

Análisis del comportamiento de una red colectiva de riego considerando la programación de riego en parcela

Lima, F.A.^{a1}, Córcoles, J.I.^{b2}, Tarjuelo, J.M.^{a3}, Martínez-Romero, A.^{b4}

^{a1}Centro Regional de Estudios del Agua, Campus Universitario s/n 02071, Albacete, España. E-mail: ^{a1}aldiel_metal@hotmail.com, ^{a3}jose.tarjuelo@uclm.es; ^{b2}Escuela de Ingenieros Industriales de Albacete, Campus Universitario s/n 02071, Albacete, España. E-mail: ^{b2}juanignacio.corcoles@uclm.es, ^{b4}angel.mromero@uclm.es

Línea temática B | Hidrología, usos y gestión del agua. Riegos. Energía hidroeléctrica.

RESUMEN

El objetivo del trabajo es desarrollar una herramienta de simulación para la gestión de una zona colectiva de riego, que minimice el coste energético en la estación de bombeo de la red. La metodología propuesta ha sido aplicada en la red de riego a la demanda del sector I de la zona regable de Tarazona de La Mancha (Albacete, España). Para realizar las simulaciones del comportamiento de la red, se ha desarrollado una herramienta en MATLAB® de ayuda a la toma de decisiones para la gestión de redes colectivas de riego. La herramienta permite realizar un reparto de tomas abiertas según el calendario de riegos semanal establecido para cada parcela, seleccionando para cada día un escenario de apertura y cierre de cada toma de la red. Con la herramienta de simulación es posible distribuir los caudales en la red para garantizar un adecuado caudal y presión de suministro a la misma.

Palabras clave | estación de bombeo; herramienta de simulación; apertura de tomas; mínimo coste.

INTRODUCCIÓN

Dentro del sector agrícola, en los últimos años se ha producido una importante modernización en los sistemas de riego, pasando de los sistemas de gravedad a los sistemas presurizados (Abadía et al., 2008). Con eso, el consumo energético adquiere una mayor relevancia en los costes de la aplicación del agua, siendo necesaria la energía tanto para la extracción (superficial o subterránea) como para la distribución y la aplicación del agua mediante los sistemas presurizados. Asimismo, el aumento en el precio de la energía junto con la problemática de la escasez de agua en muchas zonas establece la necesidad de realizar un uso eficiente de estos recursos (Rodríguez et al., 2007; Pérez Urrestarazu et al., 2010; Knox, et al., 2010; Córcoles et al., 2016).

La falta de conocimiento acerca de la relación existente entre el agua y el uso de la energía, puede implicar mayores gastos energéticos (Córcoles, 2009). Este aspecto se torna imprescindible en la gestión de zonas con redes colectivas de riego presurizadas, con distintas alternativas de manejo, tales como el riego por turnos o a la demanda. En el caso de redes de riego a la demanda, si los agricultores no realizan una adecuada programación del riego se puede producir un uso ineficiente del agua (Ortega, et al., 2005; Moreno, et al., 2010), así como un aumento significativo en el consumo energético (Rodríguez Díaz, et al., 2009).

En este tipo de redes, el caudal circulante por las líneas es muy variable a lo largo de la campaña de riegos, dependiendo, entre otros, de la distribución de cultivos en la zona regable, de la fase de crecimiento de los cultivos, de las condiciones meteorológicas, de la eficiencia de aplicación de los sistemas de riego y de la planificación del riego por los agricultores. Es posible que, en ciertos períodos, en la estación de bombeo (EB) no se pueda garantizar el suministro del caudal y/o la presión del agua requeridos para el correcto funcionamiento de la red, debido al aumento del tiempo de riego en parcela derivado del incremento de las necesidades hídricas de los cultivos, o al aumento en el número de tomas abiertas. De esta forma, se requiere

un mayor caudal, y consecuentemente más potencia de la EB, pudiendo derivar en posibles fallos si la EB no está correctamente dimensionada (Planells, et al., 2001).

El objetivo del trabajo es desarrollar una herramienta de simulación para la gestión de una zona colectiva de riego, basada en un control de la programación de riego en parcela y en el establecimiento de la hora de inicio del riego en cada parcela de la red que minimice el coste energético en la estación de bombeo de la red.

MATERIAL Y MÉTODOS

Caso de estudio

La metodología propuesta ha sido aplicada en una Comunidad de Regantes (CCRR) en Tarazona de La Mancha (Albacete, España). El clima de la zona según la clasificación de Thornthwaite (1948), es semiárido con una precipitación anual de 300 y 400 mm, caracterizado por inviernos fríos y veranos cálidos, según la clasificación de Köppen.

