



# EL TELECONTROL DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES: UNA HERRAMIENTA CON UN GRAN POTENCIAL PARA LA MEJORA DE LA GESTIÓN DEL RIEGO

T. Stambouli <sup>(1)</sup>; N. Zapata <sup>(2)</sup>; J.M. Faci <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Unidad de Suelos y Riegos (Unidad asociada EEAD-CSIC), Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA). Avenida Montañana 930, 50059. Zaragoza, [tstambouli@aragon.es](mailto:tstambouli@aragon.es), [jfacci@aragon.es](mailto:jfacci@aragon.es)*

<sup>(2)</sup> *Departamento Suelo y Agua. Estación Experimental Aula Dei (EEAD-CSIC). Aptdo. 202. 50080. Zaragoza. [vzapata@eead.csic.es](mailto:vzapata@eead.csic.es)*

## RESUMEN

En los últimos diez años, la mayoría de los procesos de modernización de regadíos han incorporado sistemas de telecontrol a sus nuevas infraestructuras de riego. Estos sistemas abren muchas posibilidades en el campo de la gestión del agua de riego, sin embargo no existen herramientas que permitan explotar estos nuevos automatismos, relegando los sistemas de telecontrol a tareas rutinarias de control del funcionamiento de la red. La Comunidad de Regantes de Candasnos (CRC) es una comunidad de riego presurizado equipada con un sistema de telecontrol. La CRC se localiza en Aragón y dispone de 2344 ha de cobertura total, 1838 ha de pivotes y 414 ha de riego localizado. Los datos del telecontrol y los cálculos de las necesidades hídricas de los cultivos, nos han permitido analizar la calidad del riego en la CRC para los cultivos mayoritarios (maíz, alfalfa y melocotonero) mediante el estudio de la evolución temporal del Índice Estacional de la Calidad de Riego (SIPI). Por otro lado, el seguimiento de la presión mediante transductores de presión instalados en el equipo de riego de 10 parcelas de cobertura total permitió estudiar las pautas de riego utilizadas en las coberturas fijas de la CRC. Los promedios de SIPI para el maíz, alfalfa y melocotonero fueron de 83%, 107% y 123%, respectivamente. Se encontraron dos pautas de riego generales en la CRC: la primera se caracterizó por una mínima modificación del calendario de riego y la segunda se caracterizó por los continuos (semanal) cambios en el calendario de riego. La segunda pauta es la más frecuente para los sistemas de cobertura fija. En general se encontró un buen uso del agua de riego en la CRC si bien se detectó una alta frecuencia de riegos que puede ser causa de altas pérdidas por interceptación por los cultivos.

Figura 1. Plano parcelario de pivotes, coberturas fijas de aspersión y riego localizado en la Comunidad de Regantes de Candasnos.



## 1- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El regadío en Aragón ocupa una superficie de 372.158 ha que supone el 10,9% del total nacional y se caracteriza principalmente por el fuerte impulso modernizador, que en los últimos años ha incrementado la superficie de riego presurizado desde el año 2002 en un 23% (MARM, 2009). Este importante proceso de modernización de los regadíos ha sido muy favorecido por las políticas nacionales y regionales durante la última década.

Los proyectos actuales de riego en Aragón consisten fundamentalmente en la modernización integral de regadíos tradicionales de riego por superficie y la transformación de nuevos regadíos con sistemas presurizados de riego. La mayoría de los sistemas de riego modernizados incorporan modernos sistemas de telecontrol con el objetivo de mejorar la agricultura de regadío y adaptarla a las necesidades del siglo XXI (MAPA., 2001). La implantación de estos sistemas de telecontrol ofrece nuevas

posibilidades de control y de >>>



▶▶▶ gestión del riego. Las utilidades de control de la red de riego se han incorporado rápidamente a la gestión diaria de las comunidades de regantes, sin embargo, las utilidades de gestión del riego están hasta el momento sin explotar.

No es fácil encontrar un parámetro que refleje la calidad del riego en una Comunidad de Regantes. La selección de un determinado indicador depende de los datos disponibles y de las características específicas del manejo del riego en cada zona (Playán y Mateos, 2006). La disponibilidad de los datos del uso del agua a nivel de la parcela o en su caso a nivel de hidrante, permite determinar la calidad del riego mediante el cálculo de algunos de estos indicadores para los principales cultivos de la zona de estudio y la evaluación de su variabilidad entre los diferentes sistemas de riego y entre regantes. Los sistemas de telecontrol ofrecen datos continuos del consumo de agua de riego a nivel del hidrante por lo cual sirven como una importante fuente de información para determinar la evolución temporal de los indicadores de la calidad del riego.

