

ANÁLISIS DE LAS PAUTAS DE RIEGO EN UNA COMUNIDAD DE REGANTES CON TELECONTROL

T. Stambouli ⁽¹⁾; N. Zapata ⁽²⁾; J.M. Faci ⁽³⁾

⁽¹⁾ Becario predoctoral (FPI-MICINN), 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

⁽²⁾ Científico Titular, Departamento Suelo y Agua. Estación Experimental Aula Dei (EEAD-CSIC). Aptdo. 202. 50080. Zaragoza, vzapata@eead.csic.es

⁽³⁾ Investigador Agrario, Unidad de Suelos y Riegos (Unidad asociada EEAD-CSIC), Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA-DGA), Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza, jfaci@aragon.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 en el noreste de España equipada con un sistema de telecontrol que dispone de varios sistemas de riego presurizado (2344 ha de cobertura total, 1838 ha de pivó y 414 ha de riego por goteo). 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 de Riego (SIPI). Estos datos de telecontrol han permitido también analizar las pautas de riego en frutales de hueso de la CRC. Por otro lado, se controlaron 10 parcelas de cobertura total para estudiar las diferentes pautas de riego utilizadas en 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.

Palabras claves: Calendario de riego, aspersión, pivote, cobertura total, riego deficitario controlado, índice de calidad del riego.

ABSTRACT

Over the last ten years, telecontrol systems have been incorporated into the majority of modern collective pressurized irrigation networks in Spain. This type of infrastructure provides many opportunities for the improvement of irrigation system management; however, the procedures required to modify irrigation system management practices are not currently in place. In practice, telecontrol systems are only used for standardized network operations. The Candasnos irrigation district (CRC) is an area in north-eastern Spain that is equipped with a telecontrolled irrigation system and contains a variety of different pressurized systems (2,344 ha solid set, 1,838 ha center pivots and 414 ha drip systems). In the present study, telecontrol data and crop water requirements were used to analyze the irrigation performance of principal crop (maize, alfalfa and peach trees) throughout the study of the temporal evolution of the seasonal irrigation performance index (SIPI). The irrigation guidelines for stone fruit trees at the CID were analyzed and compared to those of standard and controlled deficit irrigation strategies. Moreover, 10 farms with solid set irrigation systems were monitored to determine on-farm irrigation patterns. The average SIPI of maize, alfalfa and peach trees was 83%, 107% and 123%, respectively. Two general farmer irrigation patterns were established at the CRC: the first was characterized by minimal modification of the irrigation schedule and the second was characterized by continuous (weekly) changes in the irrigation schedule. The second pattern was more commonly employed in solid set systems than in those with pivots.

Key words: Irrigation scheduling, sprinkler, pivot, solid set, regulated deficit irrigation, index of irrigation performance

1- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La Comunidad Autónoma de Aragón es una de las comunidades que más superficie de regadío tienen en España (MARM., 2009). El regadío en Aragón representa el 10,9% del total nacional lo que supone una superficie de 372.158 ha 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; IAEST, 2009). La agricultura de regadío en Aragón tiene una orientación cerealista-forrajera. Los principales cultivos regados en Aragón son cultivos herbáceos como alfalfa y maíz.

Durante los últimos años, las políticas nacionales y regionales han favorecido la modernización de las zonas regables en España. El Plan Nacional de Regadíos asignó el 61% del presupuesto a la modernización de los sistemas de riego hasta 2008 (Forteza del Rey, 2002). 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 sistemas de telecontrol con el objetivo de mejorar la agricultura y adaptarla a las necesidades del siglo XXI (MAPA., 2001).

La implantación de modernos sistemas de telecontrol en los nuevos regadíos ofrecen nuevas posibilidades de control y de gestión del riego. Las utilidades de control 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.

