



INFORME ANUAL

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

CAMPAÑA 2016-2017

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 2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	6
2. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN.....	8
2.1. Trigo	8
2.2. Maíz	9
2.3. Alfalfa	10
3. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO.....	11
4. DATOS METEOROLÓGICOS	13
5. RENDIMIENTOS.....	16
5.1. Trigo	16
5.2. Maíz	16
5.3. Alfalfa	17
6. AGUA APORTADA A LOS CULTIVOS	18
6.1. Trigo	18
6.2. Maíz	19
6.3. Alfalfa	21
7. ASPECTOS A DESTACAR.....	23
8. CONCLUSIONES.....	25
ANEXO I. DISPOSICIÓN DEL ENSAYO	28
ANEXO II. FOTOGRAFÍAS.....	30
REFERENCIAS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Separación de las parcelas con los sistemas de riego RGS y RGV (fuente: Servicios Técnicos del CAYC).....	29
Figura 2. Problemas de nascencia en alfalfa en los bordes de las parcelas a fecha 24/07/2017.....	31
Figura 3. Hileras de alfalfa segada secándose en campo a fecha 17/07/2017.	32
Figura 4. Toma de muestras de suelo en parcela de maíz a fecha 12/07/2017.....	33
Figura 5. Secado prematuro de los tallos y hojas del maíz como consecuencia de los ataques de araña roja (Tetranychus urticae C.L. Koch) en el cultivo a fecha 07/09/2017.	34
Figura 6. Mazorcas de maíz atacadas por aves a fecha 07/09/2017.	34
Figura 7. Plantas de maíz regadas a manta tumbadas por paso de jabalí (Sus scrofa L.) a fecha 24/07/2017.	35
Figura 8. Aforador Parshall para control de los caudales de riego en las parcelas regadas a manta a fecha 12/07/2017.	35
Figura 9. Parcela de alfalfa testigo, al fondo tractor volteando el forraje dispuesto en hileras que se va secando, a fecha 17/07/2017.	36
Figura 10. Tomando muestras de suelo a fecha 10/10/2017.....	37
Figura 11. Cosecha de una parcela de maíz a fecha 26/10/2017.	38
Figura 12. Midiendo la humedad en el grano de maíz recién cosechado a fecha 26/10/2017.	39
Figura 13. Vaciado de las tuberías del sistema RGS a fecha 03/11/2017.	39
Figura 14. Observando los volúmenes consumidos de agua en una parcela al final de la campaña 2016-2017 a fecha 19/10/2017.....	40
Figura 15. Pinchazo detectado en parcela de alfalfa a fecha 03/11/2017.	41
Figura 16. Madriguera de topillos en parcela de alfalfa, detectada a fecha 03/11/2017.	41
Figura 17. Imagen general del ensayo a mediados de julio de 2017.	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información sobre la disposición del ensayo para la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).....	7
Tabla 2. Comparación de los valores medios de temperatura mensual y anual entre el año 2017 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).....	13
Tabla 3. Comparación de los valores de precipitación media mensual entre el año 2017 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).....	14
Tabla 4. Comparación de los valores medios de ET_o mensual y total anual entre el año 2017 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).....	14
Tabla 5. Rendimientos obtenidos en cultivo de trigo en la campaña 2016-2017 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).	16
Tabla 6. Rendimientos obtenidos en cultivo de maíz en la campaña 2016-2017 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).	16
Tabla 7. Rendimientos obtenidos en cultivo de alfalfa en la campaña 2016-2017 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).	17
Tabla 8. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).....	18
Tabla 9. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGV en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).	19
Tabla 10. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS (instalado a 25 cm de profundidad) en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia)...	19
Tabla 11. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS (instalado a 35 cm de profundidad) en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia)...	20
Tabla 12. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGV en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).	20
Tabla 13. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).....	21
Tabla 14. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGV en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).	21

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

CAYC: Canal de Aragón y Cataluña.

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

CHE: Confederación Hidrográfica del Ebro.

CRAD: Capacidad de Retención de Agua Disponible.

E_a : Eficiencia de aplicación del agua de riego.

ET_o : Evapotranspiración de referencia.

FAO: Food and Agriculture Organization.

H: Calado.

K_c : Coeficiente de cultivo.

N_b : Necesidades de riego brutas.

N_n : Necesidades de riego netas.

PE: Precipitación efectiva.

Q: Caudal.

RGS: Riego por goteo subterráneo.

RGV: Riego por gravedad (riego a manta, riego por superficie).

T.M.: Término municipal.

1. INTRODUCCIÓN

Con fecha 2 de marzo de 2015, en Tamarite de Litera (Huesca), se firma el convenio de colaboración entre las siguientes entidades:

- Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña (CGRCAAYC).
- Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE).

