

Situación actual y perspectivas del

riego subterráneo

Los sistemas de riego subterráneo que se instalan actualmente son una variante de los sistemas de riego localizados de alta frecuencia superficial, por lo que han heredado de éstos sus principales ventajas e inconvenientes. Además, presentan características propias derivadas de la aplicación subsuperficial del agua que se detallan a continuación.

J. Martínez y J. Reca.

Departamento de Ingeniería Rural. Universidad de Almería.

Foto 1. Sistema de riego subsuperficial o subterráneo.

Según vaya perfeccionándose el sistema irá aumentando la superficie con riego subterráneo

En zonas de clima árido, con escasos recursos hídricos, se hace imprescindible el uso racional del agua destinada al riego de los cultivos, por ser éstos los mayores consumidores del recurso. Parece conveniente disminuir las pérdidas en parcela, inherentes al sistema de riego, que además de representar un gasto innecesario, pueden ocasionar pérdidas de fertilizantes por lavado y contaminación de acuíferos. Recientemente, la práctica de riego subterráneo se está generalizando en diversas zonas como medio de mejorar la aplicación del agua en los sistemas de riego localizado. El objetivo del riego subterráneo es aplicar el agua directamente en el interior del suelo en lugar de en superficie (Ayars y col., 1999). Con este procedimiento se disminuyen las pérdidas por evaporación directa desde el bulbo húmedo, ya que no se humedece la parte superior del suelo y se localizan mejor el agua y los nutrientes en la zona donde la absorción ra-

dical es más activa. Esto redonda en un ahorro de agua y fertilizantes y en una mejor eficiencia del uso de estos recursos.

Bajo la denominación de riego subterráneo se engloban todos aquellos sistemas cuyo objetivo es aplicar el agua por debajo de la superficie del suelo. Conviene distinguir entre el riego subterráneo, propiamente dicho, que consiste en crear un manto de agua artificial, del riego subsuperficial, en el cual el agua se aplica en el interior del suelo mediante emisores de riego localizado, normalmente enterrados (Losada, 2005). No obstante, debido a que la primera variante está prácticamente en desuso, los términos subterráneo y subsuperficial se suelen usar indistintamente.

El riego subsuperficial o subterráneo, tal y como lo conocemos actualmente, es posterior al desarrollo del riego localizado, del cual deriva. Los sistemas de riego localizado subterráneos más habituales consisten en enterrar a la profundidad adecuada,

variable con el cultivo, tanto las tuberías de distribución como los emisores de riego (foto 1).

El riego subterráneo, a pesar de que su desarrollo es reciente, se conoce desde antiguo. Un ejemplo es el riego mediante tinajas de arcilla, un sistema de riego tradicional eficiente e ideal para pequeñas explotaciones (Bainbridge, 2001). Este sistema se utilizó por primera vez en China hace más de dos mil años (Sheng Han, 1974). Consiste en unas tinajas de arcilla enterradas en el suelo en las proximidades de sistema radical del cultivo. Estas tinajas se llenan de agua, que se va aportando al cultivo de forma controlada. El flujo de agua a través de la pared de arcilla de la tinaja varía con el consumo de la planta. Con este sistema se consigue una eficiencia en la aplicación del agua muy elevada, ya que prácticamente se eliminan las pérdidas por escorrentía, evaporación y filtración profunda. Mejora la eficiencia de aplicación de los sistemas de riego por goteo,

sobre todo en suelos de textura arenosa, y, por supuesto, mejora la eficiencia de los sistemas de riego por superficie y por aspersión. Además, este sistema de riego es muy eficiente en los casos de suelos salinos y aguas de riego salobres. Su principal inconveniente es el coste de implantación y manejo, sobre todo si el rellenado de las tinajas se realiza de forma manual.

A pesar de las numerosas ventajas que teóricamente aporta el sistema de riego subterráneo, que algunos estudios han comprobado experimentalmente (Ayars y col., 1999), su uso no se ha extendido del modo esperado debido a que presenta algunos inconvenientes. Para incrementar su uso, es necesario realizar más estudios experimentales con objeto de contrastar sus ventajas y paliar sus inconvenientes. En este sentido, conviene resaltar al-

gunas alternativas técnicas que proponen mejoras al sistema y que se comentarán posteriormente.

