













Sensores de humedad de suelo en cultivos hortícolas como puerro y zanahoria

Rosa M. Rodríguez González

Efi-Riego. Consultoría Agrícola Valladolid

e-mail: rosa@efi-riego.com, web: www.efi-riego.com

1°.- CONOCER CÚANTO, CÚANDO Y CÓMO REGAR

Conocer CUÁNTO, CUÁNDO y CÓMO regar es una necesidad de todo profesional relacionado con los cultivos de regadío. Actualmente las nuevas tecnologías nos aportan herramientas que nos permiten dar respuesta de forma rápida y precisa a estas cuestiones.

La disponibilidad de secuencias temporales de imágenes de satélite (Figura 1), permite dar respuesta a la pregunta de CUÁNTO regar. Actualmente, es posible conocer el índice de vegetación de cada pixel (10x10 m) de nuestra parcela. Y como éste está linealmente relacionado con el coeficiente de cultivo (Kc), se puede aplicar la metodología FAO 56 (Allen et al., 1998) para el cálculo de necesidades hídricas de cualquier cultivo, pero con información real, periódica y en detalle sobre la evolución de la cubierta vegetal de cada unidad de riego.

La digitalización del riego mediante sensores de humedad de suelo de tipo capacitivo (Figura 2) permite dar respuesta a las otras dos preguntas: CUÁNDO y CÓMO regar, de forma que se aproveche al máximo el agua utilizada y aporta una herramienta para demostrar el uso sostenible que se hace de ella. A lo largo de este artículo se explica en qué consiste esta tecnología y cómo Efi-Riego la está aplicando en Castilla y León desde hace 7 años. Se mostrarán también, a modo de ejemplo, resultados obtenidos en cultivos de puerro y zanahoria.

2°.- MEDIDA DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Los sensores de tipo capacitivo estiman la humedad



a través de la permitividad compuesta del suelo(\mathcal{E}), que engloba las tres fases del suelo (agua, aire y sólidos), debido a que el valor de la permitividad del agua (80) es muy superior a la del aire (1) y a la de los sólidos (2-5), pequeñas variaciones en la humedad del suelo provocan cambios importantes en el valor de esta propiedad, lo que permite estimar el contenido volumétrico de agua del suelo.

3°.- METODOLOGÍA

3.1- Instrumentación empleada

Un punto de monitorización tipo, está compuesto por tres sensores de humedad situados a diferentes pro-















fundidades y un pluviómetro para detectar los aportes de agua (lluvia o riego). Estos sensores están midiendo de forma continua y van conectados a un registrador de datos (datalogger), que almacena los datos y los envía a un servidor, de forma que se puede conocer el contenido de humedad del suelo de la parcela desde cualquier ordenador con conexión a internet.

En cultivos hortícolas, los tres sensores se instalan, a 15, 30 y 40 cm de profundidad. Los dos primeros, situados a 15 y 30 cm de profundidad, miden el contenido volumétrico de agua en la zona de mayor actividad radicular.

El tercer sensor, colocado a 40 cm de profundidad mide el contenido de humedad fuera de la zona de influencia de las raíces. Si este sensor detecta un aumento de humedad, se puede actuar sobre la programación de riego, reduciendo la dosis aportada, con lo cual se evitará la pérdida de agua por drenaje y con ello se evita también la contaminación por lixiviado de nutrientes. 3.2- Elección de la ubicación del punto de monitorización

Es importante la elección de la ubicación de los sensores. Para obtener la información más adecuada para el manejo del riego, se debe elegir un punto representativo, es decir, cuyas características sean las que predominen en el sector de riego. Por ejemplo, en un sector de 5 ha de terreno arcilloso, con un corro de 0,5 ha de terreno arenoso, nunca elegiremos el corro arenoso, habrá que instalar en el tipo de terreno mayoritario en la parcela.

Para hacer esta elección, hay que basarse principalmente en el conocimiento de la parcela del propio agricultor, en la observación visual, y de forma más precisa, esta decisión se puede apoyar en tecnologías como las imágenes de satélite, obteniendo un mapa de zonas de la parcela (Figura 3).

