típico de la comarca de La Litera/Llittera 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 intra-anales notables.

Otro rasgo climático importante es que se manifiestan 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 medios mensuales y anuales de temperatura durante la presente campaña y para la serie histórica 1965-2017.

Tabla 5. Comparación de los valores medios mensuales y anuales de temperatura entre la presente campaña y la serie histórica 1965-2017 (fuente: José Manuel Sanmartín, CHE La Melusa).

Mes	Temperatura media mensual (°C)	Temperatura media mensual 1965-2017 (°C)
Noviembre 2017	6,2	8,7
Diciembre 2017	2,6	4,7
Enero 2018	6,7	4,6
Febrero 2018	4,4	6,4
Marzo 2018	8,8	9,6
Abril 2018	13,0	12,6
Mayo 2018	16,6	16,8
Junio 2018	21,8	21,4
Julio 2018	25,1	24,5
Agosto 2018	24,2	24,1
Septiembre 2018	21,4	20,2
Octubre 2018	14,7	15,2
Media anual	13,79	14,07

En base a la **Tabla 5**, se observa que los valores de temperatura de la presente campaña, en comparación con los de la serie histórica, son bastante similares. Únicamente citar que a finales del año 2017 y durante los meses de febrero y marzo la temperatura registrada ha sido

ligeramente superior a la media histórica, mientras que en el mes de enero se dio la situación contraria.

En la **Tabla 6** se muestran los valores mensuales y anuales de precipitación durante la presente campaña y para la serie histórica 1965-2017.

Tabla 6. Comparación de los valores mensuales y anuales de precipitación entre la presente campaña y la serie histórica 1965-2017 (fuente: José Manuel Sanmartín, CHE La Melusa).

Mes	Precipitación total mensual (mm)	Precipitación media mensual 1965-2017 (mm)
Noviembre 2017	2,7	36,4
Diciembre 2017	13,9	23,8
Enero 2018	23,1	24,8
Febrero 2018	33,0	19,1
Marzo 2018	39,0	28,3
Abril 2018	89,3	42,3
Mayo 2018	81,6	46,9
Junio 2018	11,4	34,7
Julio 2018	17,5	18,3
Agosto 2018	13,4	24,8
Septiembre 2018	20,6	37,7
Octubre 2018	97,6	48,2
Total anual	443,1	385,3

De acuerdo a la **Tabla 6**, el año 2018 ha sido muy lluvioso, revertiendo la tendencia histórica. Especialmente la pluviometría ha superado a la media histórica durante finales de invierno y buena parte de la primavera (especialmente remarcable en los meses de abril y mayo) y del otoño (mes de octubre y noviembre de 2018, en este último se han registrado 65,8 mm). A título de ejemplo, citar que la pluviometría ha incidido en las operaciones culturales del cultivo de maíz, de manera que tanto la siembra como la cosecha fueron retrasadas a consecuencia de las precipitaciones caídas durante esos meses.

La causa principal de la elevada pluviometría registrada en el año 2018 se debe a que, desde el mes de febrero se ha producido un fenómeno en la estratosfera polar denominado “calentamiento súbito estratosférico”, el cual ha provocado la aparición de un patrón de circulación atmosférica caracterizado por el debilitamiento del anticiclón de las Azores y cuyos efectos se han propagado hasta las capas bajas de la atmósfera y ha afectado sobre todo a la región del Atlántico Norte.

En la **Tabla 7** se muestran los valores mensuales y anuales de ET_0 durante la presente campaña y para la serie histórica 1965-2017.

Tabla 7. Comparación de los valores mensuales y anuales de ET_o entre la presente campaña y la serie histórica 1965-2017 (fuente: José Manuel Sanmartín, CHE La Melusa).

Mes	ET_o total mensual (mm)	ET_o media mensual 1965-2017 (mm)
Noviembre 2017	26,7	24,7
Diciembre 2017	16,4	13,6
Enero 2018	27,6	18,2
Febrero 2018	33,5	34,6
Marzo 2018	68,8	74,2
Abril 2018	91,0	107,3
Mayo 2018	127,3	148,6
Junio 2018	152,6	178,9
Julio 2018	177,8	190,6
Agosto 2018	147,4	158,3
Septiembre 2018	99	103,2
Octubre 2018	53	56,3
Total anual	1.021,1	1.108,5

Respecto a los valores de ET_o de la **Tabla 7**, señalar, que si bien en el mes de enero se superó el valor medio histórico, los valores registrados durante la presente campaña han sido inferiores a los de la media histórica, especialmente durante la primavera y el otoño.

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.

Los suelos de La Melusa son suelos profundos, desarrollados sobre materiales geológicos del Cuaternario, 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 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 puede limitar su aprovechamiento por parte de los cultivos debido, por ejemplo, a los posibles efectos fitotóxicos sobre el cultivo debido a los iones que pueda contener.

En la **Tabla 8** 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, y se ha comprobado previamente la validez de los mismos.

Tabla 8. 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	2,5 mg/l	< 5 mg/l	CUMPLE
Fosfatos	0,04 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 8**, 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 9**) 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 de los datos proporcionados por el análisis, por ejemplo, a partir del cálculo de una serie de índices de calidad del agua para riego que se muestran en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Evaluación de índices de calidad del agua para riego de La Melusa.

Índice	Valor calculado	Valores recomendables	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	$\leq 1,25$	Agua buena para el riego
Dureza del agua	11,42 °F	7-14 °F	Agua dulce
Coficiente alcalimétrico	122	≥ 18	Agua buena para el riego
Índice de Kelly	70 %	≥ 35 %	Agua buena para el riego
Norma de H. Greene	Acudir a gráfico de Greene, según % de sodio sobre el total de cationes y sales disueltas		Agua de buena calidad para el riego
Normas Wilcox	Acudir a gráfico de Wilcox, según % 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 transportada por el CAYC es óptima para el riego, y no son de esperar efectos perjudiciales provocados por la misma ni en la productividad de los cultivos ni en las instalaciones de riego.

7. RENDIMIENTOS

En el presente apartado se describen las diferencias observadas en los rendimientos de los cultivos entre parcelas bajo los tratamientos RGS y RGV para la campaña 2017-2018.