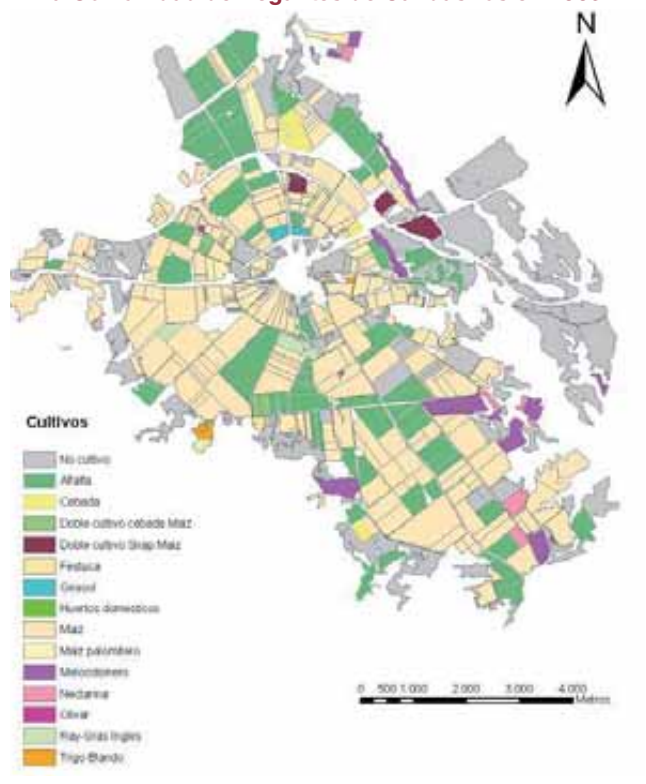
En este trabajo se presenta el análisis de la evolución de los consumos de agua de riego de cada hidrante proporcionados por el telecontrol en la Comunidad de Regantes de Candasnos (CRC) en la campaña 2009. El estudio presenta el análisis espacio-temporal del índice estacional de la calidad del riego (SIPI) para los cultivos (maíz, alfalfa y melocotonero) y sistemas de riego por aspersión mayoritarios (coberturas, pivotes y riegos localizados) de la CRC.

## 2- MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Comunidad de Regantes de Candasnos que dispone de telecontrol desde hace más de 10 años y que recientemente ha actualizado el sistema de comunicación y el interfaz del telecontrol. La CRC se ubica dentro del sistema de Riegos del Alto Aragón (RAA) y tiene una superficie total de 6700 ha de las cuales 5728 ha son de regadío. Es una comunidad muy interesante porque presenta diversidad en los sistemas de riego presurizado, el 74,5% de la superficie regada tiene cobertura fija, el 18,5% pivotes y el resto de la superficie bajo riego dispone de sistemas de riego localizado (7%) (Figura 1). Toda la Comunidad de Regantes de Candasnos tiene una red de riego presurizado con presión natural. Tanto en las coberturas fijas como en los pivotes los cultivos mayoritarios son el maíz (46%) y la alfalfa (18%), mientras que las parcelas de riego localizado están cultivadas con frutales (7%), la mayoría de hueso (Figura 2).

La evapotranspiración de los cultivos ( $ET_c$ ) más representativos de la zona se determinó siguiendo la metodología FAO 56 (Allen y otr., 1998). La evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) diaria se obtuvo de la estación SIAR de Candasnos y para todos los cultivos, a excepción del maíz, se utilizaron los

Figura 2. Plano parcelario de los principales cultivos en la Comunidad de Regantes de Candasnos en 2009.



Fotografía 1. Transductor de presión y su data logger instalado en el tubo porta aspersor de una parcela cobertura total de aspersión en la Comunidad de Regantes de Candasnos.



coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) propuestos por FAO (Ecuación 1). En el caso del maíz se empleó el método de la integral térmica (Martínez-Cob, 2008) que supone una mejora importante respecto a los  $K_c$  que propone FAO, ya que están adaptados a las condiciones locales. Las necesidades netas del ▶▶▶



►►► cultivo ( $NH_N$ ) se calcularon como la diferencia entre la  $ET_C$  y la lluvia efectiva ( $LI_E$ ) (Ecuación 2). La  $LI_E$  se estimó como un 80% de la lluvia recogida en el pluviómetro de la estación SIAR de Candanos. Las necesidades brutas de riego ( $NH_B$ ) se estimaron dividiendo las necesidades netas ( $NH_N$ ) por la eficiencia del sistema de riego (Ecuación 3). Se consideraron unos valores de la eficiencia del riego del 80%, en el caso de riegos por aspersión y del 90 % para el riego localizado.

$$ET_C = K_C \times ET_0 \quad (1)$$

$$NH_N = ET_C - LI_E \quad (2)$$

$$NH_B = \frac{NH_N}{\text{Eficiencia del sistema de riego (\%)}} \times 100 \quad (3)$$

