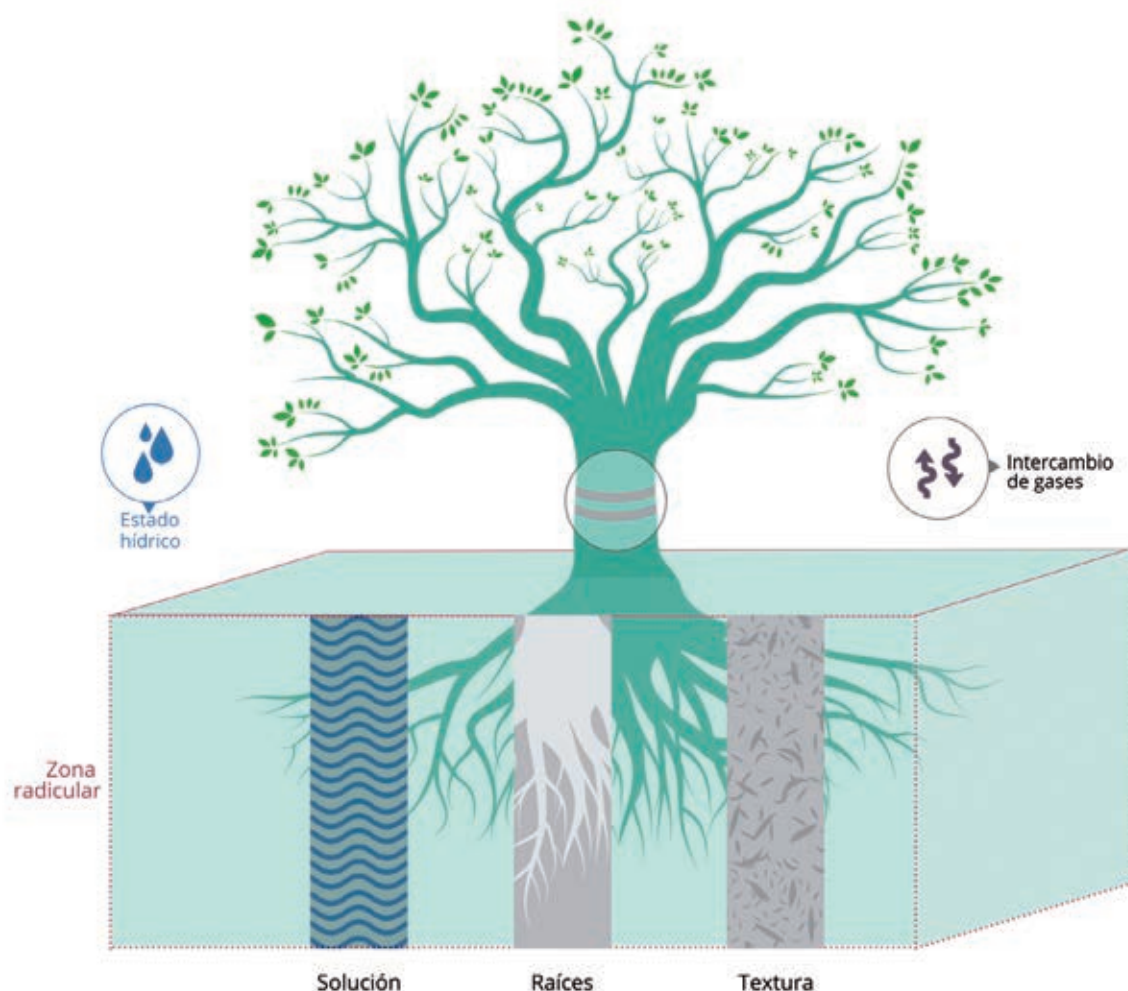


OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

RIEGO DE PRECISIÓN: INDICADORES, HERRAMIENTAS Y MANEJO



OUSSAMA MOUNZER Dr. Ingeniero Agrónomo. Centro de Edafología y Biología aplicada del Segura

PEDRO NORTES Dr. Ingeniero Agrónomo. Centro de Edafología y Biología aplicada del Segura

BELÉN BAVIERA Ingeniero Agrónomo. Centro de Edafología y Biología aplicada del Segura

FRANCISCO PEDRERO Dr. Ingeniero Agrónomo. Centro de Edafología y Biología aplicada del Segura

