

RIEGO DIGITALIZADO EN CASTILLA Y LEÓN

Uso de sensores de humedad de suelo en el cultivo de maíz

Rosa M. Rodríguez González

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

1. USO SOSTENIBLE DEL AGUA DE RIEGO Y AHORRO ECONÓMICO

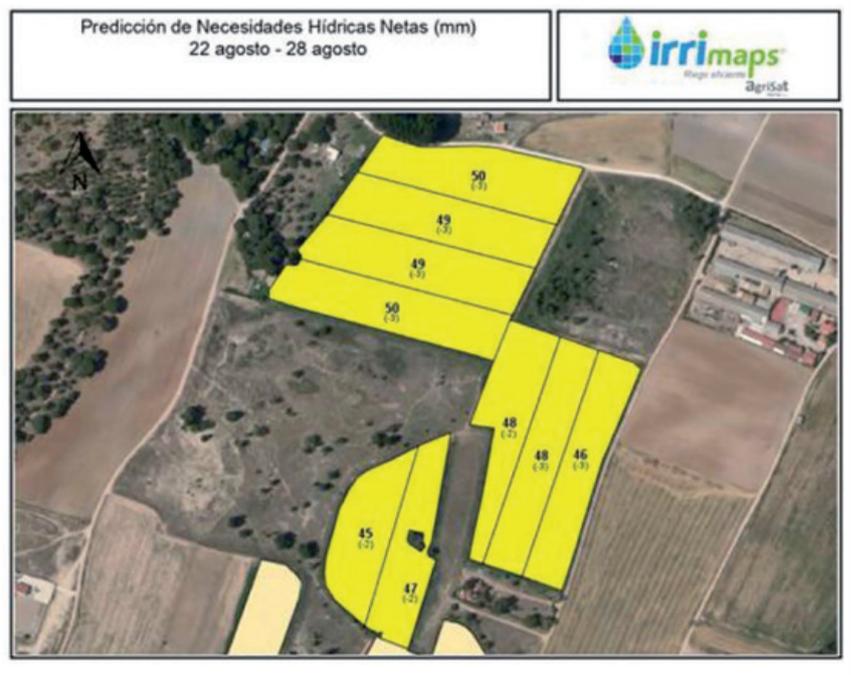
La incorporación de la digitalización a la agricultura actualmente permite conocer con precisión parámetros que hacen posible un uso sostenible del agua de riego, y con ello un aumento de la rentabilidad de la explotación.

El maíz, es un cultivo especialmente sensible al estrés hídrico, especialmente en el periodo comprendido entre quince días antes y quince días después de la floración, momento éste, en el que si el cultivo sufre falta de agua, se puede producir una disminución de producción de hasta el 40%.

Las secuencias temporales de imágenes de satélite, permiten conocer las necesidades hídricas máximas de cada parcela de maíz con una semana de antelación (figura 1). Actualmente es posible conocer el índice de vegetación de cada pixel (10x10 m) de la parcela, como éste está linealmente relacionado con el coeficiente de cultivo (K_c), se puede aplicar la metodología FAO 56 (Allen, R. et al, 2006) para el cálculo de necesidades hídricas del maíz, 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

Figura 1. Ejemplo del servicio Irrimaps de AgriSat Iberia S.L. Estimación con una semana de antelación de las necesidades hídricas máximas de distintos sectores de riego en parcelas de maíz, expresadas en l/m².



riego que generen condiciones de saturación.

2. 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 la permitividad compuesta del suelo (ϵ), que engloba las tres fases del suelo (agua, aire y sólidos). Debido a que el valor de la permiti- ▶▶▶



PIONEER

LumiGEN™

El mejor inicio para
la mejor cosecha

✓ Bioestimulante ✓ Insecticida ✓ Fungicida



LumiGEN STANDARD LumiGEN INSECTICIDA LumiGEN FUNGICIDA LumiGEN BIRD REPELENT

LumiGEN™	STANDARD	INSECTICIDA	FUNGICIDA (PRÓXIMAMENTE)	REPELENTE DE AVES
MAÍZ	✓	✓		✓
GIRASOL	✓		✓	
COLZA	✓	✓		

vidad 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

La figura 3 representa un punto de monitorización tipo. Está compuesto por tres sensores de humedad 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 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 función del suelo se determina la profundidad de instalación de los tres sensores, aunque por experiencia, una muy buena referencia para la mayoría de los casos es 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 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.