La calidad del riego se determina generalmente con un conjunto de indicadores específicos (Molden y Gates, 1990; Malano y Burton, 2000; Playán y Mateos, 2006; Fernández y otr., 2007). Los indicadores deben ser adaptados localmente para describir la idiosincrasia de cada zona de regadío (Lorite y otr., 2004). La disponibilidad de la información del uso del agua a nivel de la parcela o en su caso a nivel de hidrante, permite una evaluación significativa de la calidad del riego mediante la determinación de estos indicadores para los principales cultivos de la zona de estudio y la evaluación de sus variabilidad entre los diferentes sistemas de riego y entre regantes. Los sistemas de telecontrol ofrecen datos continuos sobre el consumo de agua de riego a nivel del hidrante por lo cual sirven como una herramienta 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 Candanos (CRC) en la campaña 2009. El estudio presenta el análisis espacio-temporal del índice estacional de la calidad del riego (SIPI) para los cultivos y sistemas de riego por aspersión mayoritarios de la CRC.

2- MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado en la Comunidad de Regantes de Candanos que tiene telecontrol desde hace más de 10 años y que recientemente ha actualizado el sistema de comunicación y el interfaz del telecontrol. La CRC (Figura 1) 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% pívots y el resto de la superficie (7%) riego localizado. Toda la Comunidad de Regantes de Candanos dispone de una red de riego presurizado con presión natural. Tanto en las coberturas fijas como en los pívotes de riego los cultivos mayoritarios son el maíz (46%) y la alfalfa (18%), mientras que las parcelas de riego localizado están cultivadas de frutales (7%), la mayoría de hueso.

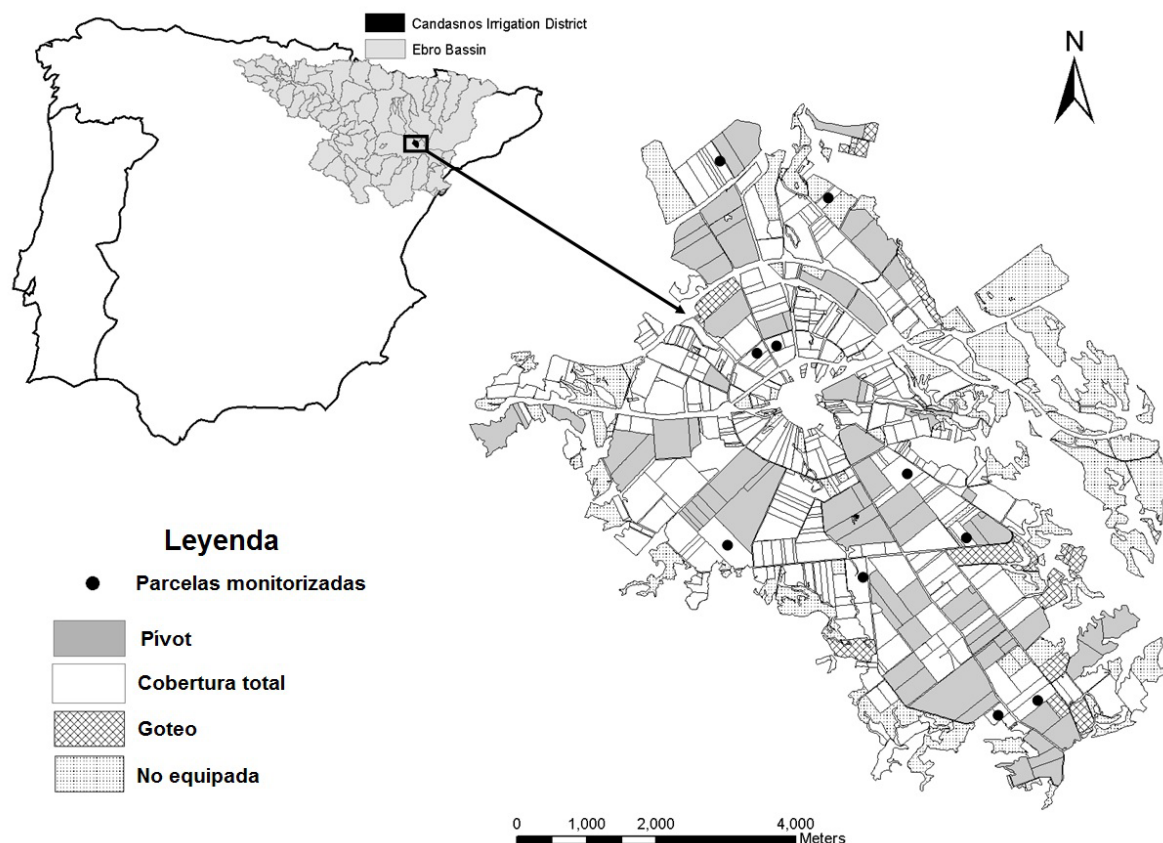


Figura 1: Localización de la Comunidad de Regantes de Candasnos en el Valle Medio del Ebro. Plano parcelario de pivots, coberturas fijas, riego localizado y parcelas monitorizadas con transductores de presión.