JUAN JOSE ALARCÓN Prof. De Investigación. Centro de Edafología y Biología aplicada del Segura

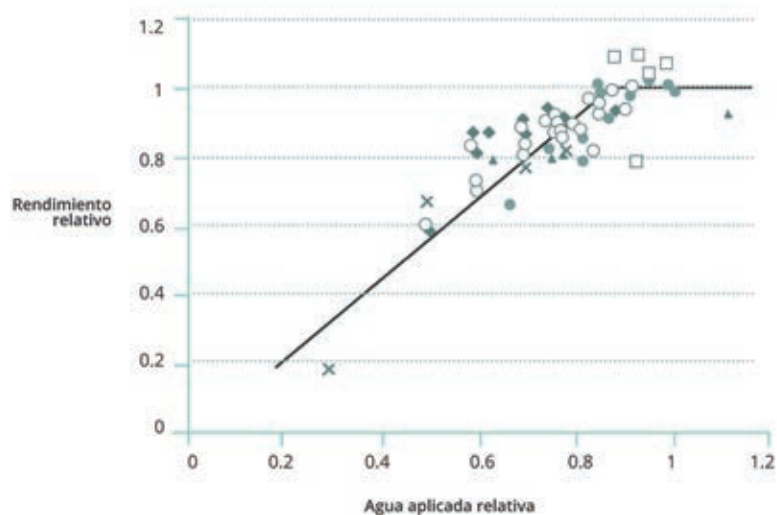
Hoy en día, en una zona semiárida con recursos hídricos limitados tal como es la Región de Murcia, se nota que existe la necesidad de conservar el agua por ser un bien básico y común para nuestra vida, la producción de nuestros alimentos, nuestra economía y el medio ambiente de nuestro entorno. Por ello se requieren soluciones de gestión más sostenible basada en el conocimiento para mejorar la productividad agronómica y económica del agua, la energía y los fertilizantes.



Sistema telemático alimentado por energía solar para recogida, almacenamiento y transmisión de datos en tiempo real.

FIGURA 1 >

RELACIONES ENTRE EL RENDIMIENTO RELATIVO Y EL AGUA APLICADA RELATIVA EN ALMENDROS (FAO, 2014)



¿POR QUÉ PROGRAMAR EL RIEGO?

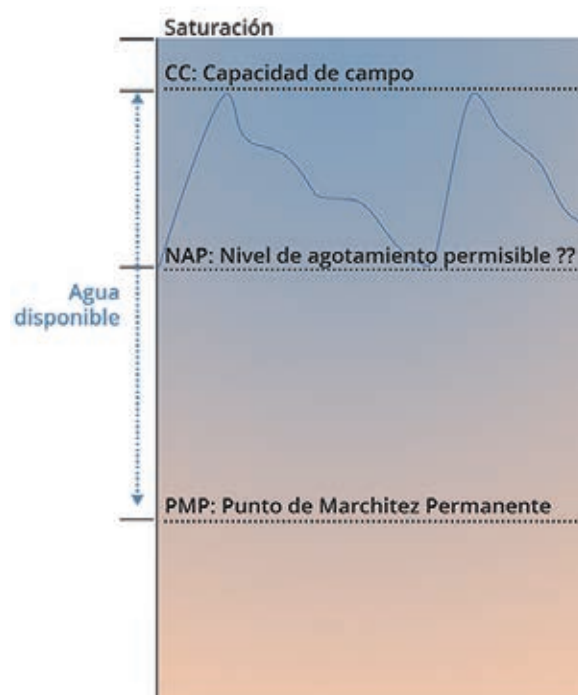
Es bien conocida la estrecha relación existente entre aportes de agua y rendimiento de los cultivos tal como se puede apreciar en el ejemplo de la **Figura 1** (FAO, 2014). Cuando se cubren las necesidades hídricas de la planta, el cultivo se nutre adecuadamente, crece en buenas condiciones, y produce altos rendimientos. En caso contrario puede apreciarse el impacto negativo sobre la calidad y la cantidad de producción. Así, el agricultor tiene que estar pendiente de planificar y tomar decisiones sobre la dosis y la frecuencia de riego necesaria para cubrir las necesidades hídricas de la planta antes y durante todo el ciclo de cada cultivo en su finca. La precisión de esta tarea llamada "Programación de riego" depende de la experiencia del agricultor y de su capacidad de percibir las relaciones hídricas entre el agua, el suelo, la planta y la atmósfera, y es necesario poder estimar el déficit actual de agua en el suelo.