La zona regable de 1044 ha, está compuesta por dos redes colectivas de riego a la demanda independientes (sector I y sector II). En el sector de estudio (sector I), el agua se distribuye mediante un grupo de rebombeo compuesto por 9 bombas iguales (140 CV por bomba) conectadas en paralelo, dos de ellas con variador de velocidad (Tabla 1). La estación de bombeo funciona con regulación manométrica en cabecera, con presión fija alrededor de 51 m. Generalmente, la EB trabaja las 24 h durante toda la campaña de riego, incluido en los periodos de tarifas más caras, para mantener la red en carga.

Tabla 1 | Características hidráulicas del sector I.

Características	Sector I
Superficie regable (ha)	550,2
Numero de hidrantes	389
Volumen del embalse (m ³)	23000
Número de sondeos	4
Numero de bombas para el rebombeo	9
Potencia de las bombas para el rebombeo (CV)	140
Longitud total de tuberías (m)	30504

En la zona del sector I, hay dos tipos de sistemas de riego, de aspersión y por goteo. Los sistemas de riegos por aspersión son predominantes en la zona, donde las parcelas regadas por este sistema superan el 60% de la superficie.

Durante una campaña de ensayo de campo (2015) se ha observado la distribución de los cultivos en el sector de estudio, con predominio de cultivos como la cebada (30%), vid (14%), trigo (9%) maíz (6%) y cebolla (5%).

Metodología aplicada

En la Figura 1, se muestra un flujograma con la metodología utilizada en este trabajo, dónde se ha desarrollado una herramienta para realizar la simulación de los diversos escenarios de riegos planteados para la campaña 2015, utilizando MATLAB® R2013b (Pratap, 2010) en combinación con el software de simulación hidráulica EPANET® (Rossman, 2000), que permite, a través de una librería de funciones, la simulación hidráulica de una red desde el entorno de programación indicado.

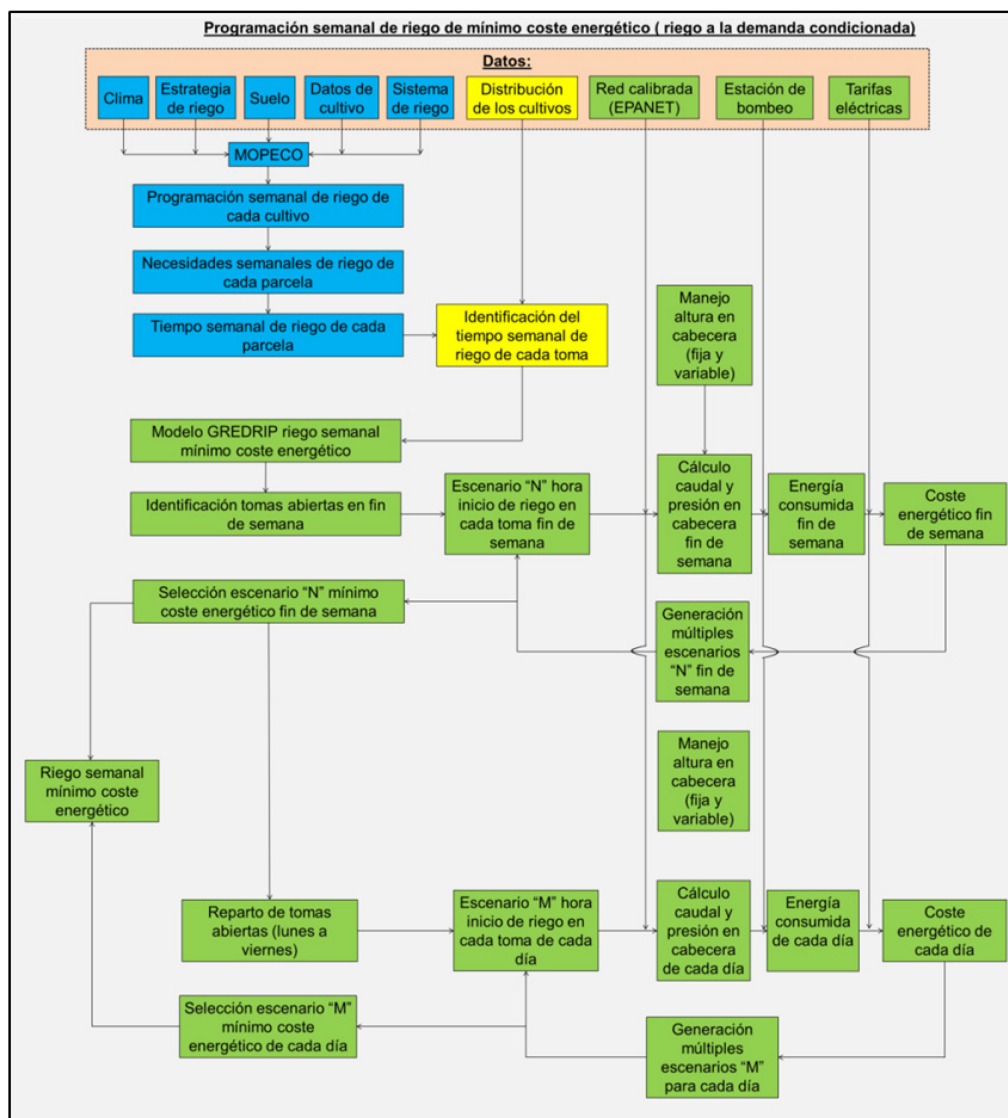


Figura 1 | Flujograma de la metodología aplicada.