El objetivo de dicho convenio es la creación de un ensayo para el estudio técnico de la implantación del sistema de riego por goteo subterráneo (RGS) en cultivos herbáceos extensivos; y comparación de los resultados obtenidos en el mismo respecto a fincas testigo con los mismos cultivos y regadas mediante sistema de riego por gravedad (RGV).

El ensayo se ubica en el Centro Agronómico de La Melusa, situado en el término municipal de Tamarite de Litera, y propiedad de la CHE. Los cultivos herbáceos extensivos 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 ensayo y del Centro Agronómico de La Melusa, se le remite al documento adjunto al presente titulado “**CARACTERIZACIÓN DEL ENSAYO DE RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO LOCALIZADO EN LA MELUSA (T.M. DE TAMARITE DE LITERA, HUESCA)**”.

Dentro del ensayo, cabe distinguir entre las parcelas regadas mediante sistema RGS y las parcelas regadas mediante sistema RGV (parcelas testigo), que son los 2 métodos de riego que se desean comparar. A nivel de control de riego, cada parcela del ensayo se ha considerado un sector de riego.

Las parcelas regadas mediante sistema RGS son las mismas cada campaña prevista del ensayo, pero no las parcelas testigo, cuya ubicación varía cada campaña del ensayo.

Los terrenos regados mediante sistema RGS pertenecen al polígono 29, parcela 6, con aprovechamiento actual “labor o labradío regadío” y de clase “rústico”, según se detalla en la Dirección General del Catastro.

La superficie del ensayo regada mediante sistema RGS, como se ha comentado previamente, se mantiene constante cada campaña, y es de 2,1250 ha, repartida en 6 parcelas. A su vez, en una mitad de estas parcelas 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).

Respecto a la distribución de las parcelas testigo, se han introducido cambios respecto a la campaña anterior.

En la campaña 2016-2017, las parcelas testigo cultivadas con trigo y maíz se ubican en el polígono 29, parcela 6, mientras que la parcela testigo cultivada de alfalfa sí se sigue localizando en el polígono 28, parcela 4, todas ellas con aprovechamiento actual “labor o labradío regadío” y de clase “rústico”, según se detalla en la Dirección General del Catastro.

La superficie ocupada por las parcelas testigo en la campaña 2016-2017 es de 1,5040 ha, y la superficie total del ensayo pasa a ser de 3,63 ha.

En resumen, para la campaña 2016-2017 la superficie total del ensayo ha sido de 3,6290 ha. En la Tabla 1 se clarifica la información que se acaba de explicar.

Tabla 1. Información sobre la disposición del ensayo para la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).

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	0,2750
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			2,1250
T1	Trigo	RGV	0,4040
T2	Maíz	RGV	0,5250
T3	Alfalfa	RGV	0,5750
Superficie del ensayo bajo sistema RGV			1,5040
Superficie total del ensayo			3,6290

En el presente informe se recogen y comentan los siguientes resultados obtenidos en la 1ª campaña del ensayo (2016-2017):

- Técnicas de producción seguidas en cada cultivo.
- Datos meteorológicos de la campaña 2016-2017.
- Rendimientos de los cultivos de trigo, maíz y alfalfa en la campaña 2016-2017 en función de los 2 sistemas de riego ensayados.
- Dotaciones de riego aplicadas en los cultivos de trigo, maíz y alfalfa en la campaña 2017-2017 en función de los 2 sistemas de riego ensayados.
- Incidencias técnicas más destacables de la campaña 2016-2017 en relación con el funcionamiento de ambos sistemas de riego, especialmente el 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 2016-2017. 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

Durante el otoño de 2016 se realizaron las labores preparatorias del lecho de siembra, las cuales consistieron en:

- Pase de cultivador a profundidad de trabajo de 10 cm.
- Abonado de fondo mediante abonadora de platos con la que se aplicaron 300 kg/ha de fosfato diamónico (NP 18-46) y 100 kg/ha de sulfato de potasa al 50%.

Se sembró la variedad de trigo blando “Soissons” a fecha 20/11/2016 a dosis de 180 kg/ha, con sembradora de distribución mecánica de discos que incorporaba preparador de tierra delantero.

La variedad de trigo “Soissons” es de tipo invierno, con cierta alternatividad, aristada y de talla media. Su ciclo es precoz a espigado y precoz/semi-precoz a madurez. Presenta un elevado potencial de producción y buena adaptación desde secanos frescos a regadíos. Se trata de una variedad resistente al frío y poco sensible a la germinación de los granos sobre las espigas y al desgrane. Normalmente presenta un buen ahijamiento, comportamiento satisfactorio hacia las enfermedades de espiga y un excelente valor harinero.

