



INFORME ANUAL

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

CAMPAÑA 2015-2016

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.....	12
4. DATOS METEOROLÓGICOS	14
4.1. Datos meteorológicos año 2015	14
4.2. Datos meteorológicos año 2016	16
5. RENDIMIENTOS.....	19
5.1. Trigo	19
5.2. Maíz	19
5.3. Alfalfa	20
6. AGUA APORTADA A LOS CULTIVOS	21
6.1. Trigo	21
6.2. Maíz	22
6.3. Alfalfa	23
7. RESULTADOS CAMPAÑA DE TELEDETECCIÓN	26
7.1. Trigo	26
7.2. Maíz	26
7.3. Alfalfa	27
8. ASPECTOS A DESTACAR.....	29
8.1. Instalación del sistema RGS	29
8.2. Explotación del sistema RGS	29
9. CONCLUSIONES.....	30
ANEXO I. DISPOSICIÓN DEL ENSAYO	32
ANEXO II. IMÁGENES DE TELEDETECCIÓN.....	34
ANEXO III. FOTOGRAFÍAS	44
Sistema RGS	45
Seguimiento del ensayo	51
REFERENCIAS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Separación de las parcelas con los sistemas de riego RGS y RGV (fuente: Servicios Técnicos del CAYC).	33
Figura 2. Ortofoto general de las parcelas bajo tratamiento RGS (fuente: Agropíxel, S.L.).....	36
Figura 3. Ortofoto general en falso color de las parcelas regadas mediante sistema RGS (fuente: Agropíxel, S.L.).....	37
Figura 4. Ortofoto con índice PCD aplicado en las parcelas de alfalfa regadas mediante sistema RGS (fuente: Agropíxel, S.L.).....	38
Figura 5. Ortofoto con índice PCD aplicado en la parcela 2 de alfalfa, regada mediante sistema RGS instalado a 25 cm de profundidad (fuente: Agropíxel, S.L).	39
Figura 6. Ortofoto con índice PCD aplicado en la parcela 5 de alfalfa, regada mediante sistema RGS instalado a 35 cm de profundidad (fuente: Agropíxel, S.L).	40
Figura 7. Ortofoto con índice PCD aplicado en las parcelas de maíz regadas mediante sistema RGS (fuente: Agropíxel, S.L).	41
Figura 8. Ortofoto con índice PCD aplicado en la parcela 3 de maíz, regada mediante sistema RGS instalado a 25 cm de profundidad (fuente: Agropíxel, S.L).	42
Figura 9. Ortofoto con índice PCD aplicado en la parcela 6 de maíz, regada mediante sistema RGS instalado a 35 cm de profundidad (fuente: Agropíxel, S.L).	43
Figura 10. Excavación de zanja realizada con retroexcavadora previamente a la implantación del ensayo. .	45
Figura 11. Determinación manual de la textura y consistencia del suelo de las parcelas del ensayo.	46
Figura 12. Conjunto de rollos de mangueras porta-goteros previamente a su enterrado.....	46
Figura 13. Instalación del sistema RGS.....	47
Figura 14. Comprobación de la profundidad de instalación de la manguera.	48
Figura 15. Desagüe de las mangueras en el colector final y válvula de limpieza al fondo de la zanja.	49
Figura 16. Interior de la estación de bombeo construida.	50
Figura 17. Infestación de malas hierbas en una parcela de trigo.	51
Figura 18. Panorámica de una parcela de maíz. Se notan fallos de nascencia en la cabecera.....	52
Figura 19. Detalla de marras de nascencia en borde de parcela de maíz.....	53
Figura 20. Detalle del bulbo húmedo continuo generado en el riego de una parcela de maíz.	54
Figura 21. Muestreo de mazorcas previamente a la cosecha del maíz.	55
Figura 22. Parcelas anexas de alfalfa y maíz.	55
Figura 23. Rebrote del cultivo de alfalfa formando “crestas”.	56
Figura 24. Hileras de alfalfa segada secándose en campo.	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información sobre el ensayo para la campaña 2015-2016 (fuente: Servicios Técnicos del CAYC)..	7
Tabla 2. Comparación de los valores medios de temperatura mensual y anual entre el año 2015 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).....	14
Tabla 3. Comparación de los valores medios de precipitación mensual y total anual entre el año 2015 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).	15
Tabla 4. Comparación de los valores medios de ET_0 mensual y total anual entre el año 2015 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).....	16
Tabla 5. Comparación de los valores medios de temperatura mensual y anual entre el año 2016 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).....	17
Tabla 6. Comparación de los valores medios de precipitación mensual y total anual entre el año 2016 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).	17
Tabla 7. Comparación de los valores medios de ET_0 mensual y total anual entre el año 2016 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).....	18
Tabla 8. Rendimientos obtenidos en cultivo de trigo en la campaña 2015-2016 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).	19
Tabla 9. Rendimientos obtenidos en cultivo de maíz en la campaña 2015-2016 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).	19
Tabla 10. Rendimientos obtenidos en cultivo de alfalfa en la campaña 2015-2016 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).	20
Tabla 11. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).....	21
Tabla 12. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGV en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).	22
Tabla 13. Dosis de riego precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).....	22
Tabla 14. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGV en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).	23
Tabla 15. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS (instalado a 25 cm de profundidad) en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia)....	23
Tabla 16. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS (instalado a 35 cm de profundidad) en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia)....	24
Tabla 17. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGV en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).	24

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.

PCD: Plant Cell Density.

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).

Para la campaña 2015-2016 las parcelas testigo pertenecen al polígono 28, parcela 4, con aprovechamiento actual “labor o labradío regadío” y de clase “rústico”, según se detalla en la Dirección General del Catastro. Las parcelas testigo se han denominado T1, T2 y T3, y ocupan una superficie total de 1,2700 ha.

En resumen, para la campaña 2015-2016 la superficie total del ensayo ha sido de 3,3950 ha. En la Tabla 1 se clarifica la información que se acaba de explicar.

Tabla 1. Información sobre el ensayo para la campaña 2015-2016 (fuente: Servicios Técnicos del CAYC).

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	0,4250
T2	Maíz	RGV	0,4200
T3	Alfalfa	RGV	0,4250
Superficie del ensayo bajo sistema RGV			1,2700
Superficie total del ensayo			3,3950

En el presente informe se recogen y comentan los siguientes resultados obtenidos en la 1ª campaña del ensayo (2015-2016):

- Técnicas de producción seguidas en cada cultivo.
- Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016.
- Rendimientos de los cultivos de trigo, maíz y alfalfa en la campaña 2015-2016 en función de los 2 sistemas de riego ensayados.
- Dotaciones de riego aplicadas en los cultivos de trigo, maíz y alfalfa en la campaña 2015-2016 en función de los 2 sistemas de riego ensayados.
- Incidencias técnicas más destacables de la campaña 2015-2016 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 2015-2016. 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

A comienzos de noviembre de 2015 se realizaron las labores preparatorias del lecho de siembra, las cuales consistieron en:

- Pase de cultivador a profundidad de trabajo 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 “Ingenio” a fecha 20/11/2015 a dosis de 180 kg/ha, con sembradora de distribución mecánica de discos que incorporaba preparador de tierra delantero.

La variedad de trigo “Ingenio” es aristada y de siembra otoñal, aunque presenta cierta alternatividad. Su ciclo es bastante precoz, tanto a espigado como a madurez. Presenta un elevado potencial de producción y buena adaptación especialmente en la mitad norte peninsular. Normalmente presenta un grano grande que le confiere un peso específico también elevado. Su calidad harinera es muy variable dependiendo de las condiciones de cultivo. Es medianamente resistente a oídio y a septoria, pero, por el contrario, se comporta como susceptible a la roya parda.

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

Debido a problemas técnico-administrativos ajenos al ensayo, no se aplicó ningún tratamiento fitosanitario en el trigo, a pesar de la alta infestación de malas hierbas (a destacar *Avena sativa* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn. y *Carduus tenuiflorus* Curtis) y de la alta severidad de algunas enfermedades fúngicas (especialmente roya amarilla, *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*).