3.3- Instalación en campo

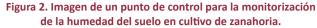
A la hora de instalar los equipos en campo, lo más importante es que los sensores estén en íntimo contacto con el suelo. Hay que evitar que queden bolsas de aire y que entren en contacto con piedras, tratando de alterar lo menos posible el terreno.

3.4- Manejo del riego tras la instalación

Tras realizar la instalación de los sensores, el manejo del riego se debe realizar de la forma habitual. Generalmente, después de uno o dos riegos, se pueden establecer los valores de referencia para determinar el porcentaje de agua disponible para la planta en cada momento.

3.5- Interpretación de las medidas

Debido a la heterogeneidad del suelo, es de gran utilidad, pasar los valores de contenido volumétrico de agua, cuyos valores toman diferente significado





dependiendo de la textura, a valores de AGUA DIS-PONIBLE PARA LA PLANTA (ADP). Para ello, se debe determinar los valores de Capacidad de campo y Punto de marchitez.

- CAPACIDAD DE CAMPO (CC). Es el contenido de agua en el que se estabiliza un suelo sin restricciones de drenaje después de ser humedecido.
- PUNTO DE MARCHITEZ (PM). Situación en la que las raíces de las plantas son capaces de extraer más agua.

A partir del análisis de la información recogida por los sensores, se determina el valor de capacidad de campo (máxima cantidad de agua que el suelo puede almacenar) para cada profundidad y se establece también para cada profundidad, un valor de contenido de humedad para el Punto de Marchitez. A partir de estos parámetros se determina el Agua Disponible para la Planta (ADP), como la diferencia entre Capacidad de Campo y Punto de Marchitez.

El porcentaje de Agua Disponible para la Planta que contiene el suelo en cada momento, y para cada profundidad, viene dado por la expresión recogida en la fórmula 1:

$$\% ADP = \frac{\theta - \theta_{PM}}{\theta_{CC} - \theta_{PM}} .100$$

donde,

 θ , es el contenido volumétrico de agua del suelo en un momento determinado (m^3/m^3) .

 θ_{PM} , es el contenido volumétrico de agua del \triangleright

NUEVOS RETOS PRODUCTIVOS PARA LA HORTICULTURA AL AIRE LIBRE











suelo en el punto de marchitez (m^3/m^3) .

 θ_{cc} , es el contenido volumétrico de agua del suelo a capacidad de campo (m^3/m^3) .

Dado que el Punto de Marchitez es el contenido de humedad al que la planta ya no es capaz de extraer más agua, mucho antes de alcanzar este punto, la planta ya está sufriendo estrés hídrico. Por ello, para que el cultivo se desarrolle en las condiciones idóneas, se establece un Nivel de Agotamiento Permisible (NAP), que corresponderá al porcentaje de Agua Disponible para la Planta (ADP) que se permitirá que se agote del suelo.

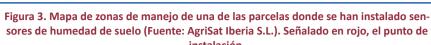
NIVEL DE AGOTAMIENTO PERMISIBLE. Partiendo de que el 100% del Agua Disponible para la Planta, corresponde a la Capacidad de Campo y el 0% del Agua Disponible para la Planta, corresponde al Punto de Marchitez, el Nivel de Agotamiento Permisible para los cultivos hortícolas considerados se establecen en el 50% del Agua Disponible para la Planta, a partir del cual habrá que proceder a aplicar el riego.

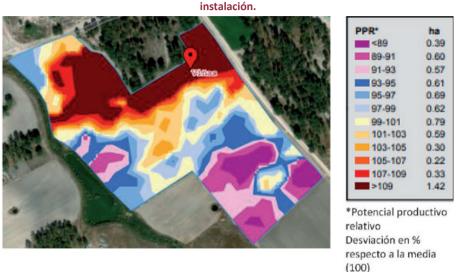
Un contenido de humedad superior al 100% del ADP significaría un exceso de agua que se pierde por escorrentía o drenaje, e incluso saturación del suelo, ocupando el agua los poros del suelo que deben estar ocupados por aire, pudiendo producir asfixia radicular. Por otro lado, un contenido inferior al 50% del ADP podría ocasionar estrés hídrico en el cultivo y, por tanto, disminución de producción.