Como abonado de cobertera se aplicaron 150 kg/ha de urea al 46 % mediante abonadora de platos.

Esta campaña, a diferencia de la anterior, sí se realizaron tratamientos fitosanitarios, los cuales se aplicaron juntamente con agente mojante a fecha 25/02/2017 con pulverizador de barras. Las materias activas empleadas se detallan a continuación:

- Aplicación de la materia activa pinoxaden al 6% a dosis de 0,5 l/ha para control de malas hierbas monocotiledóneas.
- Aplicación de la materia activa tribenuron-metil al 75% a dosis de 100 l/ha para control de malas hierbas dicotiledóneas.
- Aplicación de la materia activa tebuconazol al 43% a dosis de 0,6 l/ha para control fungicida.

Los datos referidos al riego se detallan en el sub-apartado 6.1.

Las parcelas de trigo del ensayo se cosecharon el día 13/07/2017 mediante una cosechadora estándar comercial. Los rendimientos obtenidos se detallan en el sub-apartado 5.1.

2.2. Maíz

A finales de marzo y comienzos de abril de 2017 se realizaron las labores preparatorias del lecho de siembra para acondicionarlo al cultivo del maíz mediante las siguientes operaciones, en el orden que siguen:

- Pase de picadora para trituración mecánica de las malas hierbas las cuales habían producido una alta infestación.
- Pase de cultivador a profundidad de trabajo de 10 cm.
- Abonado de fondo a fecha 01/04/2017 mediante abonadora de platos en el que se aplicaron 600 kg/ha de fosfato diamónico (NP 18-46) y 200 kg/ha de sulfato de potasa al 50 %.
- Pase final de rotovator de eje horizontal.

La siembra de maíz se produjo a fecha 10/04/2017, sembrándose la variedad híbrida P0933[®] (ciclo FAO 600) a dosis de 35 kg/ha mediante sembradora monograno de distribución neumática. Las semillas venían incorporadas con el insecticida Sonido[®] para control de las plagas de gusanos del suelo (sobre todo para control de los gusanos de alambre, *Agriotes* sp.).

La densidad final de plantas conseguida fue, aproximadamente, en torno a 94.000 plantas/ha, con distancia de 70 cm entre filas y de 15 cm entre plantas.

Como abonado de cobertera se aplicaron, a fecha 27/05/2017, en las parcelas regadas bajo los sistemas RGS y RGV, 600 kg/ha de solución líquida nitrogenada Nitraliq[®] al 24 % mediante máquina pulverizadora preparada con boquillas de chorro.

Los tratamientos fitosanitarios se aplicaron en dos fechas diferentes, utilizándose como maquinaria de aplicación un pulverizador de barras.

A fecha 12/04/2017 se aplicaron las siguientes materias activas para control de malas hierbas, especialmente las de ciclo anual:

- s-metolaclo-ro al 31,25 % y terbutilazina al 18,75 % a dosis de 4 l/ha.
- Isoxaflutol al 24 % a dosis de 0,3 l/ha.
- Glifosato al 36 % a dosis de 2 l/ha.

A fecha 17/05/2017 se aplicaron como materias activas:

- Nicosulfuron al 6 % a dosis de 0,5 l/ha para control de malas hierbas anuales y de la cañota (*Sorghum halepense* (L.) Pers.).
- Dicamba al 70 % a dosis de 0,4 kg/ha para control de malas hierbas anuales, especialmente los cachurros (*Xanthium spinosum* L. y *Xanthium strumarium* L.).
- Lambda cihalotrin al 2,5 % a dosis de 0,24 kg/ha para control de plagas como la heliotis (*Helicoverpa armigera* Hübner) y pulgones.

Los datos referidos al riego se detallan en el sub-apartado 6.2.

Las parcelas de maíz del ensayo se cosecharon a fecha 26/10/2017 mediante una cosechadora estándar comercial. Los rendimientos obtenidos se detallan en el sub-apartado 5.2.

2.3. Alfalfa

Se realizaron dos tratamientos fertilizantes durante el cultivo:

- Aplicación de 160 kg/ha de fosfato diamónico (NP 18-46) y de 40 kg/ha de sulfato de potasa al 50% después del 2º corte.
- Aplicación de 160 kg/ha de fosfato diamónico (NP 18-46) y de 40 kg/ha de sulfato de potasa al 50% después del 3º corte.

