

Lógica del control del riego

En este artículo se introducen, brevemente, el uso de algunas aproximaciones para supervisar, controlar y optimizar el riego. Las hay más sencillas y más complejas. Dependiendo de la casuística de cada parcela regada serán más convenientes unas u otras.

Jaume Casadesús y Jesús Domínguez-Niño,
Programa de Uso Eficiente del Agua en Agricultura (IRTA)

BALANCE HÍDRICO

La aproximación más recomendable y más extendida para determinar las aportaciones de riego a los cultivos es el método, propuesto por la FAO, basado en el balance hídrico, que consiste en aportar el riego necesario para compensar el balance entre las salidas y entradas de agua en el suelo.

Las principales entradas suelen ser la lluvia y el riego, siendo la principal salida su evapotranspiración por el cultivo (ETc). A efectos prácticos, el ETc puede estimarse a partir de una evapotranspiración de referencia (ETo) calculada con datos meteorológicos, y un coeficiente de cultivo, Kc, que lo convierte al cultivo de interés,

$$ETc = ETo \cdot Kc$$

El cálculo del volumen de riego necesario tiene en cuenta la lluvia efectiva, **Pef** que es aquella parte de la lluvia que realmente acaba infiltrando en el suelo y es utilizable por el cultivo. Otro parámetro relevante es la eficiencia del sistema de riego, **efR**, que tiene en cuenta las pérdidas y la falta de uniformidad en el reparto.

$$\text{riego} = (ETc - Pef) \text{efR}$$

Existen otras entradas y salidas que, en ocasiones, pueden ser relevantes, pero que en general son bastante más difíciles de cuantificar, como es



el drenaje en profundidad, el ascenso capilar o la escorrentía por la superficie del suelo. Lo habitual es ignorarlas o incorporarlas indirectamente dentro de los conceptos de eficiencia.

La gran ventaja del balance hídrico es que determina objetivamente qué volumen de riego es necesario aportar, y esto es la base tanto para planificar qué volumen de agua podremos necesitar a lo largo de un ciclo de cultivo, como también para hacer prescripciones de riego en un momento dado. Es el método ideal en aquellos casos en que los componentes del balance hídrico son suficientemente previsibles. Ahora bien, no siempre es tan sim-

ple. A veces aparecen incertidumbres importantes a la hora de cuantificar entradas y salidas. A menudo, lo que complica su aplicación es el conocimiento preciso de la **Kc**. Si bien la **Kc** es suficientemente previsible en cultivos de cobertura homogénea, es mucho más imprecisa en cultivos donde la planta no cubre todo el marco de plantación y con una disposición tridimensional que no siempre es la misma, como ocurre entre plantaciones con diferente sistema de formación. Además, aspectos como la carga de frutos que llevan los árboles y su historial previo también afectan la **ETc** de una forma que suele ser complejo de cuantificar.

Por su parte, la estimación de cuánta agua está disponible al sol proveniente de lluvias anteriores raramente puede resumirse en una fórmula sencilla. Por eso, el balance hídrico a veces presenta limitaciones que pueden requerir combinarla con otras aproximaciones,