La evapotranspiración de los cultivos 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 coeficientes de cultivo (K_c) propuestos por FAO. 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. A la evapotranspiración de los cultivos se le descontó la lluvia efectiva (L_e , 80% de la lluvia) y a las necesidades netas resultantes se les aplicó una eficiencia del riego del 80%, en el caso de riegos por aspersión y del 90 % para riego localizado, para calcular las necesidades hídricas brutas (NH_B , Ec. 1):

$$NH_B = \frac{(K_c * ET_0) - L_e}{\text{Eficiencia del sistema de riego}} \quad (1)$$

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. La red de riego por aspersión en la comunidad esta compuesta por tres tuberías principales (TPN1, TPN2 y TPN5), cada tubería dispone de 3 o 4 estaciones concentradoras, que almacenan las lecturas de la totalidad de los hidrantes de cada línea. Cada estación concentradora recibe los datos de entre 18 y 72 hidrantes. Durante este trabajo se detectó el fallo en la lectura de datos de una de las concentradoras de la línea TPN1 que leía un total de 31 hidrantes y representaba unas 802 ha. Esta zona quedó excluida del análisis que se ha hecho a lo largo de la campaña, sin embargo, el gestor de la comunidad nos facilitó los volúmenes finales de riego de todos los contadores (leídos manualmente) por lo que se pudo hacer el análisis estacional de toda la zona regable.

Los datos de las lecturas de los contadores permitieron calcular las cantidades de riego aplicado en cada parcela 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) (Ec. 2):

$$SIPI = \frac{\text{Necesidades hídricas neta (NHn)}}{\text{Riego aplicado (RI)}} \quad (2)$$

Se calcularon también las necesidades hídricas de los frutales en condiciones de riego estándar (FAO56) y bajo riego deficitario controlado (RDC). Las NHn bajo RDC (Ec. 3), presentan las necesidades hídricas mínimas de los frutales para mantener un buen estado vegetativo y sin afectar la calidad de la fruta ni disminuir considerablemente la producción (Gelly y otr., 2004). El SIPI se ha calculado a lo largo de la estación de riegos para las dos estrategias de riego (riego estándar y RDC):

$$NHnRDC = (Kc * Krd * ET_0) - LLe \quad (3)$$

Krd es el coeficiente de reducción de la estrategia RDC que varía a lo largo del ciclo del cultivo. Los valores de Krd 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 un finca comercial de frutales de hueso en Caspe, municipio muy próximo al de Candasnos.

El SIPI se calculó mensualmente para el maíz y por corte en el caso de la alfalfa. En el caso de los cultivos frutales se compararon la evolución de los aportes de riego (datos del telecontrol) con la evolución de las necesidades hídricas estándar y con la de las necesidades hídricas 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, Los datos de los transductores de presión sirvieron para analizar 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 bloques y las presiones medias de los riegos.

3- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de los datos del telecontrol

3.1.1. Datos estacionales del telecontrol.

Los cultivos mayoritarios en la zona son: el maíz, con una ocupación del 46% de la superficie, la alfalfa que junto con otros forrajes representa el 19% de la superficie, y los cultivos frutales que ocupan aproximadamente el 6% de la CRC (Tabla 1). Destaca particularmente el elevado porcentaje de superficie dedicada a maíz en la campaña 2009. En otras comunidades de regantes similares a la CRC, pero que tienen el inconveniente de tener costes de bombeo, los porcentajes de superficie dedicados al cultivo de maíz son mucho menores. Otro aspecto a destacar es el elevado porcentaje de superficie sin cultivar, el 23,5%. Las láminas de riego aplicadas resultan muy ajustadas, 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).

Tabla 1: Resumen de los datos de la campaña de riego 2009 en la CRC obtenidos con el telecontrol. Para cada cultivo se presenta, su superficie en ha y en porcentaje, el número de hidrantes y la altura media estacional de riego aplicado.