4°.- INFORMACIÓN SENCILLA DISPONIBLE PARA EL AGRICULTOR

En la Figura 4 se observa la gráfica de Agua Disponible para la Planta, en la que la línea verde representa los valores obtenidos por el sensor de humedad instalado a 15 cm de profundidad, la línea roja representa los valores del sensor que está a 30 cm de profundidad y la línea azul representa los del sensor colocado a 40 cm de profundidad. Las barras azules son los aportes de agua (riego o lluvia). La zona sombreada es el Intervalo Óptimo.

Para un uso eficiente del agua de riego habría que mantener las líneas verde y roja dentro del área sombreada. Se regará al llegar al 50% del ADP, si no se ha hecho antes.





La línea azul (40 cm de profundidad) debe permanecer estable, como la de la figura, lo que indica que no estamos incrementando el contenido de agua a 40 cm de profundidad, por tanto, no se pierde agua por drenaje ni se contamina por lixiviados.

5°.- EXPERIENCIAS EN PARCELAS

5.1- Digitalización del riego en parcela de puerro

La figura 5 muestra la campaña de riego de una parcela de puerro con riego por aspersión. Se puede observar cómo las líneas verdes y rojas, que corresponden a la humedad a 15 y 30 cm de profundidad respectivamente se han mantenido dentro del intervalo óptimo casi toda la campaña y la humedad a 40 cm de profundidad (línea azul) no ha tenido aumentos significativos con los riegos.

Para el periodo considerado, las recomendaciones de riego aportadas por la estación meteorológica de la red del ITACYL más cercana ha sido de 584 l/m². La digitalización de lo que ocurre en el suelo ha permitido aplicar 304 l/m², ahorrando 280 l/m² respecto a las recomendaciones, lo que supone un 48% de ahorro de agua. 5.2- Digitalización del riego en parcela de zanahoria

En la figura 6 se muestra la campaña de riego de una parcela de zanahoria regada por pívot. La humedad a 15 y 30 cm de profundidad se ha mantenido dentro del intervalo óptimo durante la campaña. A 40 cm de profundidad (línea azul) aumentaba la humedad con los riegos al principio de campaña, pero se corrigió ajustando la dosis de riego aplicada.

En este caso, las recomendaciones de riego aportadas por la estación meteorológica de la red del ITACYL

Tecnología natural Hortícolas al aire libre



Elnfórmate sobre nuestras soluciones en:

tel. 962 541 163 • consulta@seipasa.com

www.seipasa.com • f 💆 🎯 in 🕒



NUEVOS RETOS PRODUCTIVOS PARA LA HORTICULTURA AL AIRE LIBRE





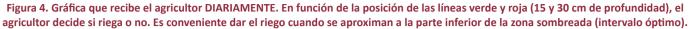












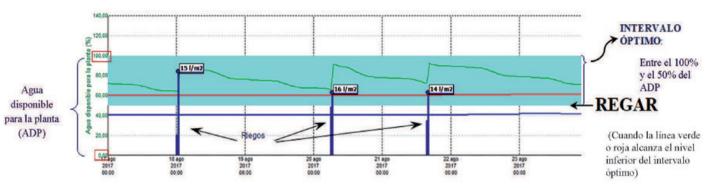
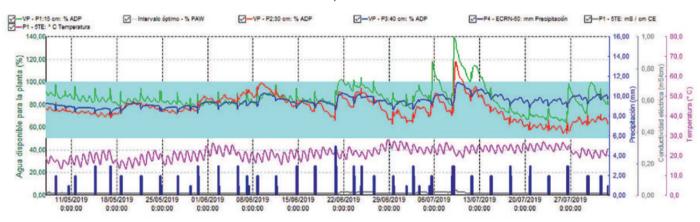


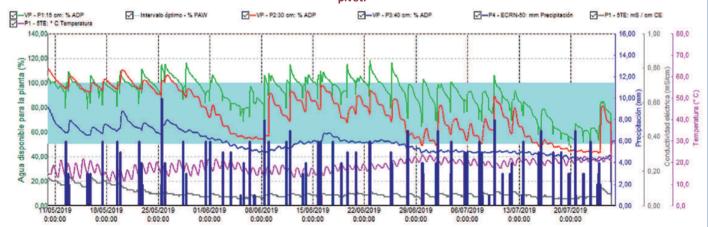
Figura 5. Gráfica de agua disponible para la planta. Periodo del 10 de mayo al 1 de agosto de 2019 en una parcela de puerro con riego por aspersión.