Durante la campaña 2015, se han instalado equipos para controlar parámetros hidráulicos y eléctricos de la red y caracterizar su funcionamiento. En relación a los parámetros hidráulicos, se ha controlado la presión de modo continuo en distintos niveles, tanto a la salida de la estación de bombeo, en puntos estratégicos de la red y en parcelas de seguimiento de los cultivos. En todos los casos se ha realizado un registro continuo de la información, utilizando transductores de presión (Druck, Leicester, UK), con un rango de medida de 0 a 6 bar, conectados a un “datalogger” (Dickson, Addison, In, USA) para el registro de los datos, y una fuente de alimentación externa, compuesta por una batería de 12 V. Antes de la instalación en los puntos de medida, se ha realizado la calibración de los transductores a través de un manómetro digital (2023P7 Digitron®) de precisión de 0,01 bar.

En el caso de los parámetros eléctricos, se instaló un analizador de redes, modelo QNA-412 (Circutor, España), situado entre el transformador de media a baja tensión y la entrada a la estación de bombeo de la red. Con este equipo ha sido posible determinar cualquier incidencia de funcionamiento durante las campañas, relacionado con la calidad del suministro eléctrico (sobretensiones, huecos e interrupciones, etc.), así como de los principales parámetros eléctricos tales como tensión (V), intensidad de corriente (A), potencia activa y reactiva (kW), energía activa y reactiva (kWh), y frecuencia (Hz), entre otros. Además de la monitorización continua de la estación de bombeo, en determinados periodos de la campaña de riegos se ha medido el consumo energético de cada una de las bombas de forma individualizada. Para ello, se ha utilizado un analizador de

redes modelo AR5 (Circutor, España) tanto en las bombas accionadas con variador de velocidad como en las bombas fijas, utilizándolos de forma continuada durante la campaña, con intervalos de registro de parámetros eléctricos cada 10 minutos, con el fin de conocer la puesta en marcha de estos equipos durante las campañas. En cada una de las bombas que componen la estación de bombeo se ha determinado el caudal descargado utilizando un caudalímetro de ultrasonidos (PANAMETRICS® PT878), de forma sincronizada con el analizador.

Para realizar las simulaciones del comportamiento de la red se ha desarrollado una herramienta programada en MATLAB® que utiliza el motor de cálculo de EPANET® (Rossman, 2000), implementando la red del sector I, previamente calibrada (Moreno et al., 2007). Para analizar el comportamiento de la EB se han considerado dos condiciones de manejo de presión en cabecera, con altura fija o altura variable. Según los calendarios de riego establecidos por cultivo y parcela, que determinan el tiempo de riego, la herramienta simula en periodos de una semana, los días y las horas de apertura y cierre de cada toma de la red.

A partir de la distribución de los cultivos en parcela y con los datos climáticos registrados en una estación agroclimática completa (SiAR, 2016), se ha determinado los calendarios de riego de los cultivos implantados en la zona, planteando dos programaciones de manejo de riego en parcela que demanden distinto volumen de agua, una sin déficit y otra con déficit hídrico en los cultivos. Los calendarios de riegos se han establecido utilizando el módulo de programación de riegos del programa MOPECO (Modelo de Optimización Económica del riego) (Dominguez et al., 2012a), que aplica la metodología FAO (Allen et al., 1998).

El nivel de estrés global asignado a cada cultivo se ha realizado atendiendo a criterios económicos, de disponibilidad de agua y de manejo en el área de influencia del acuífero Mancha Oriental, planteando déficits moderados de entre el 20% y el 30% (Dominguez, et al., 2012ab; Domínguez, et al., 2013; Domínguez, et al., 2017). La programación de riegos por cultivo en esta estrategia se ha establecido aplicando la metodología de Riego Deficitario Optimizado por Etapas (ORDI), que determina para un escenario de déficit hídrico planteado ($ETa/ETm_{global} < 1$), la relación ETa/ETm objetivo en cada etapa del cultivo que maximiza el rendimiento (Domínguez, et al., 2012b).