7.1. Trigo

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2017-2018 en cultivo de trigo (expresados al 12 % de humedad de grano) se muestran en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Rendimientos obtenidos en cultivo de trigo en la campaña 2017-2018.

Parcela	Tratamiento de riego	Rendimientos (12 %, kg/ha)
1	RGS a 25 cm	3.222
4	RGS a 35 cm	4.008
T1	RGV	5.730

En la **Tabla 10** se puede constatar que los rendimientos obtenidos son bastante inferiores a los usualmente alcanzados en trigo de regadío en las condiciones del valle del Ebro, aunque en la parcela testigo tampoco se pueden considerar como pésimos. Se dan 3 causas principales que explican los bajos rendimientos obtenidos, especialmente en las 2 parcelas regadas con el sistema RGS:

- No se efectuó abonado de fondo debido a un fallo técnico.
- La siembra no se efectuó en las condiciones adecuadas del terreno.
- Se ha producido una elevada infestación de vallico, especialmente en la parcela 1 (véase **Figura 10**).

Destacar que éste es el 1º año del ensayo en el que se dan rendimientos que superan la cifra de 4.000 kg/ha, y que por 3º año consecutivo los rendimientos en el cultivo de trigo regado con los goteros enterrados a 35 cm supera a los rendimientos en el cultivo de trigo regado con los goteros enterrados a 25 cm.

7.2. Maíz

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2017-2018 en cultivo de maíz (expresados al 14 % de humedad de grano) se muestran en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Rendimientos obtenidos en cultivo de maíz en la campaña 2017-2018.

Parcela	Tratamiento de riego	Rendimientos (14 %, kg/ha)
3	RGS a 25 cm	12.710
6	RGS a 35 cm	13.481
T2	RGV	13.989

Según se puede observar en la **Tabla 11**, los rendimientos han sido muy similares entre las 3 parcelas, aunque ligeramente inferiores en la parcela 3, superando por 2º año consecutivo los rendimientos de la parcela 6 a los de la parcela 3. Estos valores de rendimientos se

pueden considerar valores medios/aceptables para el cultivo de maíz en regadío en el valle del Ebro y son valores habituales para la finca de La Melusa.

Previamente a la cosecha, a fecha 23/10/2018 se hizo una prospección en las parcelas de maíz del ensayo para comprobar *in situ* la presencia de la plaga del taladro (*Sesamia nonagrioides*), las marras de nascencia y medir algunos componentes del rendimiento (véase **Figura 39**). Fruto de esta prospección, se conocen algunas de las posibles causas que explican el por qué no se han alcanzado rendimientos superiores:

- La parcela 3 ha sido la más afectada por taladro, en la cual se han observado mayor número de plantas tronzadas. Además, la altura promedio de inserción de las mazorcas en la parcela 3 ha sido superior (135 cm) en comparación con la parcela 6 (121 cm), lo cual unido a la presencia de taladro ha provocado una mayor caída de mazorcas en la parcela 3.
- En las 2 parcelas regadas mediante sistema RGS se ha localizado un mayor número de fallos de siembra respecto a la parcela testigo, debidos en parte a los jabalíes y en parte también a la elevada compactación del suelo en algunas zonas de la parcela.
- En las 2 parcelas regadas mediante sistema RGS se han localizado en mayor proporción, respecto a la parcela testigo, mayor número de mazorcas pequeñas y/o con granos abortados.
- En las 2 parcelas regadas mediante sistema RGS se ha producido una mayor infestación de malas hierbas, especialmente de ejemplares de cachurros (*Xanthium strumarium* y *Xanthium spinosum*), grama (*Cynodon dactylon*) e incluso carrizo (*Phragmites australis*) en una cabecera de la parcela 6, indicativo de la elevada humedad edáfica.
- La densidad de plantas teórica, de acuerdo con el marco de siembra, debía ser de 9 plantas/m², o lo que es lo mismo, 90.000 mazorcas/ha. Realmente, de acuerdo con las mediciones efectuadas, la densidad de plantas ha sido de entre 10 y 11 plantas/m², lo cual ha dado lugar a que, en la mayoría de líneas de siembra, la distancia entre plantas consecutivas era inferior a la esperable, y, por efecto de mayor competencia por los recursos entre plantas, las mazorcas han presentado un tamaño inferior al previsto.
- Visualmente, la parcela testigo ha sido la que causaba mejor impresión, en el sentido que no había marras de siembra en los márgenes y cabeceras, mucha menor infestación de malas hierbas y alturas de inserción de mazorcas más elevadas, además de un mayor tamaño de las mismas.
- Se considera que el factor suelo está desempeñando un papel clave como condicionante, en el sentido que el cultivo de maíz está acusando la mayor compactación y la limitación en la profundidad de laboreo que se da en las parcelas 3

y 6 en comparación con la parcela testigo. Los daños por jabalíes también están siendo de importancia, y aunque se ha verificado la presencia de taladro en el ensayo, tampoco se considera un factor esencial que sea la causa primaria en reducciones de los rendimientos.

7.3. Alfalfa

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2017-2018 en cultivo de alfalfa (expresados al 12 % de humedad de forraje) se muestran en la **Tabla 12**.

Tabla 12. Rendimientos obtenidos en cultivo de alfalfa en la campaña 2017-2018.

Parcela	Tratamiento de riego	Rendimientos (12 %, kg/ha)
2	RGS a 25 cm	18.230
5	RGS a 35 cm	17.080
T3	RGV	14.862

De acuerdo con la **Tabla 12**, los rendimientos en cultivo de alfalfa son satisfactorios, teniendo en cuenta que el ensayo se ubica en una zona tradicional de cultivos forrajeros y además debe tenerse en cuenta que es el 3° año de producción de alfalfa en el ensayo, superándose en las 2 parcelas de goteo enterrado los rendimientos anuales de las 2 campañas anteriores.

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. No obstante, en algunos momentos puntuales de la campaña de riego, se han producido algunas averías en los filtros de la balsa de regulación de abastecimiento a La Melusa, lo cual ha provocado que el agua llegase a la finca con mayor turbidez que lo que resulta habitual en determinadas semanas.

