

## Manejo del riego utilizando redes de sensores inalámbricas y cableadas. Criterios de selección

R. Torres<sup>1</sup>, R. Domingo<sup>1</sup>, M. Jiménez<sup>1</sup>, J.A. Vera<sup>1</sup>, A. Toledo<sup>1</sup> y F. Soto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> División de Sistemas e Ingeniería Electrónica, Universidad Politécnica de Cartagena. Campus de la Muralla s/n 30202 Cartagena. [roque.torres@upct.es](mailto:roque.torres@upct.es)

### Resumen

Actualmente, las redes de sensores son de gran interés en la realización de estudios fisiológicos y agronómicos relacionados con el manejo del riego de los cultivos. Estas tecnologías permiten sensorizar una gran cantidad de variables en diferentes zonas y tratamientos de riego, que se utilizan para obtener modelos óptimos de manejo del riego en esos cultivos. Con la reciente aparición de las redes de sensores inalámbricas, los sistemas centralizados de instrumentación utilizados tradicionalmente están siendo sustituidos por los sistemas inalámbricos debido, sobre todo, al ahorro en cableado que supone la adopción de sistemas sin cables. En este artículo presentamos un caso práctico de un ensayo en cerezo, con diferentes tratamientos de riego, donde se han adoptado de forma paralela un sistema cableado y otro inalámbrico con el objeto de obtener criterios de selección que permitan discernir cuando es más apropiado utilizar una tecnología u otra.

**Palabras clave:** manejo de riego, WSN, instrumentación agronómica.

### Wired and Wireless sensors network for irrigation management. Selection criteria.

### Abstract

In recent years, sensor networks have been widely used in agronomic field trials. These technologies allow monitoring a wide variety of parameters in irrigation sectors with different irrigation strategies in order to obtain optimal irrigation management models for the crops. Traditional centralized instrumentation systems are being replaced by wireless ones due, mainly, to cost savings in wiring and labor. This paper presents a field trial in a cherry crop with different irrigation strategies where both a wireless and a wired system have been deployed so as to obtain criteria on how to select the most suitable technology in future agronomic monitoring systems.

**Keywords:** irrigation management, WSN, agronomic instrumentation.

### INTRODUCCIÓN

El sector agrícola consume alrededor del 70 % de los recursos hídricos disponibles a nivel mundial. Con el aumento de la demanda de agua por otros sectores de la sociedad y las limitaciones ambientales, los recursos hídricos destinados actualmente para la agricultura disminuirán en las próximas décadas. Teniendo en cuenta que el agua es uno de los insumos que revierte más ampliamente en la producción y calidad de los productos agrícolas y por lo tanto en la rentabilidad de las plantaciones, es de esperar que los

productores consideren cada vez más la adopción de sistemas de medida y control, que permitan adoptar prácticas de riego para un manejo óptimo del agua. (Osteen et al 2012)

Dentro de estas prácticas de riego que requieren de controles y medidas precisas, se sitúan las estrategias de riego deficitario controlado (RDC), las cuales han demostrado ser eficaces en el aumento de la productividad del agua de riego en muchos cultivos, con mínima o nula penalización en el rendimiento y calidad (Fereres y Soriano 2007). Sin embargo, estas prácticas de riego, requieren de un seguimiento exhaustivo de las variables y parámetros relacionados con el cultivo y suelo, con el fin de aplicar el riego con la cantidad de agua necesaria y en el momento adecuado (Goldhamer and Fereres, 2001). Un déficit moderado, a priori económicamente beneficioso, puede reducir severamente el rendimiento de la producción si no se realiza un estricto control de las relaciones hídricas bajo estos tratamientos de riego deficitario controlado (Johnson and Handley, 2000, Puerto et al., 2013).