En cada semana de estudio, para poder realizar la distribución de tomas abiertas en los diferentes días de la semana (lunes a viernes), se ha tomado como base o referencia, la hora de inicio del riego en cada parcela durante el periodo del fin de semana (sábado y domingo). Para determinar la hora de inicio del riego en cada una de las parcelas durante el fin de semana, con la herramienta de simulación se genera un escenario aleatorio de apertura de tomas. Dentro de un rango de múltiples escenarios aleatorios de las horas de apertura de las tomas en parcela cada día, se ha seleccionado aquel escenario que minimice el coste energético en la estación de bombeo.

En cada escenario de tomas abiertas, con el fin de tener un número elevado de momentos de inicio del riego en parcela, el periodo de riego correspondiente al fin de semana (un total de 48 horas) se divide en intervalos de 15 minutos. Finalmente, una vez establecida la hora de inicio más adecuada para el periodo del fin de semana con el procedimiento anterior, se realiza el reparto de tomas abiertas para el resto de días de esa semana, en función del calendario de riegos establecido para toda la semana. Para esos días semanales, se aplica la herramienta de simulación en cada uno de los días para definir la hora de inicio del riego en cada día según las horas disponibles (hay que tener en cuenta que en esos días la JER es de 8 horas) y la duración del riego (D_r), seleccionando el escenario que minimice el coste energético en la estación de bombeo en cada día.

Se ha analizado el comportamiento de la red utilizando la herramienta descrita anteriormente para diferentes estrategias de funcionamiento, a partir de la información recogida durante la campaña 2015. Una de esas estrategias está relacionada con el tipo de regulación de la presión en cabecera (fija o variable) y otra en relación al manejo de la programación de riego de los cultivos (riego con déficit y sin déficit hídrico).

En relación a la presión en cabecera, una de las estrategias de manejo, que coincide con la actualmente seguida por los gestores de la red, es establecer una regulación manométrica, tomando una presión de trabajo constante en cabecera de 52 m, que coincide con las medias de las presiones registradas por los transductores de presión en la campaña experimental, y que fue de 51,5 (2015). En la otra estrategia de regulación se considera una presión variable en cabecera según el caudal demandado, para garantizar una presión mínima de 35 m en la toma más desfavorable de la red, teniendo en cuenta que todas las tomas tienen un limitador caudal ajustado a su dotación.

RESULTADOS

En la Figura 2 se presenta el comportamiento de la red ante las simulaciones realizadas por la herramienta para una semana de baja demanda correspondiente a la semana del 2 de marzo hasta 8 de marzo (2015) y una semana de alta demanda (semana de 18 de mayo hasta 24 de mayo, 2015). La evolución del caudal suministrado a la red se muestra en la Figura 2, para la semana de baja demanda utilizando estrategia de riego sin déficit (Figura 2a) y deficitario (Figura 2b), y para una semana de alta demanda con riego sin déficit (Figura 2c) y deficitario (Figura 2d).

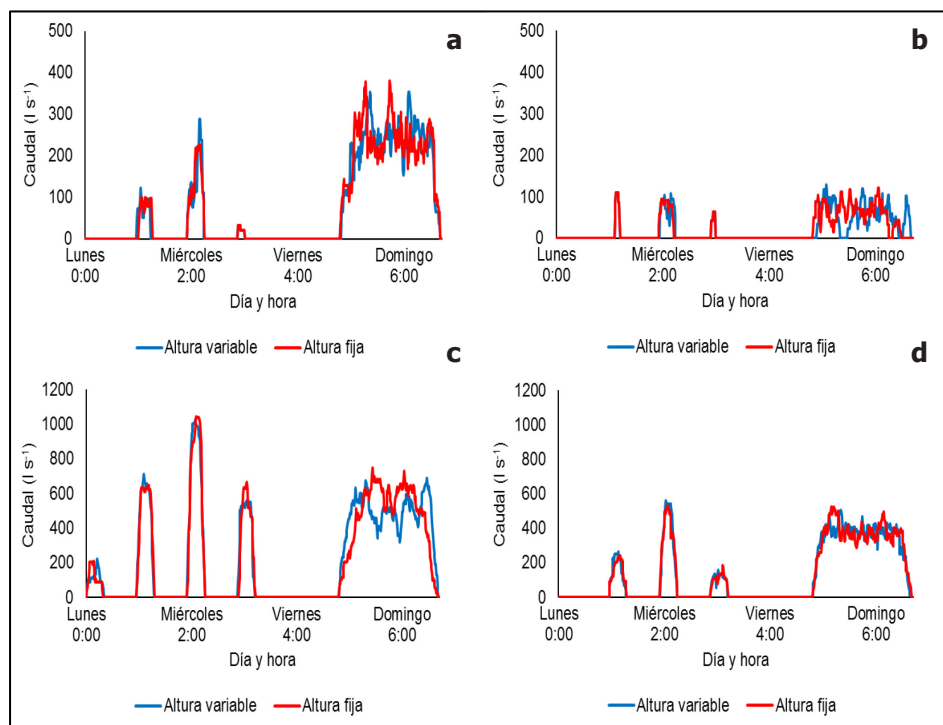


Figura 2 | Evolución de los caudales simulados para una semana en períodos de baja demanda (sin déficit (a) y con déficit (b)) y alta demanda (sin déficit (c) y con déficit (d)), para el año 2015.