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

Sobre el agua contabilizada caída en forma de precipitación deben hacerse un par de consideraciones:

- Respecto a los cultivos de trigo y maíz, se debe tener en cuenta que las precipitaciones se han contabilizado desde el día de siembra hasta la fecha de corte del riego (ambos inclusive).
- En el caso del cultivo de alfalfa, se han contabilizado las precipitaciones desde el mes de abril (en el que se dio el primer corte de alfalfa) hasta la fecha del último corte de forraje (ambos inclusive).

Ahora bien, debe tenerse en cuenta que no toda la precipitación registrada 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.
- Método propuesto por la ORA, según el cual se supone que el 75 % de precipitación caída es efectiva. Éste 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 de cálculo de la precipitación efectiva aplicado:

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

Los resultados obtenidos por ambos métodos se muestran en los 3 subapartados siguientes.

8.1.Trigo

En las **Tablas 13, 14 y 15** se detallan las dotaciones de riego aplicadas y las precipitaciones registradas mensualmente sobre las parcelas de trigo del ensayo regadas mediante los sistemas RGS y RGV, respectivamente, durante la campaña 2017-2018.

Tabla 13. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2017-2018.

CULTIVO DE TRIGO PARCELA 1 (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)
Diciembre 2017	0,0	13,7	8,0	8,0	10,3	10,3
Enero 2018	0,0	23,1	14,0	14,0	17,3	17,3
Febrero 2018	0,0	33,0	20,7	20,7	24,8	24,8
Marzo 2018	0,0	39,0	26,4	26,4	29,3	29,3
Abril 2018	0,0	89,3	59,9	59,9	67,0	67,0
Mayo 2018	19,2	81,6	60,0	79,2	61,2	80,4
Junio 2018	0,0	11,4	6,9	6,9	8,6	8,6
Total	19,2	291,1	196,0	215,2	218,3	237,5

Tabla 14. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm en la campaña 2017-2018.

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)
Diciembre 2017	0,0	13,7	8,0	8,0	10,3	10,3
Enero 2018	0,0	23,1	14,0	14,0	17,3	17,3
Febrero 2018	0,0	33,0	20,7	20,7	24,8	24,8
Marzo 2018	0,0	39,0	26,4	26,4	29,3	29,3
Abril 2018	0,0	89,3	59,9	59,9	67,0	67,0
Mayo 2018	18,9	81,6	60,0	78,9	61,2	80,1
Junio 2018	0,0	11,4	6,9	6,9	8,6	8,6
Total	18,9	291,1	196,0	214,9	218,3	237,2

Tabla 15. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGV en la campaña 2017-2018.

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)
Diciembre 2017	0,0	13,7	8,0	8,0	10,3	10,3
Enero 2018	0,0	23,1	14,0	14,0	17,3	17,3
Febrero 2018	0,0	33,0	20,7	20,7	24,8	24,8
Marzo 2018	0,0	39,0	26,4	26,4	29,3	29,3
Abril 2018	0,0	89,3	59,9	59,9	67,0	67,0
Mayo 2018	105,3	81,6	60,0	165,3	61,2	166,5
Junio 2018	0,0	11,4	6,9	6,9	8,6	8,6
Total	105,3	291,1	196,0	301,3	218,3	323,6

Comparando las **Tablas 13, 14 y 15**, se puede apreciar cómo las dotaciones de riego aplicadas han sido muy bajas debido, principalmente, a las elevadas precipitaciones registradas en primavera.

Las parcelas 1 y 4 de trigo se comenzaron a regar a fecha 10/05/2018 y 11/05/2018, respectivamente, habiéndose dado 2 riegos más en cada una de las 2 parcelas a fecha 12/05/2018 y 25/05/2018. Por su parte, en la parcela regada mediante sistema RGV únicamente se ha dado un riego a fecha 11/05/2018, de manera que prácticamente se puede considerar que esta parcela ha tomado el agua directamente de la reserva del suelo, y los rendimientos obtenidos han sido finalmente aceptables (véase **Tabla 10**).

Este año las dotaciones de riego aplicadas en las parcelas de trigo bajo sistema RGS han sido más bajas que en campañas anteriores debido principalmente a 2 motivos:

- La primavera ha sido más lluviosa de lo habitual, lo cual ha permitido que las necesidades de riego hayan sido inferiores. En concreto, durante los meses de marzo, abril y mayo se han acumulado 209,9 mm, es decir, 92,4 mm más de la media. Aparte, también se venía de unos meses de enero y febrero en los que se habían acumulado 12,2 mm de precipitación más de lo habitual.
- El sistema RGS necesitaba de la reparación urgente de varios pinchazos, pero dicha reparación se retrasó más de lo habitual, con lo cual las parcelas del ensayo con sistema RGS se han comenzado a regar más tarde de lo deseable. Cuando se comenzó a regar, justamente se estaba produciendo la floración del cultivo (véase **Figura 7**).

8.2. Maíz

En las **Tablas 16, 17 y 18** se detallan las dotaciones de riego aplicadas y las precipitaciones registradas mensualmente sobre las parcelas de maíz del ensayo durante la campaña 2017-2018.

Tabla 16. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2017-2018.

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 2018	0,0	81,5	47,5	47,5	61,1	61,1
Junio 2018	82,1	11,4	7,9	90,0	8,6	90,7
Julio 2018	166,6	17,5	16,2	182,8	13,1	179,7
Agosto 2018	183,5	13,4	11,4	194,9	10,1	193,6
Septiembre 2018	54,8	20,6	15,0	69,8	15,5	70,3
Total	487,0	144,4	98,1	585,1	108,3	595,3

Tabla 17. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm de profundidad en la campaña 2017-2018.

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 2018	0,0	81,5	47,5	47,5	61,1	61,1
Junio 2018	105,3	11,4	7,9	113,2	8,6	113,9
Julio 2018	185,6	17,5	16,2	201,8	13,1	198,7
Agosto 2018	192,4	13,4	11,4	203,8	10,1	202,5
Septiembre 2018	57,5	20,6	15,0	72,5	15,5	73,0
Total	540,8	144,4	98,1	638,9	108,3	649,1

Tabla 18. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGV en la campaña 2017-2018.