Descripción del sistema

Un sistema de riego subsuperficial, en inglés SDI (Subsurface Drip Irrigation), es muy parecido a un sistema de riego por goteo superficial, aunque presenta algunas diferencias significativas que conviene indicar. En ambos sistemas se pueden distinguir dos partes claramente diferenciadas en la instalación: la cabeza, que constituye el elemento central, y la red de distribución de agua.

Cabeza del sistema

La cabeza del sistema está compuesta básicamente por los equipos de impulsión, filtración y fertirriego. El primero aporta la

energía necesaria para el funcionamiento a presión del sistema. El segundo es el encargado de eliminar las partículas sólidas suspendidas en el agua de riego, que pueden obstruir los goteros, y el tercero tiene por misión la incorporación de los nutrientes al agua de riego. Además de los equipos indicados, en la cabeza del sistema conviene instalar dispositivos de control y medida, tales como llaves, contadores y manómetros. Los sistemas de riego localizado permiten fácilmente la automatización de las distintas operaciones de riego y la aplicación de fertilizantes. Cada vez es más frecuente que la cabeza del sistema incorpore programadores de riego que realizan de forma automática estas operaciones. La diferencia más significativa entre un sistema de riego superficial y uno subterráneo consiste en que en el segundo caso se requiere una aten-

ción especial al equipo de filtración, debido a la dificultad de localizar y limpiar los goteros. Además, el equipo de fertirriego debe estar preparado para realizar tratamientos herbicidas periódicos con objeto de evitar la intrusión de las raíces en la red de distribución. Un esquema típico de una cabeza de riego subterráneo es el que se muestra en la **figura 1**.

Red de distribución

En los sistemas de riego localizados superficiales la red de distribución de agua suele ser una red ramificada de tuberías de plástico, normalmente de polietileno de baja densidad, a presión. En los sistemas de riego subterráneos las tuberías suelen ser de las mismas características pero, en cambio, la red es mallada. En el caso de riego subterráneo tampoco es necesario que las tuberías de PE tengan aditivos, como el

El riego por goteo es el mejor sistema para ahorrar agua

UNIRAM es el nuevo gotero integrado de Regaber y Netafim, fruto de la experiencia adquirida con más de 5.000 millones de metros de RAM instalados.

Recomendado para riego en superficie y subterráneo con la máxima fiabilidad.

Consulte a su distribuidor Regaber más cercano

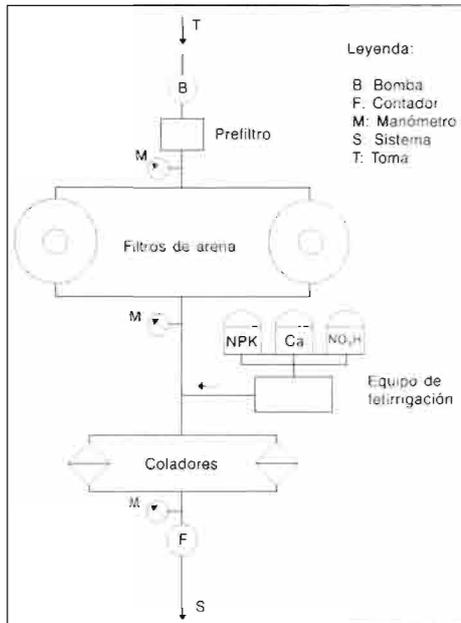
Regaber

ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE RIEGO



FIGURA 1

Esquema de cabeza de sistema en riego subterráneo.



negro de carbono, que las protejan de la degradación por efecto de la radiación solar. En ambos casos, la red de riego se sistematiza en sectores de riego o superficies de monocultivo que se riegan al mismo tiempo. Los sectores de riego se dividen en unidades de riego, formadas por una tubería portarramales y el conjunto de ramales portagoteros que se derivan de ella. El mallado en las redes de riego subterráneas se consigue uniendo los extremos finales de los ramales portagoteros mediante una tubería de drenaje, cuya misión es facilitar el vaciado de la red al finalizar la operación de riego, como medida de limpieza, con el objetivo de disminuir los riesgos de obturación de los goteros por formación de precipitados. Para ello es necesario disponer en el extremo inferior de la tubería de drenaje una llave de control que se abra al finalizar el riego y que permanezca cerrada durante el mismo (figura 2).