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

*CV (%)

3.1.2 Análisis de la evolución del SIPI a lo largo del ciclo del cultivo

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.

Para el cultivo de alfalfa el promedio del SIPI fue alto (107%); el 46% de la superficie total de alfalfa tiene un SIPI > 100%. lo que implica que los aportes son inferiores a las necesidades de riego calculadas. El 45,5% de la superficie de alfalfa tiene un SIPI entre 80% y 100% lo que implica una buena adecuación entre aportes y necesidades. El 8,3% restante tiene un SIPI inferior al 80% lo que indica riegos por encima de las necesidades. La Tabla 2 presenta las superficies de la alfalfa en función del valor SIPI. El análisis se llevó a cabo durante toda la temporada y 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 tiene valores de SIPI superiores a 120%, lo cual es indicativo de infra-riego. Este valor se reduce al 10% de la superficie cuando se considera el análisis estacional. Hay que señalar que el contenido inicial del agua en el suelo no se ha considerado en este análisis y podría introducir ruido especialmente para los dos primeros cortes de alfalfa. 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.

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 ^{er} corte	2 ^o corte	3 ^{er} corte	4 ^o 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

La evolución mensual de los valores del SIPI acumulado de maíz en 2009 (Figura 2) indica que la proporción de parcelas con valores bajos de SIPI (<80%, sobre riego) 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). Como se mencionó anteriormente, a causa de los errores de comunicación del telecontrol que se produjeron en una concentradora de la línea de riego TPN1, el SIPI no se pudo calcular para el 19,2% de la superficie del maíz a lo largo de la temporada (representado como no hay datos en las figuras 2a, 2b, 2c y 2d). Sin embargo, los datos relativos al riego aplicado estacional estuvieron disponibles porque fueron recogidos manualmente por el secretario de la comunidad. La Figura 2e muestra el análisis estacional de los SIPI del maíz para toda la campaña de riegos.

Para el maíz, se han aplicado riegos cortos y frecuentes en las primeras fases del desarrollo de los cultivos para promover la germinación y para evitar 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 a lo largo de toda la campaña de riego, como lo muestran los valores de SIPI (SIPI < 80%, parcelas de color oscuro en las figuras 2a, 2b, 2c, 2d y 2e). Estas parcelas se mejorarán de forma importante su uso del agua con la asistencia que puede proporcionar un servicio de asesoramiento basado en el análisis de datos de telecontrol.