A fecha 12/05/2017 se aplicaron las siguientes materias activas insecticidas con pulverizador de barras y con materia mojante como coadyuvante:

- Clorpirifos al 38 % a dosis de 0,4 l/ha.
- Lambda cihalotrin al 2,5 % a dosis de 0,3 kg/ha para control de apion (*Apion pisi* F.), cucu negra (*Colaspidema atrum* Olivier), gusano verde (*Hypera postica* Gyllenhal) y pulgones.

Los datos referidos al riego se muestran en el sub-apartado 6.3.

Se han realizado 6 cortes a lo largo de toda la campaña, en las fechas siguientes: 25/04/2017, 14/06/2017, 14/07/2017, 14/08/2017, 14/09/2017 y 23/10/2017. Los rendimientos totales anuales obtenidos se detallan en el sub-apartado 5.3.

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

- 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 automáticamente 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 Oficina del Regante), 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 debe saberse que este sistema de riego se lleva practicando varias décadas en La Melusa, con lo cual los regantes saben aplicarlo de manera eficiente, a lo cual se une la presencia de unos suelos con una serie de propiedades físicas (especialmente la textura y la CRAD) 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 realizado 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 existente 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 presenta algunas particularidades a diferencia del trigo y al maíz:

- 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 para facilitar el rebrote del cultivo de manera que tampoco afecte a las labores de secado y recogida del forraje.

4. DATOS METEOROLÓGICOS

En el presente apartado se describen las condiciones meteorológicas que se han dado durante el año 2017, 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_o.

Los datos meteorológicos han sido tomados del servidor de datos meteorológicos de la Oficina del Regante de Aragón para la Estación Meteorológica de Tamarite de Litera-La Melusa, y como serie histórica de comparación se ha tomado el periodo de años 2004-2014.

En la Tabla 2 se muestran los valores medios mensuales y anuales de temperaturas durante 2017 y para la serie histórica 2004-2014.

Tabla 2. Comparación de los valores medios de temperatura mensual y anual entre el año 2017 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).

Mes	Temperatura media mensual 2017 (° C)	Temperatura media mensual 2004-2014 (° C)
Enero	3,1	4,5
Febrero	8	6,5
Marzo	10,6	9,6
Abril	12,9	12,3
Mayo	18,2	16,8
Junio	23,2	21,3
Julio	24,1	24,3
Agosto	23,8	24,1
Septiembre	17,8	20,1
Octubre	15,3	14,9
Noviembre	6,2	8,5
Diciembre		4,7
Media anual		13,97

En base a la Tabla 2, se observa que las temperaturas medias mensuales han seguido el patrón térmico habitual, si bien algunos meses las temperaturas han sido entre 1 y 2 °C superiores a las medias registradas (por ejemplo, los meses de febrero, mayo y junio). Por otro lado, por ejemplo, el mes de noviembre ha presentado un temperatura media de 2,3 °C inferior a la media.

En la Tabla 3 se muestran los valores medios mensuales y el total anual de precipitaciones durante 2017 y para la serie histórica 2004-2014.

Tabla 3. Comparación de los valores de precipitación media mensual entre el año 2017 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).

Mes	Precipitación media mensual 2017 (mm)	Precipitación media mensual 2004-2014 (mm)
Enero	5,3	24,8
Febrero	39,6	19
Marzo	106,3	26,5
Abril	27,4	41,7
Mayo	24,2	51,9
Junio	42,6	38,3
Julio	19,6	18,1
Agosto	15,8	27,8
Septiembre	34,5	39,5
Octubre	30,9	50,3
Noviembre	4,2	34,9
Diciembre		27,1
Total anual		399,9

De acuerdo a la Tabla 3, el año 2017 se puede calificar como irregular en cuanto a precipitaciones. En unos meses se han producido déficit de precipitaciones (por ejemplo, 27,7 mm de déficit en el mes de mayo), y en otros meses se ha superado la media normal (en marzo llovió 79,8 mm más de los habitual, por ejemplo).

En la Tabla 4 se muestran los valores medios mensuales y el total anual de ET_0 durante 2017 y para la serie histórica 2004-2014.

Tabla 4. Comparación de los valores medios de ET_0 mensual y total anual entre el año 2017 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).

Mes	ET_0 media mensual 2017 (mm)	ET_0 media mensual 2004-2014 (mm)
Enero	20,5	21,46
Febrero	31,6	36,63
Marzo	66,5	73,04
Abril	99,5	98,10
Mayo	141,6	136,65
Junio	160,6	163,31
Julio	170,8	179,36
Agosto	144,9	151,77
Septiembre	93,4	101,37
Octubre	56,4	59,68
Noviembre	26,7	27,51
Diciembre		17,31
Total anual		1.066,17

Respecto a los valores de ET_o de la Tabla 4, los resultados varían según en el mes. En el mes de julio, el valor medio mensual de ET_o fue 8,56 mm inferior a la media, pero en el mes de mayo fue 5 mm mayor que la media normal para dicho mes.