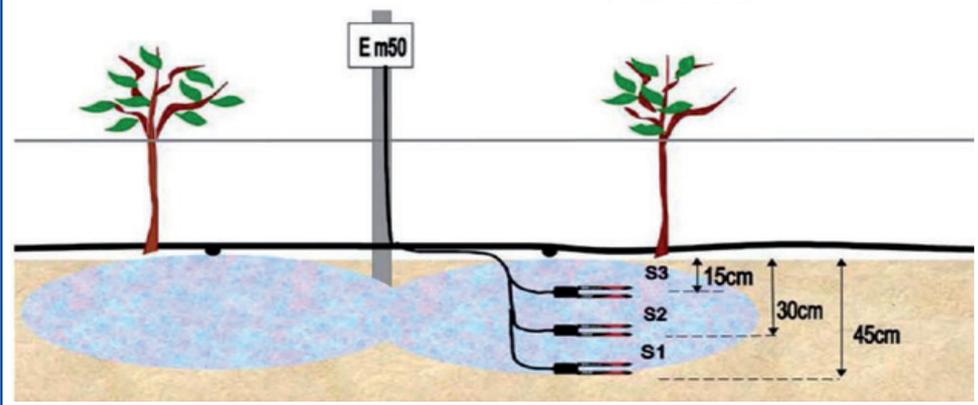
3.2 Ubicación del punto de monitorización

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 predominan 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

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



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



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 4).