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

Las parcelas de trigo del ensayo se cosecharon a fecha 30/06/2016 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 2016 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 10 cm.
- Abonado de fondo mediante abonadora de platos con la que se aplicaron 600 kg/ha de fosfato diamónico (NP 18-46) y 200 kg/ha de sulfato de potasa al 50 %.
- Pase de rotovator de eje horizontal.

La siembra de maíz se realizó a fecha 20/04/2016, sembrándose la variedad híbrida P0933[®] (ciclo FAO 600) a dosis de 37 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 variedad híbrida P0933[®] presenta un porte medio, con inserción media-baja de mazorca, buena resistencia de tallo, muy buen verdor a madurez, grano de textura vítrea con muy buen peso específico y muy buena tolerancia a enfermedades como el virus del enanismo rugoso, *Cephalosporium* sp. y carbón del penacho.

Señalar también que el contenido de humedad en el suelo (tempero) era óptimo en el momento de la siembra a causa de las precipitaciones caídas a comienzos del mes de abril (por ejemplo, el día 5 de abril de 2016 las precipitaciones fueron de 32 mm). La densidad final de plantas conseguida fue, aproximadamente, en torno a 93.000 plantas/ha, con distancia de 79 cm entre filas de plantas y de 17 cm entre plantas dentro de una misma fila.

Como abonado de cobertera se aplicaron durante toda la campaña en las parcelas regadas bajo sistema RGS, mediante fertirrigación, 300 kg/ha de solución líquida de nitrato amónico-urea al 32 %. De esta manera, se aprovechó el sistema RGS para realizar una fertilización nitrogenada más eficiente del maíz.

En las parcelas regadas bajo sistema RGV, dado que no es posible de manera eficiente usar la vía de la fertirrigación, se optó por la aplicación de abono sólido, concretamente 286 kg/ha de nitrato amónico al 33,5 %.

Como tratamientos fitosanitarios se aplicaron las siguientes materias activas con función herbicida mediante pulverizador de barras a fecha 23/04/2016:

- s-metolacloro al 31,25 % y terbutilazina al 18,75 % a dosis de 4 l/ha para control de malas hierbas anuales.
- Isoxaflutol al 24 % a dosis de 0,3 l/ha para control de malas hierbas anuales.

No hubo ataques con alta severidad por parte de enfermedades fúngicas, y por lo tanto no se aplicaron tratamientos fungicidas. Tampoco se registraron daños que causaran pérdidas económicas por plagas y que justificasen tratamiento.

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

Las parcelas de maíz del ensayo se cosecharon a fecha 29/10/2016 mediante una cosechadora estándar comercial. Los rendimientos obtenidos se detallan en el sub-apartado 5.2.

Valga la pena comentar que el cultivo del maíz fue el que mejor aspecto visual presentó de los 3 ensayados durante la campaña 2015-2016, según atestiguan los encargados del ensayo, aunque padeció bastante las incursiones de la población de jabalíes presente en la zona.

2.3. Alfalfa

Las labores preparatorias del lecho de siembra consistieron en el pase de cultivador a 10 cm de profundidad. No se realizó abonado de fondo.

Se escogió para el ensayo la variedad “Aragón”, sembrándose a fecha 10/03/2016 a dosis de 25 kg/ha mediante sembradora de distribución mecánica de discos con preparador de tierra delantero incorporado.

La variedad “Aragón” es la más habitual en el valle del Ebro, presentando máximo potencial productivo, excelente calidad del forraje (muy alto contenido en proteína), y larga persistencia (llega con facilidad a los 5 años sobre el campo).

Se trata de una variedad semi-latente, de dormancia 7-8, resistente al frío, rústica y perfectamente adaptada a las condiciones de la Península Ibérica, sobre todo para zonas del interior y de la mitad norte, tanto en condiciones de secano como en regadío, aunque maximiza sus producciones en estas últimas. Admite ritmos de explotación de alrededor de 30 días sin daños en la persistencia y vigor, y presenta buena resistencia a enfermedades (*Phytophthora* sp. y antracnosis, principalmente).

Se realizaron 2 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 1º 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.

No se aplicó ningún tratamiento fitosanitario debido a que los posibles daños causados por plagas no superaron los umbrales económicos de daños, según determinó el personal técnico de La Melusa. Tampoco se detectó alta infestación de malas hierbas ni problemas fúngicos.

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

Se realizaron 4 cortes a lo largo de toda la campaña, en las fechas siguientes: 05/07/2016, 03/08/2016, 03/09/2016 y 02/11/2016. Un 5º corte potencial finalmente fue aprovechado para pastoreo de la cabaña ovina estabulada en La Melusa.

Los rendimientos obtenidos en el total anual se detallan en el sub-apartado 5.3. Después de cada corte, el forraje se dejaba secar en campo, disponiéndolo en hileras mediante un rastrillo hilerador-volteador, y se recogía 3/4 días posteriormente a la fecha de siega mediante remolques auto-cargadores y se transportaba a deshidratadora.

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 evapotranspiración del cultivo (ET_c) a partir del producto $ET_o * K_c$.
- 3) Semanalmente se registra la precipitación caída en La Melusa, y de este valor se contabiliza que el 75 % de la misma es 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 sistema 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 mide 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 de los cultivos de trigo y 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 de su 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 la campaña 2015-2016, 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.

4.1. Datos meteorológicos año 2015

El año 2015 es considerado el año 0 de inversión y primer año de vida del ensayo. En 2015 se produjeron la implantación del sistema RGS y las labores preparatorias y siembra del trigo cultivado en la primera campaña del ensayo.

En la Tabla 2 se muestran los valores medios mensuales y anuales de temperaturas durante 2015 y para la serie histórica 2004-2014.

Tabla 2. Comparación de los valores medios de temperatura mensual y anual entre el año 2015 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).

Mes	Temperatura media mensual 2015 (° C)	Temperatura media mensual 2004-2014 (° C)
Enero	4,52	4,5
Febrero	5,05	6,5
Marzo	10,1	9,6
Abril	12,86	12,3
Mayo	17,56	16,8
Junio	21,74	21,3
Julio	25,25	24,3
Agosto	22,71	24,1
Septiembre	17,64	20,1
Octubre	13,86	14,9
Noviembre	10,29	8,5
Diciembre	5,84	4,7
Media anual	13,95	13,97

En base a la Tabla 2, se observa que la temperatura media anual registrada en el año 2015 fue prácticamente la misma que respecto a un año meteorológico normal. Las diferencias de temperaturas medias mensuales respecto a un año meteorológico normal no superaron el valor de 3 °C, y en casi la totalidad de los meses no se superó 1 °C de diferencia.

En la Tabla 3 se muestran los valores medios mensuales y el total anual de precipitaciones durante 2015 y para la serie histórica 2004-2014.

Tabla 3. Comparación de los valores medios de precipitación mensual y total anual entre el año 2015 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).

Mes	Precipitación media mensual 2015 (mm)	Precipitación media mensual 2004-2014 (mm)
Enero	17,66	24,8
Febrero	28,62	19
Marzo	60,9	26,5
Abril	16,04	41,7
Mayo	4,67	51,9
Junio	67,6	38,3
Julio	32,68	18,1
Agosto	28,01	27,8
Septiembre	29,64	39,5
Octubre	24,56	50,3
Noviembre	24,97	34,9
Diciembre	4,47	27,1
Total anual	339,82	399,9

En base a la Tabla 3, se constata que la precipitación media anual registrada en el año 2015 fue 60 mm inferior que respecto a un año meteorológico normal. Los meses de enero, abril, mayo, otoño e invierno llovió menos de la media (en octubre y diciembre llovieron 26 y 23 mm menos de lo habitual). Por el contrario, los meses estivales fueron más lluviosos de lo habitual (hasta 15 mm más de lo normal en julio).

A lo largo de 2015 se dieron 2 picos de precipitación anuales, uno a comienzos de primavera y otro a comienzos de verano.

En la Tabla 4 se muestran los valores medios mensuales y el total anual de ET_o durante 2015 y para la serie histórica 2004-2014.

Tabla 4. Comparación de los valores medios de ET_o mensual y total anual entre el año 2015 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).