La CRC dispone de un telecontrol por cable que permite registrar cada 6 horas las lecturas de los contadores instalados en cada uno de los hidrantes. Los datos de las lecturas

**Tabla 1. Superficie de los principales cultivos (ha y % de la superficie total, número de hidrantes, valores calculados de la ETC y láminas medias estacionales de riego aplicadas en la campaña de 2009 en la CRC. Las láminas de riego aplicadas se obtuvieron de los datos del telecontrol.**

Cultivo	Superficie		Nº Hidrantes	ET <sub>c</sub> (mm)	Lámina media de riego estacional* (mm)
	(ha)	(%)			
Sin cultivo	1182	23,5	109	-	-
Maíz	1652	32,9	118	648	782 (21)
Maíz ciclo corto	638	12,7	36	550	462 (34)
Alfalfa	901	17,9	39	840	730 (32)
Frutales hueso	280	5,6	18	658	448 (35)
Trigo	11	0,2	2	205	248 (0)
Cebada	91	1,8	6	254	107 (29)
Cultivos dobles	202	4	13	810	718 (27)
Forraje	46	0,9	5	640	537 (17)
Girasol	16	0,3	2	560	504 (11)

\*El valor entre paréntesis corresponde al coeficiente de variación (%)

de los contadores permitieron calcular las cantidades de riego aplicado en cada parcela dominada por un hidrante y compararlas con las  $NH_B$  a lo largo del ciclo de cultivo. Para ello se utilizó el Índice estacional de la calidad del Riego desarrollado por Faci y otr. (2000) (Ecuación 4). Un valor de SIPI < 100 % indica que hay un riego por encima de las necesidades y un valor de SIPI > 100 % indica un ►►►

## CASE IH EFFICIENT POWER

# MAYOR PRODUCTIVIDAD MENOR CONSUMO

**EFFICIENT POWER EP**

MAYOR PRODUCTIVIDAD + MENOR CONSUMO

La gama de tractores Case IH demuestra ser la mejor de su clase en eficiencia de combustible, según el test PowerMix 2010 realizado por la DLG (Asociación Alemana de Agricultura).

[www.caseih.com](http://www.caseih.com)

**Comparación de combustibles**

The chart shows that Case IH EP series (EP2000, EP2250, EP2400, EP2600) have significantly lower fuel consumption compared to other brands like Case IH (non-EP), John Deere, New Holland, and Case IH (non-EP) in various configurations.



►►► riego deficitario por debajo de las necesidades hídricas netas del cultivo.

$$SIPI = \frac{\text{Necesidades hídricas netas } (NH_N)}{\text{Riego aplicado } (RI)} \times 100 \quad (4)$$

Se calcularon también las necesidades hídricas de los frutales en condiciones de riego estándar (FAO56) y bajo riego deficitario controlado (RDC). Las  $NH_N$  bajo RDC (Ecuación 5), representan las necesidades hídricas mínimas de los frutales para mantener un buen estado vegetativo y sin afectar a la calidad de la fruta ni disminuir su producción. El SIPI se ha calculado a lo largo de la estación de riegos para las dos estrategias de riego (riego estándar y RDC):

$$NH_N \text{ RDC} = (K_C \times K_{RD} \times ET_0) - LI_E \quad (5)$$

$K_{RD}$  es el coeficiente de reducción de la estrategia RDC que varía a lo largo del ciclo del cultivo. Los valores de  $K_{RD}$  utilizados en este trabajo son los propuestos en Chalghaf (2008) para melocotoneros de ciclo medio. La duración de las fases fenológicas de desarrollo vegetativo y del fruto se han considerado similares a las presentadas por Chalghaf (2008) para una finca comercial de frutales de hueso en Caspe, municipio muy próximo al de Candanos.

El SIPI se calculó mensualmente para el maíz y por corte en el caso de la alfalfa. En el caso de los cultivos frutales de hueso se comparó la evolución de los aportes de riego (datos del telecontrol) con la evolución de las necesidades hídricas estándar y bajo riego deficitario controlado.