5. RENDIMIENTOS

En el presente apartado se describen las diferencias observadas entre rendimientos de los cultivos bajo los tratamientos RGS y RGV para la campaña 2016-2017.

5.1. Trigo

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2016-2017 en cultivo de trigo (expresados al 12 % de humedad de grano) se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Rendimientos obtenidos en cultivo de trigo en la campaña 2016-2017 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).

Parcela	Tratamiento de riego	Rendimientos (12 %, kg/ha)
1	RGS a 25 cm	2.400
4	RGS a 35 cm	3.787
T1	RGV	2.574

En la Tabla 5 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. La causa principal de estos bajos rendimientos es que no se efectuó la siembra en las condiciones adecuadas del terreno y el número final de espigas por unidad de superficie fue deficiente.

Los rendimientos más elevados se han conseguido en la parcela regada con sistema RGS instalado a 35 cm de profundidad, seguida de la parcela testigo, y ésta de la parcela regada con sistema RGS instalado a 25 cm de profundidad. De todas maneras, conviene no considerar fiables estos resultados, debido a la deficiente praxis de manejo en las parcelas de trigo.

5.2. Maíz

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2016-2017 en cultivo de maíz (expresados al 14 % de humedad de grano) se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Rendimientos obtenidos en cultivo de maíz en la campaña 2016-2017 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).

Parcela	Tratamiento de riego	Rendimientos (14 %, kg/ha)
3	RGS a 25 cm	14.442
6	RGS a 35 cm	15.213
T2	RGV	13.256

Los rendimientos más elevados se han conseguido en la parcela regada con sistema RGS instalado a 35 cm de profundidad, seguida de la parcela regada con sistema RGS instalado a 25 cm de profundidad, y por último la parcela testigo.

Los resultados obtenidos son creíbles conocidos los rendimientos medios del maíz en el valle del Ebro, aparte de que los rendimientos obtenidos bajo el tratamiento RGS se consideran bastante aceptables por parte de los promotores del ensayo.

5.3. Alfalfa

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2016-2017 en cultivo de alfalfa (expresados al 12 % de humedad de forraje) se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Rendimientos obtenidos en cultivo de alfalfa en la campaña 2016-2017 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).

Parcela	Tratamiento de riego	Rendimientos (12 %, kg/ha)
2	RGS a 25 cm	14.557
5	RGS a 35 cm	16.040
T3	RGV	17.266

Los rendimientos más elevados se han conseguido en la parcela testigo, seguida de la parcela regada con sistema RGS instalado a 35 cm de profundidad, y ésta seguida de la parcela regada con sistema RGS instalado a 25 cm de profundidad. Estos resultados se consideran notables para ser el segundo año de producción del alfalfar.

6. AGUA APORTADA A LOS CULTIVOS

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

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 unas breves consideraciones.

Respecto a los cultivos de trigo y maíz, se debe tener en cuenta que las precipitaciones se ha contabilizado desde el día de siembra hasta el día de cosecha (ambos inclusivos). En el caso del cultivo de alfalfa, se han contabilizado las precipitaciones desde la fecha del 1º corte de la campaña hasta la fecha de recogida del último corte de forraje (ambos inclusivos).

6.1. Trigo

En las Tabla 8 y 9 se detallan las dosis de riego y las precipitaciones registradas mensualmente sobre las parcelas de trigo del ensayo regadas mediante los sistemas RGS y RGV, respectivamente, durante la campaña 2016-2017.

Tabla 8. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).

Parcelas 1 y 4 (RGS a 25 y 35 cm, respectivamente)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Noviembre 2016	0	54,8
Diciembre 2016	0	3,5
Enero 2017	0	4,7
Febrero 2017	0	37,1
Marzo 2017	0	108,3
Abril 2017	44,8	27,4
Mayo 2017	96	23,9
Junio 2017	25,6	42,6
Julio 2017	0	18,8
Total	166,4	321,1

Tabla 9. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGV en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).

Parcela T1 (RGV)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Noviembre 2016	0	54,8
Diciembre 2016	0	3,5
Enero 2017	0	4,7
Febrero 2017	0	37,1
Marzo 2017	0	108,3
Abril 2017	0	27,4
Mayo 2017	189,3	23,9
Junio 2017	0	42,6
Julio 2017	0	18,8
Total	189,3	321,1

Comparando las Tablas 8 y 9, se puede apreciar cómo en el sistema RGS se han ahorrado 22,9 mm (229 m³/ha) respecto al sistema RGV.