Mes	ET _o media mensual 2015 (mm)	ET _o media mensual 2004-2014 (mm)
Enero	36,53	21,46
Febrero	50,26	36,63
Marzo	83,01	73,04
Abril	107,01	98,10
Mayo	154,68	136,65
Junio	168,32	163,31
Julio	190,85	179,36
Agosto	148,04	151,77
Septiembre	97,74	101,37
Octubre	62,39	59,68
Noviembre	34,54	27,51
Diciembre	14,8	17,31
Total anual	1.148,17	1.066,17

Según la Tabla 4, la ET_o media anual registrada en el año 2015 fue 82 mm superior que respecto a un año meteorológico normal. En la totalidad de los meses del año los valores de ET_o media mensual han superado a los valores medios mensuales habituales (destacar mayo con una diferencia de 18 mm).

4.2. Datos meteorológicos año 2016

El año 2016 es el primer año completo de ensayo en el cual se recogieron los primeros datos de rendimientos y consumos de agua en los cultivos.

En la Tabla 5 se muestran los valores medios mensuales y anuales de temperaturas durante 2016 y para la serie histórica 2004-2014.

Tabla 5. Comparación de los valores medios de temperatura mensual y anual entre el año 2016 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).

Mes	Temperatura media mensual 2016 (° C)	Temperatura media mensual 2004-2014 (° C)
Enero	6,6	4,5
Febrero	7,1	6,5
Marzo	8,6	9,6
Abril	12,3	12,3
Mayo	16	16,8
Junio	21,5	21,3
Julio	24,4	24,3
Agosto	23,4	24,1
Septiembre	20,8	20,1
Octubre	15,3	14,9
Noviembre	8,8	8,5
Diciembre	4,6	4,7
Media anual	14,12	13,97

En base a la Tabla 5, se observa que las temperaturas medias mensuales del año 2016 siguieron la tendencia normal durante todos los meses del año. Únicamente en el mes de enero la temperatura media fue 2,1 °C superior a la normal, pero en el resto de meses del año la diferencia entre medias mensuales y medias históricas no fue superior a 1 °C.

En la Tabla 6 se muestran los valores medios mensuales y el total anual de precipitaciones durante 2016 y para la serie histórica 2004-2014.

Tabla 6. Comparación de los valores medios de precipitación mensual y total anual entre el año 2016 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).

Mes	Precipitación media mensual 2016 (mm)	Precipitación media mensual 2004-2014 (mm)
Enero	15,4	24,8
Febrero	68,2	19
Marzo	34,1	26,5
Abril	72,3	41,7
Mayo	35,3	51,9
Junio	5,7	38,3
Julio	6,3	18,1
Agosto	0,2	27,8
Septiembre	21,4	39,5
Octubre	55,1	50,3
Noviembre	75,5	34,9
Diciembre	5,3	27,1
Total anual	394,80	399,9

De acuerdo a la Tabla 6, en el año 2016, los 2 picos de precipitación que se han producido en primavera y otoño fueron superiores a la media, además que en primavera se produjo un doble pico de precipitación. Los 2 picos de precipitación alcanzados en primavera superaron en 49,2 y 30,6 mm a las precipitaciones medias normales para esta época del año, y el pico de precipitación en otoño superó en una cuantía igual a 40,6 mm al pico de precipitación otoñal normal.

Los periodos estival e invernal, por el contrario, presentaron unas precipitaciones inferiores a la media. Las diferencias máximas respecto a la media se llegaron a cuantificar en 21,8 mm (diciembre) y 32,6 mm (junio). En el cómputo anual, la precipitación media ha sido 5,1 mm inferior a la media histórica.

En la Tabla 7 se muestran los valores medios mensuales y el total anual de ET_o durante 2016 y para la serie histórica 2004-2014.

Tabla 7. Comparación de los valores medios de ET_o mensual y total anual entre el año 2016 y la serie histórica 2004-2014 (fuente: Oficina del Regante de Aragón).

Mes	ET_o media mensual 2016 (mm)	ET_o media mensual 2004-2014 (mm)
Enero	21,9	21,46
Febrero	37,7	36,63
Marzo	69,4	73,04
Abril	91,7	98,10
Mayo	124,9	136,65
Junio	162,3	163,31
Julio	178,3	179,36
Agosto	147,1	151,77
Septiembre	103,7	101,37
Octubre	50,6	59,68
Noviembre	21,4	27,51
Diciembre	11,8	17,31
Total anual	1.020,8	1.066,17

Según se comprueba en la Tabla 7, la ET_o total anual registrada en el año 2016 ha sido 45 mm inferior a la ET_o total anual histórica. Los valores medios de ET_o mensual han sido inferiores a los de un año normal (por ejemplo, en el mes de mayo la ET_o media mensual fue 12 mm inferior a la media habitual en este mes), excepto en los meses de enero, febrero y septiembre. No obstante, en estos 3 meses las diferencias no han superado los 3 mm de diferencia.

5. RENDIMIENTOS

En el presente apartado se describen las diferencias observadas entre rendimientos de los cultivos regados mediante los sistemas RGS y RGV para la campaña 2015-2016.

Comentar que, debido a diferentes causas, se comenzaron más tarde de lo previsto los riegos en el ensayo, lo cual seguramente ha podido influir en los rendimientos obtenidos, especialmente en el caso del trigo.

5.1. Trigo

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2015-2016 en cultivo de trigo (expresados al 12 % de humedad de grano) se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Rendimientos obtenidos en cultivo de trigo en la campaña 2015-2016 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).

Parcela	Sistema de riego	Rendimientos (12 %, kg/ha)
1	RGS a 25 cm	2.291
4	RGS a 35 cm	2.773
T1	RGV	3.059

En la Tabla 8 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 ningún tratamiento fitosanitario en el cultivo del trigo, a pesar de producirse una elevada infestación de malas hierbas y una alta severidad de problemas fúngicos.

Los rendimientos más elevados se han conseguido en la parcela testigo, mientras que en la parcela regada con el sistema RGS instalado a 35 cm de profundidad se ha obtenido un mayor rendimiento que en la parcela regada con el 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 2015-2016 en cultivo de maíz (expresados al 14 % de humedad de grano) se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Rendimientos obtenidos en cultivo de maíz en la campaña 2015-2016 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).

Parcela	Sistema de riego	Rendimientos (14 %, kg/ha)
3	RGS a 25 cm	14.346
6	RGS a 35 cm	12.745
T2	RGV	9.792

Los rendimientos más elevados se han conseguido en la parcela regada con el sistema RGS instalado a 25 cm de profundidad, seguida de la parcela regada con el sistema RGS instalado a 35 cm de profundidad, y por último en la parcela testigo. En esta última no se llegan a alcanzar ni 10 t/ha, pero también hay que tener en cuenta que es la parcela más afectada por las incursiones de jabalíes.

Los resultados obtenidos son creíbles conocidos los rendimientos medios del maíz en el valle del Ebro, aparte que los rendimientos obtenidos bajo el tratamiento RGS se consideran aceptables para ser el primer año de ensayo.

5.3. Alfalfa

Los rendimientos alcanzados en la campaña 2015-2016 en cultivo de alfalfa (expresados al 12 % de humedad de forraje) se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Rendimientos obtenidos en cultivo de alfalfa en la campaña 2015-2016 (fuente: personal técnico Centro Agronómico de La Melusa).

Parcela	Sistema de riego	Rendimientos (12 %, kg/ha)
2	RGS a 25 cm	10.654
5	RGS a 35 cm	9.755
T3	RGV	9.644

Los rendimientos más elevados se han conseguido en la parcela regada con el sistema RGS instalado a 25 cm de profundidad, seguida de la parcela regada con el sistema RGS instalado a 35 cm de profundidad, y por último en la parcela testigo. Estos resultados se consideran normales para ser el primer año de establecimiento del cultivo.

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 han 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 el día de siembra hasta la fecha de recogida del último corte de forraje (ambos inclusivos).

6.1. Trigo

En las Tabla 11 y 12 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 2015-2016.

Tabla 11. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGS en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).

Parcelas 1 y 4 (RGS a 25 y 35 cm, respectivamente)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Noviembre 2015	0	0,0
Diciembre 2015	0	2,8
Enero 2016	0	14,9
Febrero 2016	0	62,5
Marzo 2016	0	31,8
Abril 2016	0	70,7
Mayo 2016	96	33,2
Junio 2016	38,4	4,8
Total	134,4	220,7

Tabla 12. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de trigo regado bajo sistema RGV en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).