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 2018	0,0	81,5	47,5	47,5	61,1	61,1
Junio 2018	297,3	11,4	7,9	305,2	8,6	305,9
Julio 2018	342,8	17,5	16,2	359,0	13,1	355,9
Agosto 2018	97,4	13,4	11,4	108,8	10,1	107,5
Septiembre 2018	0,0	20,6	15,0	15,0	15,5	15,5
Total	737,5	144,4	98,1	835,6	108,3	845,8

Comparando las **Tablas 16, 17 y 18**, se puede apreciar cómo se ha aplicado una mayor dotación de riego bajo el sistema RGV que respecto al sistema RGS. Además, dado que se ha observado durante toda la campaña un mayor estrés hídrico en el cultivo de maíz en la parcela 6 con respecto a la parcela 3 si se regaba únicamente atendiendo a las necesidades aportadas por la ORA, ha sido necesario en dicha parcela incrementar los tiempos de riego diarios para la parcela 6, o manteniendo el tiempo de riego regar más días.

La campaña anterior ya se dio esta necesidad de incrementar las dotaciones de riego para la parcela 6 (con los goteros instalados a más profundidad) respecto a la parcela 3, con el fin de aumentar el volumen del bulbo húmedo y que éste alcanzase el sistema radicular del cultivo.

Las parcelas de maíz regadas mediante sistema RGS se comenzaron a regar a fecha 14/06/2018 y el último riego se dio a fecha 26/09/2018. El corte del riego se hizo en el momento de observación del “punto negro” en los granos de maíz (véase **Figura 35**), momento el cual señala que el grano ya ha alcanzado la madurez fisiológica.

En la parcelas regada mediante sistemas RGV, se han aplicado 6 riegos durante toda la campaña en las fechas siguientes: 19/06/2018, 29/06/2018, 06/07/2018, 13/07/2018, 27/07/2018 y 06/08/2018.

8.3. Alfalfa

En las **Tablas 19, 20 y 21** se detallan las dotaciones de riego aplicadas y las precipitaciones registradas mensualmente sobre las parcelas de alfalfa del ensayo regadas mediante los sistemas RGS y RGV, respectivamente, durante la campaña 2017-2018.

Tabla 19. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS enterrado a 25 cm en la campaña 2017-2018.

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 2018	0,0	89,3	60,0	60,0	67,0	67,0
Mayo 2018	0,0	81,6	56,5	56,5	61,2	61,2
Junio 2018	53,1	11,4	8,5	61,6	8,6	61,7
Julio 2018	130,7	17,5	14,0	144,7	13,1	143,8
Agosto 2018	126,4	13,4	10,1	136,5	10,1	136,5
Septiembre 2018	74,2	20,6	13,9	88,1	15,5	89,7
Octubre 2018	14,2	70,9	40,7	54,9	53,2	67,4
Total	398,6	304,7	203,7	602,3	228,5	627,1

Tabla 20. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS enterrado a 35 cm en la campaña 2017-2018.

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 2018	0,0	89,3	60,0	60,0	67,0	67,0
Mayo 2018	0,0	81,6	56,5	56,5	61,2	61,2
Junio 2018	61,5	11,4	8,5	70,0	8,6	70,1
Julio 2018	121,7	17,5	14,0	135,7	13,1	134,8
Agosto 2018	136,5	13,4	10,1	146,6	10,1	146,6
Septiembre 2018	67,0	20,6	13,9	80,9	15,5	82,5
Octubre 2018	14,4	70,9	40,7	55,1	53,2	67,6
Total	401,1	304,7	203,7	604,8	228,5	629,6

Tabla 21. Dotaciones de riego y valores de precipitación total y efectiva mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGV en la campaña 2017-2018.

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 2018	0,0	89,3	60,0	60,0	67,0	67,0
Mayo 2018	0,0	81,6	56,5	56,5	61,2	61,2
Junio 2018	118,0	11,4	8,5	126,5	8,6	126,6
Julio 2018	109,1	17,5	14,0	123,1	13,1	122,2
Agosto 2018	70,7	13,4	10,1	80,8	10,1	80,8
Septiembre 2018	75,5	20,6	13,9	89,4	15,5	91,0
Octubre 2018	0	70,9	40,7	40,7	53,2	53,2
Total	373,3	304,7	203,7	577,0	228,5	601,8

Comparando las **Tablas 19, 20 y 21**, se puede apreciar cómo, prácticamente, las dotaciones de riego aplicadas en las parcelas 2 y 5 son muy similares, e incluso superan a la dotación aplicada en riego por gravedad. No obstante, debe tenerse en cuenta que, las dotaciones aplicadas en alfalfa para ambos sistemas de riego en la presente campaña son inferiores en un orden de 200-300 mm respecto a las 2 campañas anteriores. Gracias a las condiciones meteorológicas, con valores elevados de precipitaciones y suaves en cuanto a temperaturas, las necesidades hídricas de este cultivo en la presente campaña no han sido muy elevadas.

La parcela 2 de alfalfa se comenzó a regar a fecha 18/06/2018 y el último riego se dio a fecha 09/10/2018. Por su parte, la parcela 5 de alfalfa comenzó a regarse 2 días antes que la parcela 2, a fecha 16/06/2018 y el último riego se dio en la misma fecha. Por su parte, en las parcelas regadas mediante sistemas RGV, se han aplicado 4 riegos durante toda la campaña en las fechas siguientes: 29/06/2018, 24/07/2018, 23/08/2018 y 21/09/2018. Tal como puede observarse, el intervalo entre riegos es de 1 mes, aproximadamente.

Los cortes de riego y la reanudación de los mismos en las parcelas de alfalfa regadas bajo el sistema RGS dependen de los momentos de siega, volteado-hilerado y recogida del forraje. Todos los cortes del riego en cultivo de alfalfa se han efectuado, aproximadamente, 5 días o 1 semana antes de la fecha de recogida del forraje del campo, fecha anunciada por la deshidratadora correspondiente. De esta manera, cuando se segaba, rastrillaba y se recogía el forraje, el suelo no presentaba humedad apreciable y así se evitaba la compactación del terreno por el tráfico de la maquinaria agrícola presente (segadoras, rastrilladores, tractores y remolques autocargadores).