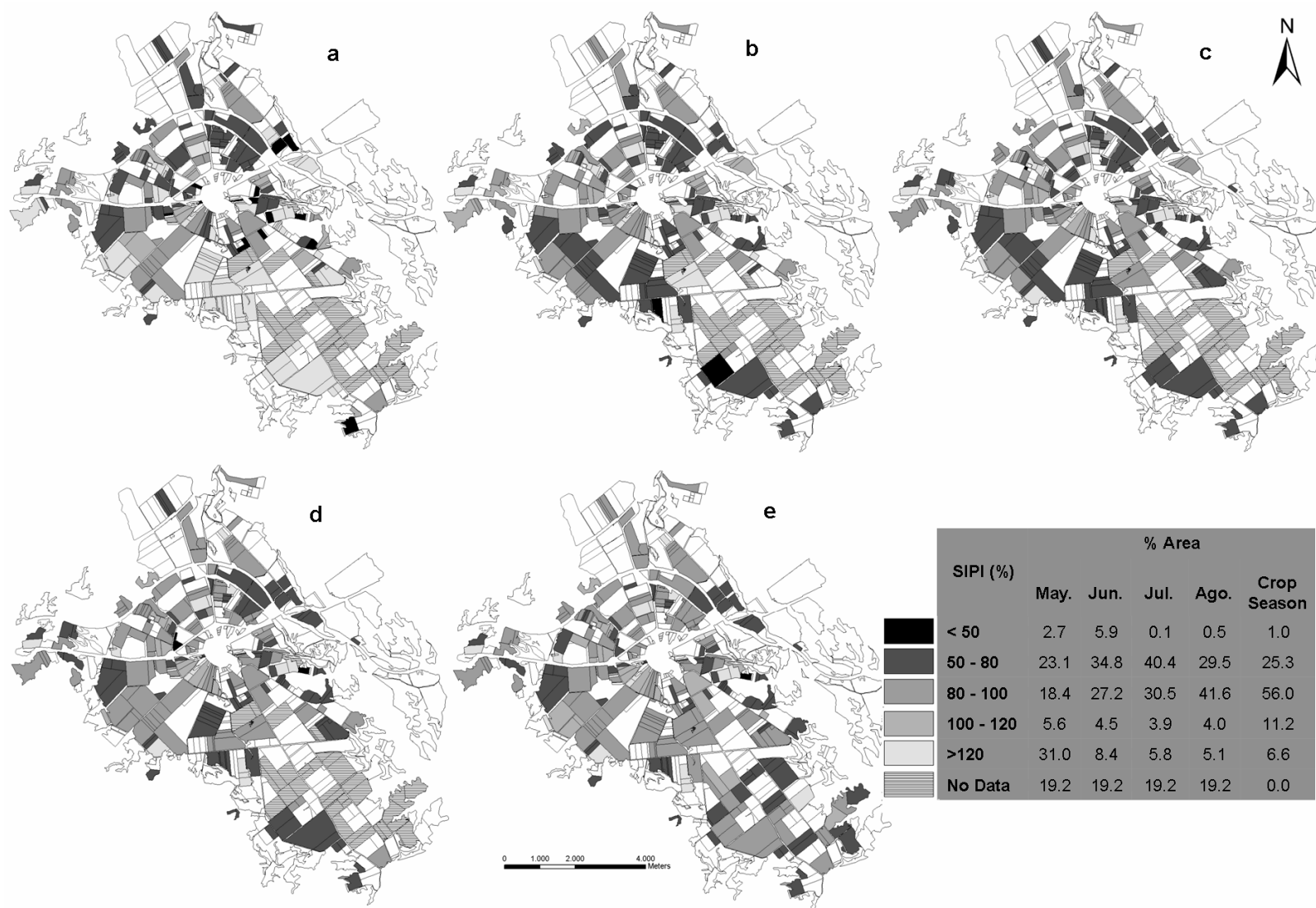


Figura 2: Distribución espacial de los valores del índice SIPI a lo largo de la campaña de riego para el maíz. Los datos se presentan acumulados hasta el mes de mayo (a), junio (b), julio (c), agosto (d) y toda la campaña (e). La tabla presenta el porcentaje de superficie dedicada a cada clase del SIPI

3.2. Análisis de las pautas de riego en frutales

En la CRC, prácticamente todos los agricultores aplican riego deficitario (RDC) en frutales de hueso. La Figura 3 ilustra la evolución semanal 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 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 aplican dosis iguales o incluso algo inferiores a la estrategia de RDC propuesta, y solamente al final del ciclo ambas parcelas se riegan 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 ciclo medio de melocotonero indican que el déficit puede aplicarse durante el endurecimiento del hueso y/o en postcosecha (Chalmers y *otr.*, 1981; Mitchell y Chalmers, 1982). En los hidrantes VH97 y VH100 (gráficas superiores) la evolución del riego indica que no se aplica 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 sí se aplica RDC en las fases no sensibles al estrés, endurecimiento del hueso y postcosecha.