Parcela T1 (RGV)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Noviembre 2015	0	0,0
Diciembre 2015	0	2,8
Enero 2016	0	14,9
Febrero 2016	0	62,5
Marzo 2016	0	31,8
Abril 2016	0	70,7
Mayo 2016	143,5	33,2
Junio 2016	42	4,8
Total	185,5	220,7

Comparando las Tablas 11 y 12, se puede apreciar cómo en el sistema RGS se han ahorrado 51,1 mm de agua de riego (511 m³/ha) respecto al sistema RGV.

Las parcelas de trigo del ensayo se comenzaron a regar a fecha 17/05/2016 y el último riego se dio a fecha 10/06/2016. 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 13 y 14 se detallan las dosis de riego y las precipitaciones registradas mensualmente sobre las parcelas de maíz del ensayo regadas mediante los sistemas RGS y RGV, respectivamente, durante la campaña 2015-2016.

Tabla 13. Dosis de riego precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGS en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).

Parcelas 3 y 6 (RGS a 25 y 35 cm, respectivamente)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Abril 2016	0	14,7
Mayo 2016	44,8	33,2
Junio 2016	176,3	4,8
Julio 2016	166,5	5,8
Agosto 2016	163,2	0,1
Septiembre 2016	38,4	22
Octubre 2016	0	62,9
Total	589,2	143,5

Tabla 14. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz regado bajo sistema RGV en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).

Parcela T2 (RGV)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Abril 2016	0	14,7
Mayo 2016	130,6	33,2
Junio 2016	187,7	4,8
Julio 2016	177,4	5,8
Agosto 2016	84,3	0,1
Septiembre 2016	30,5	22
Octubre 2016	0	62,9
Total	610,5	143,5

Comparando las Tablas 13 y 14, se puede apreciar cómo en el sistema RGS se han ahorrado 21,3 mm de agua de riego (213 m³/ha) respecto al sistema RGV.

Las parcelas de maíz se comenzaron a regar a fecha 17/05/2016 y el último riego se dio a fecha 07/09/2016. 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 15, 16 y 17 se detallan las dosis de riego y las precipitaciones registradas mensualmente sobre las parcelas de alfalfa del ensayo durante la campaña 2015-2016.

Tabla 15. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS (instalado a 25 cm de profundidad) en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).

Parcelas 2 (RGS a 25 cm)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Marzo 2016	0	29,2
Abril 2016	0	70,7
Mayo 2016	96	33,2
Junio 2016	209,6	4,8
Julio 2016	91,2	5,8
Agosto 2016	128	0,1
Septiembre 2016	64	22
Octubre 2016	19,2	63,1
Noviembre 2016	0	17,4
Total	608	246,3

Tabla 16. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGS (instalado a 35 cm de profundidad) en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).

Parcelas 5 (RGS a 35 cm)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Marzo 2016	0	29,2
Abril 2016	0	70,7
Mayo 2016	96	33,2
Junio 2016	300,8	4,8
Julio 2016	91,2	5,8
Agosto 2016	128	0,1
Septiembre 2016	64	22
Octubre 2016	19,2	63,1
Noviembre 2016	0	17,4
Total	699,2	246,3

Tabla 17. Dosis de riego y precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo de alfalfa regado bajo sistema RGV en la campaña 2015-2016 (fuente: elaboración propia).

Parcelas T3 (RGV)		
Mes (año)	Dosis de riego (mm)	Precipitaciones (mm)
Marzo 2016	0	29,2
Abril 2016	0	70,7
Mayo 2016	149,2	33,2
Junio 2016	200,2	4,8
Julio 2016	133,8	5,8
Agosto 2016	136,8	0,1
Septiembre 2016	90	22
Octubre 2016	10	63,1
Noviembre 2016	0	17,4
Total	720	246,3

Comparando las Tablas 15, 16 y 17, se puede apreciar cómo en el sistema RGS se han ahorrado 112 mm en la parcela 2 (1.120 m³/ha) y 20,8 mm en la parcela 5 (208 m³/ha) respecto a la parcela testigo.

En la parcela 5, 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 91,2 mm más (912 m³/ha) respecto a la parcela 2.

Las parcelas de alfalfa se comenzaron a regar a fecha 17/05/2016 y el último riego se dio a fecha 07/10/2016. 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. RESULTADOS CAMPAÑA DE TELEDETECCIÓN

En el presente apartado, se describen los resultados obtenidos en cuanto a diferencias observadas en el vigor de los cultivos a partir de la aplicación de técnicas de teledetección en la campaña 2015-2016 en las parcelas regadas mediante sistema RGS. En las parcelas regadas mediante sistema RGV no se hizo uso de las herramientas de teledetección.

El uso de herramientas de teledetección, actualmente en expansión dentro del sector agrario, es de vital importancia en sistemas RGS, dado que, a partir de la visualización de imágenes e interpretación correcta de los índices de vegetación calculados, se pueden intuir problemas en el crecimiento del cultivo que pueden derivar de uno o más fallos en el sistema de riego. No se debe olvidar que en el sistema RGS es más complejo detectar los fallos y actuar ante averías al estar la instalación de riego enterrada.

En el ensayo de La Melusa se efectuó un vuelo con avioneta a fecha 13/07/2016, dando lugar a una serie de imágenes las cuales se muestran en el **ANEXO II**. Con la ayuda de una cámara que lleva incorporada sensores térmicos (poder de resolución 25 cm), se pretendían determinar diferencias en el vigor de los cultivos de maíz y alfalfa, en función de la profundidad de instalación de los ramales (25 o 35 cm).

Para determinar de manera objetiva el vigor de los cultivos, se calcula en programas informáticos específicos los valores de PCD (“*Plant Cell Density*”) por cada píxel de imagen, o lo que es lo mismo, por cada 625 cm² sobre la superficie real de terreno, de acuerdo al poder de resolución de la cámara multiespectral utilizada.

El índice PCD señala, de alguna manera, la densidad de células vegetales en las hojas del cultivo. Cuanto mayor es este índice, ello es indicativo de mayor densidad de células sobre la superficie vegetal, lo cual equivale a mayor tasa fotosintética, mayor producción de carbohidratos, y por lo tanto son esperables mayores rendimientos.

A nivel interpretativo, cuanto más alto sea el índice PCD, mejor en relación a los rendimientos esperables, y los píxeles muestran un color azul-púrpura más intenso en imagen. Por el contrario, colores rojos indican valores de PCD menores, y por lo tanto, rendimientos esperables inferiores.

Al margen del índice PCD, también se han realizado imágenes con falso color (infrarrojo), de manera que cuando un cultivo presenta un tono rojo más intenso en imagen, ello equivale a valores altos de PCD.

7.1. Trigo

Sobre el cultivo de trigo no se aplicó ninguna técnica de teledetección, dado que cuando se efectuó el vuelo ya se habían cosechado las parcelas correspondientes.

7.2. Maíz

Tanto en las imágenes en falso color como en las correspondientes a la visualización del índice PCD, se observa claramente la carencia de plantas en los bordes, especialmente en la parcela 6 (sistema RGS instalado a 35 cm). Ello se debe a 2 causas principales:

- Intrusión de jabalíes.
- Nascencia incorrecta en los bordes a causa de la excesiva compactación del terreno, por los sucesivos pases de tractor en las cabeceras durante las labores preparatorias del lecho de siembra y durante la siembra.

Respecto a las imágenes en las que se visualiza el índice PCD, se observa predominio de las coloraciones rojizas en la parcela con las mangueras instaladas a más profundidad (35 cm). Por el contrario, se observa una coloración azul-púrpura más intensa en la parcela con las mangueras instaladas más superficialmente (25 cm), que es en la que finalmente se obtuvieron mayores rendimientos.

