

## Resumen

El área mediterránea comienza a acusar la reducción de los recursos hídricos disponibles por el aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones. Este escenario requiere poner en marcha diversas **medidas adaptativas a largo plazo** que faciliten el manejo de los cultivos basadas en la reducción del consumo, bien limitando la cantidad aplicada o mejorando la eficiencia aplicación.

Riego localizado	Riego manta/surcos	Secano
------------------	--------------------	--------

## Diseño agronómico de la instalación de riego ■

### Incremento de la superficie mojada

En los sistemas de riego localizado se aplican pequeñas dosis de riego a través de los emisores o goteros de forma que sólo se moja la parte del suelo más próxima a la planta. Cada uno de estos puntos forma el denominado **bulbo húmedo**, siendo el volumen de suelo donde se produce el mayor desarrollo radicular. Para mejorar la eficiencia es imprescindible asegurar un adecuado porcentaje de suelo mojado, en torno a un 50% del área sombreada. Este valor se debe obtener logrando un adecuado equilibrio entre el **número, caudal y separación de emisores** por planta. En climas áridos y semiáridos, las raíces tienen dificultad para atravesar zonas de suelo seco entre dos bulbos, que incluso pueden presentar una mayor concentración salina, pudiendo disminuir eficiencia del uso del agua notablemente. Para evitar estos problemas, es conveniente recurrir al solape de los bulbos contiguos.

Diversos estudios muestran que la incorporación de un mayor número de goteros por planta de menor caudal, empleando al menos dos líneas portagoteros, ofrece óptimos resultados. Como orientación práctica en cultivos leñosos, podría ser interesante pasar de los clásicos sistemas de 8 emisores por planta de 4 l/h a combinaciones equivalentes de 16 de 2l/h (o similares) en el caso de suelos ligeros (arenosos) en los que la componente vertical del bulbo es predominante y puede generarse pérdidas por drenaje, o para cultivos con sistemas radiculares poco profundos como el aguacate. Otra alternativa prometedora es el uso de una tercera línea portagoteros que se activaría mediante llave de paso únicamente en períodos de alta demanda evapotranspirativa ( $ET_0 > 4$  mm), es decir, en los meses estivales.

Todas las opciones planteadas, promueven el desarrollo del sistema radicular, facilitando así la absorción de agua después del riego o un evento de lluvia y, mejoran el estado hídrico del cultivo frente a episodios de olas de calor y períodos de sequía.



### Riego localizado subterráneo

Otra opción interesante son los sistemas de riego localizado subterráneo que aplican el agua de riego en profundidad (a 20-40 cm del nivel del suelo), directamente en la zona de mayor concentración radicular. Es una estrategia prometedora para una gestión sostenible del agua ya que permite, entre otras, minimizar la pérdida de agua por evaporación de la superficie del suelo, aumentando el agua disponible en la zona donde se desarrollan las raíces. Además, se ha demostrado que, en comparación con el riego por goteo superficial, la aplicación de agua bajo la superficie del suelo mantiene más constantes los niveles de humedad sin comprometer el rendimiento, lo que aumenta la eficiencia del uso del agua. Este sistema también presenta la ventaja de poder utilizar aguas residuales para el riego con mayores garantías, ya que evita la exposición directa de los frutos al agua de riego. Estos sistemas pueden lograr ahorros en torno al 20 % sin mermas en la producción ni en la calidad de la fruta. En los sistemas subterráneos, se deberán emplear emisores destinados a este uso con sistemas antiraíces y antisucción, y realizar una adecuada selección y mantenimiento de filtros junto con una limpieza (apertura) de los laterales de riego adecuadamente mallados.



## Fuentes alternativas de agua de riego

Las nuevas fuentes de agua no convencionales son una opción que puede mejorar la sostenibilidad de las explotaciones de regadío. La opción más factible es la mezcla con aguas convencionales (superficiales o subterráneas) para lograr un aumento de volúmenes disponibles de agua para riego. Sin embargo, es importante conocer los condicionantes para tener en cuenta realizar un manejo adecuado.

### Agua regenerada urbana

El agua regenerada procedente de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) es una fuente alternativa de agua que cada vez se emplea más en el levante español. Sin embargo, hay que tener en cuenta determinados factores de calidad de las aguas de cara a su uso para el riego agrícola, tales como salinidad, presencia de iones tóxicos y metales pesados, cantidad de nutrientes y microorganismos. En España la reutilización de aguas regeneradas está regulada por el Real Decreto 1620/2007 que legisla concentraciones máximas de microorganismos, contaminantes emergentes, sólidos en suspensión y turbidez, pero que deja sin acotar con un enfoque agronómico variables como la salinidad (conductividad eléctrica,  $CE < 3 \text{ dS/m}$ ) y la sodicidad (relación de adsorción de sodio,  $RAS < 6$ ). Estos valores pueden producir graves problemas en cultivos sensibles, siendo necesario un aporte de exceso de agua (**fracción de lavado**) para reducir la acumulación de sales.

El sistema de riego por goteo, especialmente el sistema de riego subterráneo, es el más adecuado para el uso de este tipo de aguas ya que limita el contacto del agua con el cultivo. Por lo que, además, se aconseja separar los ramales de riego del cuello de las plantas. Respecto del mantenimiento de las instalaciones, por la presencia de sólidos en suspensión principalmente orgánicos, es aconsejable realizar operaciones frecuentes de **limpieza de filtros** y apertura de ramales de riego.