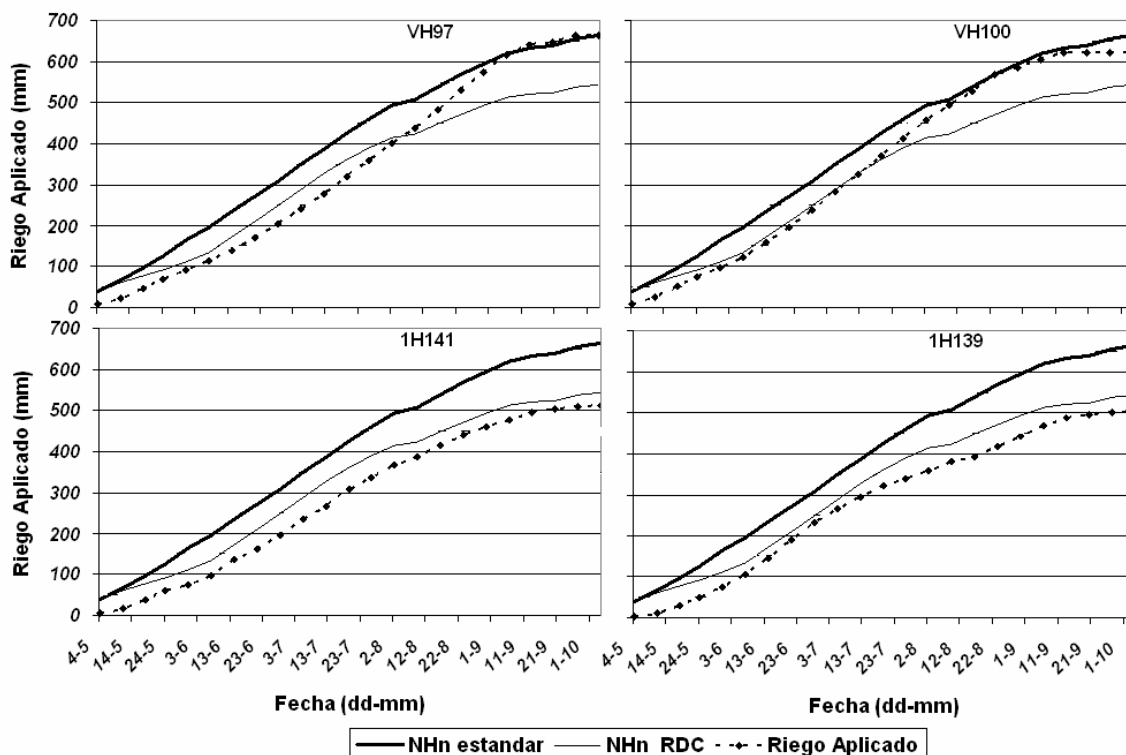


Figura 3: Evolución semanal del riego acumulado para 4 parcelas de melocotón de ciclo medio, de las necesidades hídricas netas y de las necesidades hídricas netas en riego deficitario controlado (RDC)

3.3. Comparación de las pautas de riego entre cobertura total y pivotes.

La principal diferencia en las pautas de programación de riegos de las parcelas con coberturas total y pivotes fue el número de apertura y cierre de los hidrantes (riegos). Para parcelas con coberturas totales, el número 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 10-20. En consecuencia, el tiempo de riego por hectárea y evento fue mayor en pivotes que en coberturas total.

Los resultados del análisis de riego en las 10 fincas con coberturas total permitieron obtener el número y la duración de los eventos de riego por bloque. Estos datos se complementaron con el

número de sectores de las fincas monitorizadas y los datos del telecontrol. Para los pívots, el análisis de los datos de telecontrol fue parcial debido a que la duración de los ciclos de los pívots no pudo establecerse mediante las lecturas de los contadores y no pudo establecerse la secuencia completa de riego. Los datos sobre el riego de los sectores de las 10 fincas monitorizadas permitieron establecer los tiempos de riego y no riego de los sectores. Estos datos permitieron 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. El análisis de los tiempos de riego medios para el maíz indica que en este cultivo los tiempos de riego eran en general cortos (entre 1 y 1.5 horas por evento de riego y ha, lo que se asemeja a la superficie de un sector) y frecuentes (riego diario). En alfalfa, los tiempos de riego fueron mayores (entre 2.5 y 3 horas por evento y ha) y se aplicaban con una frecuencia media de aproximadamente 2 días. En general, se puede decir que los riegos cortos y frecuentes incrementan las pérdidas por intercepción de agua en los cultivos y que no resultan adecuados en sistemas de riego por aspersión. Esta pauta de riego sólo está justificada cuando hay problemas de escorrentía o de 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 808 mm y 793 mm para los pívots y las parcelas con coberturas total, respectivamente. No se observaron diferencias significativas entre las alturas estacionales aplicadas por ambos sistemas de riego.

Si analizamos 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 una desviación estándar de 164 mm), y para las parcelas de pívots la altura promedio de riego aplicado fue de 793 mm (desviación estándar de 120 mm). Para la alfalfa, la dosis estacional de riego aplicado fue menor en los sistemas pivote debido probablemente a que estos últimos tiene una mayor eficiencia que la cobertura total. Pláyan y otr. (2005) encontraron que las pérdidas del agua de riego para sistemas de pívots 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 pívots 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.