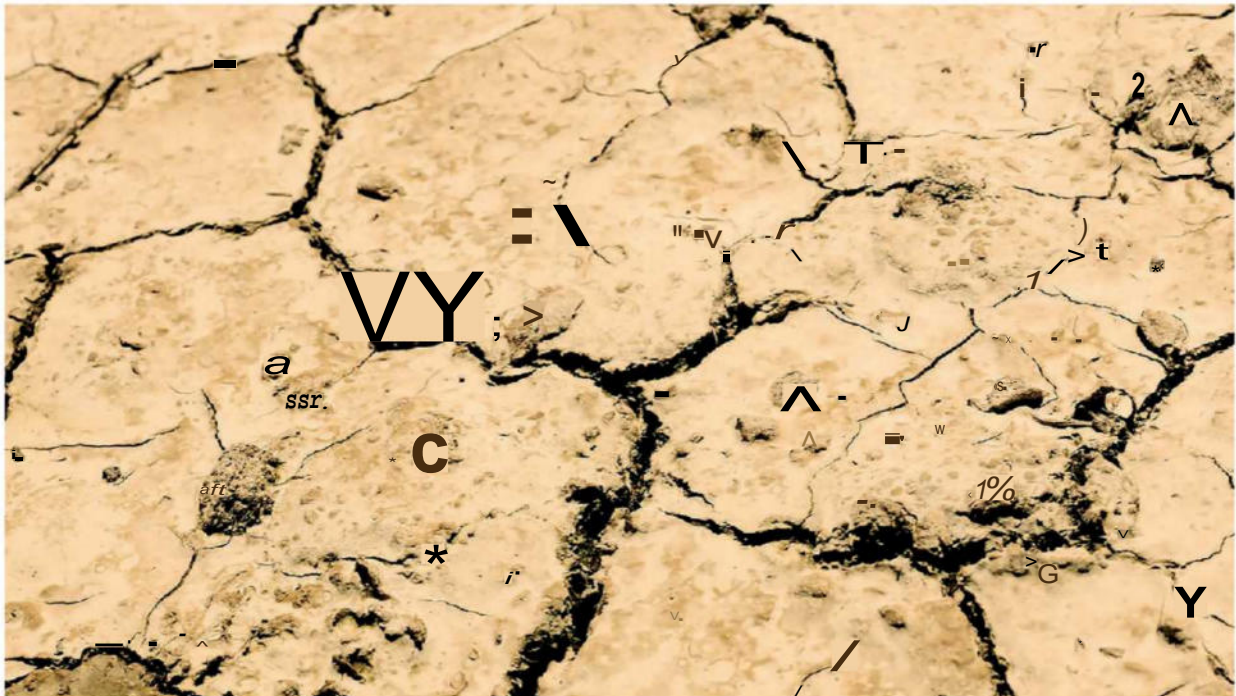
CONTROL DIRECTO CON SENSORES

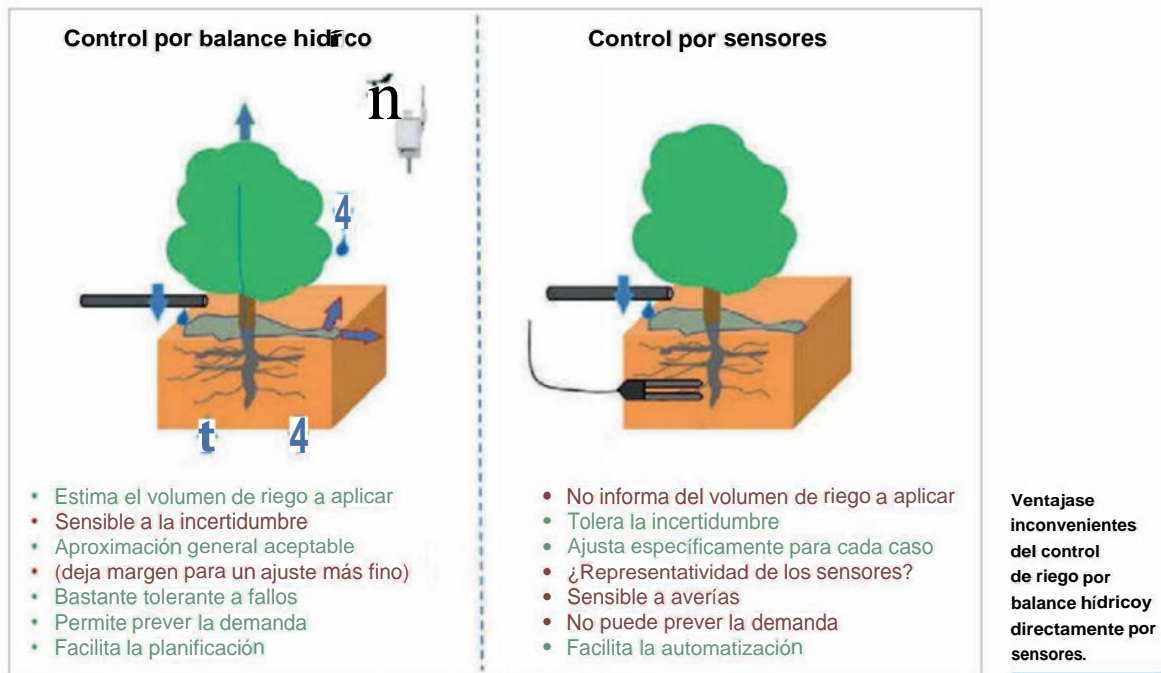
El uso de sensores puede permitir modular el riego sin tener que hacer ninguna suposición sobre el balance hídrico del suelo. La ventaja es que podemos conseguir que el riego se acomode espontáneamente a la demanda

