

# Sensores de humedad de suelo en remolacha

*La incorporación de la digitalización a la agricultura permite medir con precisión parámetros que hacen posible un uso sostenible del agua de riego y, con ello, un aumento de la rentabilidad de la explotación.*

Rosa M. Rodríguez González, Ingeniero Agrónomo Efi-Riego. Consultoría Agrícola  
 e-mail: rosa@efi-riego.com,  
 web: www.efi-riego.com



Sensor en una parcela con remolacha.

## Uso sostenible del agua de riego y ahorro económico

A través de las secuencias temporales de imágenes de satélite, se puede calcular las necesidades hídricas máximas de cada parcela de remolacha con una semana de antelación (figura 1).

Actualmente es posible conocer el Índice de vegetación (NDVI) de cada píxel (10x10 m) de la parcela. El NDVI está linealmente relacionado con el Coeficiente de cultivo (Kc), por tanto, se puede aplicar la metodología FAO 56 (Allen, R. et al, 2006) para el cálculo de necesidades hídricas de la remolacha, pero con información real, periódica y en detalle sobre la evolución de la cubierta vegetal de cada unidad de riego.

Por otra parte, la digitalización del riego mediante sensores de humedad de suelo de tipo capacitivo (figura 2) aporta información de cuándo regar. Esto permite aplicar el agua que el cultivo necesita, cuando lo necesita, aprovechando la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y evitando así excesos de riego que generen condiciones de saturación.

## Medida de la humedad del suelo

El suelo está formado por sólidos, agua y aire. La proporción de cada uno de estos componentes depende de múltiples factores (edáficos, climáticos y humanos) y es fundamental para el óptimo desarrollo de las plantas. Además, cerca de la superficie del suelo, un volumen importante está ocupado por organismos vivos (tales como raíces, gusanos, bacterias, microflora y microfauna) que pueden tener un efecto importante sobre la distribución del agua en el suelo.

Los sensores de tipo capacitivo estiman la humedad a través de una propiedad, denominada permitividad compuesta del suelo ( $\epsilon$ ), que engloba las tres fases (agua, aire y sólidos). Debido a que el valor de

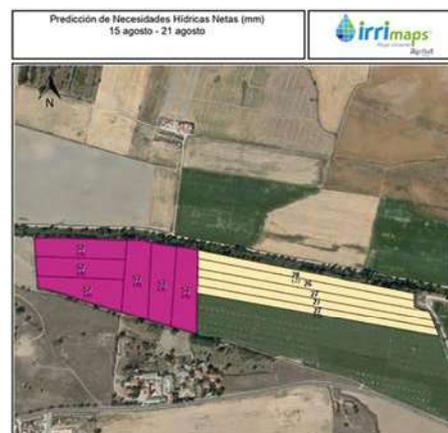


Figura 1. Ejemplo del servicio Irrimaps de AgriSat Iberia S.L. Estimación con una semana de antelación de las necesidades hídricas máximas de distintas unidades de riego en parcelas de remolacha y patata, expresadas en l/m<sup>2</sup>. Kc obtenido a partir de imágenes de satélite.



Figura 2. Imagen de un punto de control de humedad del suelo en cultivo de remolacha.

la permitividad del agua (80) es muy superior a la del aire (1) y a la de los sólidos (2-5), pequeñas variaciones de la humedad provocan cambios importantes en el valor de esta propiedad, lo que permite estimar el contenido volumétrico de agua en el suelo.

**Metodología**

**1. Instrumentación empleada**

Un punto de control tipo (figura 3), está formado por tres sensores de humedad de suelo situados a diferentes profundidades 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 y envía la información a un servidor, de forma que se puede conocer el contenido de humedad del suelo desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

En función del suelo se determina la profundidad de instalación de los tres sensores de humedad, aunque por experiencia, una muy buena referencia para la mayoría de los casos es 15, 30 y 40 cm.

Los dos primeros, situados a 15 y 30 centímetros de profundidad, miden el contenido volumétrico de agua en la zona de mayor actividad radicular.

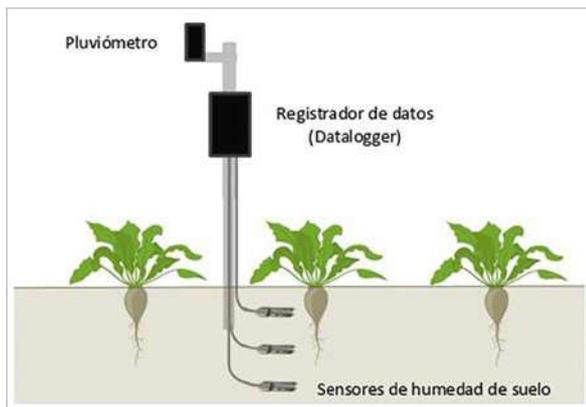


Figura 3. Esquema de un punto de control de humedad del suelo, con sensores distribuidos a tres profundidades.