También es conveniente prever la colocación de ventosas en cabeza de los portarramales que faciliten la entrada de aire a la red cuando se produzca su vaciado

para evitar la succión de aire a través de los emisores, con el consiguiente riesgo de aspiración de partículas de suelo, que pueden obturar los goteros. Aparte de estas ventosas, suelen instalarse diversos elementos de control, como pueden ser: llaves de accionamiento manual, electrollaves, manómetros, coladores y reguladores de presión.

Las unidades de riego se unen entre sí y al punto de acometida en cabeza del sistema mediante la red terciaria de tuberías, normalmente de cloruro de polivinilo (PVC) o de polietileno (PE).

Un aspecto de especial relevancia en los sistemas de riego subterráneo es la elección

del emisor. Es aconsejable que sean autolimpiantes y antisucción. Normalmente estas propiedades están ligadas a mecanismos de compensación, conseguidos mediante una membrana elástica que se deforma bajo el efecto de la presión. Cuando ésta es baja, el gotero cierra, evitando la entrada de aire a su través cuando se produce el vaciado de la tubería, y en el intervalo de presiones de trabajo regula el gasto. Los más habituales suelen ser del tipo integrado, con menores riesgos de fugas y despalmes, aunque también existen modelos derivados.

Con el objetivo de solucionar el problema que representa la obturación de los goteros en riego subterráneo, se han ideado diferentes sistemas alternativos. Uno de estos sistemas es el denominado método del hoyo en el suelo (soil pit method), que consiste en aplicar el agua de riego de forma localizada y a cierta profundidad mediante un microtubo de unos 4 mm de diámetro interior que se introduce en un hoyo vertical, de diámetro ligeramente superior al del microtubo, sellado con bentonita (Battam y col., 2003). Otro



Foto 2. Sistema de riego subterráneo en olivar de Rafael Alonso Aguilera S.L.

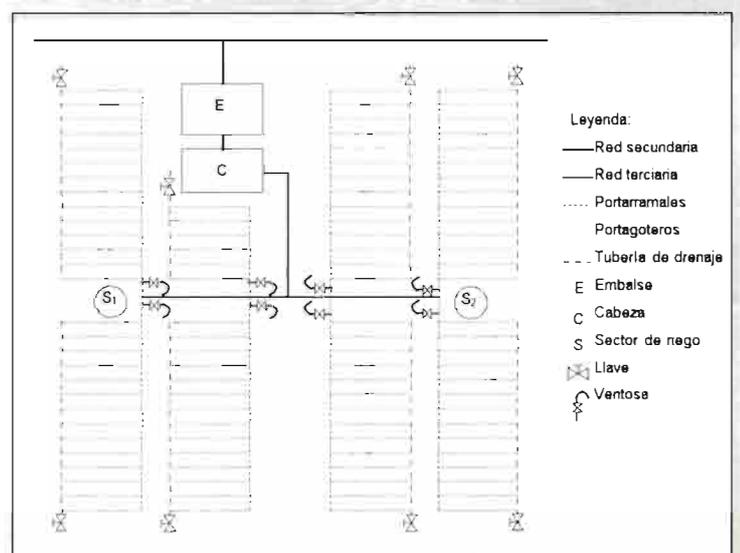
sistema, sencillo y eficiente, consiste en instalar la red de distribución de agua y los goteros en superficie, como si se tratase de un sistema de riego localizado superficial, e introducir la descarga de los goteros directamente en el suelo, a cierta profundidad, a través de unas tuberías perforadas de plástico de unos 10 cm de diámetro, colocadas verticalmente en el suelo (foto 2).