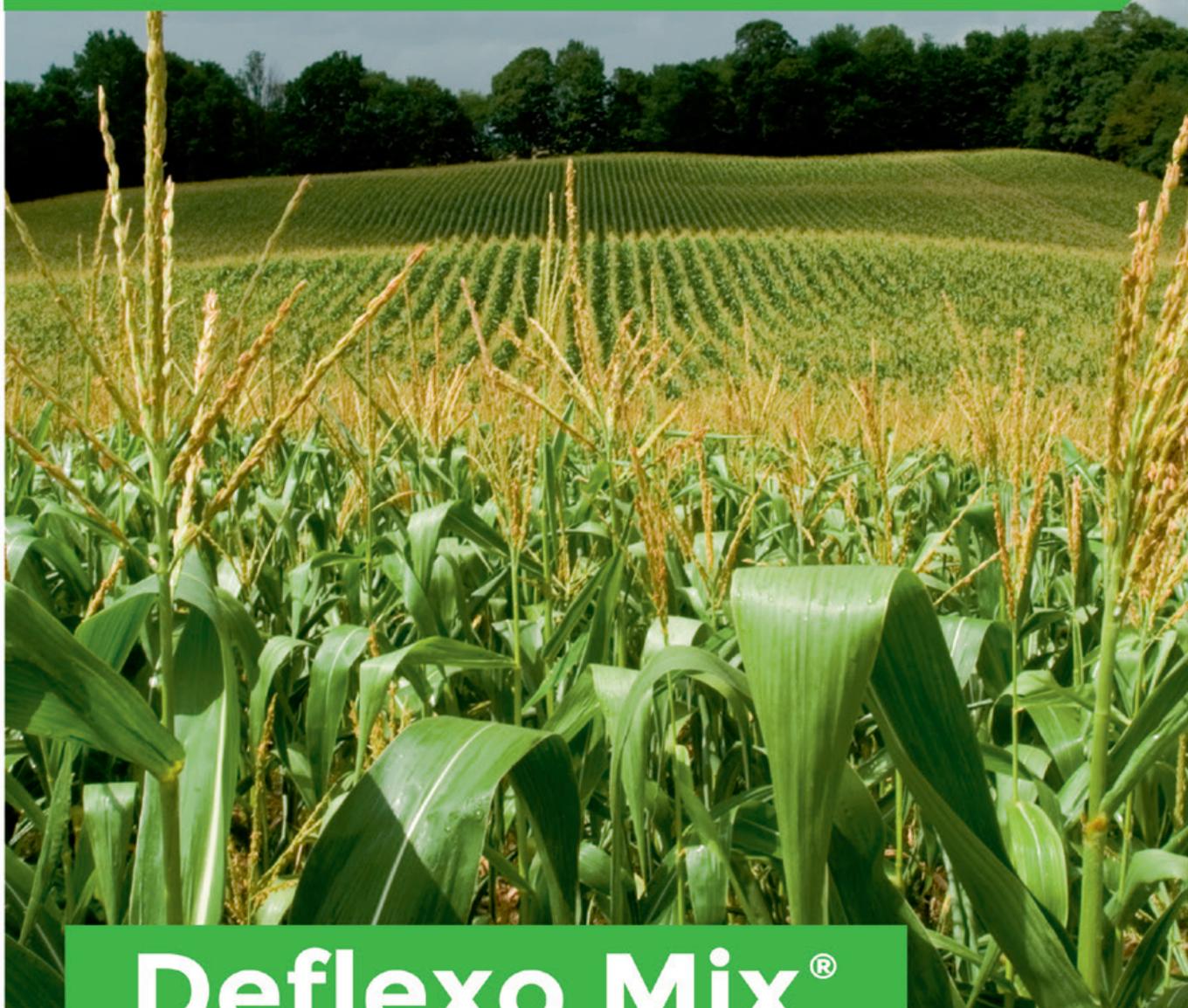
3.3 Instalación en campo

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 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.



LA SOLUCIÓN CONTRA LAS MALAS
HIERBAS EN PRE EMERGENCIA



Deflexo Mix[®]

Herbicida

DEFLEXO MIX[®] es un herbicida selectivo para el control de gramíneas y malas hierbas de hoja ancha en cultivo de maíz.



www.ascenza.es



ASCENZA[®]



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 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 maíz 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.

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.

4. INFORMACIÓN SENCILLA DISPONIBLE PARA EL AGRICULTOR

En la Figura 5 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

Figura 4. Mapa de zonas de manejo de una parcela donde se han instalado sensores de humedad de suelo (Fuente: AgriSat Iberia S.L.). Señalado en rojo, el punto de instalación.



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. Consultoría agrícola /Foto de Fondo creada por freepik - www.freepik.es).



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 de humedad del suelo.

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 per-

manecer estable, como la de la figura 5, 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.

5. DIGITALIZACIÓN DEL RIEGO EN MAÍZ

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 maíz regada por pívot. Para el periodo del 25 de julio al 25 de septiembre, las recomendaciones de riego aportadas por la estación meteorológica de la red del ITACYL más cercana han sido de 369 l/m². La digitalización de lo que ocurre en el suelo ha permitido aplicar 290 l/m², ahorrando 79 l/m² respecto a las recomendaciones, lo que supone un 21% de ahorro de agua.

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.

Figura 6. Tabla comparativa entre las recomendaciones de riego calculadas en función de la ET y el riego aportado en una parcela de maíz regada con pívot y monitorizada con sensores de humedad de suelo.

Maíz Ficha	Periodo	ET _o (mm)	Kc	Recomendación (R) ¹ (l/m ²) (A)	Riego (l/m ²) (B)	AHORRO (l/m ²) (A-B)	(%)
1	25/07/2019 al 31/07/2019	38,18	0,95	43	34	9	20
2	01/08/2019 al 07/08/2019	39,11	0,95	44	44	0	0
3	08/08/2019 al 14/08/2019	33,94	1,15	46	16	30	65
4	15/08/2019 al 21/08/2019	35,59	1,15	48	55	-7	-14
5	22/08/2019 al 28/08/2019	32,36	1,15	44	34	10	22
6	29/08/2019 al 04/09/2019	34,89	1,15	47	27	20	43
7	05/09/2019 al 11/09/2019	29,54	1,15	40	25	15	37
8	12/09/2019 al 18/09/2019	23,79	1,15	32	35	-3	-9
9	19/09/2019 al 25/09/2019	19,74	1,10	26	20	6	22
TOTALES				369	290	79	21

¹Recomendación de riego según datos proporcionados por Inforiego (ITACYL) $R_{ITACYL} = (ET_o \cdot Kc) / Ef$ (l/m²)

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 5), 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 Conference on Irrigation and Drainage*. Phoenix, AZ.
- Garrido-Rubio, J., González Gómez, L., Arellano Alcázar, I., Mardurga 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.