Las parcelas de trigo regadas mediante sistema RGS se comenzaron a regar a fecha 19/04/2017 y el último riego se dio a fecha 19/06/2017. En las parcelas regadas mediante sistema RGV se han dado 2 riegos, al principio y al final del mes de mayo.

El corte del riego se hizo con suficiente antelación a la cosecha de manera que en el momento de la recolección el suelo no presentaba humedad apreciable y así se evitaba la compactación del terreno por tráfico de la maquinaria agrícola presente en la cosecha (cosechadora, tractores, remolques).

6.2. Maíz

En las Tabla 10, 11 y 12 se detallan las dosis de riego y las precipitaciones registradas mensualmente sobre las parcelas de maíz del ensayo durante la campaña 2016-2017.

Tabla 10. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS (instalado a 25 cm de profundidad) en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).

Parcela 3 (RGS a 25 cm)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Abril 2017	0	18,8
Mayo 2017	12,8	23,9
Junio 2017	89,6	42,6
Julio 2017	163,2	21,6
Agosto 2017	163,2	14,6
Septiembre 2017	51,2	32,6
Octubre 2017	0	30,1
Total	480	184,2

Tabla 11. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS (instalado a 35 cm de profundidad) en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).

Parcela 6 (RGS a 35 cm)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Abril 2017	0	18,8
Mayo 2017	12,8	23,9
Junio 2017	99,2	42,6
Julio 2017	168	21,6
Agosto 2017	163,2	14,6
Septiembre 2017	51,2	32,6
Octubre 2017	0	30,1
Total	494,4	184,2

Tabla 12. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGV en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).

Parcela T2 (RGV)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Abril 2017	0	18,8
Mayo 2017	119,2	23,9
Junio 2017	171,3	42,6
Julio 2017	161,9	21,6
Agosto 2017	76,8	14,6
Septiembre 2017	0	32,6
Octubre 2017	0	30,1
Total	529,2	184,2

Comparando las Tablas 10, 11 y 12, se puede apreciar cómo en el sistema RGS se han ahorrado 49,2 mm (492 m³/ha) en la parcela 3 y 34,8 mm (348 m³/ha) en la parcela 6 respecto al sistema RGV.

En la parcela 6, en la que las tuberías están enterradas a más profundidad, el personal técnico encargado del ensayo visualizó mayor estrés hídrico a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo, por lo que en esta parcela se han aplicado 14,4 mm más (144 m³/ha) respecto a la parcela 3.

Las parcelas de maíz regadas mediante sistema RGS se comenzaron a regar a fecha 29/05/2017 y el último riego se dio a fecha 13/09/2017. En las parcelas regadas mediante sistemas RGV, se comenzó a regar a fecha 29/05/2017 y el último riego se dio a fecha 28/08/2017, habiéndose aplicado 6 riegos a lo largo de la campaña.

El corte del riego se hizo con suficiente antelación a la cosecha de manera que en el momento de la recolección el suelo no presentaba humedad apreciable y así se evitaba la compactación del terreno por tráfico de la maquinaria agrícola presente en la cosecha (cosechadora, tractores, remolques).

6.3. Alfalfa

En las Tabla 13 y 14 se detallan las dosis de riego y las precipitaciones registradas mensualmente sobre las parcelas de alfalfa del ensayo regadas mediante los sistemas RGS y RGV, respectivamente, durante la campaña 2016-2017.

Tabla 13. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).

Parcelas 2 y 5 (RGS a 25 y 35 cm, respectivamente)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Abril 2017	0	18,8
Mayo 2017	44,8	23,9
Junio 2017	70,4	42,6
Julio 2017	163,2	21,6
Agosto 2017	115,2	14,6
Septiembre 2017	86,4	32,6
Octubre 2017	57,6	30,1
Noviembre 2017	0	0
Total	537,6	184,2

Tabla 14. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGV en la campaña 2016-2017 (fuente: elaboración propia).

Parcelas T3 (RGV)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Abril 2017	0	18,8
Mayo 2017	108,1	23,9
Junio 2017	145	42,6
Julio 2017	96,9	21,6
Agosto 2017	99,1	14,6
Septiembre 2017	90,3	32,6
Octubre 2017	86,4	30,1
Noviembre 2017	0	0
Total	625,8	184,2

Comparando las Tablas 13 y 14, se puede apreciar cómo en el sistema RGS se han ahorrado 88,2 mm (882 m³/ha) respecto a la parcela testigo.

Las parcelas de alfalfa se comenzaron a regar a fecha 19/05/2017 y el último riego se dio a fecha 18/10/2017. En las parcelas regadas mediante sistemas RGV, se comenzó a regar el mes de marzo y el último riego se dio a fecha 02/10/2017, habiéndose aplicado 6 riegos durante toda la campaña.