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 818 mm para las parcelas de cobertura total y de pívots, respectivamente).

3.4. Análisis del seguimiento de 10 sectores de riego

El seguimiento de las diez parcelas que se realizó colocando un transductor de presión en un sector representativo de la parcela indicó que el número de riegos por día y por sector variaba entre 1.3 y 2.9. con una duración de cada evento de riego de 0.95 h hasta 2.86 h (Tabla 3). 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. El único valor del % de tiempo de riego diurno que tiene relación con el ratio caudal del hidrante frente a superficie a regar es el correspondiente a la parcela 9 en el resto no hay ninguna relación.

Las presiones de riego fueron muy variables de una parcela a otra 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 %. 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.

Tabla 3. Características de las parcelas monitorizadas: 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)*	Numero de eventos de riego	Tiempo medio de riego por evento (h evento ⁻¹)*	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

*Promedio y CV (%)

Se llevó a cabo una comparación entre los datos de consumos medidos con transductores de presión y con telecontrol. La Figura 4 muestra esta comparación para dos parcelas monitorizadas (Parcela 2 de alfalfa y parcela 8 de maíz) durante el mes de agosto. En la parcela de alfalfa se ve una concordancia entre los datos de telecontrol y los recogidos por el transductor de presión, a pesar de ello hay datos como el registrado el 9 de agosto en el transductor, un riego de 2 horas, que el telecontrol no registra. Esto puede ser debido a un fallo en el sistema de telecontrol. Según se comprueba en la Figura 4a la parcela tiene 6 sectores de riego, y cada sector se riega mas o menos 2 horas.

La Figura 4 b presenta la comparación entre datos del telecontrol y datos del transductor para una parcela de maíz. De acuerdo a las medidas del telecontrol durante la primera semana del mes el tiempo de riego es de 16 horas por evento. Este dato se corresponde muy bien con el tiempo medio de riego medido en el transductor colocado en uno de los 11 sectores de este hidrante que fue de 1.5 horas. El valor de 1.5 horas se corresponde con el cociente de las 16 horas de riego total entre los 11 sectores. La duración del riego disminuye a partir de mediados del mes de agosto hasta 11 horas por evento (1 hora por sector).