En la parcela testigo, la planificación de los riegos se efectuaba con vistas a que no coincidiese con la fecha prevista, aproximadamente, del corte del cultivo, lo cual se deducía en base al seguimiento fenológico del cultivo y a la experiencia acumulada con los años en la finca en este cultivo.

El método de la ORA siempre suele proporcionar valores más elevados de precipitación efectiva que el método del SCS. No obstante, en base a las **Tabla 22, 23 y 24**, se puede constatar que las diferencias en cuanto al agua aplicada de acuerdo a cada método de cálculo no son considerables.

Tabla 22. 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)	19,2	18,9	105,3
Precipitación total ciclo de cultivo (mm)	291,1	291,1	291,1
Precipitación efectiva según SCS (mm)	166,0	166,0	166,0
Precipitación efectiva según ORA (mm)	218,3	218,3	218,3
Agua aplicada según SCS (mm)	215,2	214,9	301,3
Agua aplicada según ORA (mm)	237,5	237,2	323,6
Diferencia [“agua aplicada ORA”- “agua aplicada SCS”] (mm)	22,3	22,3	22,3

Tabla 23. 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)	487,0	540,8	737,5
Precipitación total ciclo de cultivo (mm)	144,4	144,4	144,4
Precipitación efectiva según SCS (mm)	98,1	98,1	98,1
Precipitación efectiva según ORA (mm)	108,3	108,3	108,3
Agua aplicada según SCS (mm)	585,1	638,9	835,6
Agua aplicada según ORA (mm)	595,3	649,1	845,8
Diferencia [“agua aplicada ORA”- “agua aplicada SCS”] (mm)	10,2	10,2	10,2

Tabla 24. 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	Gotosos enterrados a 25 cm	Gotosos enterrados a 35 cm	Gravedad
Dotación de riego (mm)	398,6	401,1	373,3
Precipitación total ciclo de cultivo (mm)	304,7	304,7	304,7
Precipitación efectiva según SCS (mm)	203,7	203,7	203,7
Precipitación efectiva según ORA (mm)	228,5	228,5	228,5
Agua aplicada según SCS (mm)	602,3	604,8	577,0
Agua aplicada según ORA (mm)	627,1	629,6	601,8
Diferencia [“agua aplicada ORA”- “agua aplicada SCS”] (mm)	24,8	24,8	24,8

9. ASPECTOS DESTACABLES

En el presente apartado se describen las principales incidencias registradas en el ensayo durante la campaña 2017-2018, 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 de regadío del valle del Ebro.
- En próximas campañas debe hacerse un control más precoz de malas hierbas problemáticas como el vallico.
- En la presente campaña se ha visualizado encamado del cultivo de trigo en la parcela testigo (véase **Figura 8**). No se piensa que este accidente fisiológico sea debido a un exceso de abono nitrogenado, pero conviene estar alerta para próximas campañas.

Cultivo de maíz

- Al comienzo de la campaña de riegos se ha observado falta de uniformidad en el cultivo de maíz en la cabecera de las parcelas, especialmente en las parcelas con sistema RGS (véase **Figura 9**). Se piensa que en las cabeceras de las parcelas existe una mayor compactación del suelo, pues es donde el tractor efectúa las vueltas y deja más roderas, además de acumularse en dichas zonas el agua de lluvia encharcada y de efectuarse un laboreo superficial que no favorece la infiltración del agua de lluvia. Aunque al principio el crecimiento de las plantas de maíz en estas cabeceras era inferior respecto a las del centro de las parcelas, finalmente se consiguió reducir esta desigualdad gracias a incrementar los tiempos de riego diario, regando por encima de las recomendaciones dadas por la ORA.
- Continúa un año más en el ensayo la problemática en relación con la fauna silvestre, especialmente con los jabalíes (véase **Figura 5**). Ha sido necesaria la colocación de un pastor eléctrico que ha estado instalado fijo en las 3 parcelas de maíz del ensayo desde la siembra hasta la floración del cultivo (véase **Figura 6**). La rápida colocación del pastor eléctrico hizo posible evitar que los jabalíes causaran más daños, pues habían comenzado a alimentarse de las semillas recién sembradas y de las plántulas recién emergidas. De hecho, se hizo necesaria la resiembra manual en las esquinas de alguna parcela.
- Siguiendo con la problemática de la fauna silvestre, comentar que en la presente campaña se han visualizado algunos ataques de aves a mazorcas de maíz (véase **Figura 19**), lo cual se ha dado especialmente en los márgenes de las parcelas aunque de forma minoritaria.
- En el cultivo de maíz se han observado ejemplares de plagas como el taladro, araña roja (*Tetranychus urticae*) en la parcela testigo (que ha conducido a un secado más temprano en la misma), o pulgones (*Rhopalosiphum maidis*) (véanse **Figuras 29, 32**

y **33**). No obstante, también se han observado ejemplares de fauna auxiliar, como coleópteros coccinélidos (véase **Figura 30**) y los daños causados por plagas en la presente campaña se consideran que no han superado el umbral económico de daños en el cultivo de maíz.

- El cultivo en la parcela testigo comenzó a senescer y alcanzó el punto negro en los granos antes que en las parcelas regadas por RGS. Ello puede deberse a 2 motivos: mayores ataques de araña roja (que conduce a un secado prematuro de las hojas) y corte temprano del agua de riego (a principios de agosto).
- En próximas campañas, con el fin de efectuar un abonado nitrogenado en cobertera más eficiente en la parcela testigo, parece recomendable contratar un servicio de aplicación del abono nitrogenado localizado o en línea. Con la metodología que se ha seguido la presente campaña son de esperar elevadas pérdidas del abono nitrogenado por percolación, aunque también es verdad que, de esta manera, se ha aplicado el mismo método de fertilización nitrogenada en las 3 parcelas del ensayo, mezclando el nitrógeno con el agua de riego (fertirrigación localizada y a manta), para minimizar las diferencias de manejo entre las parcelas.

Cultivo de alfalfa

- Tímidamente se pueden visualizar todavía “crestas” en el crecimiento de la alfalfa, aunque esta tendencia es esperable que vaya reduciéndose cada campaña conforme el cultivo adecue su crecimiento al sistema de riego existente.