Los cortes de riego y la reanudación de los mismos en las parcelas de alfalfa dependen de los momentos de siega, volteado-hilerado y recogida del forraje.

Todos los cortes del riego en cultivo de alfalfa se han hecho 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 tráfico de la maquinaria agrícola presente (segadoras, rastrilladores, tractores, remolques).

7. ASPECTOS A DESTACAR

En el presente apartado se describen las principales observaciones registradas en el funcionamiento y mantenimiento del sistema RGS para la campaña 2016-2017, ya sean tanto ventajas como desventajas observadas.

En la fase de explotación del sistema RGS se han detectado 4 pinchazos en las parcelas de alfalfa, y alguna válvula de desagüe ha sufrido ligeros desperfectos por el choque de un tractor cuando éste giraba en la cabecera de la parcela.

En la campaña 2016-2017 se ha realizado 1 sólo vaciado de las tuberías una vez finalizada la campaña de riegos, a fecha 03/11/2017. Efectuar un vaciado únicamente en toda la campaña se considera insuficiente, ya que en esta ocasión el agua del final de las parcelas ha salido muy terrosa, especialmente en las parcelas de maíz y alfalfa, en las cuales se ha regado más que en las de trigo (véase **ANEXO II**). Así pues, para próximas campañas se recomienda realizar 2 vaciados, uno a mitad y otro a final de campaña.

En la campaña 2016-2017 valga la pena citar 2 hechos muy importantes, los cuales constituían la mayor preocupación por parte de los promotores del ensayo previamente a su implantación en cuanto a posible limitación a la viabilidad del mismo.

- No se han detectado problemas por obturaciones en los ramales (debidos, por ejemplo, a incrustaciones que aparecen como consecuencia de la incorrecta mezcla de fertilizantes y del agua de riego). No obstante, el agua de riego transportada por el CAYC es de buena calidad.
- Se ha detectado la presencia de topillos en las parcelas de alfalfa, lo cual ha podido influir en la aparición de determinados pinchazos (véase **ANEXO II**). Para posteriores campañas, se hace recomendable la aplicación de productos rodenticidas en campo.

Los jabalíes han causado menos daños en el cultivo de maíz respecto a la pasada campaña en las parcelas regadas mediante sistema RGS, gracias a la colocación de pastor eléctrico, aunque en los bordes de la parcela testigo sí se han constatado varias plantas dobladas por el tránsito de estos animales (véase **ANEXO II**). En esta misma parcela también se han destacado ataques de aves (cuervos, urracas) a mazorcas de maíz (véase **ANEXO II**). Por otro lado, en la presente campaña, no se han visualizado “crestas” en las parcelas de alfalfa.

Por último, comentar un aspecto muy importante de la fertilización nitrogenada en cobertera en cultivo de maíz. En la presente campaña, tal como se ha explicado en el subapartado 2.2, no se ha practicado fertirrigación en las parcelas regadas mediante sistema RGS, sino que se ha aplicado el fertilizante nitrogenado en superficie al igual que en la parcela testigo.

Como consecuencia de la ausencia de precipitaciones y que la humedad del suelo no ha sido suficiente para facilitar su absorción, la aplicación del fertilizante nitrogenado se puede considerar poco eficiente, ya que hubiera resultado más lógico aprovechar la infraestructura de riego existente como se hizo la campaña anterior. De hecho, incluso 3 meses después del abonado se seguían visualizando gránulos sólidos del abono en los bordes de la parcela.

Sin embargo, los rendimientos finales del maíz en las parcelas regadas mediante sistema RGS han sido bastante notables (sub-apartado 5.2) para la aplicación tan poco eficiente que se ha realizado de abono nitrogenado, conociendo las elevadas necesidades en nitrógeno de este cultivo. Por lo tanto, resulta mucho más probable que los rendimientos óptimos alcanzados en maíz sean en mayor medida debidos a un uso más eficiente del agua de riego que no a un aprovechamiento más eficiente del abonado nitrogenado.

8. CONCLUSIONES

En el presente apartado se resumen los resultados comentados anteriormente, además de enumerar una serie de nuevos aspectos sobre el ensayo que sería interesante abordarlos en posteriores campañas.

Sin embargo, se trata de la 2ª campaña del ensayo, y todavía es pronto para extraer conclusiones e impresiones definitivas sobre la idoneidad de la implantación del sistema RGS en cultivos herbáceos extensivos en la zona regable del CAYC. Es por ello que es preferible esperar 4 campañas más para comenzar a establecer conclusiones sólidas.