El tercer sensor, colocado a mayor 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.

**2. 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.

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

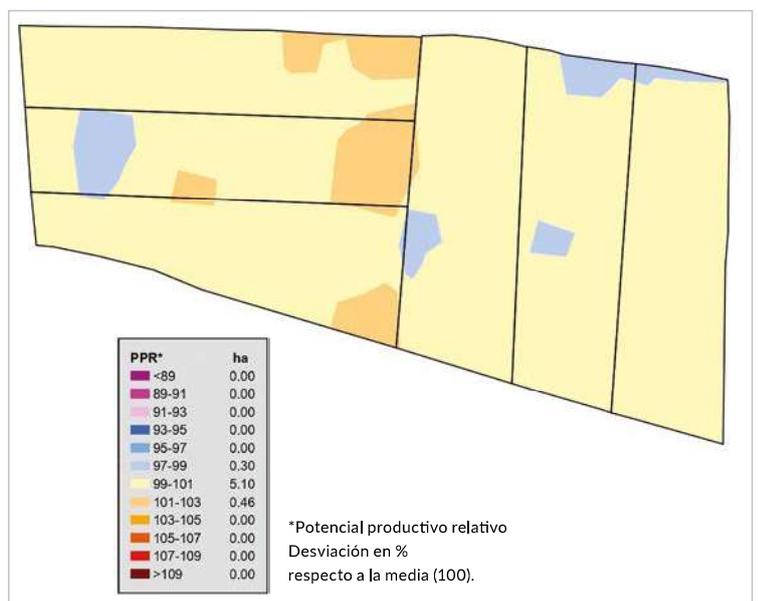
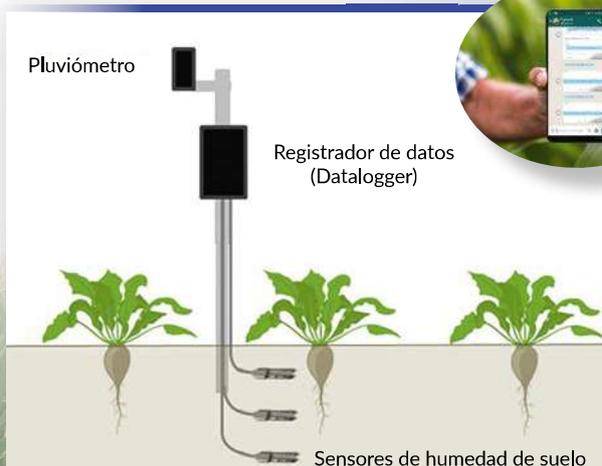
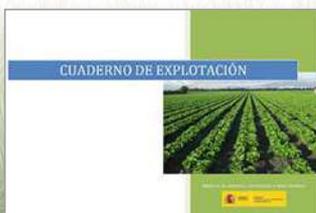


Figura 4. Mapa de zonas de manejo de la parcela de remolacha donde se han instalado los sensores de humedad de suelo, cuyos datos se muestran en este artículo (Fuente: AgriSat Iberia S.L.).



**Efi - Riego**  
Consultoría agrícola

www.efi-riego.com  
Tel. 616 75 62 95



**ASESORAMIENTO EN AGRICULTURA 4.0**



Teledetección

tecnologías como las imágenes de satélite, obteniendo un mapa de zonas de la parcela, como el que se muestra en la figura 4. En este caso, la parcela es muy uniforme, lo que no suele ser habitual. Generalmente, las parcelas muestran bastante heterogeneidad, pudiendo darse diferencias en el potencial productivo de la parcela incluso del 20%. En cualquier caso, se elegirá como ubicación de los sensores, aquella zona que represente un mayor porcentaje de superficie.

**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 o que entren en contacto con piedras, tratando de alterar lo menos posible el terreno.

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.

**4. Interpretación de las medidas**

Debido a la heterogeneidad del suelo, es útil pasar los valores de contenido volumétrico de agua, cuyos valores toman diferente significado dependiendo de la textura y estructura, a valores de Agua Disponible para la Planta (ADP).

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.

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.



Figura 5. Gráfica que recibe el agricultor diariamente en su móvil. En función de la posición de las líneas verde y roja (15 y 30 cm de profundidad), el agricultor decide si riega o no. Es conveniente regar cuando estas líneas se aproximan a la parte inferior de la zona sombreada, que representa el intervalo óptimo de humedad en el suelo. (Fuente: Efi-Riego)

Un contenido de humedad superior al 100% del ADP significaría un exceso de agua que se pierde por escorrentía o drenaje, o 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.

**Información sencilla disponible para el agricultor**

El agricultor o técnico responsable de una explotación agrícola tiene una importante carga de trabajo, especialmente durante la campaña de riego. Por eso es importante que los resultados de la digitalización del riego le lleguen de forma sencilla, representando una información útil lista para ser utilizada. En este sentido, pueden ser un gran apoyo las empresas de asesoramiento.