La instalación de un sistema de riego subterráneo se puede realizar de forma mecanizada mediante un topo que consta de un carrito donde se coloca la tubería portagoteros y un tubo soldado a la parte posterior de la

reja, por donde se introduce la tubería, por lo que el coste de instalación no es mucho más alto que el de un sistema de riego por goteo superficial. No obstante, el coste total de la instalación es variable, ya que depende, entre otros factores, del tipo de suelo, tipo de cultivo y calidad del agua. Además, la complejidad de la cabeza del sistema y el grado de automatización de las operaciones de riego pueden incrementar sustancialmente el coste final de la instalación.

FIGURA 2

Esquema de red de distribución de agua en riego subterráneo





Branson

TRACTORS

Tractores compactos

DESDE 29 HASTA 48 C.V. DE POTENCIA, QUE DESTACAN POR SU VERSATILIDAD, LA FIABILIDAD DE SUS MOTORES Y SU TRANSMISIÓN SINCRONIZADA CON INVERSOR.



La mejor herramienta para su trabajo:

- Admiten cualquier tipo de apero arrastrado, suspendido o accionado por la T.d.F.
- Elevador con control de posición y profundidad (según series).
- T.d.F. de dos velocidades (540 y 1.000 r.p.m.) con accionamiento electrohidráulico.

5 modelos diferentes:

- Motores de 3 y 4 cilindros desde 29 hasta 48 C.V.
 - Doble tracción.
 - Inversor sincronizado.



BRANSON ES UNA MARCA COMERCIALIZADA POR COMECA Y SU RED DE CONCESIONARIOS

COMECA
AGRICOLA

Comercial de Mecanización Agrícola, s.a.
Polígono Industrial "El Balconcillo". Calle Lepanto, 10.
19004 Guadalajara (España).
Tel.: 949 20 82 10. Fax: 949 20 30 17
E-mail: comeca@comeca.es - www.comeca.es

Características del sistema

Los sistemas de riego subterráneo que se instalan actualmente son una variante de los sistemas de riego localizados de alta frecuencia superficiales, por lo que han heredado de éstos sus principales ventajas e inconvenientes. Además, presentan características propias derivadas de la aplicación subsuperficial del agua. A continuación se describen las ventajas e inconvenientes más importantes de estos sistemas.

Ventajas

Permiten, siempre y cuando el cálculo hidráulico sea correcto, una elevada uniformidad en la distribución del agua, debido a que ésta se realiza de forma controlada mediante una red de tuberías. La uniformidad puede ser incluso mayor que en los sistemas de riego por goteo superficiales debido a que la topología de la red es mallada, con una distribución de presiones más homogénea.

Mejoran la eficiencia en el uso del agua respecto a sistemas de riego localizado superficiales, ya que se reducen las pérdidas por evaporación directa desde la superficie del suelo, al encontrarse la zona humedecida en el interior del mismo (**foto 3**). Además, se reducen las pérdidas por percolación profunda, debido a que al presentar un bulbo húmedo de mayor tamaño, con forma aproximadamente esférica, la humedad del suelo tiende a disminuir. Por último, se eliminan las pérdidas por escorrentía. La reducción de pérdidas por evaporación es variable según el cultivo, el sistema de riego, la programación de riegos, el suelo y las condiciones climáticas. En estudios realizados sobre evaporación directa desde el bulbo húmedo en un cultivo de olivar se han estimado pérdidas de agua que oscilan entre el 4% y el 12% en olivos adultos y entre el 18% y el 43% en olivos jóvenes (Bonachela y col., 2001).

Mejoran la eficiencia del fertirriego, ya que localizan los fertilizantes justo en la zona de absor-



Foto 3. En los sistemas de riego subterráneo disminuyen las pérdidas por evaporación directa y por percolación profunda.

ción de las raíces. Esto resulta bastante interesante en el caso de elementos poco móviles, como le ocurre al fósforo y al potasio. Además, se reducen las pérdidas de nutrientes por lavado debido a que, como se ha indicado anteriormente, las pérdidas de agua por percolación profunda son menores con estos sistemas de riego.