Leyenda de la gráfica:

- Línea verde, valores obtenidos de la sonda de humedad instalada a 15 cm de profundidad.
- Línea roja, valores obtenidos de la sonda de humedad instalada a 30 cm de profundidad.
- Línea azul, valores obtenidos de la sonda de humedad instalada a 40 cm de profundidad.
- Barras azules, aportes de agua recogidos en el pluviómetro de la parcela (mm).

Figura 6. Gráfica de agua disponible para la planta. Periodo del 17 de mayo al 25 de julio de 2019 en una parcela de zanahoria con riego por pívot.



Leyenda de la gráfica:

- Línea verde, valores obtenidos de la sonda de humedad instalada a 15 cm de profundidad.
- Línea roja, valores obtenidos de la sonda de humedad instalada a 30 cm de profundidad.
 - Línea azul, valores obtenidos de la sonda de humedad instalada a 40 cm de profundidad.
- Barras azules, aportes de agua recogidos en el pluviómetro de la parcela (mm).

VII CONGRESO











NUEVOS RETOS PRODUCTIVOS PARA LA HORTICULTURA AL AIRE LIBRE

más cercana fueron de 505 l/m². Se aplicaron 362 l/m² de agua, ahorrando 143 l/m² respecto a las recomendaciones, lo que ha supuesto un 28% de ahorro de agua.

Hay que puntualizar que, aunque en los dos casos mostrados se ha obtenido un importante ahorro de agua y en la mayoría de los casos ocurre, no tiene por qué ser siempre así. Otras veces se detecta estrés hídrico. Lo realmente útil que aporta la digitalización del riego es conocer con mayor precisión lo que está ocurriendo, en este caso, en el suelo. Esto permitirá tomar las decisiones adecuadas para mejorar la eficiencia del riego.

6°.- ASESORAMIENTO AGRONÓMICO **ESPECIALIZADO**

A pesar de la importancia que se le da al riego, lo cierto es que, en plena campaña, son muchas las labores a las que tiene que hacer frente el agricultor o técnico responsable y le es difícil poner en práctica nuevas técnicas que le ocuparían más tiempo.

Para ayudar al agricultor, Efi-Riego aporta su servicio de asesoramiento, de forma que aporta los equipos necesarios, los instala, mantiene y envía diariamente al agricultor la información en un formato sencillo (figura 4), para que disponga de la información que necesita sin tener que dedicarle un tiempo del que normalmente no dispone.

7°.- REFERENCIAS

Allen, R., L.S. Pereira, D. Raes y M. Smith, 2006. Estudio FAO Riego y Drenaje, 56. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

Dukes, M.D., E.H. Simonne, W.E. Davis, D.W. Studstill y R. Hochmuth, 2003. Effect of sensor-based high frequency irrigation on bellpepper yield and water use. pp. 665-674. Proceedings of 2nd International Confrence on Irriagation and Drainage. Phoenix, AZ.

Muñoz Carpena, R. y A. Ritter, 2005. Hidrología Agroforestal. Madrid: Mundi-Prensa Libros, S.A.

Muñoz-Carpena, R., M.D. Dukes, Y. Li y W. Klassen, 2008. Design and field evaluation of a new controller for soil water-based irrigation. Applied Eng. in Agriculture 24, 183-191.

Phene C.J. v T.A. Howel, 1984. Soil sensor control of high frequency irrigation systems. Transaction of the ASAE 27, 392-396

Porta, J., M. López-Acevedo y C. Roquero. 1999. Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 849 pp.

Ritter, A., N. Machín y C.M. Regalado, 2009. Evaluación de estrategias para la aplicación de agua en la Zona No Saturada en el cultivo del plátano. pp 320-327. En: O. Silva Rojas y J. Carrera Ramírez (eds.). Estudios de la Zona No Saturada del Suelo, Vol. IX. CIMNE. ISBN: 978-84-96736-83-2.

Rodríguez González, R.M. 2005. Estimación de la conductividad eléctrica en suelos volcánicos mediante métodos dieléctricos. Universidad de La Laguna. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Santa Cruz de Tenerife.