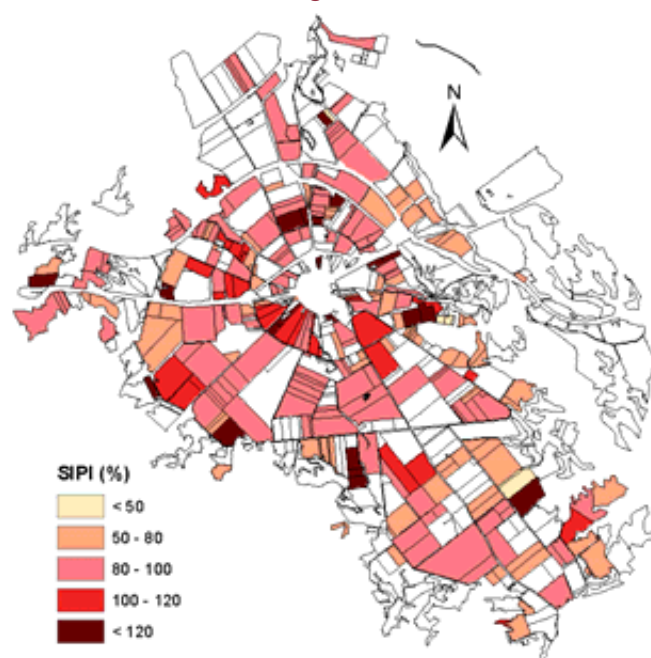
Además, se analizaron las pautas de riego en 10 parcelas de la CRC provistas de cobertura total enterrada. Para ello, se instalaron transductores de presión con data logger incorporado en el tubo porta-aspersor de un sector representativo de cada una de las parcelas (Fotografía 1). Los datos de los transductores de presión sirvieron para analizar la presión de funcionamiento media durante el riego, el número de riegos aplicados por sector así como la duración del riego de cada uno de ellos. Los datos también permitieron establecer la homogeneidad de la secuencia de riegos de los sectores de riego en cada parcela y su comparación con los datos del telecontrol.

### 3- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Alturas medias de riego aplicado en la Comunidad de Regantes de Candanos en 2009

La Tabla 1 presenta los valores de la superficie de los principales cultivos, número de hidrantes que riegan los cultivos

**Figura 3. Distribución espacial de los valores estacionales del índice SIPI para el maíz en la campaña 2009 en la Comunidad de Regantes de Candanos.**



**Tabla 2. Evolución del porcentaje de superficie para distintos niveles del índice de suministro estacional del agua de riego (sipi) para los diferentes cortes de la alfalfa.**

SIPI (%)	Superficie (%)				
	1 <sup>er</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte	3 <sup>er</sup> corte	4 <sup>o</sup> corte	Estacional
< 50	1,1	0,0	0,0	1,0	0,0
50 - 80	0,6	8,3	6,1	2,1	8,3
80 - 100	19,4	18,5	12,8	11,3	45,5
100 - 120	6,9	19,6	17,2	16,8	36,2
> 120	42,2	23,7	34	38,9	10
Sin datos	29,9	29,9	29,9	29,9	0,0

y dosis de riego estacionales en la campaña de 2009 en la CRC. Destaca particularmente el elevado porcentaje de superficie dedicada a maíz en la campaña 2009. En otras comunidades de regantes próximas y similares a la CRC, con altos costes energéticos debido a que tienen que bombear el agua a sus zonas regables, los porcentajes de superficie dedicados al cultivo de maíz son mucho menores y suelen dedicar más superficie a los cereales de invierno. Otro aspecto a destacar en la CRC es el elevado porcentaje de superficie sin cultivar (23,5%).

La  $ET_0$  anual en el año 2009 ascendió 1230 mm y los valores estacionales de la  $ET_c$  de los principales cultivos en la CRC variaron entre unos valores de 205 mm para el trigo y 840 mm para la alfalfa (Tabla1).

Las láminas medias de riego aplicadas resultan en general ajustadas a las necesidades hídricas, siendo especialmente baja la aplicada a los forrajes como la alfalfa (Tabla 1). ►►►



▶▶▶ De cualquier forma la variabilidad del riego aplicado en la zona es elevada, como lo muestran los elevados valores del coeficiente de variación (CV) de las láminas aplicadas (a excepción del trigo que únicamente se cultivó en dos fincas del mismo propietario). Es destacable la variabilidad de las láminas aplicadas al cultivo de maíz (CV=21%) ya que resulta ser de las menores, a pesar del elevado número de fincas en las que se cultiva (Tabla 1).

El promedio del SIPI de toda la CRC para la campaña de riego 2009 fue de 93%. Lo que supone, en general, que los volúmenes totales de riego se adecuan a las necesidades globales de los cultivos.

### 3.2. Análisis de la calidad del riego en las parcelas de alfalfa de la Comunidad de Regantes de Candasnos

Para el cultivo de alfalfa el promedio del SIPI fue alto (107%); el 46% de la superficie total de alfalfa tuvo un SIPI > 100%. lo que implica que los aportes de agua fueron inferiores a las necesidades de riego calculadas. El 45,5% de la superficie de alfalfa tuvo un SIPI entre 80% y 100% lo que implica una buena adecuación entre aportes y nece-

**Tabla 3. Evolución del porcentaje de superficie para distintos niveles del índice de suministro estacional del agua de riego (sipi) en distintos meses en maíz.**