### Agua marina desalada

Otra fuente alternativa de agua para el riego es la desalinización del agua marina. En el sureste peninsular, el empleo de agua marina desalinizada (AMD) alcanza los  $168 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Sin embargo, el AMD presenta ciertas limitaciones en su uso que hay que tener en cuenta. En primer lugar, su elevado coste económico ( $>0,60 \text{ €/m}^3$ ) la supedita a subvenciones públicas que hagan rentable su uso. En segundo lugar, hay que tener en cuenta los desequilibrios entre la concentración de ciertos elementos esenciales ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) y el riesgo de toxicidad por alto contenido de iones como el  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  y B. En este momento, la calidad del AMD para riego agrícola no está legislada y su producción se regula según el Real Decreto 3/2023 para consumo humano, estableciendo valores máximos de concentración de boro de  $1,5 \text{ mg/l}$  hasta  $2,4 \text{ mg/l}$ , niveles muy superiores a los tolerados por ciertas especies agrícolas. Es por ello, que hoy día, el AMD debe considerarse como un apoyo puntual y recomendable mezclado con aguas no convencionales que permitan equilibrar la composición del agua.

### Recomendaciones

Las aguas no convencionales suponen una alternativa que no se puede descartar en el contexto actual. En todo caso, es un escenario complejo, por lo que los programas de riego y fertilización deberán adaptarse y realizar **mezclas controladas de las distintas fuentes de agua** disponibles en cada momento, teniendo en cuenta la sensibilidad de los cultivos. Es recomendable realizar **análisis de calidad** de las aguas periódicos con especial énfasis en los parámetros de salinidad y contenido de boro. A nivel orientativo, por ejemplo, para cítricos se debe tener especial cuidado con aguas con la CE por encima de  $1,6 - 1,8 \text{ dS/m}$  y concentraciones de boro que superen  $0,5 \text{ mg/l}$  (limoneros) y  $0,75 \text{ mg/l}$  (naranjos y mandarino).

## Manejo del suelo ■ ■ ■

La **agricultura de conservación** contempla el establecimiento de cubiertas vegetales y laboreo de conservación como herramientas para conservar, mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales. Estas técnicas permiten aumentar la materia orgánica presente en el suelo, mejorando así su estructura, intensificando la infiltración, evitando procesos de erosión y reduciendo las pérdidas de agua por evaporación. Además, la reducción de operaciones implica un ahorro de combustible (reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera) y de horas de trabajo y, menores pasadas de maquinaria por el terreno que tienden a compactar el suelo.

### Laboreo de conservación

Este tipo de manejo, muy recomendable en agricultura de secano bajo condiciones semi-áridas mediterráneas, se basa en reducir el número de labores y la profundidad de éstas. Se prescinde de aperos agresivos que volteen el terreno optándose por fresadoras (rotobátor) o gradas de rejas que actúan a menor profundidad (10 cm). En todo caso, es fundamental que la superficie del suelo quede suficientemente cubierta de restos vegetales tal y como se detalla a continuación.

### Mantener cobertura de restos vegetales sobre el suelo

Mantener los residuos vegetales en el suelo de la parcela es un complemento fundamental para implementar la técnica de mínimo laboreo. Concretamente, se estima que se debe mantener un mínimo del 30% de la superficie cubierta con residuos. Con esta medida se logra retener más humedad en el suelo, controlar las malas hierbas y aumentar la cantidad de materia orgánica del suelo, entre otros beneficios.



### Cubiertas vegetales entre hileras de árboles

Esta medida presenta beneficios agronómicos, medioambientales y económicos. Consiste en favorecer el mantenimiento de vegetación (malas hierbas espontáneas no seleccionadas o siembra de gramíneas) entre las filas de árboles para minimizar el suelo expuesto a la erosión hídrica generada por el efecto del impacto directo de las gotas de lluvia. La cubierta vegetal puesto que aumenta la materia orgánica y mejora la estructura del suelo, puede producir mayor infiltración del agua de lluvia, reducir la escorrentía y la evaporación y, dar lugar a una distribución de agua más favorable en el perfil del suelo.

El balance global indica que suele disponerse de más agua en un suelo con cubierta que en uno labrado, siempre que se realice la siega en el momento adecuado. Los tipos de cubiertas que se pueden emplear para luchar contra la erosión, por origen y manejo, pueden ser: i) no sembrada, espontánea de malas hierbas no seleccionadas o seleccionadas hacia gramíneas; ii) sembrada, de gramíneas (cebada, ballico, bromo, otros), de leguminosas (vezas, altramuces, otras) o de crucíferas.

[https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/lucha-contra-la-desertificacion/lch\\_inventario\\_tec.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/lucha-contra-la-desertificacion/lch_inventario_tec.aspx)

## Cambio a especies más tolerantes a la sequía (variedades y portainjertos)

Ante los escenarios de cambio climático, se hace necesario investigar y seleccionar variedades y/o portainjertos con mayor resistencia abiótica (sequía y calor). Concretamente, las variedades de ciclo más corto tendrán cada vez más interés agronómico. Con esta medida se aseguran las producciones y se evitará la precocidad en los cultivos.



## Instalación de mallas de sombreo

La malla de sombreo es un medio de adaptación para reducir el estrés térmico de los cultivos. Del mismo modo, la malla puede reducir los episodios de saturación lumínica que limita la capacidad fotosintética durante los meses estivales en ciertas especies como el aguacate. Recientes estudios desarrollados en condiciones mediterráneas muestran que la malla ejerce un efecto fundamentalmente sobre la radiación incidente y el régimen térmico en los meses más calurosos.



## Información adicional

Toda la información adicional que acompaña el documento se encuentra en <http://riegos.ivia.es/descargas>. Para cualquier consulta, puede contactar con el **Servicio de Tecnología del Riego del IVIA**. Para ello, se pone a disposición el teléfono de atención 963 42 40 87, la dirección de correo electrónico [riegosivia@gva.es](mailto:riegosivia@gva.es), así como la dirección web <http://riegos.ivia.es/consultas-y-sugerencias>.