Aparte de ello, en ambas parcelas se observan 3 tendencias bien manifiestas en las imágenes:

- Los píxeles siguen un patrón de color lineal sobre la superficie del terreno que se corresponde con las hileras del cultivo de maíz.
- En ambas parcelas regadas mediante sistema RGS predominan las coloraciones azules en el centro de las parcelas, mientras que los píxeles rojizos son más abundantes en los bordes.
- Se aprecia la aparición de “vías preferentes” derivadas de la instalación del sistema RGS.

La denominación de “vías preferentes” hace referencia a la heterogeneidad en el vigor del cultivo entre diferentes hileras de maíz. Por ejemplo, una línea de maíz sembrada sobre un ramal de goteros presenta un abastecimiento de agua de riego mejor asegurado que una línea de maíz ubicada entre 2 ramales. De ahí que las hileras de maíz existentes sobre los ramales de goteros presenten mayor vigor (“vías preferentes”) que las hileras ubicadas entre ramales (“vías depresivas”), en las cuales la producción de grano no llega a ser la teóricamente esperable.

7.3. Alfalfa

En el cultivo de la alfalfa, las conclusiones a obtener en cuanto a la aplicación de las técnicas de teledetección resultan más limitadas que en el caso del cultivo de maíz, en el contexto del presente ensayo, debido a que el vuelo se efectuó 4 días después de la recogida del forraje del campo. De hecho, en las imágenes del **ANEXO II** se aprecian muy bien las roderas dejadas por la maquinaria agrícola.

En vistas a los resultados de teledetección, se observan muy bien sobre las imágenes áreas de píxeles azules y rojos, que se corresponden, respectivamente, con la existencia de “vías preferentes” y de “vías depresivas” en el cultivo de alfalfa, al igual que se ha comentado en el cultivo de maíz.

Las diferencias en vigor observadas sobre el forraje son debidas a la mayor o menor proximidad de las plantas a los ramales (cultivo más vigoroso conforme sus necesidades hídricas sean mejor satisfechas). Estas diferencias de vigor se apreciaban visualmente al formarse “crestas” en el cultivo de alfalfa (véase el **ANEXO III**). En posteriores campañas,

cuando la raíz del cultivo alcance la profundidad definitiva, es de esperar mayor homogeneización del cultivo y desaparición de las mencionadas “crestas”.

A diferencia de los resultados obtenidos en maíz, no se ha contrastado a simple vista una mayor presencia de píxeles azules-púrpuras en la parcela con el sistema RGS instalado a 25 cm ni de píxeles rojos en la parcela con el sistema RGS instalado a 35 cm.

8. ASPECTOS A DESTACAR

En el presente apartado se describen las principales observaciones registradas en el funcionamiento y mantenimiento del sistema RGS para la campaña 2015-2016, ya sean tanto ventajas como desventajas observadas.

8.1. Instalación del sistema RGS

Durante la instalación del sistema RGS surgieron problemas de índole técnico como por ejemplo que las mangueras porta-goteros no quedaban bien situadas en el fondo de la excavación. Este hecho, propio de suelos de naturaleza limosa, fue debido a un diseño mejorable del apero de inyección, que ejecutaba una excavación más profunda que la posición final proyectada de la manguera.

Como consecuencia, ello provocó la aparición de las “vías preferentes” y de “vías depresivas” en los cultivos de maíz y alfalfa, comentadas anteriormente (véase el **ANEXO III**).

8.2. Explotación del sistema RGS

En la fase de explotación del sistema RGS se han producido multitud de roturas, debidas a deficiencias técnicas en el montaje del sistema de riego, u ocasionadas por realizar el laboreo con el cultivador a demasiada profundidad. Antes de la siembra del cultivo en cuestión, se recomienda hacer una prueba (mínimo) del funcionamiento del sistema RGS.

Por otro lado, se recomienda hacer limpieza periódica del sistema RGS mediante el accionamiento manual de las válvulas de desagüe. En la campaña 2015-2016 se ha realizado 1 sola vez el vaciado de las tuberías, pero se recomienda hacerlo 2 veces, a mitad y a final de campaña.

En la campaña 2015-2016 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). Se debe tener en cuenta también que el agua de riego transportada por el CAYC es de buena calidad.
- No se han detectado problemas en los ramales por ataque de roedores.

9. 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 1ª 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 del cultivo de trigo no deben ser considerados, dado que no son representativos de los rendimientos que usualmente alcanzan los agricultores en la zona regable del CAYC. La conjunción de graves problemas fitosanitarios no tratados y el comienzo tardío del riego han provocado que los rendimientos finales obtenidos sean muy bajos.

→ Los rendimientos de los cultivos de maíz y alfalfa son superiores para la profundidad de instalación del sistema RGS a 25 cm respecto a la profundidad de instalación del sistema RGS a 35 cm.

Entre las múltiples causas, la principal puede ser que, a 25 cm, el bulbo húmedo alcanza más fácilmente la superficie, mejora la humedad en el lecho de siembra y se favorece la nascencia así como el mantenimiento del nivel de humedad necesario en el entorno del sistema radicular y se satisfacen mejor las necesidades hídricas de los cultivos.

→ Se ha observado visualmente en maíz una correlación entre valores más elevados del índice PCD y mayores rendimientos del cultivo.

→ 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.

→ 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.

→ Se prevén 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	-	0,4250
T2	Maíz	-	0,4200
T3	Alfalfa	-	0,4250



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

ANEXO II. IMÁGENES DE TELEDETECCIÓN

En el presente anejo se muestran las imágenes tomadas desde una cámara multispectral incorporada en avioneta a fecha 13/07/2016 sobre las parcelas bajo tratamiento RGS: ortofoto general, en falso color y aplicando el índice PCD.

En la imagen que se corresponde con el ensayo visto en falso color, la escala de colores que aparece en la leyenda está compuesta por el rojo, verde y azul, es decir, los 3 rangos de longitudes de onda principales que componen el espectro visible de la radiación electromagnética (0,4-0,7 μm). El tono rojizo de la imagen es debido al rango de longitudes de onda que se corresponde con el infrarrojo cercano (0,8-2,5 μm), radiación que es reflejada por la cubierta vegetal en porcentajes superiores al 70 %.

En las imágenes en las que queda reflejado el índice PCD, éste se ha categorizado para los píxeles mediante una escala de colores, que va desde el rojo (valores más bajos) hasta el color púrpura (valores más elevados), pasando por el verde y por dos tonos azules de diferente intensidad.



Figura 2. Ortofoto general de las parcelas bajo tratamiento RGS (fuente: Agropíxel, S.L.).