Se puede realizar un seguimiento a nivel de las relaciones hídricas agua-suelo y agua-planta utilizando sensores que informan de la evolución de variables del suelo, como el potencial matricial, contenido volumétrico a diferentes profundidades, y de planta como las fluctuaciones del diámetro de tronco (máxima contracción diaria de diámetro, MCD). Tradicionalmente, la información obtenida por estos sensores es tratada y almacenada por dataloggers con una conexión cableada a los sensores utilizando una arquitectura de conexión centralizada. Esta conexión a cada uno de los sensores, restringe la instalación de los mismos por el trazado de los cableados, además de las pérdidas eléctricas y los problemas asociados por roturas e instalación. Las tecnologías de redes de sensores inalámbricas (WSN) colaborativas, bajo standard IEEE 802.15.4, se configuran como una alternativa de instrumentación con alta densidad de sensores que se utilizan en estos estudios. Se han realizado ensayos agrícolas con redes inalámbricas de sensores (Morais et al 2008)(Honorio et al 2015), obteniendo buenos resultados. Sin embargo el despliegue de una red de sensores inalámbrica conlleva una serie de condicionantes que no siempre compensan respecto a las plataformas de instrumentación cableadas tradicionales. Entre uno de los objetivos de este ensayo, está obtener indicadores económicos, técnicos y de robustez a partir de una instalación agronómica con ambas plataformas, que pueden ser utilizados por los técnicos para seleccionar una u otra tecnología en ensayos agronómicos donde exista una alta densidad de instrumentación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El ensayo se realiza en cerezo, en la explotación 'Toli' (38° 8' N; 1° 22' W), término Municipal de Jumilla (Murcia). La plantación, de 15 años y marco de 5 m x 3 m, se riega por goteo, un lateral por hilera de árboles y 3 goteros de 4 L h-1 por árbol. Los 5 tratamientos experimentales implementados tienen las siguientes premisas: i) Control, CTL, regado al 120% de ETc, durante toda la campaña de riego, ii) Agricultor, AGR, regado según el criterio del agricultor y iii) tres tratamientos RDC: ligero (RDCL), moderado (RDCM) y moderado-severo (RDCM-S) con riego al 100% ETc menos lluvia efectiva desde inicio de campaña hasta cosecha y al 80, 60 y 40% de ETc resto de campaña. Los tratamientos se llevan a cabo con cuatro repeticiones por tratamiento, distribuidas al azar en 4 hileras del cultivo. Dos de las repeticiones están equipadas con una instrumentación con plataforma cableada utilizando un datalogger y dos multiplexores con un total de 10 puntos de medida y otras dos repeticiones utilizando una red de sensores inalámbrica (WSN) con un nodo de comunicación por punto de medida, utilizando

protocolo ZigBee y con una configuración topológica en estrella (ver Fig. 1). El acceso a los datos se realiza a través de un radio-enlace WIFI con un proveedor local de internet.

En cada punto de medida se han registrado las siguientes variables: i) Estado energético del suelo. Se han utilizado sensores de potencial matricial MPS6 a dos profundidades, 25 y 50 cm., ii) Contenido volumétrico de agua en el suelo. Se han utilizado sensores de humedad Enviroscan a tres profundidades de medida, 20, 40 y 70 cm. iii) Máxima contracción diaria. Se han utilizado dos tipos de dendómetros, LVDT con medida radial del tronco y D5 UMS, con medida perimétrica.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados del ensayo objeto de este artículo, se han centrado en la obtención de indicadores que puedan arrojar criterios de selección entre ambas arquitecturas de instrumentación: i) Coste de adquisición, usando los mismos sensores (ver Tabla 1), ii) Horas/hombre de instalación y mantenimiento, iii) Tasa de datos desde el comienzo de la instalación.

El indicador de horas/hombre muestra el coste de instalación requerido desde el comienzo de la instalación (semana1) hasta la finalización (semana 14). En la Fig. 2 se presentan los datos. Se observa la rapidez inicial en la instalación inalámbrica y, sin embargo un mantenimiento más continuado. Aun así, es superior en la cableada.

La robustez y validez de los datos se representan en la Fig. 3. Evolución, durante las primeras 15 semanas, de la tasa de datos recibida por ambas plataformas.

El análisis de estos resultados indica el retraso de la red cableada en el envío de datos, presentando una evolución creciente hasta una tasa de datos cercana al 100%. La plataforma inalámbrica comienza inmediatamente el envío de datos, pero a las pocas semanas se detectan fallos y es necesaria una readaptación de los nodos para su rendimiento.

El factor económico en la adquisición no es crítico como toma de decisión. La inversión de horas/hombre si es ventajoso en la plataforma inalámbrica, aunque la diferencia entre ambas plataformas está condicionada por una distribución de sensores donde no se tiene en cuenta la flexibilidad en la instalación de la plataforma inalámbrica, dado que ambas instalaciones son paralelas. En una instalación donde el muestreo de los sensores estuviera distribuido de forma más extendida, esta diferencia sería más elevada. La robustez de las medidas indica que la plataforma inalámbrica comienza a enviar medidas desde el comienzo de la instalación, sin embargo mantener la estabilidad de los datos requiere más tiempo que la plataforma cableada.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este proyecto está financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación “Evaluación de la automatización del riego deficitario en plantaciones frutales” AGL2013-49047-C2-1R

## **CITAS Y REFERENCIAS**

- Fereres, E.; Soriano, M.A.: Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 58 (2), pp. 147–159. 2007
- Goldhamer, D.A.; Fereres, E.: Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. *Irrigation Science*, Vol. 20, pp. 115-125. 2001
- Johnson, RS.; Handley, DF.: Using water stress to control vegetative growth and productivity of temperate fruit trees. *HortScience*. Vol. 35 (6), pp. 1048- 1050. 2000

Morais, R.; Fernandes, M. A.; Matos, S. G.; Serôdio, C.; Ferreira, P.J.; Reis, M.J.: A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision viticulture. Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 62, Issue 2, pp. 94–106. 2008.