SIPI (%)	Superficie (%)				
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Estacional
< 50	2,7	5,9	0,1	0,5	1,0
50 - 80	23,1	34,8	40,4	29,5	25,3
80 - 100	18,4	27,2	30,6	41,6	56,0
100 - 120	5,6	4,5	3,9	4,0	11,2
> 120	31,0	8,4	5,8	5,1	6,6
Sin datos	19,2	19,2	19,2	19,2	0

sidades. El 8,3% restante tuvo un SIPI inferior al 80% lo que indica riegos por encima de las necesidades. La Tabla 2 presenta las superficies de alfalfa en función del valor del SIPI. El análisis se llevó a cabo durante toda la temporada y para cada uno de los cuatro cortes individuales. En general, el análisis de los valores estacionales del SIPI para el cultivo de alfalfa reveló que la dosis de riego aplicada fue menor que las necesidades hídricas estacionales de los cultivos.

Por otra parte, los valores del SIPI para los cortes individuales (Tabla 2) muestran que en todos los periodos entre cortes la mayor proporción de la superficie de alfalfa tuvo valores de SIPI superiores a 120%, lo cual es indicativo de Infra-riego. Hay que señalar que el contenido ▶▶▶



## Nueva generación de pulverizadores

AMP Sprayers serie Worker, modelos 36 y 42 de 3600 my 4200 l.

- Suspensión compensada de la lanza y del eje
- Eje de 100mm. Con ataque de 10 tornillos de serie modelo 42
- Chasis de acero ST-52
- Incorporación de la nueva barra Hydrus premiada en FIMA 2010 con las siguientes características:
  - Sistema de estabilizador con eje central elevado
  - Sistema antilabigo doble lateral
  - Ancho de tratamiento de hasta 33 m.
  - 2ª generación del sistema de amortiguación y bloqueo
  - Control de estabilidad desde la cabina
  - ISO BUS opcional
  - Bombas de membranas de hasta 460 l.m.
  - Bombas centrifugas de fundición o inoxidables
  - Circuito de abonos líquidos ácidos y/o suspensiones opcional





▶▶▶ inicial del agua en el suelo no se ha considerado en este análisis y además este cultivo tiene un potente sistema radicular capaz de extraer agua del suelo en profundidad. En general, una revisión y adaptación de las necesidades hídricas de la alfalfa a las condiciones locales del Valle del Ebro parecen necesarias ante estos resultados.

### 3.3. Análisis de la calidad del riego en las parcelas de maíz de la Comunidad de Regantes de Candasnos

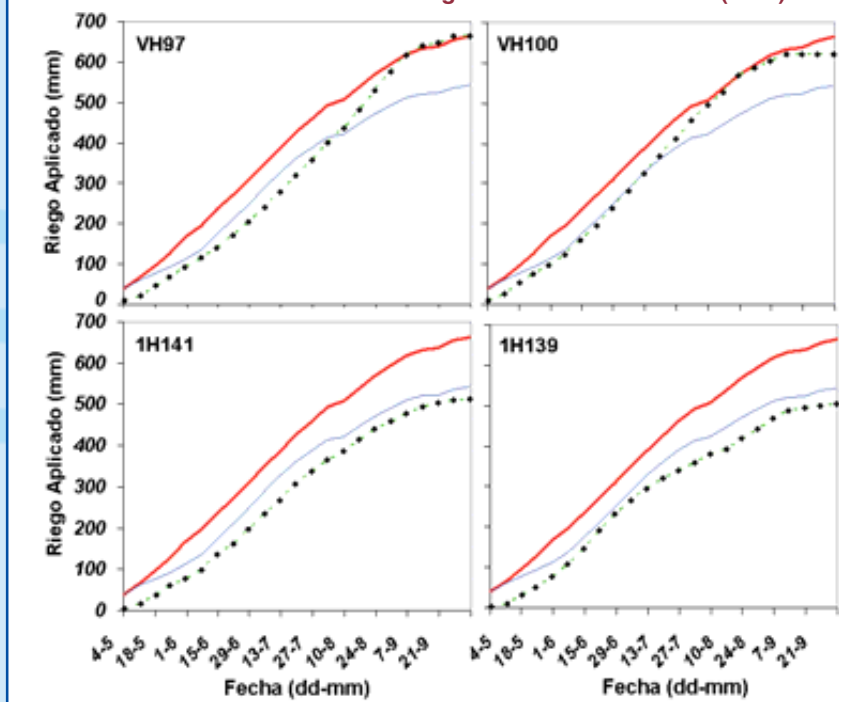
La evolución mensual de los valores del SIPI acumulado de maíz en 2009 (Tabla 3) indica que la proporción de parcelas con valores bajos de SIPI (<80%, sobre-regadas) fueron incrementándose a lo largo de la campaña de riegos, (en mayo representaba el 25,8% de la superficie y en julio el 40,5% de la superficie) produciéndose un descenso al final de la estación de riegos (26,3% de la superficie total de maíz). La Figura 2 muestra el análisis estacional de los SIPI del maíz para toda la campaña de riegos.