Sistema RGS

- En la presente campaña no se han detectado problemas por obturaciones en los ramales.
- En la presente campaña, debido a pérdidas de presión registradas en la estación de bombeo de acuerdo a los manómetros, se ha hecho necesario la limpieza de los filtros de malla de la estación de bombeo (véase **Figura 13**).
- Se recomienda efectuar una prueba de funcionamiento del sistema de riego previamente a comenzar la campaña de riego, aparte de efectuar 2 veces la limpieza del sistema, una a mitad de campaña y otra al finalizar, para que de esta manera salgan por los colectores de desagüe las partículas de tierra que hayan podido entrar por los goteros enterrados durante los riegos, a pesar de que los goteros son antisucción, teóricamente.
- En la presente campaña se han dado 7 pinchazos en el sistema RGS, todos ellos en las parcelas de alfalfa (véase **Figura 37**). Se piensa que estas roturas derivan en mayor medida de algunos fallos prácticos a la hora de instalar el sistema de riego que de ataques de la población de topillos, pues se dieron roturas igualmente después de aplicar fosfaminas para controlar dichos roedores.

Sistema RGV

- Se considera que hasta la fecha el sistema RGV se viene manejando adecuadamente y ha de seguir en esta línea: la nivelación de las parcelas es óptima y se hace un uso idóneo del aforador Parshall, controlando caudales, volúmenes de agua y tiempos de riego. Además, se considera que el sistema RGV ayuda a mantener las parcelas libres de topillos y de otros roedores que perjudican, especialmente, al cultivo de alfalfa.

10. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

En el presente apartado se plasman las conclusiones generales sobre la experiencia que ha supuesto una campaña más el riego con el sistema RGS en la finca de La Melusa.

→ Los rendimientos obtenidos en trigo esta campaña no deben ser considerados, al igual que se dio en la campaña anterior. 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 resultados productivos obtenidos en los cultivos de maíz y alfalfa se consideran satisfactorios, especialmente en lo que respecta al cultivo de alfalfa, que parece haberse adecuado mejor al sistema RGS que el cultivo de maíz.

→ Respecto al cultivo de maíz, subrayar que el ahorro de agua de riego que se ha conseguido respecto a la parcela testigo ha sido del 34 y del 27 % en las parcelas 3 y 6, respectivamente. Los rendimientos en las parcelas 3 y 6 han sido un 9 y 4 % inferiores, respectivamente, en comparación con la parcela testigo.

→ Respecto al cultivo de alfalfa, las dotaciones de riego aplicadas en las parcelas 2 y 5 han sido un 6 y 7 %, respectivamente, comparando con la parcela testigo. En cuanto a los rendimientos, éstos han sido un 19 y 13 % superiores en las parcelas 2 y 5 respecto a la parcela testigo. Se vuelve a incidir en las favorables condiciones meteorológicas que se han dado en la presente campaña para el cultivo de alfalfa.

→ El sistema RGS debe ser aprovechado para practicar la fertirrigación, de manera que los productos fertilizantes aplicados terminen directamente, junto con el agua de riego, alrededor del sistema radicular de los cultivos. Se debe hacer uso de todas las prestaciones que facilita este tipo de instalación.

→ El sistema RGS obliga a un laboreo superficial supeditado a la profundidad de instalación de los ramales con los goteros enterrados. Ello conduce a la posible formación de una suela de labor en profundidad que impide una correcta circulación del agua en el suelo y dificulta el crecimiento del sistema radicular de los cultivos.

→ El sistema RGS sí parece ser un novedoso sistema de riego que permite el ahorro de agua de riego respecto a los sistemas de riego por gravedad y por aspersión. De todas maneras, sólo se consigue un ahorro de agua significativo si se hace uso de herramientas objetivas que determinen las necesidades hídricas de los cultivos semanalmente y tengan en cuenta la mayor eficiencia de este sistema de riego, como por ejemplo las recomendaciones de las Oficinas del Regante (dependientes de las Comunidades Autónomas) o del Servicio de Información Agroclimática para el regadío (dependientes del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

→ El coste de amortización es un factor a considerar, dado que la recuperación de la inversión efectuada dentro de un plazo de 10 años (vida útil del sistema RGS) no puede afirmarse que queda asegurada, al menos, con los resultados acumulados de estas 3 campañas de ensayo en los cultivos de cereales. Si en un futuro se incrementa el precio del

agua, la importancia de la reducción de las dotaciones de riego puede ser considerada bajo otra perspectiva.

→En el cultivo de maíz bajo tratamiento RGS apenas se han observado enfermedades fúngicas, lo cual se atribuye a que en el sistema RGS no se produce dentro del cultivo la alta humedad relativa ni el ambiente saturado que se da en parcelas con riego por aspersión.

→Resultaría deseable (si no se dan restricciones presupuestarias) implementar, al menos, una repetición por tratamiento de riego y cultivo, y con ello se conseguiría reducir al mínimo el error experimental y poder así efectuar un tratamiento estadístico de los datos más sólido en caso necesario. Además, resultaría interesante introducir el sistema de riego por aspersión en el ensayo, aunque no en parcelas adyacentes al resto, y de esta manera minimizar que el agua aplicada por aspersión sea arrastrada por el viento a las parcelas vecinas.

→Se preveen posteriores cambios en el manejo del ensayo, como por ejemplo sustituir el cultivo de trigo por la doble cosecha cebada-maíz, rotación muy practicada en las últimas campañas dentro de la zona regable del CAYC. También podrían probarse cultivos como el guisante u otros cultivos proteaginosos u oleaginosos, cultivos cuya superficie cultivada también viene aumentando en los últimos años a expensas del “pago verde” o *greening* y de las ayudas asociadas que se concede en el actual régimen de pagos directos de la Política Agrícola Común.

→Una vía de dar visibilidad a este ensayo y a todo el trabajo que se da en la finca de La Melusa sería difundir lo máximo posible los resultados que se van obteniendo cada año en este ensayo a través de artículos, visitas técnicas a la finca, jornadas de transferencia, etc. Además, podría establecerse un contacto permanente con otras fincas en las que también se esté ensayando el sistema RGS y así intercambiar impresiones, como por ejemplo la finca ubicada en Agramunt (Lleida) gestionada por Aigües del Segarra-Garrigues S.A., en la cual se está regando maíz con ramales porta-goteros enterrados a 30 cm.