y responda a factores complejos sin que ni siquiera los hayamos previsto. Esto permite sistemas bastante sencillos pero eficaces, que encuentran aplicación, sobre todo, en pequeñas instalaciones de riego, como invernaderos, viveros y jardinería. Debemos tener en cuenta que en instalaciones de riego algo grandes no suele ser viable poner en marcha/detener el riego en cualquier momento, porque ocasionaría un desaguisado en el sistema hidráulico. Esta gestión del sistema hidráulico debe hacerlo un autómatas de riego, que coordinará la programación de los diversos sectores

de riego de manera que no entren en conflicto entre ellos. Por tanto, los sensores no deberían saltarse el autómatas, sino que deberían usarse como condicionantes en sus programas.

Algunos inconvenientes que presenta el control directo del riego utilizando sensores son que, en general, los sensores no informan de qué cantidad de agua se debe aportar, ya que sólo indican si falta o no. Además, sólo responden a lo que está pasando en el preciso momento y no ofrecen ninguna previsión de los requerimientos de riego que tendremos más adelante.





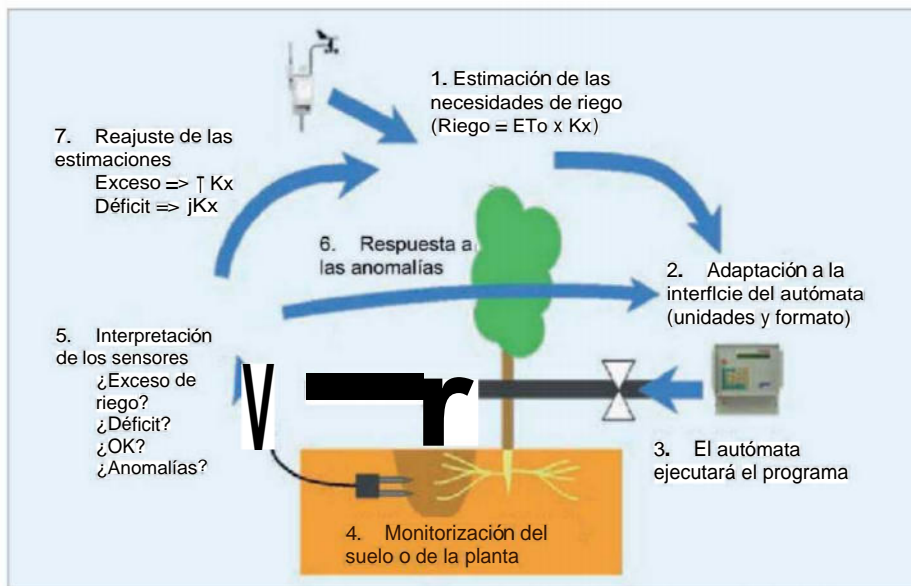
BALANCE HÍDRICO AJUSTADO CON SENSORES

El control de riego por balance hídrico, y el control por sensores, presentan ventajas e inconvenientes complementarios. Combinarlos ofrece la posibilidad de sumar la fiabilidad y capacidad de previsión del balance hídrico, por otra parte, el ajuste espontáneo y preciso

a las condiciones locales que ofrecen los sensores.

El balance hídrico ajustado con sensores es ideal para el riego de precisión. La información más inmediata para reajustar sus dosis es la proporcionada por sensores de humedad del suelo que, de momento, son los únicos que

permiten detectar tanto excesos de riego, como desajustes en el balance antes de que afecten a las plantas. En caso de riego localizado, la instalación e interpretación de los sensores en el suelo es más complicada, porque el agua está distribuida de forma muy heterogénea. Sin embargo, esto no debe ser un impedimento para su



uso si se eligen bien los puntos de instalación de los sensores en cuanto a posición respecto a los goteros y profundidad en el suelo. Al analizar los datos, conviene prestar atención a las tendencias entre días consecutivos, más que a los valores absolutos registrados en un momento dado.