El pico de caudal demandado en los riegos deficitarios (130 l s^{-1}) (Figura 2b) para la semana de baja demanda se muestra alrededor de un 66% menor cuando se compara con el pico del riego sin déficit (381 l s^{-1}) (Figura 2a). En ambos casos, estos picos se registran para el período de un fin de semana. Para la semana de alta demanda presentada, los picos máximos de caudal en los manejos sin y con déficit (1045 y 558 l s^{-1}) se producen para un día entre semana (miércoles) (Figura 2c y 2d).

En la Figura 3 se muestra la evolución de la presión en cabecera, para la semana de baja demanda (Figura 3a) y la semana de alta demanda (Figura 3b). Se observa que en las dos semanas analizadas (Figura 3a y 3b), la altura variable no supera los 52 m de altura fija. El pico de la presión en cabecera para la semana de baja demanda ha sido de 45,2 m (Figura 3a) y de 51,6 m (Figura 3b) en el caso de la semana de alta demanda, utilizando una estrategia de riego sin déficit en los dos casos.

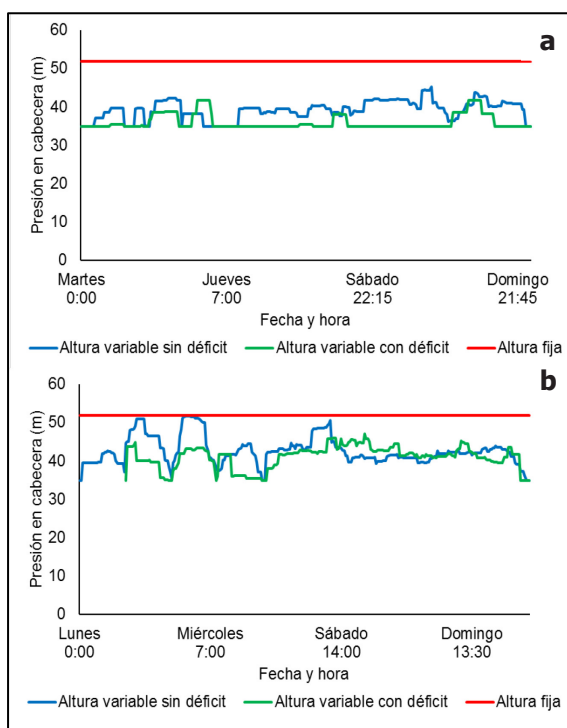


Figura 3 | Evolución de la presión en cabecera para una semana de baja demanda (a) y alta demanda (b) en 2015.

En la Figura 4 se muestran los rendimientos medios diarios correspondientes a la simulación en el año 2015 de la semana de baja demanda con los manejos sin déficit (Figura 4a) y deficitario (Figura 4b), y para la semana de alta demanda sin y con déficit (Figura 4c y 4d, respectivamente).