EL CONTINUO SUELO-PLANTA-ATMÓSFERA

La planta, a través de sus raíces, se fija en el suelo y mediante sus partes aéreas entra en contacto con los factores climáticos formando de esta manera el llamado Continuo Suelo-Planta-Atmósfera (CSPA). El movimiento del agua en el CSPA puede compararse a cualquier sistema hidráulico con sus elementos básicos: fuente de agua, depósito, bomba, tuberías, reguladores y fuente de energía. El suelo actúa como fuente de abastecimiento hídrico (depósito), que alimenta a las raíces (bomba) para hidratar los tejidos de la planta mediante un sistema vascular (tuberías) que se extiende hasta las hojas donde se encuentra conectado a un gran número de estomas (válvulas reguladoras) que controlan, entre otros, el flujo de agua hacia la atmósfera. Así, la precisión en la gestión de este sistema hidráulico requiere conocer la capacidad de retención de agua en su depósito (el suelo), el flujo de agua en sus tuberías y el funcionamiento de sus elemen-

FIGURA 2 >

CARACTERÍSTICAS HIDRODINÁMICAS DEL SUELO Y NIVELES DE REFERENCIA PARA LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO DE PRECISIÓN



tos de control (estomas) así como la principal fuente de energía (la atmósfera) que hace mover el agua desde el suelo hasta las hojas.

ESTADO HÍDRICO DEL SUELO

El suelo es un medio poroso que forma el reservorio de agua y nutrientes para la planta. En términos de riego, este reservorio tiene una capacidad máxima llamada "Capacidad de Campo o CC" y una capacidad mínima llamada "Punto de Marchitez Permanente o PMP" (Figura 2). El volumen de agua comprendido entre la CC y el PMP representa el volumen disponible "AD" para abastecer a la planta. Este volumen se divide en dos partes: una parte fácilmente disponible o "AFD" y otra que requiere un cierto esfuerzo energético por parte de las raíces antes de ser absorbida hacia el interior de los tejidos vegetales.

La planta es el elemento más fiable para determinar el momento más oportuno de inicio de un evento de riego

El nivel que delimita el AFD del resto del AD se llama nivel de agotamiento permisible o "NAP" y suele utilizarse como nivel mínimo a partir del cual se considera necesario aportar agua de riego para restaurar la humedad del suelo hasta su CC. En términos de precisión de riego, interesa implementar un sensor que permita comparar el estado hídrico actual con los niveles de referencias (CC, el PMP y el NAP) para tomar la decisión más oportuna.

ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA

La planta es el elemento más fiable para determinar el momento más oportuno de inicio de un evento de riego. Esto se debe principalmente a su naturaleza como sistema hidráulico conductor y su posición intermedia entre la fuerza de la