Cuando sí encontramos una limitación con las medidas de humedad del suelo es cuando el cultivo se desarrolla en condiciones de estrés hídrico. A medida que un suelo se va secando, no lo hace de manera uniforme y las diferencias según profundidades y posiciones dentro de un mismo marco de plantación se hacen muy marcadas. Así se dificulta conocer cuánta agua está disponible en el suelo, de modo que, bajo condiciones de estrés hídrico, mejor complementarlo con medidas en las plantas. Midiendo el estado hídrico de las plantas, sabremos si tienen disponible el agua que requieren, sea cual sea cómo la consigan.

Hay diferentes tipos de sensores para hacerlo, por ejemplo, sensores

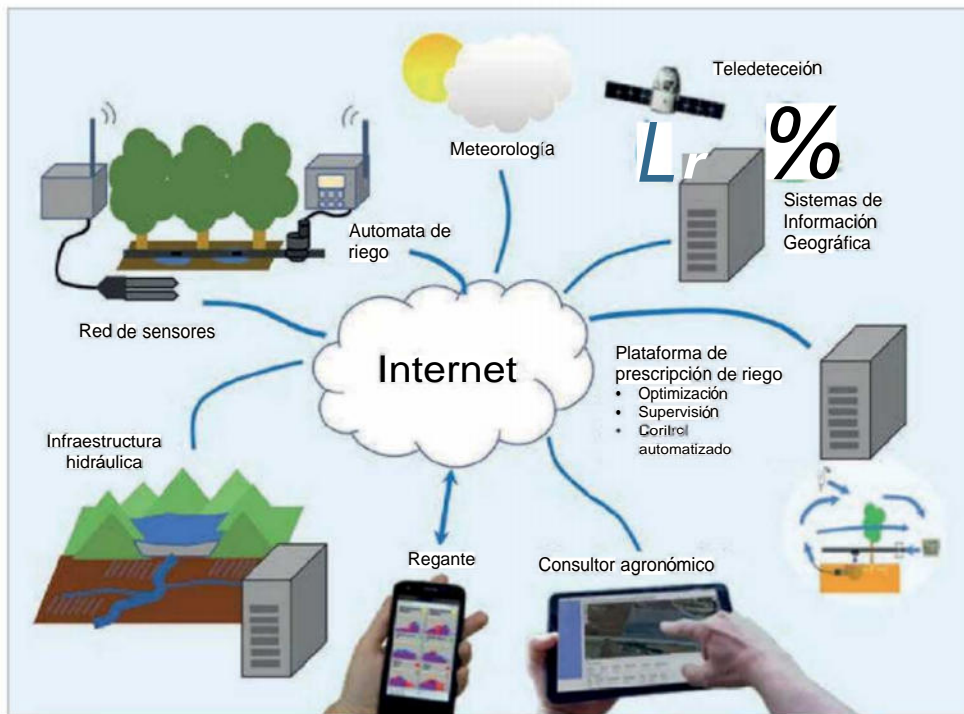
de temperatura foliar, sensores de turgencia foliar, psicrómetros que miden el estado hídrico del tronco, dendrómetros que miden contracciones, etc. En general, el hecho de que los sensores en planta no se usen más puede deberse a que en condiciones de campo están bastante expuestos al viento, a trabajos agrícolas, animales, reacción de las mismas plantas, etc. y a menudo requieren tareas de mantenimiento periódico para hacerlos funcionar de forma fiable.

Cuando sí encontramos una limitación con las medidas de humedad del suelo es cuando el cultivo se desarrolla en condiciones de estrés hídrico. A medida que un suelo se va secando, no lo hace de manera uniforme y las diferencias según profundidades y posiciones dentro de un mismo marco de plantación se hacen muy marcadas. Así se dificulta conocer cuánta agua está disponible en el suelo, de modo que, bajo condiciones de estrés hídrico, mejor complementarlo con medidas en las plantas. Midiendo el estado hídrico de las plantas, sabremos

si tienen disponible el agua que requieren, sea cual sea cómo la consigan.

Hay diferentes tipos de sensores para hacerlo, por ejemplo, sensores de temperatura foliar, sensores de turgencia foliar, psicrómetros que miden el estado hídrico del tronco, dendrómetros que miden contracciones, etc. En general, el hecho de que los sensores en planta no se usen más puede deberse a que en condiciones de campo están bastante expuestos al viento, a trabajos agrícolas, animales, reacción de las mismas plantas, etc. y a menudo requieren tareas de mantenimiento periódico para hacerlos funcionar de forma fiable.