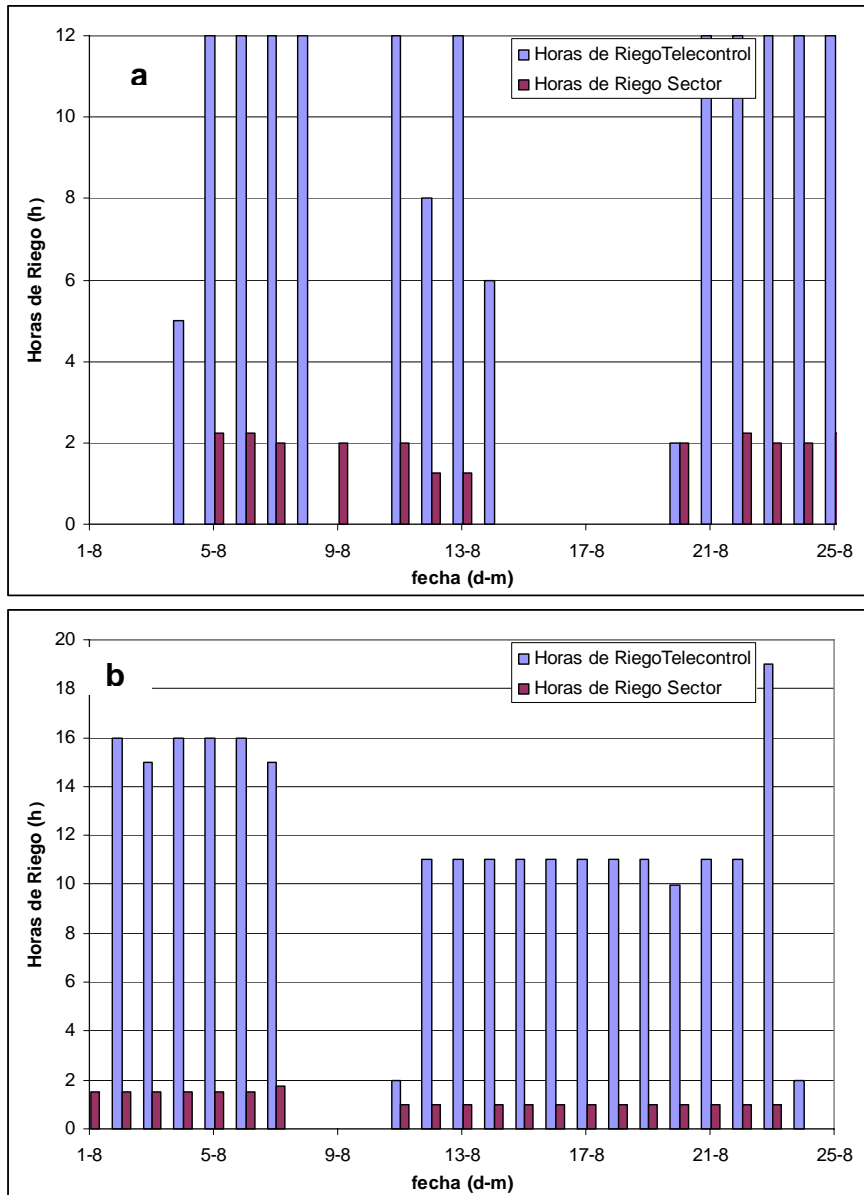


Figura 4: Comparación de las horas de riego obtenidas con los datos del telecontrol en el hidrante y con el transductor de presión en un sector monitorizado de alfalfa (a) y de maíz (b) durante el mes de agosto en la CRC

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. Los datos permiten 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, es una herramienta importante para promover y facilitar las estrategias de riego deficitario controlado en frutales de hueso.

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 incrementa las pérdidas por evaporación del agua de riego que queda interceptada en el cultivo. Si el suelo de la parcela no presenta problemas de infiltración o escorrentía, esta práctica no es aconsejable.

En frutales de hueso, los regantes de la CRC aplican generalmente un riego deficitario controlado buscando mejorar la eficiencia de uso del agua.

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. N° 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.
- Fernández MD, González AM, Carreño J, Pérez C, Bonachela S (2007). “Analysis of on-farm irrigation performance in Mediterranean greenhouses”. *Agric Water Manage.* 89, 251–260.
- Forteza del Rey, V. (2002). El plan nacional de regadíos. *Agricultura* 842: 554-556.
- Gelly M, Recasens I, Girona J, Mata M, Arbones A, Rufat J, Marsal J. (2004). “Effects of stage II and postharvest deficit irrigation on peach quality during maturation and after cold storage”. *J. Sci. Food Agric.*, Volume: 84, Issue: 6, Pages: 561-568, Published: APR 30 2004.
- IAEST (2009). Información estadística de Aragón: Datos sobre superficies regadas por técnica de riego. Disponible en http://portal.aragon.es/portal/page/portal/IAEST/IAEST_0000/IAEST_04/IAEST_0400/IAEST_0401/IAEST_040107/04010712.xls
- Lorite IJ, Mateos L, Fereres E (2004a). “Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment: I. Model and general assessment of an irrigation scheme”. *Irrig. Sci.*, 23 (2), 77–84.
- Malano H, Burton M, (2000). “Guidelines for Benchmarking Performance in the Irrigation and Drainage Sector”. IPTRID Secretariat, FAO, Rome. 50p.
- 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 Esyrce, 44pp.
- Martínez-Cob A., (2008). Use of thermal units to estimate corn crop coefficients under semiarid climatic conditions. *Irrig. Sci.* 26 (4): 335-345.
- Mitchell P.D., Chalmers D.J., 1982. The effects of reduced water supply on peach tree growth and yields. *J Amer Soc Hort Sci* 107, 853-856.
- Molden DJ, Gates TK (1990). “Performance measures for evaluation of irrigation-water-delivery systems”. *J. Irrig. Drain. Engrg. -ASCE.* 116 (6), 804–823.

- 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. Water Manage.*, 76(3), 139–159.