NOTA INFORMATIVA: *en el presente año 2018 se han producido 4 hechos que vienen a complementar al ensayo del que trata el presente informe y que vienen a reforzar la apuesta en materia de investigación e innovación que se está produciendo en la finca de La Melusa:*

- *Puesta en marcha de un ensayo llevado a cabo por el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón dentro del marco del proyecto europeo LIFE-ARIMEDA en temas de aplicación vía riego por aspersión de la fracción líquida del purín en cultivo de maíz con el fin de reducir la emisión de nitrógeno amoniacal a la atmósfera (más información en: <https://lifearimeda.eu/n4-es/>).*
- *Modernización del riego de la finca, transformándose en riego a aspersión muchas parcelas que hasta ahora se regaban mediante riego por superficie, incidiéndose además en la instalación de dispositivos que permitan el telecontrol del riego.*
- *Visita técnica a La Melusa a fecha 19/09/2018 dentro del marco de la jornada “Sistemas innovadores para la gestión energética del regadío” organizada por la Asociación para la Investigación y Desarrollo Agrarios.*
- *Visita técnica de profesores de la Escuela Politécnica Superior de Huesca a fecha 14/12/2018 para conocer la finca y estudiar una posible futura colaboración.*

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 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.

Petit i Tomàs, X. 2016. *Instalaciones de reg a baixa pressió*. 62^a 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://anciles.aragon.es/AtlasClimatico/> (Página web del Atlas Climático de Aragón).

<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).

<http://www.ies-sim.com> (Página web de la herramienta SimulaReg).

<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).

<http://siam.imida.es> (Página web del Sistema de Información Agrario de Murcia con información sobre programación de riegos y análisis de calidad del agua).

ANEXO I. DISPOSICIÓN DEL ENSAYO



Figura 1. Separación de las parcelas con los sistemas de riego 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 28 y 29** se muestra información sobre la fertirrigación en maíz en función del sistema de riego.

Tabla 25. Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGS en la campaña 2017-2018.

Variables	Datos	Observaciones
Necesidades nitrogenadas en cultivo de maíz	345 kg N/ha	Se han supuesto extracciones en nitrógeno de 23 kg N/t y rendimiento potencial de 15 t/ha.
Dosis de nitrógeno aplicada en fondo	72 kg N/ha	Aplicación mediante fosfato diamónico.
Dosis de nitrógeno aplicada en cobertera	273 kg N/ha	Aplicación mediante solución líquida de urea al 32 %.
Número de coberteras aplicadas	6	Inyección del fertilizante en la red de riego mediante bomba dosificadora de caudal 2,5 l/min.
Dosis de nitrógeno aplicada por cobertera	45,5 kg N/ha	Aplicación desde el día 14/06/2018 hasta el día 09/07/2018 (ese día se registró una emergencia de la inflorescencia masculina en un 25 % de la superficie de maíz del ensayo).
Duración del tiempo de inyección por riego	Entre 20 y 30 minutos	El abonado se inyectaba aproximadamente a mitad de un riego (la duración de un riego en cultivo de maíz regado mediante RGS entre finales de junio y principios de julio ha sido de 2,5 o 3 horas).

Tabla 26. Información sobre fertirrigación en cultivo de maíz regado por RGV en la campaña 2017-2018.

Variables	Datos	Observaciones
Necesidades nitrogenadas en cultivo de maíz	345 kg N/ha	Se han supuesto extracciones en nitrógeno de 23 kg N/t y rendimiento potencial de 15 t/ha.
Dosis de nitrógeno aplicada en fondo	72 kg N/ha	Aplicación mediante fosfato diamónico.
Dosis de nitrógeno aplicada en cobertera	273 kg N/ha	Aplicación mediante solución líquida de urea al 32 %.
Número de coberteras aplicadas	5	Abertura del depósito de fertilizante sobre la boca de entrada del riego en la parcela.
Dosis de nitrógeno aplicada por cobertera	54,6 kg N/ha	Aplicación con los 5 primeros riegos.
Duración del tiempo de inyección por riego	Equivalente a la duración del tiempo de riego	La duración de un riego en cultivo de maíz regado mediante RGV ha oscilado entre 95 y 115 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 2017-2018 y que permiten visualizar los hechos acaecidos más importantes.



Figura 2. Madrigueras de topillos en alfalfa a fecha 06/03/2018.



Figura 3. Lecho de siembra preparado en la parcela testigo de maíz a fecha 02/05/2018.



Figura 4. Daños de apión en cultivo de alfalfa a fecha 02/05/2018. Finalmente se decidió no tratar por no superarse el umbral económico de daños.



Figura 5. Semillas de maíz dejadas al descubierto por los jabalíes hurgando en las líneas de siembra a fecha 09/05/2018.



Figura 6. Colocación del pastor eléctrico en parcela de maíz a fecha 09/05/2018.



Figura 7. Cultivo de trigo en antesis (floración) a fecha 15/05/2018.



Figura 8. Encamado del cultivo de trigo en la parcela testigo a fecha 15/05/2018.



Figura 9. Parcela de maíz con nascencia irregular en la cabecera debido a la compactación del suelo a fecha 14/06/2018.



Figura 10. Parcela de trigo infestada de vallico a fecha 14/06/2018.



Figura 11. Hileras de alfalfa recién segada y secándose a fecha 14/06/2018.



Figura 12. Tomando muestras de suelo con barrena tipo “Riverside” en una parcela de maíz a fecha 26/06/2018.



Figura 13. Limpiando los filtros de la estación de bombeo a fecha 26/06/2018.



Figura 14. Programando el riego a fecha 26/06/2018.



Figura 15. Mancha de humedad en parcela de maíz regada mediante sistema RGS a fecha 03/07/2018.



Figura 16. Cosecha del trigo a fecha 17/07/2018.



Figura 17. Midiendo la humedad del grano de trigo recién cosechado a fecha 17/07/2018.



Figura 18. Polen del cultivo de maíz a fecha 17/07/2018, cuando se encontraba en plena floración.