Para el maíz, se aplicaron riegos cortos y frecuentes en las primeras fases del desarrollo de los cultivos para promover la nascencia y buen establecimiento del cultivo evitando la formación de costra en la superficie del suelo, que es muy común en el área de estudio (debido al alto porcentaje de limo en el suelo). Este exceso de agua aplicada en junio y julio (41% de la superficie analizada presentó un SIPI inferior al 80%) fue parcialmente compensado por un descenso del agua de riego aplicada en las últimas fases de crecimiento del cultivo, es decir, al final de la temporada de riego. El 26% de la zona presentó un SIPI estacional inferior al 80% y el 56% de la superficie presenta un SIPI entre 80% y 100%. A pesar de ello, hay parcelas que fueron sistemáticamente sobre-regadas con un valor estacional del SIPI < 80% (Figura 3). El uso del agua en las parcelas sobre-regadas mejoraría de forma importante con la asistencia de un servicio de asesoramiento basado en el análisis de datos del telecontrol.

### 3.4. Análisis de la calidad del riego en las parcelas de frutales de hueso

En la CRC, prácticamente todos los agricultores aplican riego deficitario (RDC) a los frutales de hueso. La Figura 4 ilustra la evolución acumulada del riego aplicado para 4 parcelas de melocotón de ciclo medio y su relación con las  $NH_N$  estándar y  $NH_N$  bajo RDC. El RDC, desde el punto de

Figura 4. Evolución semanal del riego acumulado para 4 parcelas de melocotón de ciclo medio, de las necesidades hídricas netas y de las necesidades hídricas netas en riego deficitario controlado (RDC).



vista de gestión del agua, es la disminución de la cantidad de agua para el riego de los cultivos influyendo lo menos posible en el rendimiento de la planta, en la calidad del fruto y, en definitiva, en la producción.

En las gráficas superiores de la Figura 3 (VH97 y VH100), se observa que durante gran parte del ciclo se aplicaron dosis iguales o incluso algo inferiores a la estrategia de RDC propuesta, y solamente al final del ciclo ambas parcelas se regaron por encima de las necesidades calculadas para la estrategia de RDC propuesta, que coinciden en ambos casos con las  $NH_N$  estándar estacionales. Las técnicas del RDC para el melocotonero de ciclo medio indican que el déficit puede aplicarse durante el endurecimiento del hueso y/o en postcosecha (Chalmers *y otr.*, 1981). En los hidrantes VH97 y VH100 (gráficas superiores) la evolución del riego indica que no se aplicó riego deficitario en la fase de postcosecha. Sin embargo, en las dos gráficas inferiores de la Figura 3 correspondientes a las parcelas 1H141 y 1H139, las curvas de riego aplicado discurren paralelas y muy próximas a la del RDC a lo largo de todo el ciclo del melocotonero, lo que indica que en estas parcelas si se aplicó RDC en las fases no sensibles al estrés, endurecimiento del hueso y postcosecha.

### 3.5. Comparación de las pautas de riego entre cobertura total y pivotes a partir de los datos del telecontrol.

La principal diferencia en las pautas de programación de riegos de las parcelas con coberturas total y pivotes fue ▶▶▶



►►► el número de aperturas y cierres de los hidrantes (riegos). Para parcelas con coberturas totales, el número medio de eventos de riego durante la campaña de riego fue de entre 35 a 45 riegos, mientras que el número de eventos para los pivotes se redujo a valores comprendidos entre 10 y 20. En consecuencia, el tiempo de riego por hectárea y evento fue mayor en pivotes que en coberturas totales.

Los resultados del riego de los sectores de las 10 fincas monitorizadas permitieron establecer el número y la duración de los eventos de riego por bloque así como los tiempos de riego y no riego del hidrante. Estos datos se complementaron con el número de sectores de las fincas monitorizadas y los datos del telecontrol. Se consideró que la duración del riego fue la misma en cada uno de los bloques de las parcelas monitorizadas de cobertura total. El análisis de los datos permitió aclarar algunos resultados obtenidos del telecontrol sobre tiempos de riego por hectárea y evento de riego, ya que determinadas parcelas requieren en momentos punta de demanda hídrica realizar riegos concatenados. Esta concatenación de los riegos no puede diferenciarse en los datos del telecontrol, mientras que con los datos de riego de los sectores resulta sencillo.

Para los pivotes, el análisis de los datos de telecontrol fue parcial debido a que la duración de los ciclos de los pivotes no pudo establecerse mediante las lecturas de los contadores y no pudo conocerse la secuencia completa de riego.