→ 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 rendimientos en el cultivo de maíz han sido superiores para la profundidad de instalación de 35 cm, y en el cultivo de alfalfa los rendimientos han sido mejores en las parcelas testigo.

→ Se considera que en la presente campaña se ha realizado un control más exhaustivo del ensayo, especialmente sobre los cultivos de maíz y alfalfa, lo cual ha influido positivamente en la consecución de mayores rendimientos.

→ En la presente campaña no se han aplicado técnicas de teledetección en los cultivos de maíz y alfalfa, con lo cual no se puede explicar nada sobre el vigor de los cultivos y su relación con los rendimientos.

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

→ 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 la Oficina del Regante.

→ Los rendimientos obtenidos en los cultivos de maíz y alfalfa en las parcelas testigo son bastante notables, en buena parte debidos al saber hacer de los regantes de La Melusa, los cuales atesoran amplia experiencia en el control de este sistema de riego, unido ello a la existencia de suelos de favorables propiedades físicas para este tipo de riego.

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

presente campaña destaca la presencia de araña roja (*Tetranychus urticae* C.L. Koch), sobre todo en los bordes de las parcelas.

→ Se preveen posteriores cambios en el manejo del ensayo, como por ejemplo alargar la duración del cultivo de alfalfa a 5 años (duración mínima habitual del cultivo de alfalfa en las explotaciones de la zona), y sustituir el cultivo de trigo por el doble cultivo cebada-maíz, rotación muy practicada en las últimas campañas dentro de la zona regable del CAYC.

ANEXO I. DISPOSICIÓN DEL ENSAYO

Parcela	Cultivo	Profundidad instalación RGS (cm)	Superficie (ha)
1	Trigo	25	0,2750
2	Alfalfa	25	0,3000
3	Maíz	25	0,2750
4	Trigo	35	0,3750
5	Alfalfa	35	0,4250
6	Maíz	35	0,4750
T1	Trigo	-	0,4040
T2	Maíz	-	0,5250
T3	Alfalfa	-	0,5750



Figura 1. Separación de las parcelas con los sistemas de riego RGS y RGV (fuente: Servicios Técnicos del CAYC).

ANEXO II. FOTOGRAFÍAS

En el presente anexo se muestran una serie de imágenes tomadas en el ensayo durante la campaña 2016-2017 por parte de los Servicios Técnicos del CAYC, y que permiten ilustrar los apartados anteriores.



Figura 2. Problemas de nascencia en alfalfa en los bordes de las parcelas a fecha 24/07/2017.



Figura 3. Hileras de alfalfa segada secándose en campo a fecha 17/07/2017.



Figura 4. Toma de muestras de suelo en parcela de maíz a fecha 12/07/2017.



*Figura 5. Secado prematuro de los tallos y hojas del maíz como consecuencia de los ataques de araña roja (*Tetranychus urticae* C.L. Koch) en el cultivo a fecha 07/09/2017.*



Figura 6. Mazorcas de maíz atacadas por aves a fecha 07/09/2017.



Figura 7. Plantas de maíz regadas a manta tumbadas por paso de jabalí (*Sus scrofa* L.) a fecha 24/07/2017.



Figura 8. Aforador Parshall para control de los caudales de riego en las parcelas regadas a manta a fecha 12/07/2017.



Figura 9. Parcela de alfalfa testigo, al fondo tractor volteando el forraje dispuesto en hileras que se va secando, a fecha 17/07/2017.



Figura 10. Tomando muestras de suelo a fecha 10/10/2017.



Figura 11. Cosecha de una parcela de maíz a fecha 26/10/2017.



Figura 12. Midiendo la humedad en el grano de maíz recién cosechado a fecha 26/10/2017.



Figura 13. Vaciado de las tuberías del sistema RGS a fecha 03/11/2017.



Figura 14. Observando los volúmenes consumidos de agua en una parcela al final de la campaña 2016-2017 a fecha 19/10/2017.



Figura 15. Pinchazo detectado en parcela de alfalfa a fecha 03/11/2017.



Figura 16. Madriguera de topillos en parcela de alfalfa, detectada a fecha 03/11/2017.



Figura 17. Imagen general del ensayo a mediados de julio de 2017.

REFERENCIAS

Páginas web

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

<http://www.genvce.org> (Página web del Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España).

<http://idearagon.aragon.es/SIUa/> (Página web del Sistema de Información Urbanística de Aragón)

<https://www.pioneer.com> (Página web de la multinacional productora de semillas DuPont-Pioneer).

<https://www.ruralcat.net/web/guest/oficina-del-regant> (Página Web de la Oficina del Regante de Cataluña)

<http://sigpac.mapa.es/fega/visor/> (Página web del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas)