FIGURA 3 > PARÁMETROS A CONSIDERAR PARA EVALUAR EL ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA

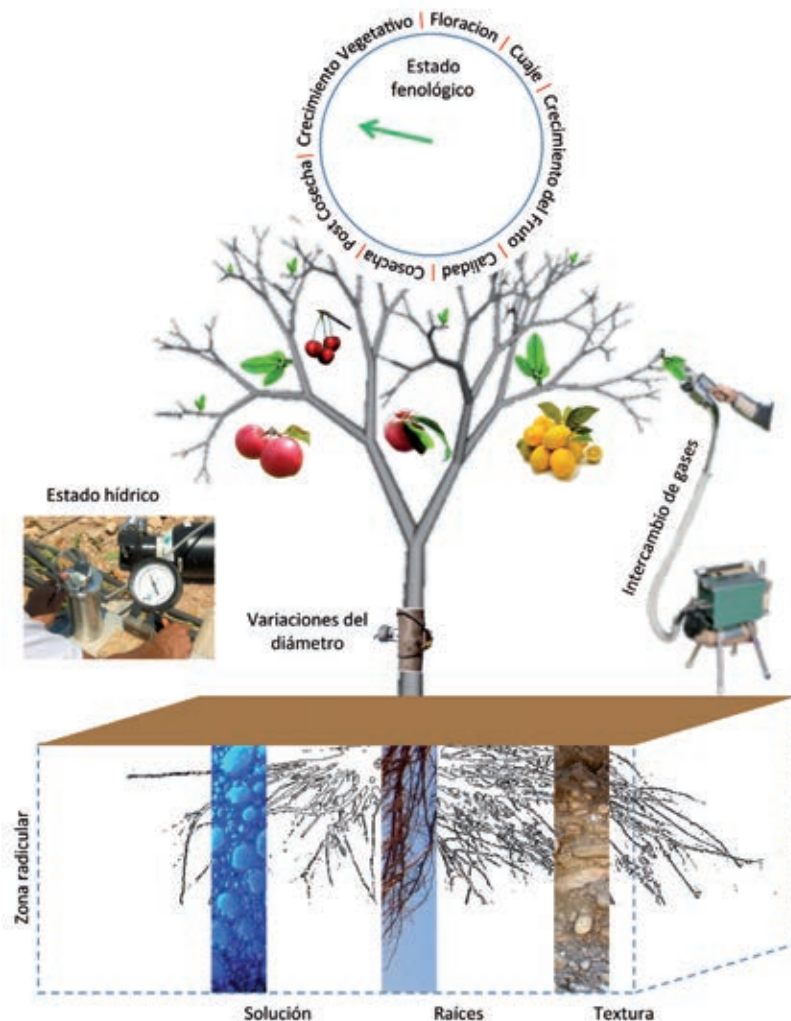
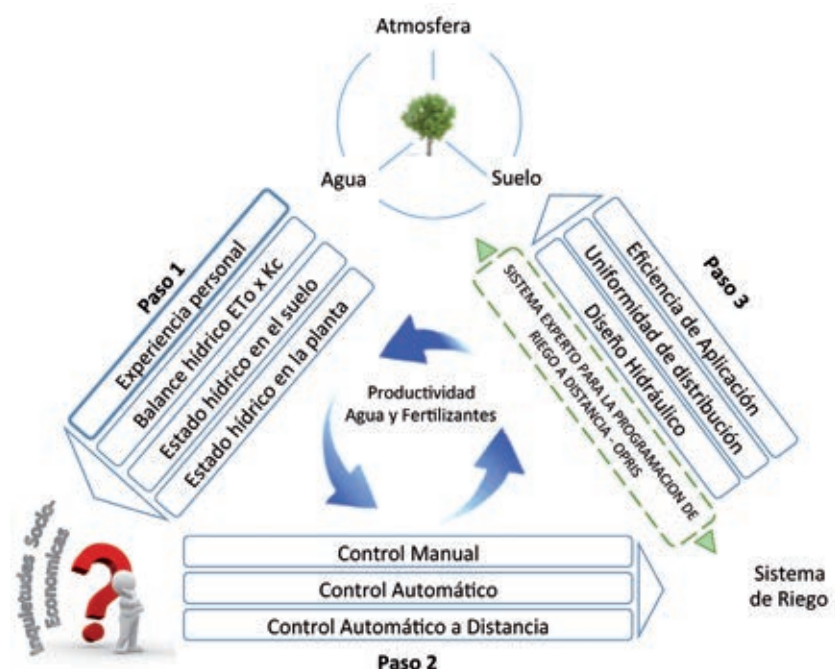


FIGURA 4 > TRIÁNGULO DE DECISIÓN Y VÍAS DE COMUNICACIÓN ENTRE EL CULTIVO, EL REGANTE Y EL SISTEMA DE RIEGO





Unidad de seguimiento del estado hídrico del agua en suelo y planta para evaluación de las necesidades hídricas del cultivo.

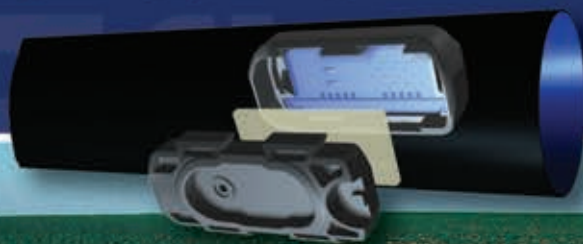
demanda de agua provocada por los factores climáticos (Radiación solar, Temperatura, Humedad relativa, velocidad del viento, etc.) y la fuente de suministro del agua determinada por las características hidrodinámicas del suelo (**Figura 3**).