En general, los calendarios de riego que se aplican en la CRC consisten en riegos cortos y frecuentes tanto en maíz como en alfalfa y en pivotes como en coberturas totales. Este régimen de riego por aspersión incrementa las pérdidas por interceptación de agua en los cultivos. Esta pauta de riego sólo está justificada cuando hay problemas de escorrentía o de muy baja infiltración de los suelos, que en general no es el caso de los suelos de la CRC (datos no presentados).

El promedio de las alturas estacionales de riego aplicado en la CRC fueron de 814 mm y 791 mm para los pivotes y las coberturas totales, respectivamente. No se observaron diferencias significativas entre las alturas estacionales aplicadas por ambos sistemas de riego.

Si analizamos las alturas de riego aplicadas por cultivos, en el caso de la alfalfa las alturas medias de riego estacional fueron significativamente diferentes entre ambos sistemas de riego por aspersión. Para la cobertura total, la altura promedio de riego fue de 889 mm (con un coeficiente de variación del 18%), y para las parcelas de pivots la altura promedio de riego aplicado fue de 796 mm (con un coeficiente de variación del 14%). Para la alfalfa, la dosis estacional de riego aplicado fue menor en los sistemas pivote debido probablemente a que estos últimos tienen una mayor eficiencia que la cobertura total. Pláyan y otr. (2005) encon-

**Tabla 4. Resumen de los valores medios de la lámina de riego estacional aplicada a los principales cultivos (mm) en coberturas totales y pivotes.**

Cultivo	Coberturas totales	Pivotes
Alfalfa	889 (18)	796 (14)
Doble cultivo	917 (14)	978 (14)
Maíz ciclo largo	655 (25)	684 (18)
Maíz ciclo corto	819 (20)	831 (27)
<b>Total</b>	<b>791 (28)</b>	<b>814 (24)</b>

\*El valor entre paréntesis corresponde al coeficiente de variación (%)

traron que las pérdidas del agua de riego para sistemas de pivotes y máquinas de riego fueron inferiores que en los sistemas de cobertura fija. Dechmi y otr. (2003) estudiaron el manejo del riego por aspersión en la comunidad de regantes de Loma de Quinto de Ebro (LQE) y encontraron que el valor medio del coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC) fue de 76% y de 68% en los sistemas de pivots y de cobertura total, respectivamente y por lo cual en condiciones de viento alto como es el caso en LQE los sistemas de cobertura total son menos eficientes que los pivotes.

Para el cultivo de maíz, no se observaron diferencias significativas entre las láminas de riego estacional aplicadas con ambos sistemas de riego (el riego aplicado fue de 819 mm y de 831 mm para las parcelas de cobertura total y de pivotes, respectivamente).

### 3.6. Análisis del riego en las coberturas totales a partir del seguimiento de 10 sectores de riego

El seguimiento de las diez parcelas provistas de un transductor de presión con un data logger en un sector representativo de la parcela indicó que el número de riegos durante el ciclo de cultivo fue muy alto para el maíz y la alfalfa. Este número varió entre 63 y 95 para el maíz y entre 47 y 56 para la alfalfa. La duración de los eventos de riego de un sector de riego varió entre 0.95 h y 2.86 h (Tabla 5). No se observa un patrón claro del momento del día en el que se aplican los riegos. En general los riegos del maíz son muy cortos (de media se riegan 1.3 horas por evento), mientras que a la alfalfa se le aplican riegos un poco más largos (de 2.4 horas de media).

El número de riegos diurnos varió entre el 8% de la parcela 9 hasta el 84% en la parcela 3. En general, el riego de las parcelas estudiadas tiene mayor porcentaje de tiempo de riego nocturno que diurno, aunque con excepciones importantes.

Las presiones de funcionamiento en el aspersor en las distintas parcelas fueron muy variables variando entre 243 kPa para la parcela 3 hasta 438 kPa para la parcela 1. Es de destacar la pequeña variación de presión que se produce ►►►



▶▶▶ entre riegos en la misma parcela, los coeficientes de variación son como máximo del 5%, con una media de 3.2 %.

#### 4- CONCLUSIONES

Este trabajo analiza las pautas de riego de los agricultores a través de los datos del telecontrol y la monitorización del riego de los sectores hidráulicos en 10 parcelas de coberturas totales de aspersión, El análisis de los datos permitió realizar un seguimiento de la adecuación de los riegos a las necesidades y ofrecer un asesoramiento individualizado a cada parcela.

El análisis de los datos de telecontrol siguiendo la metodología propuesta podría incorporarse en las rutinas diarias de las comunidades de regantes para mejorar la gestión del riego en parcela. Además, este análisis es una herramienta que ha servido para facilitar las estrategias de riego deficitario controlado en frutales de hueso.