Derivado de las ventajas anteriores, es previsible esperar un incremento en la producción del cultivo, especialmente significativo en el caso de suelos ligeros y riegos deficitarios. En ensayos realizados en olivar comparando riego superficial y subterráneo y empleando riego deficitario, se ha comprobado que la respuesta de los árboles a la aplicación de dosis de agua deficitarias ha sido significativamente mejor en riego subterráneo (Pastor y col., 2003).

Permiten la utilización de aguas residuales depuradas para riego. El principal inconveniente que presentan estas aguas es la presencia de microorganismos patógenos como *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, que pueden sobrevivir después de haberlas sometido a algún tratamiento de desinfección. Con estos sistemas de riego se reduce el riesgo de contagio tanto del trabajador como del consumidor de los productos cosechados, al quedar el agua y los posibles microorganismos bajo la superficie del suelo. Existen trabajos experimentales realizados en cultivos hortícolas de invernadero que evidencian

este aspecto (Contreras y col., 2002).

Además, el riego subterráneo no distorsiona el paisaje en el que se instale (por lo que es ideal para riego de jardines), evita problemas de vandalismo y garantiza una mayor duración de la instalación al estar protegida frente a radiaciones solares y variaciones térmicas.

Permiten la realización de operaciones de laboreo, siempre y cuando las tuberías se entierren a la profundidad necesaria, superior a 35 cm, para evitar su rotura al ser alcanzadas por el apero de labranza.

Al no humedecer la superficie del suelo, se reduce el desarrollo de malas hierbas y la proliferación de enfermedades criptogámicas que afectan al cuello de las plantas.

Inconvenientes

El inconveniente principal del riego subterráneo es la obturación de los emisores, ocasionada por partículas transportadas en el agua, partículas del suelo o intrusión de las raíces. Para paliar este problema es necesario instalar potentes equipos de filtración que eliminen la mayor parte de las partículas que transporta el agua y llaves de limpia y ventosas que permitan limpiar las tuberías evitando el efecto de succión de partículas de suelo por los emisores. Además, es aconsejable dar tratamientos periódicos con herbicidas, como la trifluralina, para evitar la entrada de raíces en los

goteros. También conviene utilizar goteros específicos de riego subterráneo dotados de mecanismos de antisucción y de limpieza. El no tener en cuenta todas estas observaciones ha originado el fracaso de muchas instalaciones de riego subterráneo.

Otro inconveniente de estos sistemas es la dificultad de detectar y reparar fallos en el funcionamiento del sistema, por lo que conviene ser especialmente cuidadosos en las fase de diseño e instalación para evitar posibles problemas.

Por último, el coste total de estos sistemas es siempre algo superior al de los sistemas de riego localizado superficiales debido a la necesidad de instalar algunos elementos adicionales y, fundamentalmente, al coste de enterrar las tuberías. Este último, como se ha indicado anteriormente, puede abarataarse bastante si se realiza de forma mecanizada.

Recientemente se han llevado a cabo algunos trabajos para evaluar las ventajas e inconvenientes de los sistemas de riego subterráneo. Uno de los estudios de más larga duración es el realizado por la Estación de Investigación Agraria de Fresno (California), perteneciente al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Ayars y col., 1999). Este trabajo muestra los resultados de ensayos de riego subterráneo realizados durante un período de quince años con diferentes cultivos. Se observa un incremento significativo en la producción y en la eficiencia del uso del agua y una reducción en las pérdidas por percolación profunda. También se concluye que la uniformidad del sistema a lo largo de dicho período no disminuyó cuando se realizaron las medidas preventivas de manejo para evitar la intrusión de las raíces en los emisores.

Finalmente, se puede terminar diciendo que el futuro de estos sistemas de riego es bastante esperanzador. Es de prever un incremento de la superficie regada mediante sistemas de riego subterráneo a medida que se vaya perfeccionando el sistema. ■