Navarro, H, Torres, R., Soto, F., Albaladejo C., López, J.A., Domingo, R., A wireless sensors architecture for efficient irrigation water management, Agricultural Water Management, Volume 151, 31 2015, pp 64-74. 2015

Osteen, C.; Gottlieb, J.; Vasavada, U.: Agricultural resources and Environmental indicators. United Stated Department Agriculture. 2012

Tabla 1. Costes de adquisición de los equipos para ambas plataformas de instrumentación.

Instalación	Concepto	Coste	Total
Cableada	1 Armario, cajas conexión y prensaestopa	200,00 €	
	1 Datalogger + 2 Multiplexor	2.900,00€	
	1 Enlace ethernet para el datalogger	400,00 €	
	1 Fuente de alimentación y batería	50,00 €	4.005,00 €
	30 m Tubo GRISDUR para protección de cableado	115,00 €	
Inalámbrica	345 m Manguera flexible (1000V 10x1,5mm <sup>2</sup> )	320,00 €	
	1 nodo coordinador completo	420,00 €	
	10 nodos sensores completos	3650,00 €	4.120,00 €
	10 estacas sujeción nodos	50,00 €	

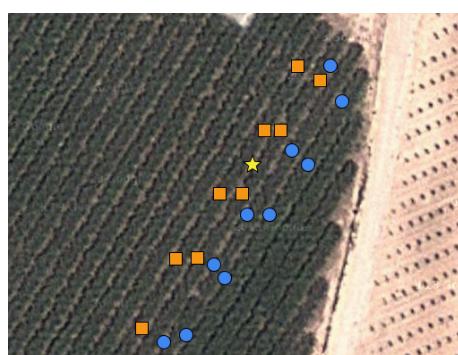


Fig. 1. Distribución de los puntos de medida. En naranja los puntos de la red cableada. En azul los puntos de la red inalámbrica. La estrella simboliza la ubicación del datalogger.

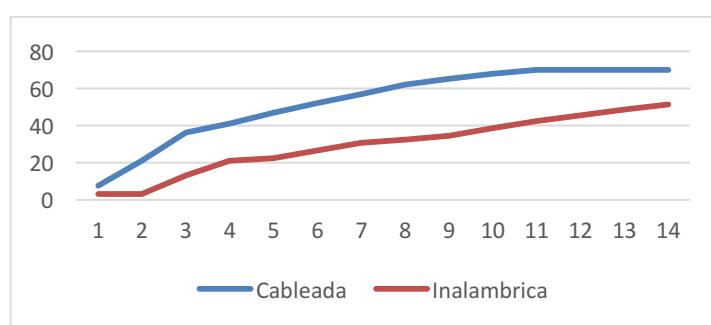


Fig. 2. Evolución del esfuerzo en instalación y mantenimiento entre plataformas de instrumentación.

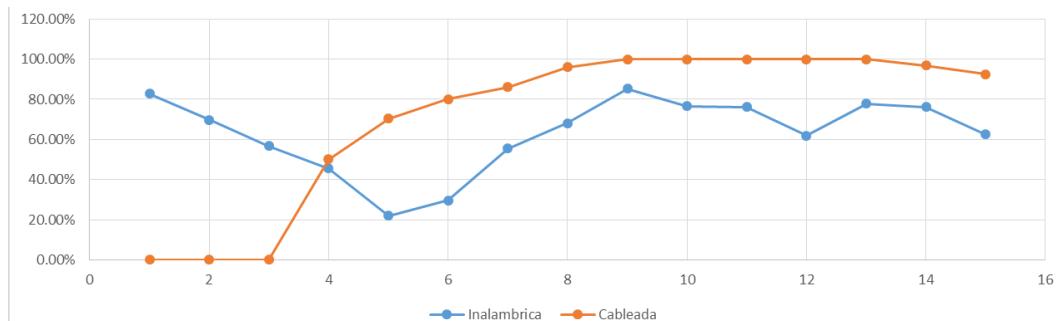


Fig. 3. Tasa de datos recibidos por ambas plataformas en las primeras 15 semanas.