La figura 5 representa como se ha transmitido la información al agricultor en este caso. Cada día el agricultor recibe una gráfica en su WhatsApp.

La gráfica, muestra tres líneas (valores de Agua Disponible para la Planta a las tres profundidades) que deben permanecer dentro de la zona sombreada, que es el intervalo óptimo de humedad del suelo.

Cuando las dos primeras líneas se acercan al nivel inferior del intervalo óptimo, es el momento de regar.

La línea que representa los valores del sensor más profundo, no debe aumentar con los riegos, lo que indica que no se está incrementando el contenido de agua en profundidad, por tanto no se pierde agua por drenaje ni se contamina por lixiviados.

**Digitalización del riego en remolacha azucarera**

Desde las administraciones públicas se ofrece al regante valiosa información obtenida a partir de datos agroclimáticos. Mediante una red de estaciones meteorológicas se recoge información de radiación, temperatura, humedad, viento y pluviometría, que el servicio Inforiego, del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL) traducen a evapotranspiración. Posteriormente, en función del cultivo, sistema de riego y fecha de siembra, proporcionan recomendaciones de riego.

Estas recomendaciones de riego son el referente para cada zona y por ello se toman para realizar la comparativa con los resultados obtenidos mediante la digitalización del riego (figura 6). Sin embargo, la digitalización permite dar un paso más en cuanto a precisión, ya que es capaz de ajustarse a la realidad individual de la parcela, que no tiene que ser la misma que se correspondería a un sistema de recomendación más genérico, que aun siendo bueno, tiene que englobar a una amplia zona con la variabilidad que ello implica.

La figura 6 muestra la campaña de riego de una parcela de remolacha azucarera regada por aspersión. Para el periodo del 6 de julio al 4 de septiembre, las recomendaciones de riego aportadas por la estación meteorológica de la red del Itacyl más cercana fueron de 620 l/m<sup>2</sup>. La digitalización de lo que ocurre en el suelo ha permitido aplicar 482 l/m<sup>2</sup>, ahorrando 138 l/m<sup>2</sup> respecto a las recomendaciones, lo que supone un 22% de ahorro de agua. •

REMOLACHA									
Ficha	Periodo			ETo (mm)	Kc	Recomendación (R) <sup>1</sup> (l/m <sup>2</sup> ) (A)	Riego (l/m <sup>2</sup> ) (B)	AHORRO	
								(l/m <sup>2</sup> ) (A-B)	(%)
1	6/6/19	al	6/12/19	35	0,72	32	41	-10	-30
2	6/13/19	al	6/19/19	38,68	0,95	46	25	21	0
3	6/20/19	al	6/26/19	34,4	0,95	41	31	10	24
4	6/27/19	al	7/3/19	46,13	1,05	61	72	-11	-19
5	7/4/19	al	7/10/19	38,51	1,05	51	25	26	51
6	7/11/19	al	7/17/19	40,11	1,05	53	64	-11	-22
7	7/18/19	al	7/24/19	43,63	1,05	57	68	-11	-19
8	7/25/19	al	7/31/19	38,18	1,05	50	41	9	18
9	8/1/19	al	8/7/19	39,11	1,05	51	46	5	10
10	8/8/19	al	8/14/19	33,94	1,05	45	39	6	12
11	8/15/19	al	8/21/19	35,59	1,05	47	0	47	100
12	8/22/19	al	8/28/19	32,36	1,05	42	30	12	29
13	8/29/19	al	9/4/19	34,89	1,05	46	0	46	100
TOTALES						620	482	138	22

<sup>1</sup>Recomendación de riego según datos proporcionados por Inforiego (ITACYL).

$$R_{ITACYL} = (ETo \cdot Kc) / Ef \text{ (l/m}^2\text{)}$$

Figura 6. Tabla comparativa entre las recomendaciones de riego calculadas en función de la Evapotranspiración (ET) utilizando Coeficientes de Cultivo (Kc) convencionales y el riego aportado en una parcela de remolacha azucarera regada por aspersión y monitorizada con sensores de humedad de suelo.



## 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 Conference on Irrigation and Drainage. Phoenix, AZ.
- Garrido-Rubio, J., González Gómez, L., Arellano Alcazar, I., Madurga Del Cura, C., Navarro Comalrena De Sobregrau, M., López Tapia, J. y Calera Belmonte, A. 2015. Predicción de las necesidades hídricas con una semana de antelación mediante teledetección y meteorología en la finca experimental del CENTER para cultivos de maíz. XXXIII CONGRESO NACIONAL DE RIEGOS. Valencia 16-18 junio de 2015. Editorial Universitat Politècnica de València. doi:10.4995/CNRIegos.2015.1496
- 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. y 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.