La utilización del telecontrol para el riego centralizado desde la propia sede de la Comunidad de Regantes, de todas las parcelas de su zona regable, es un campo todavía poco explotado pero de un gran interés potencial y con un gran futuro. Este riego centralizado requiere que el telecontrol llegue a los sectores de riego y no se quede solo en los hidrantes. Los resultados del trabajo indican que en la Comunidad de Regantes de Candanos se hace un buen manejo de los sistemas de riego presurizado existentes con cantidades de agua de riego que se ajustan a las necesidades hídricas de los cultivos.

El seguimiento de las programaciones de riego de los sectores en parcela, indica que la duración media de los riegos por sector en maíz es de entre 1-1.5 horas y entre 2 - 3h por sector para la alfalfa. Esta práctica de riegos cortos y frecuentes en maíz está dando muy buenos resultados productivos a los regantes pero, sin embargo, incrementa las pérdidas por evaporación del agua de riego que queda interceptada en el cultivo. Para disminuir las pérdidas por intercepción del agua por los cultivos se podría reducir algo la frecuencia de riegos que, a su vez, podría redundar en un ahorro de agua de riego.

En frutales de hueso, los regantes de la CRC aplican generalmente un riego deficitario controlado, buscando mejorar la calidad de la fruta y también consiguen un aumento de la eficiencia de uso del agua.

**Tabla 5. Características de las 10 parcelas monitorizadas con transductores de presión: cultivo, superficie, caudal del hidrante, presión de riego, número de riegos, tiempo medio de riego por evento y tiempo de riego diario.**

Parcela	Cultivo	Superficie (ha)	Caudal (l/s)	Presión (kPa)*	Número de eventos de riego	Tiempo medio de riego por evento (h evento <sup>-1</sup> )*	Tiempo de riego diario (%)
1	Maíz	7,5	10	438 (3)	79	0,95 (16)	50
2	Alfalfa	9,3	12	389 (1)	56	1,91 (36)	51
3	Maíz	20,3	26	243 (4)	86	1,35 (33)	84
4	Maíz	13,5	16	356 (2)	78	1,11 (31)	16
5	Alfalfa	18	22	328 (4)	47	2,86 (17)	34
6	Maíz	11,9	15	254 (3)	73	1,28 (44)	42
7	Maíz	26,6	32	318 (3)	75	1,47 (34)	20
8	Maíz	16	20	411 (3)	77	1,27 (29)	77
9	Maíz	9	16	346 (4)	95	1,48 (33)	8
10	Maíz	30,8	37	321 (5)	63	1,58 (42)	55

\* El valor entre paréntesis corresponde al coeficiente de variación (%)

#### AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo ha sido realizado con la ayuda financiera del Ministerio de Ciencia e Innovación mediante los proyectos AGL2007-66716-C03-01/02 y AGL2010-21681-C03-01/03. la comisión europea mediante el proyecto QUALIWATER (INCO-CT-2005-015031) y la ayuda predoctoral de formación de personal investigador FPI-MICINN concedida al primer autor de este trabajo. Agradecemos la colaboración del personal de campo del CITA-DGA. Un especial agradecimiento al personal de la Comunidad de Regantes de Candanos por su colaboración. especialmente a Antonio Ferrer Millán.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Allen. R.G., Pereira. L.S., Raes. D. y Smith. D. (1998). Crop evapotranspiration. Guides for computing crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Nº 56. Italy. 300 p.
- Chalghaf B (2008). "Análisis del uso del agua de riego en una explotación comercial de frutales de hueso del valle medio del Ebro". *Thesis Master of Science IAMZ*. Unpublished.
- Chalmers DJ, Mitchell PD, van Heek L. 1981. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106. 307-312.
- Dechmi F, Playán E, Faci J, Tejero M (2003). "Analysis of an irrigation district in northeastern Spain. I: Characterisation and water use assessment". *Agric. Water Manage.* 61. 75-92.
- Faci JM, Bensaci A, Slatni A, Playán E (2000). "A case study for irrigation modernisation: I. Characterisation of the district and analysis of water delivery records". *Agric. Water Manage.* 42. 315-336.
- MAPA. (2001). Plan Nacional de Regadíos: Horizonte 2008. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Dirección General de Desarrollo Rural. Madrid.
- MARM. (2009). Encuestas sobre superficies y rendimientos de cultivos Esysrc. 44pp.
- Martínez-Cob A. (2008). Use of thermal units to estimate corn crop coefficients under semiarid climatic conditions. *Irrig. Sci.* 26 (4): 335-345.
- Playán E, Mateos L (2006). "Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity". *Agric. Wat Manage.* 80(1-3). 100-116.
- Playán E, Salvador R, Faci JM, Zapata N, Martínez-Cob A, Sánchez I (2005). "Day and Night Wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals". *Agric. Wat Manage.* 76: 139-159. T