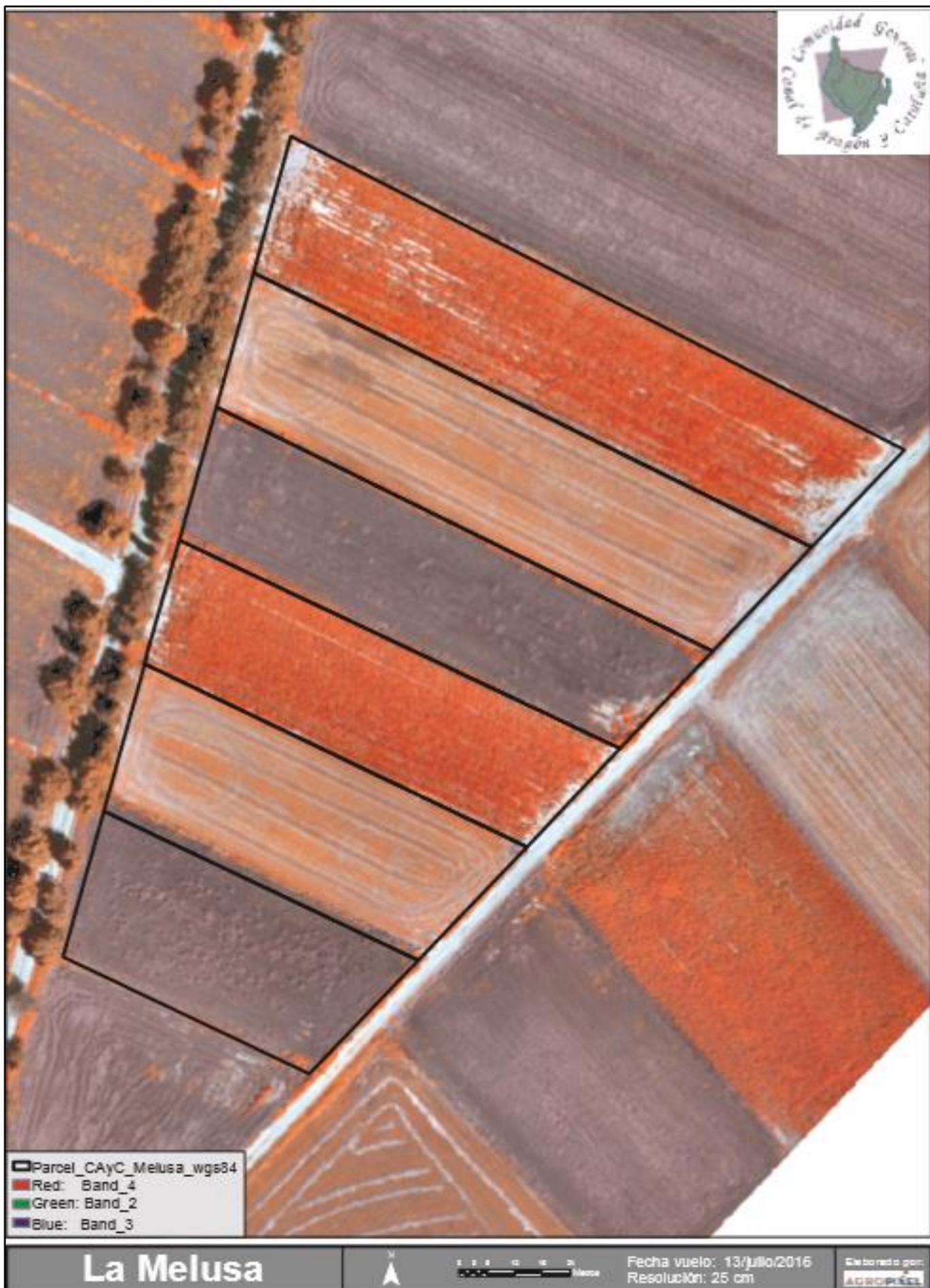


Figura 3. Ortofoto general en falso color de las parcelas regadas mediante sistema RGS (fuente: Agropíxel, S.L).



Figura 4. Ortofoto con índice PCD aplicado en las parcelas de alfalfa regadas mediante sistema RGS (fuente: Agropíxel, S.L).

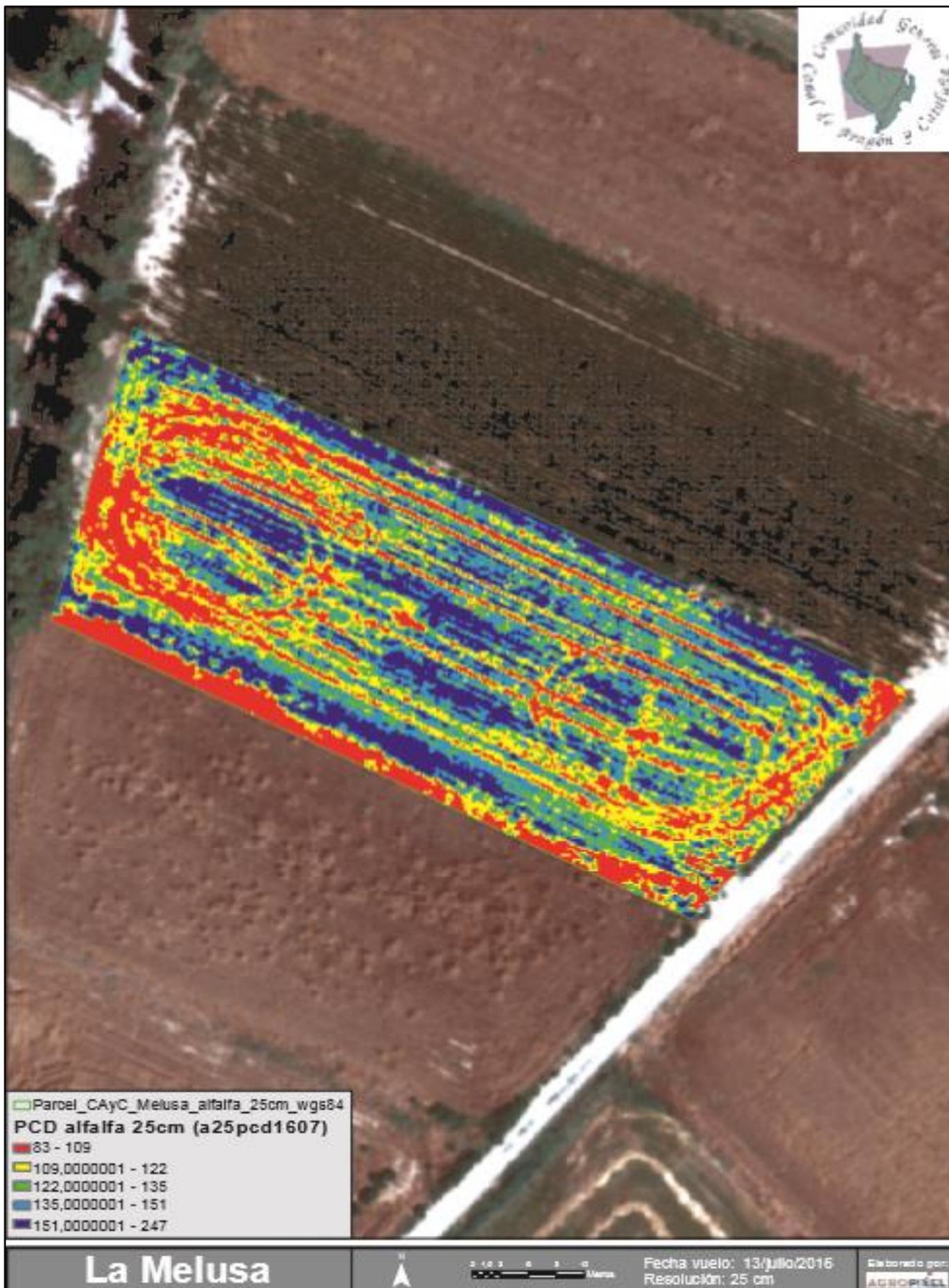


Figura 5. Ortofoto con índice PCD aplicado en la parcela 2 de alfalfa, regada mediante sistema RGS instalado a 25 cm de profundidad (fuente: Agropíxel, S.L).