La teledetección ofrece métodos prometedores para monitorizar el estado hídrico, en concreto el *Crop Water Stress Index*, CWSI, que se puede usar para gestionar el riego. Así pues, en condiciones de estrés, los indicadores de estado hídrico (que pueden venir de sensores en las plantas o de teledetección), se pueden usar como fuente de retroalimentación.



Integración de sistemas para el control inteligente del riego mediante una plataforma de prescripción online.

cion del balance, de forma similar a cómo usamos los sensores de suelo en condiciones de no estrés,

Por otra parte, la estimación de **ETc** también puede hacerse más precisa midiendo sobre la marcha, a lo largo del ciclo de cultivo, su vigor vegetativo. La teledetección satelital es una tecnología muy prometedora para monitorizar, casi a tiempo real, el vigor de la vegetación e, incluso, **PETc**.

Hay que notar, sin embargo, que es demasiado simplista suponer que el riego de precisión siempre debe ser proporcional al vigor o al **ETc**. A veces, estos parámetros ya están condicionados por la disponibilidad de agua, en el sentido de que las zonas de menor **ETo** podrían corresponder a las zonas más limitadas hídricamente (por ejemplo, por las propiedades del suelo) y, entonces, un riego proporcional en la **ETc** todavía acentuaría más las diferencias. La complementación del vigor y la **ETc** con medidas de estado hídrico, y sobre todo con simulaciones del cultivo, permite discriminar mejor estos casos.

La teledetección ofrece métodos prometedores para monitorizar el estado hídrico, en concreto el *Crop Water Stress Index*, **CWSI**, que se puede usar para gestionar el riego. Así pues, en condiciones de estrés, los indicadores de estado hídrico (que pueden venir de sensores en las plantas o de teledetección), se pueden usar como fuente de retroalimentación del balance, de forma similar a cómo usamos los sensores de suelo en condiciones de no estrés.

Por otra parte, la estimación de **ETc** también puede hacerse más precisa midiendo sobre la marcha, a lo largo del ciclo de cultivo, su vigor vegetativo. La teledetección satelital es una tecnología muy prometedora para monitorizar, casi a tiempo real, el vigor de la vegetación e, incluso, **PETc**.

Hay que notar, sin embargo, que es demasiado simplista suponer que el riego de precisión siempre debe ser proporcional al vigor o al **ETc**. A veces, estos parámetros ya están condicionados por la disponibilidad de agua, en el sentido de que las zonas de menor **ETo** podrían corresponder a las zonas más limitadas hídricamente (por ejemplo, por las propiedades del suelo) y, entonces, un riego proporcional en la **ETc** todavía acentuaría más las diferencias. La complementación del vigor y la **ETc** con medidas de estado hídrico, y sobre todo con simulaciones del cultivo, permite discriminar mejor estos casos.

OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO

Hasta aquí hemos supuesto que el riego ideal es el que pida el cultivo. Pero no siempre es así. A menudo no disponemos de suficiente agua o no nos conviene usarla tal y como la piden las plantas, por lo que será necesario usar otras estrategias. Por ejemplo, en el caso de las dotaciones de riego de apoyo, si dejáramos que

el cultivo pidiese el agua, la agotaríamos mucho antes de completar la campaña. También puede ser el caso de situaciones en las que el agua tiene un coste elevado o es escasa o hay sequía. Y también, en casos como el viñedo y algunos frutales, el riego que pediría la planta sería perjudicial para la calidad de la cosecha. En este contexto, existen estrategias para alcanzar los objetivos productivos, a base de repartir el agua disponible y unos niveles de estrés en fases concretas del ciclo de cultivo.

Las simulaciones de cultivos pueden ayudar a planificar y optimizar las campañas de riego. Tradicionalmente, las simulaciones han sido limitadas por la disponibilidad de datos para configurar y calibrar los modelos de cara a su uso en zonas muy específicas. Actualmente, el conjunto de datos que mueve el riego de precisión, desde sensores en el campo hasta imágenes de teledetección, pueden ayudar mucho a facilitar la usabilidad y el acierto de estos [modelos](#).^B