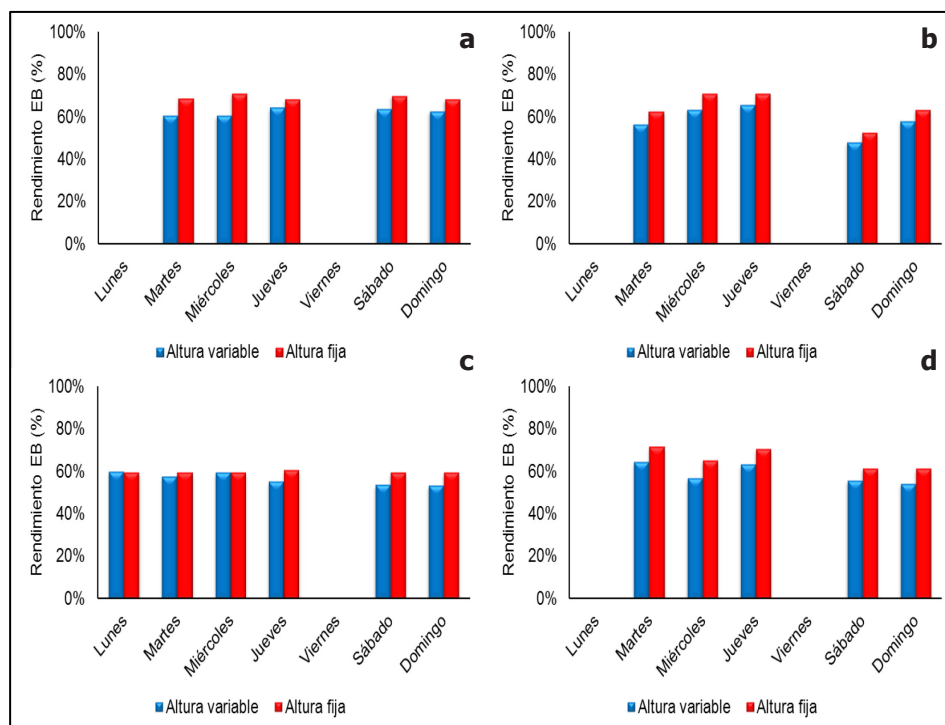


Figura 4 | Rendimientos medios diarios en la estación de bombeo para una semana de baja demanda (sin riego deficitario (a) y con riego deficitario (b)), y de alta demanda (sin riego deficitario (c) y con riego deficitario (d)), para el año 2015.

En la semana de baja demanda sin déficit, los rendimientos medios varían entre 61% y 64% para altura variable y entre 68% y 71% en la altura fija (Fig. 4a), en cuanto que en los riegos deficitarios, estos valores son de 48% hasta 66% y de 53% hasta 71%, utilizando altura variable y fija (Fig. 4b), respectivamente. En la semana de mayor demanda, los rendimientos presentan variaciones entre 53% y 60% en altura variable sin déficit y entre 59% y 61% en altura fija sin déficit (Fig. 4c). En el caso de los riegos deficitarios estas variaciones son de 54% hasta 65% en altura variable y de 61% hasta 72% en altura fija (Fig. 4d).

En relación al consumo energético (kWh), en la Figura 5, se muestra la evolución semanal para la semana de baja demanda con estrategia de riego sin déficit y con déficit (Fig. 5a y 5b, respectivamente) y alta demanda con estrategia de riego sin déficit y deficitario (Fig. 5c y 5d, respectivamente).

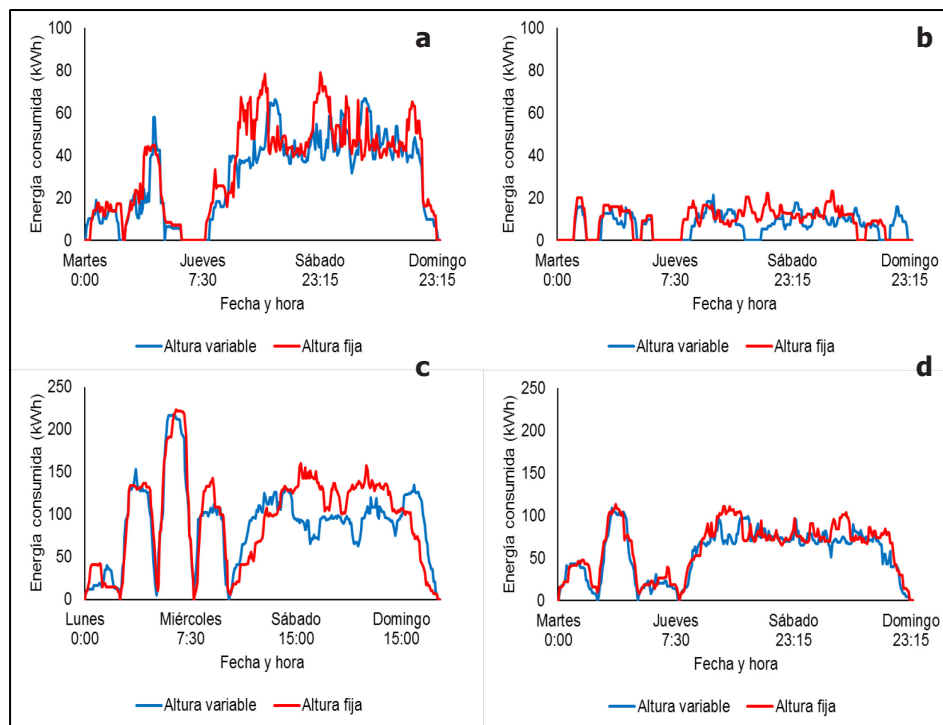


Figura 5 | Evolución del consumo energético para una semana de baja demanda (sin riego deficitario (a) y con riego deficitario (b)) y de alta demanda (sin riego deficitario (c) y con riego deficitario (d)), para el año 2015.