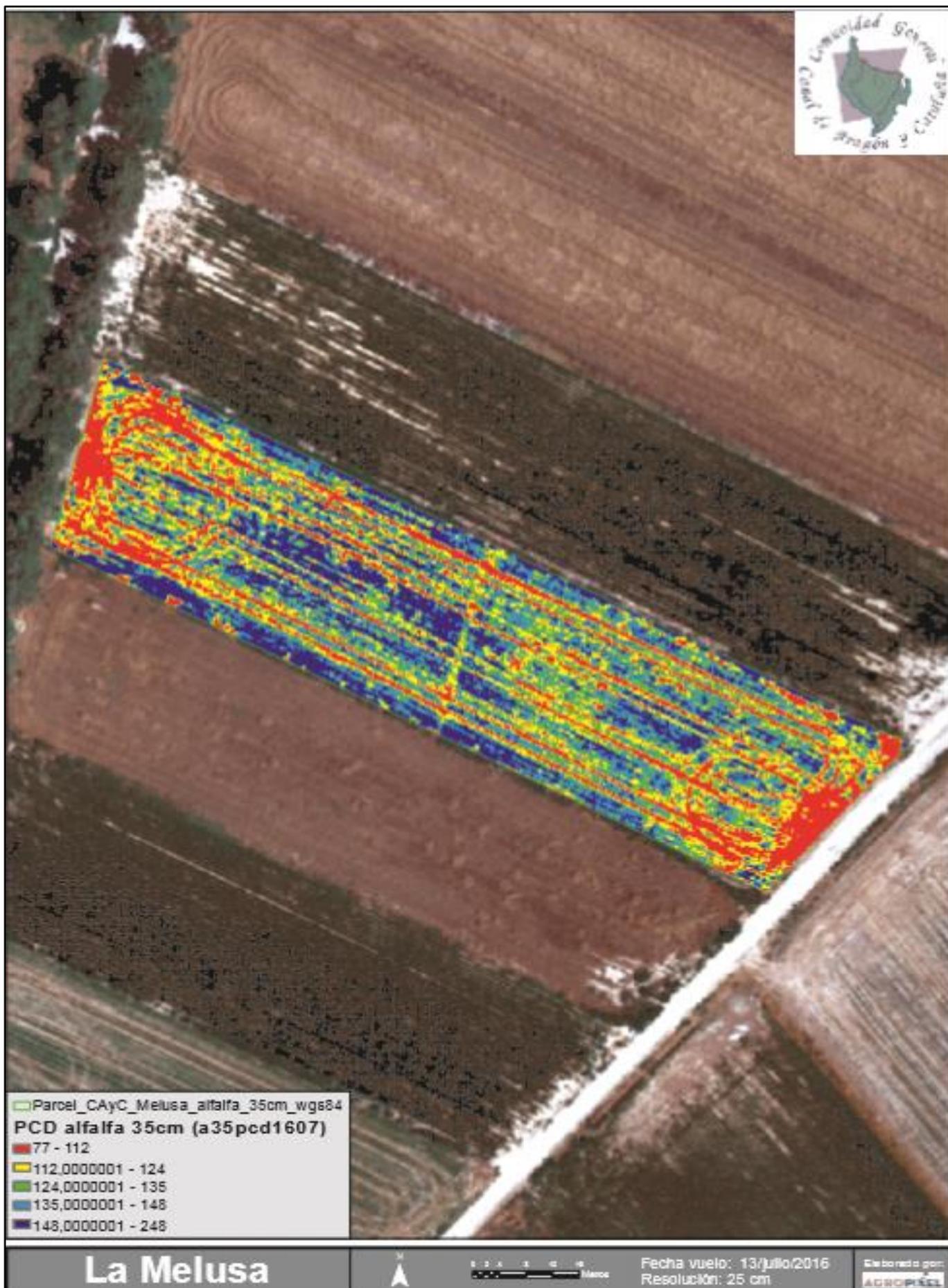


Figura 6. Ortofoto con índice PCD aplicado en la parcela 5 de alfalfa, regada mediante sistema RGS instalado a 35 cm de profundidad (fuente: Agropíxel, S.L).

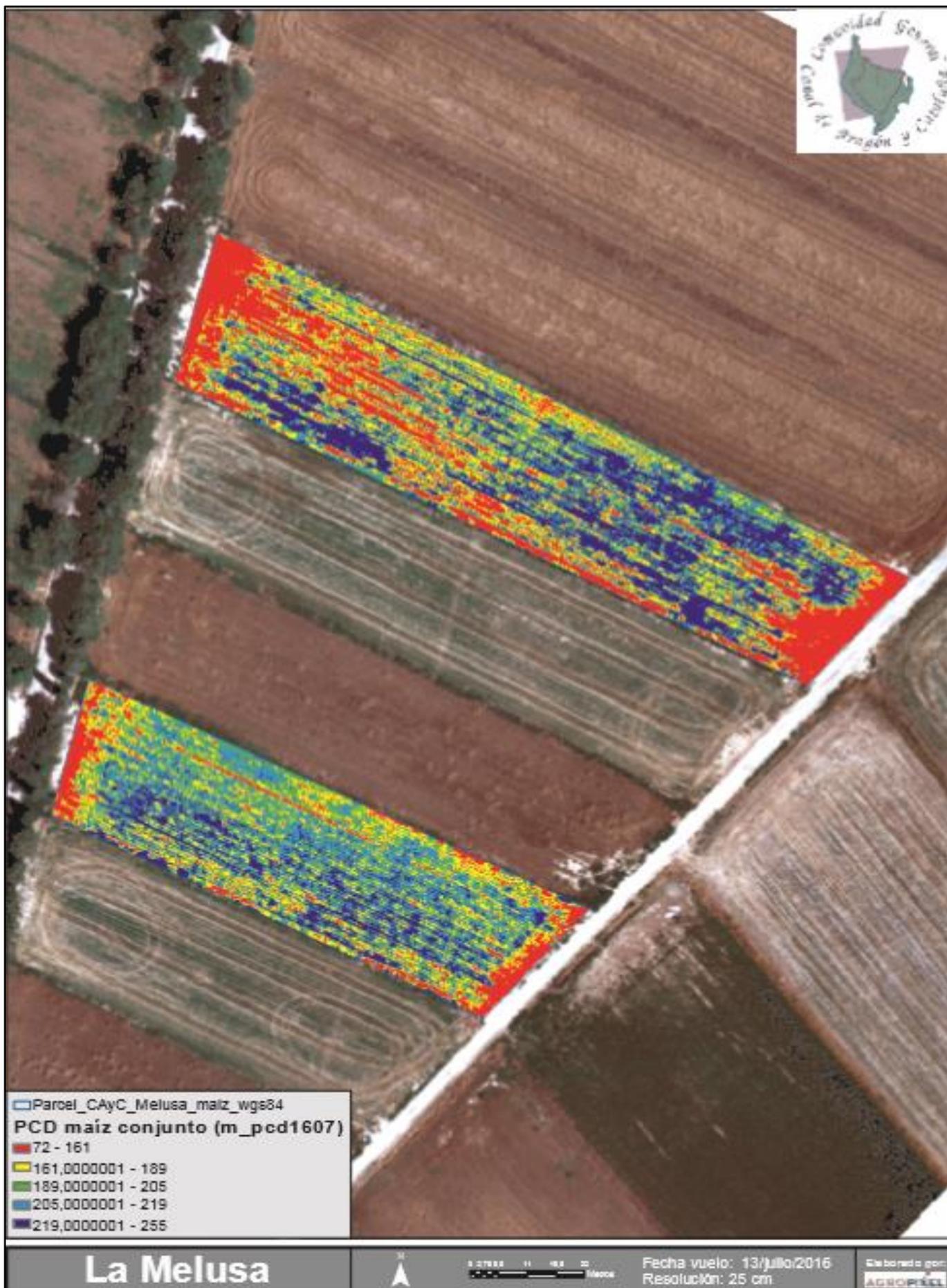


Figura 7. Ortofoto con índice PCD aplicado en las parcelas de maíz regadas mediante sistema RGS (fuente: Agropíxel, S.L).