En condiciones de equilibrio entre la demanda y el suministro, las moléculas de agua transpiradas (evaporadas) a nivel foliar quedan sustituidas por otras procedentes de la absorción radicular. En caso contrario, los órganos de la planta detectan cualquier desajuste producido en la continuidad del flujo de agua desde el suelo hasta la atmósfera y de inmediato, ponen en marcha los mecanismos de protección contra el déficit hídrico. A modo de ejemplo, la planta puede reducir las pérdidas de agua mediante el cierre de sus estomas, el cambio de la orientación de sus hojas para recibir menos radiación solar, la activación de un mecanismo de ajuste fisiológico a nivel celular y en casos severos puede provocar un aborto parcial o total de sus frutos así como de su sistema foliar.

La implementación del riego de precisión requiere de un indicador precoz que permita detectar el inicio de los mecanismos fisiológicos de defensa para poder intervenir mucho antes de manifestarse los síntomas visibles (marchitez, caída foliar y aborto de frutos).

EFITECH®

Riego a baja presión y a ultrabajo caudal.



EL CULTIVO QUE DESEAS ES POSIBLE



MÁXIMA EFICIENCIA CON EL MÍNIMO USO DE RECURSOS



Regaber
matholding group

www.regaber.com

DEMANDA EVAPORATIVA

La radiación solar (fuente de energía), junto con los factores climáticos (Radiación, Temperatura, Humedad relativa, velocidad del viento, etc.) crea una fuerza impulsora (gradiente de potenciales) o demanda climática que genera un flujo de agua desde el suelo hasta las hojas en fase líquida y luego hacia la atmósfera por evaporación o transpiración. La separación entre evaporación y transpiración resulta muy difícil por lo que suelen englobarse bajo el término de demanda bioclimática o evapotranspiración (E'T).

Sistema experto de ayuda para programar el riego de precisión

La productividad del agua y de los fertilizantes depende de la precisión en elaborar un programa de riego considerando las vías de comunicación que podrían establecerse entre los principales actores del triángulo de decisión que se muestra en la **Figura 4**.

1. El sistema agua-suelo-planta-atmósfera reclama una cierta dosis y frecuencia de riego.
2. El agricultor percibe las demandas del cultivo para tomar su decisión de riego.

3. El sistema de riego, en función de su nivel de modernización y de su diseño hidráulico aporta el agua con cierto nivel de eficacia y uniformidad.

La gran mayoría de regantes a nivel regional, nacional e incluso mundial se guían por sus experiencias personales para decidir sobre la dosis y frecuencia de riego a aplicar. Este tipo de decisiones suele ser razonable cuando se trata de personas con muchos años de experiencia. No obstante, la certeza de sus decisiones empieza a sufrir grandes variaciones cuando el responsable de esta tarea deja de poder seguir con detalle las demandas del CSPA. Algo parecido ocurre cuando toma la responsabilidad otra persona con menos experiencia. Estas situaciones y otras similares, muy frecuentes en el sector agrícola, hacen que la productividad del agua sea por debajo de la media en la mayoría de los casos.

El uso de herramientas de programación de riego y fertilizantes basadas en el conocimiento permite mejorar la gestión de los sistemas de producción

PROGRAMACIÓN DEL RIEGO MEDIANTE SISTEMA OPIRIS (CEBAS-CSIC)

Para ayudar a resolver este problema, el grupo investigador del departamento de riego del CEBAS-CSIC ha desarrollado una herramienta (**Figura 5**) para elaborar un programa de riego personalizado por sector y cultivo considerando la demanda climática, la disponibilidad de agua, la infraestructura hidráulica y el diseño del sistema de riego así como el calendario de las actividades del agricultor y que su tiempo predefinido para la programación del riego sea en función de su disponibilidad o bien en función de la tarifa energética más favorable. Para más información puedan visitar la página del proyecto www.opiris.eu.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto Europeo "Online Professional Irrigation Scheduling Expert System" (OPIRIS – FP7-KBBE-2013-7-single-stage Ref: 613717). ■

Bibliografía

Queda a disposición del lector en los correos electrónicos: redaccion@editorialagricola.com y jalarcon@cebas.csic.es

FIGURA 5 > EJEMPLO DE UNA PROGRAMACIÓN DE RIEGO DE PRECISIÓN PERSONALIZADA IMPLEMENTANDO SENSORES Y ALGORITMOS INTELIGENTES DEL SISTEMA EXPERTO OPIRIS (CEBAS-CSIC)