En estos casos, los picos registrados en la semana de baja demanda superan los 79 kWh (Fig. 5a) en riegos sin déficit y 23 kWh (Fig. 5b) en los riegos deficitarios. En la semana de mayor necesidad de riegos, estos valores superan los 224 kWh (Fig. 5c) en riegos sin déficit y 113 kWh (Fig. 5d) en los riegos deficitarios. En general, en todos los casos, los valores más elevados de consumo de energía se registran cuando se utiliza una regulación de altura fija en cabecera.

En la Figura 6, se muestra los costes diarios de la energía consumida para las semanas simuladas. Para la semana de baja demanda, los mayores consumos se registran en el fin de semana, con valores superiores a los 200€ (Fig. 6a) al utilizar altura fija y riegos sin déficit. Para la semana de alta demanda el coste es de 486€ en el sábado y 479€ para el domingo, con las mismas estrategias observadas en el caso de la semana de baja demanda (altura fija y riegos sin déficits).

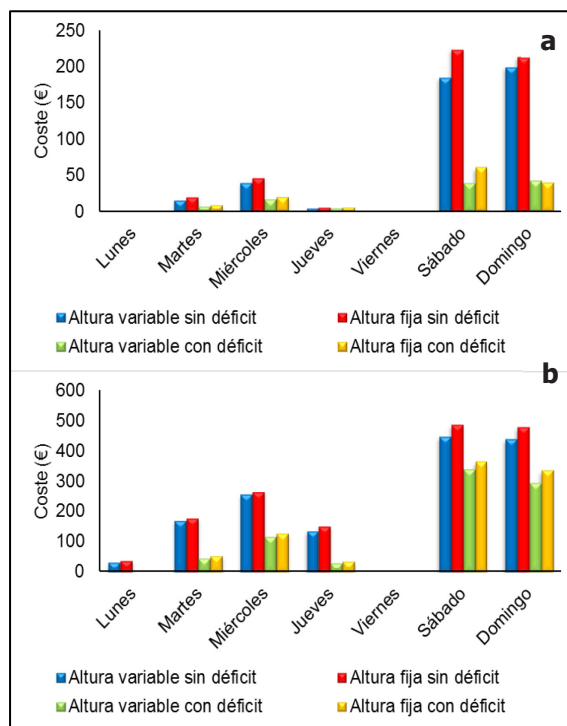


Figura 6 | Distribución de los costes simulados de energía eléctrica durante la semana de baja (a) y alta (b) demanda en 2015.

DISCUSIÓN

Al observar la evolución del caudal semanal, se observa que en el período de baja demanda estos valores son inferiores a una semana de alta demanda (Figura 2). Las condiciones climáticas y las etapas fenológicas de los cultivos en estos momentos establecen una menor demanda de caudal en la estación de bombeo, habiendo un menor número de tomas abiertas. Este aspecto se observa en la Figura 2a y 2b, donde los riegos que se produzcan en esa semana se han concentrado durante el fin de semana (JER 48 horas). Además, se observa que la evolución de los caudales demandados presenta menores valores frente a la semana de alta demanda.

En el caso del periodo de alta demanda (Figura 2c y 2d), hay un aumento importante en los caudales suministrados en la red, aspecto relacionado con un mayor número de tomas abiertas, derivado del estado de desarrollo fenológico de los cultivos con mayores demandas hídricas semanales. Para esta semana se observa que los mayores caudales simulados se encuentran en días entre semana (miércoles). Este hecho está relacionado con la limitación de la JER (8 horas), que conlleva a una concentración de tomas mayor en un intervalo menor de tiempo, comparado con la JER del fin de semana (48 horas).

Respecto a la evolución de la presión en cabecera, se observa que en las dos semanas (baja y alta demanda), la altura fija en cabecera se encuentra por encima de la altura variable, independientemente del tipo de estrategia de riego. En la semana de baja demanda (Figura 3a), la diferencia entre ambas regulaciones de presión en cabecera alcanza los 6,8 metros, mientras que en la semana de alta demanda en algunos momentos la diferencia es prácticamente nula. De esta forma, en el caso de la altura fija, sería necesario conocer la variabilidad temporal del caudal demandado y así ajustar la presión de cabecera para cada período de la campaña de riego.

Al comparar las alturas variables sin y con déficit, se observa que a lo largo de las semanas (baja y alta), la estrategia de riego sin déficit presenta una mayor necesidad de presión en cabecera. Esto se debe posiblemente por la mayor concentración de tomas abiertas, ya que la demanda de caudal para esta estrategia es mayor frente a los riegos deficitarios (Figura 3).

En relación a los rendimientos observados para las estrategias simuladas, la altura fija presenta mayores valores de rendimiento en la EB independientemente de la semana y de la estrategia de riego analizada (Figura 4). El consumo de agua en cada semana y el tipo de regulación de presión en cabecera, repercuten en el consumo energético y en el coste de cada semana.