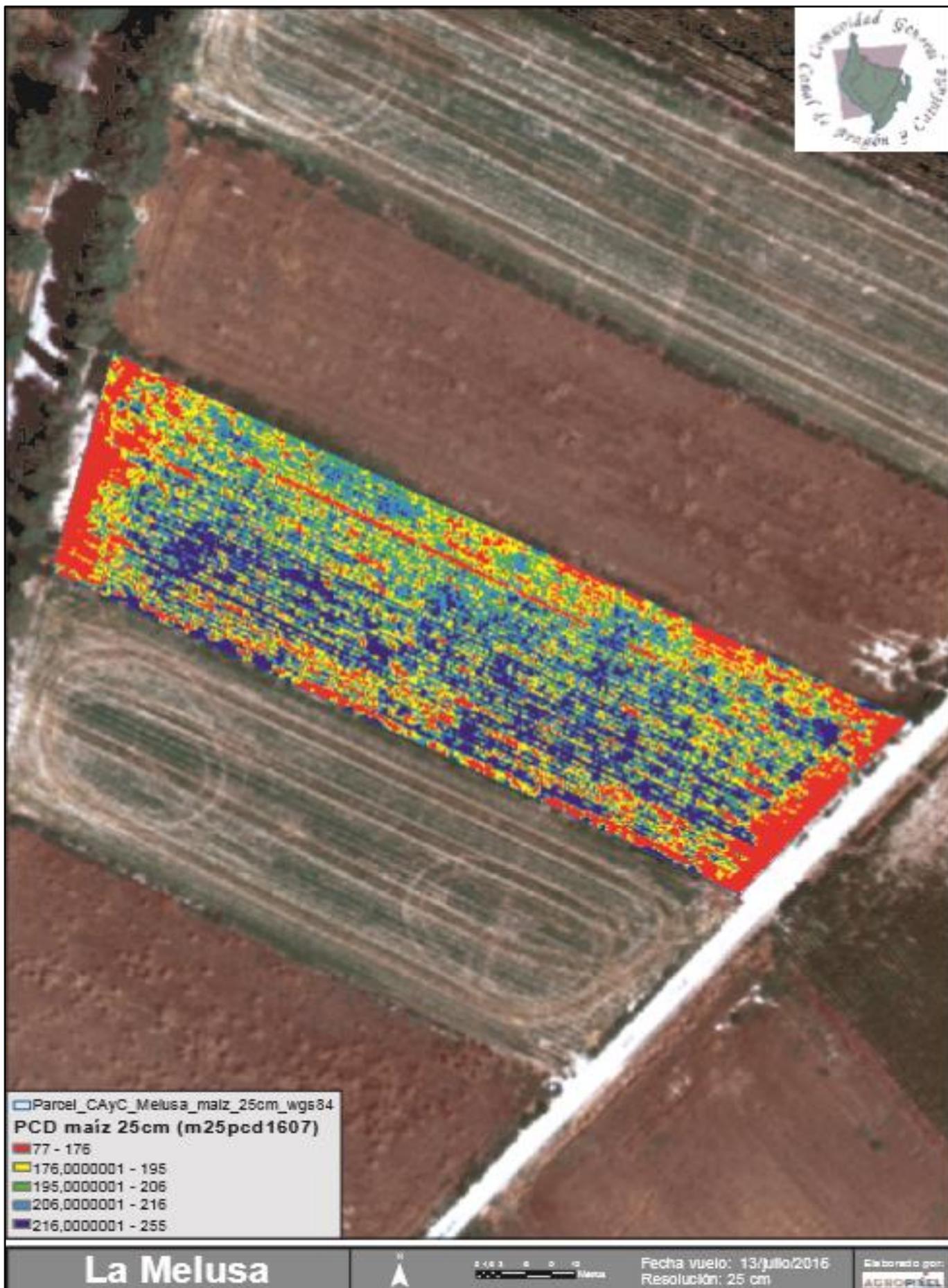


Figura 8. Ortofoto con índice PCD aplicado en la parcela 3 de maíz, regada mediante sistema RGS instalado a 25 cm de profundidad (fuente: Agropíxel, S.L).

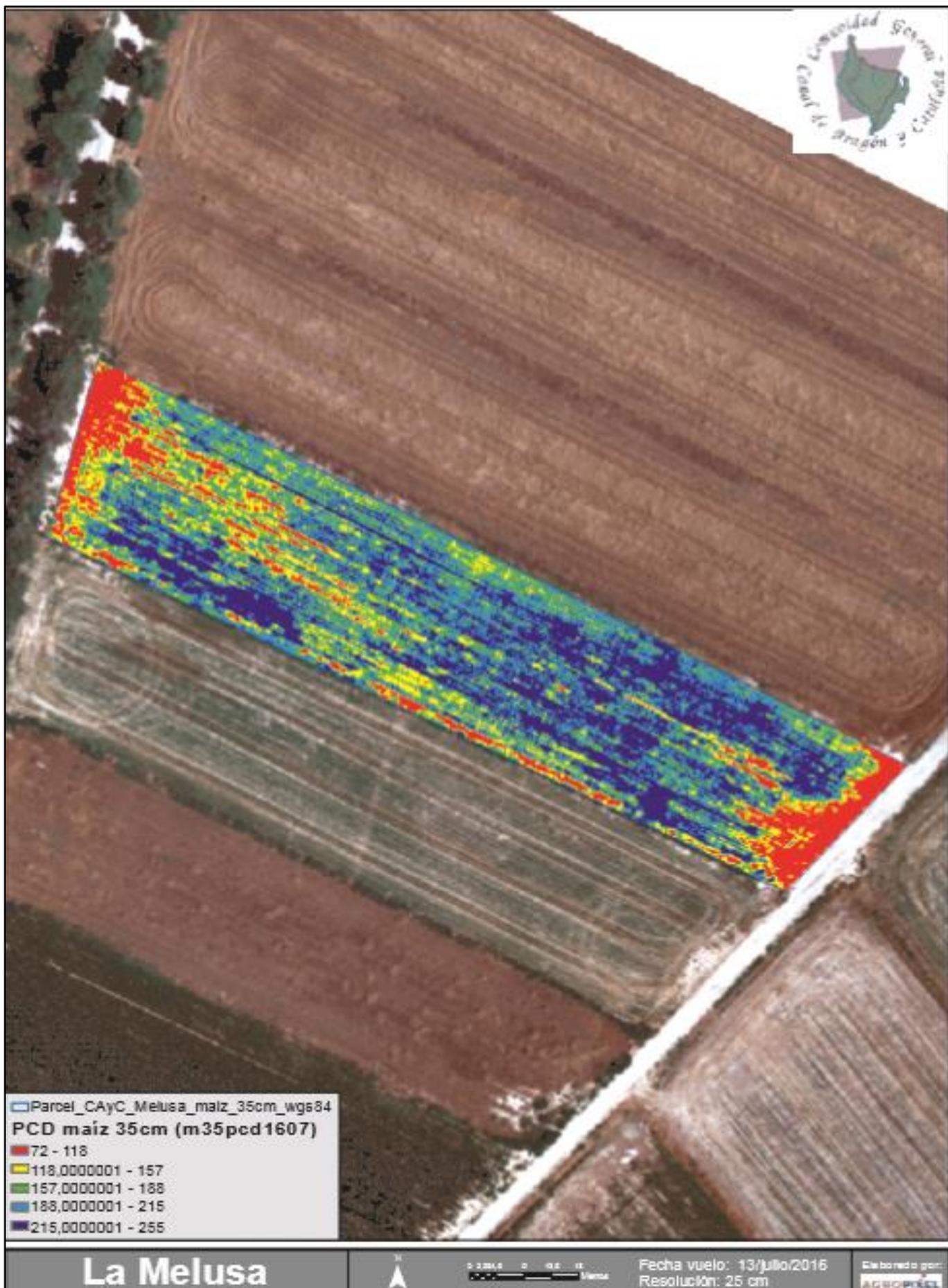


Figura 9. Ortofoto con índice PCD aplicado en la parcela 6 de maíz, regada mediante sistema RGS instalado a 35 cm de profundidad (fuente: Agropíxel, S.L).

ANEXO III. FOTOGRAFÍAS

En el presente anexo se muestran una serie de imágenes tomadas en el ensayo durante la campaña 2015-2016 por parte de los Servicios Técnicos del CAYC, y que permiten ilustrar los apartados anteriores.

Sistema RGS

En el presente sub-apartado se ilustra el proyecto de instalación del sistema RGS en las parcelas correspondientes, así como los elementos correspondientes a la instalación de riego.



Figura 10. Excavación de zanja realizada con retroexcavadora previamente a la implantación del ensayo.



Figura 11. Determinación manual de la textura y consistencia del suelo de las parcelas del ensayo.



Figura 12. Conjunto de rollos de mangueras porta-goteros previamente a su enterrado.



Figura 13. Instalación del sistema RGS.



Figura 14. Comprobación de la profundidad de instalación de la manguera.



Figura 15. Desagüe de las mangueras en el colector final y válvula de limpieza al fondo de la zanja.



Figura 16. Interior de la estación de bombeo construida.

Seguimiento del ensayo

En el presente sub-apartado se ilustra la evolución de los cultivos regados bajo el sistema RGS en la campaña 2015-2016.



Figura 17. Infestación de malas hierbas en una parcela de trigo.



Figura 18. Panorámica de una parcela de maíz. Se notan fallos de nascencia en la cabecera.



Figura 19. Detalla de marras de nascencia en borde de parcela de maíz.



Figura 20. Detalle del bulbo húmedo continuo generado en el riego de una parcela de maíz.



Figura 21. Muestreo de mazorcas previamente a la cosecha del maíz.



Figura 22. Parcelas anexas de alfalfa y maíz.



Figura 23. Rebrote del cultivo de alfalfa formando "crestas".



Figura 24. Hileras de alfalfa segada secándose en campo.

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)