Figura 19. Mazorca de maíz atacada por aves a fecha 31/07/2018.



Figura 20. Cultivo de alfalfa a fecha 31/07/2018.



Figura 21. Detalle del bulbo húmedo formado en la parcela 2 de alfalfa a fecha 07/08/2018.



Figura 22. Floración en cultivo de alfalfa previamente al corte a fecha 07/08/2018.



Figura 23. Mazorca de maíz con los granos en formación en estado lechoso a fecha 07/08/2018. Nótese la coloración oscura que han ido tomando las sedas.



Figura 24. Ataque de taladro del maíz, apreciándose las características mordeduras, a fecha 07/08/2018.



Figura 25. Hojas de maíz deshilachadas a consecuencia de una tormenta a fecha 12/08/2018.



Figura 26. Mazorca de maíz con los granos en formación en estado harinoso a fecha 14/08/2018.



Figura 27. Deposición de excrementos en la entrada de una galería excavada por el taladro del maíz a fecha 21/08/2018.



Figura 28. Penacho caído por acción del taladro del maíz a fecha 21/08/2018.



Figura 29. Ejemplar hallado de taladro del maíz en el interior de un tallo a fecha 21/08/2018.



Figura 30. Coccinélido (mariquita), señal de la existencia de fauna auxiliar que se alimenta de plagas como los pulgones en el maíz. Fecha: 21/08/2018.

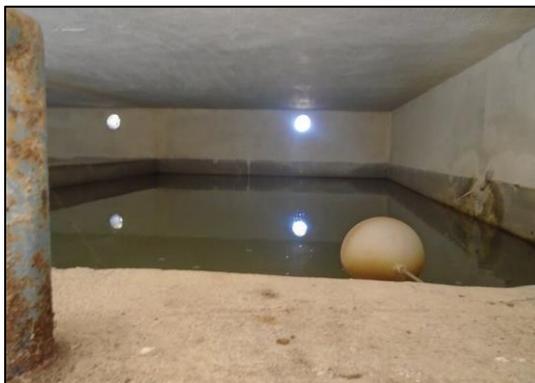


Figura 31. Izquierda: depósito de riego dentro de la caseta de bombeo. Derecha: tubería terciaria de la instalación de riego del ensayo. Fecha: 21/08/2018.



Figura 32. Dos señales de la presencia de araña roja en la parcela testigo de maíz: detalle de la telaraña formada y ejemplar del coleóptero Stethorus, depredador natural (punto negro a la izquierda sobre el nervio central de la hoja), a fecha 04/09/2018.



Figura 33. Concentración de pulgones en una planta de maíz a fecha 04/09/2018.



Figura 34. Mazorca de maíz plenamente desarrollada a fecha 04/09/18.

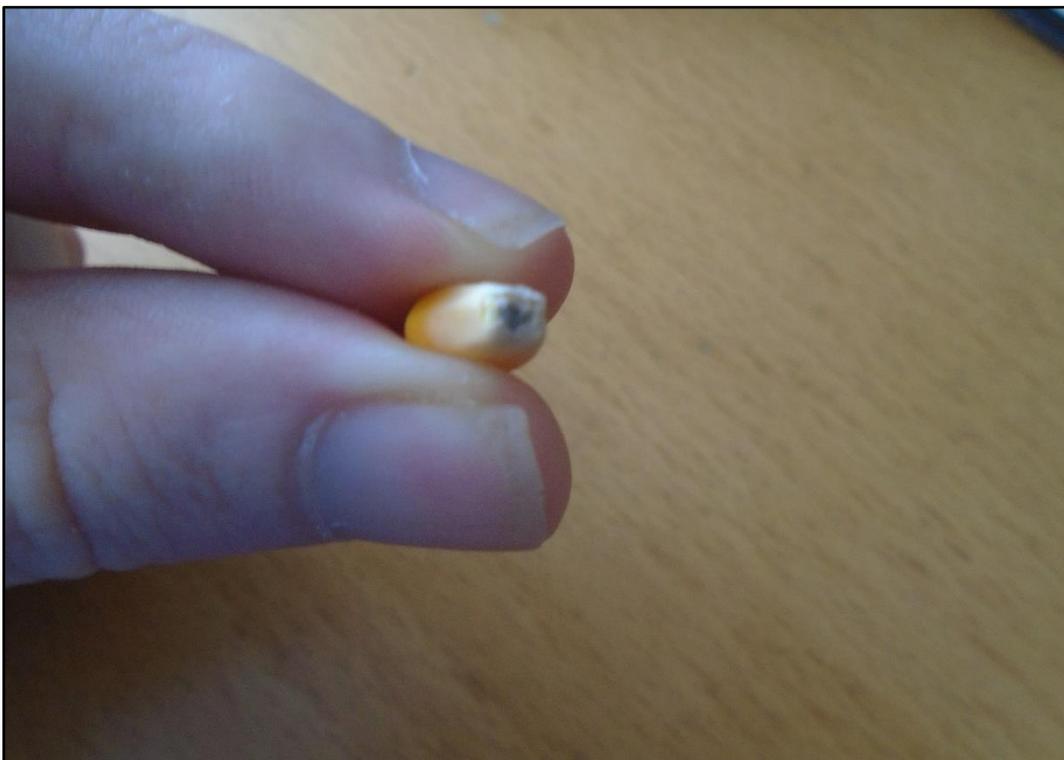


Figura 35. Grano de maíz que ha alcanzado la madurez fisiológica (punto negro), indicativo de que ya se puede cortar el riego, a fecha 11/09/2018.



Figura 36. Hileras de alfalfa recién segada a fecha 11/09/2018.



Figura 37. Rotura detectada en una manguera a fecha 21/09/2018.



Figura 38. Toma de muestras en parcela de maíz a fecha 02/10/2018.



Figura 39. Midiendo densidad de plantas y altura de inserción de las mazorcas en maíz a fecha 23/10/2018.



Figura 40. Estado del cultivo de alfalfa a la entrada del invierno.



Figura 41. Cosecha del maíz a fecha 08/12/2018.



Figura 42. Midiendo la humedad del grano de maíz recién cosechado a fecha 08/12/2018.



Figura 43. Perspectiva del ensayo a finales de año.