Así pues, el mayor consumo energético de la altura fija está muy relacionado con la utilización de una presión en cabecera constante de 52 m, superior en muchos casos a la altura variable en cabecera, a pesar de que el rendimiento es ligeramente superior en el caso de regulación con altura fija en cabecera. De esta forma, se precisa de mayor potencia absorbida en la EB para suministrar los caudales a esta presión, acarreado mayores consumos energéticos.

CONCLUSIONES

La herramienta desarrollada pretende servir de ayuda a la toma de decisiones para la gestión de redes colectivas de riego. Con el uso de esta herramienta se tiene en cuenta la programación semanal del riego en parcela, y permite identificar la secuencia de apertura y cierre de cada una de las tomas de las parcelas para conseguir el mínimo coste energético en la estación de bombeo.

La distribución de tomas abiertas y la hora de apertura de cada una de ellas realizada con la herramienta de simulación ha permitido una distribución de caudales en la red que garantiza un adecuado caudal y presión de suministro a la misma, principalmente en aquellas etapas de alta demanda de riego.

La utilización de altura fija en cabecera de 52 m, a pesar de mostrar un rendimiento medio más elevado que la regulación con altura variable, conduce a un mayor coste energético si se compara con la altura variable en cabecera.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (MINECO) AGL2014-59747-C2-1-R (cofinanciado con fondos FEDER). Al Erasmus (IBRASIL) por el apoyo financiero, a través de la beca de estudio de doctorado.

REFERENCIAS

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *Irrigation and Drainage Paper No. 56*. FAO. Rome, Italy.
- Abadia, R.; Rocamora, C.; Ruiz-Canales, A.; Puerto, H. 2008. Energy efficiency in irrigation distribution networks I: theory. *Biosystems Engineering* 101(1), 21-27.
- Córcoles, J.I.; Tarjuelo, J.M.; Moreno, M.A. 2016. Pumping station regulation in on-demand irrigation networks using strategic control nodes. *Agricultural Water Management* 163, 48-56.
- Córcoles, J.I. 2009. *La gestión del agua y la energía en el regadío mediante técnicas de "Benchmarking"*. Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. Universidad Castilla-La Mancha. Albacete, España.
- Domínguez, A.; Martínez, R.S.; de Juan, J.A.; Martínez-Romero, A.; Tarjuelo, J.M. 2012a. Simulation of maize crop behavior under deficit irrigation using MOPECO model in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*. 107, 42– 53.
- Domínguez, A.; Jiménez, M.; Tarjuelo, J.M.; de Juan, J.A.; Martínez-Romero, A. Leite, K.N. 2012b. Simulation of onion crop behavior under optimized regulated deficit irrigation using MOPECO model in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management* 113, 64–75.
- Knox, J.; Morris, J.; Hess, T. 2010. Identifying future risks to UK agricultural crop production: putting climate change in context. *Outlook on Agriculture* 39, 249–256.
- Moreno, M.A.; Córcoles, J.I.; Tarjuelo, J.M.; Ortega, J.F. 2010. Energy efficiency of pressurised irrigation networks managed on-demand and under a rotation schedule. *Biosystems Engineering* 107, 349-363.
- Ortega, J.F.; de Juan, J.A.; Tarjuelo, J.M. 2005. Improving water management: the irrigation advisory service of Castilla-La Mancha. *V Jornadas de Ingeniería del Agua*. 24-26 de Octubre. A Coruña

Mancha (Spain). *Agricultural Water Management* 77, 37-58.

Pérez Urrestarazu, L.; Smout, I.; Rodríguez, J.; Carrillo-Cobo, M. 2010. Irrigation distribution networks. Vulnerability to climate change. *Journal Irrigation Drainage Engineering* 136, 486–493.

Planells, P.; Tarjuelo, J.M.; Ortega, J.F.; Casanova, M.I. 2001. Design of water distribution networks for on-demand irrigation. *Irrigation Science* 20, 189–201.

Pratap, R. 2010. Getting Started with Matlab. A Quick Introduction for Scientist and Engineers. Oxford University Press, USA.

Rodríguez, J.A.; Camacho, E.; López, R. 2007. Model to forecast maximum flows in on-demand irrigation distribution networks. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 133, 222–231.

Rodríguez-Díaz, J. A.; López Luque, R.; Carrillo Cobo, M. T.; Montesinos, P.; Camacho Poyato, E. 2009. Exploring energy saving scenarios for on-demand pressurised irrigation networks. *Biosystems Engineering* 104(4), 552-561.

Rossman, L. A. 2000. EPANET 2, users' manual. *Water supply and Water Resources Division*. National Risk Management Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati.

SiAR. 2016. Consulta de datos meteorológicos. Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha. Albacete, España. <http://crea.uclm.es/siar/datmeteo/>. Acceso en 07 de octubre de 2016.