

# El riego por goteo subterráneo en el mundo

Por: Juan Pablo Figueroa

El riego por goteo sub-superficial, o aplicación de agua bajo la superficie del suelo a través de emisores ubicados junto a los sistemas radicales de las plantas, es una técnica cada vez más utilizada, incluso en cultivos extensivos. Algunos beneficios de estos sistemas que más se destacan son la protección de la estructura y aireación del suelo, la mayor eficiencia de uso de agua y nutrientes, una menor incidencia de enfermedades y malezas, además de la posibilidad de incorporar aire al agua de riego, de modo de lograr mejor oxigenación de las raíces.



El riego por goteo sub-superficial (Sub-surface drip irrigation: SDI) o enterrado se define como la aplicación de agua bajo la superficie del suelo a través de emisores, por lo general con tasas de descarga semejantes al riego por goteo tradicional. Debido a la protección de la estructura y la aireación del suelo, el riego sub-superficial es considerado como una técnica válida para aportar agua a cultivos al aire libre. Incluso

se señala que este método permitiría a los productores extender la superficie bajo riego, gracias a la disminución de los costos de mantenimiento de los equipos.

Una variante de esta técnica se utiliza en sistemas extensivos, en los que una napa subterránea es controlada mediante la introducción de agua en drenes, de modo que el agua se mueve en sentido opuesto a del drenaje, con el fin de levantar la napa hasta los siste-

mas radicales de las plantas. Los prerrequisitos de esta aplicación son la existencia de una napa superficial, la presencia de una capa impermeable en el perfil de suelo y una alta conductividad hidráulica del mismo.

En los sistemas para cultivos intensivos las líneas de riego son tendidas enterradas, cerca de las raíces de las plantas. La profundidad de enterramiento dependerá de la textura del suelo, pues la difusión del agua es mayor en suelos arcillosos y menor en suelos arenosos. Por el contrario, el flujo (hacia abajo) de agua es alto en suelos arenosos y bajo en suelos arcillosos. En tanto que en suelos limosos la difusión y el flujo se encuentran balanceados.

El riego superficial y el SDI requieren de equipos semejantes. Pero en el sub-superficial se debe prestar especial atención a la filtración del agua de riego, para evitar la interrupción del flujo en las tuberías, ya que no es posible monitorear visualmente las fallas. Según el esquema de instalación de la compañía española Saleplas, fabricante de componentes para microriego (incluido el SDI), ventosas y válvulas de retención son accesorios imprescindibles en los sistemas de riego subterráneo, pues evitan que penetre suciedad en los goteros por succión —o inversión de presión— cuando se detiene la bomba. Además los sistemas deben integrar tuberías de drenaje, con el fin de evacuar toda

## España: Peter Copestake Director de Copersa

Copersa es una empresa española comercializadora de equipos de riego, con 40 años de experiencia en el mercado español. Copersa, además de los productos tradicionales de riego, se especializa en sistemas de riego por goteo enterrado (SDI) con Rootguard (Treflan®) y en equipos de incorporación de gases al suelo (Mazzei Airjection).

### ¿Para qué cultivos se está usando el SDI en España y Portugal?

En Portugal todavía no es un concepto aceptado, la cantidad de instalaciones de SDI son muy inferiores a las de España en proporción con el área de cultivos bajo regadío. En España, los principales cultivos donde se utiliza el SDI son el olivo y la viña; se instalan cerca de cuatro millones de metros cada año. Sin embargo, el SDI es un sistema de riego muy minoritario en proporción a la totalidad del riego en España.

### ¿Podría estimar la diferencia de costes por hectárea, en España, entre dos sistemas equivalentes de goteo, uno tradicional y un SDI?

*Producto:* El incremento de coste de la tubería de riego por goteo SDI es de aproximadamente un

15% por sobre las tuberías de riego tradicionales. Esto se debe a la incorporación del Treflan en el plástico de los goteros y al hecho de que se fabrica a una escala menor que las tradicionales.

*Instalación:* El incremento del coste de instalación es de aproximadamente un 25% por sobre las instalaciones tradicionales. Lo que se debe principalmente a la necesidad de utilizar un tractor para subsolar y una retro para excavar las zanjas de las secundarias de suministro y drenaje.

*Componentes de riego:* El incremento de coste de las piezas de la instalación (exceptuando la tubería) es de cerca de un 10% sobre las tradicionales. Esto se debe a la necesidad de utilizar accesorios de conexión de seguridad, válvulas automáticas de descarga en las secundarias de drenaje, ventosas trifuncionales en puntos altos, contador para la comprobación de los caudales y sensores de humedad del suelo. Algunos de estos elementos se utilizan opcionalmente en instalaciones tradicionales, pero en SDI son obligatorios.

*Mantenimiento:* Exceptuando una rotura de la línea de goteo (algo

poco usual), el coste de mantenimiento de ambos sistemas es semejante.

### ¿Cuáles son las principales diferencias en mantenimiento, operación y control del goteo tradicional v/s SDI?

Con un SDI no hay agua en superficie por lo que no se ve si hay obturaciones o roturas. Esto obliga a que el equipo de filtración sea de máxima garantía para que el agua que llega al SDI sea la idónea y así mismo el contador de agua (caudalímetro), para saber al instante si existe obturación de goteros (reducción de caudal) o rotura de líneas (incremento de caudal). Con un SDI también es importante disponer de sensores de humedad en la zona radicular para controlar el nivel de humedad en el suelo.

### Una de las claves de los SDI es la efectividad del dispositivo anti-raíces. En ese sentido, ¿qué es el Treflan® y qué otros dispositivos, físicos o químicos, existen en el mercado?

El sistema para SDI que utiliza Copersa es el Rootguard, basado en la incorporación de cantida-

des minúsculas de Treflan en la granza del plástico utilizado en la fabricación de los goteros. Consideramos que esta protección es la más eficiente ya que sólo depende de una acción molecular de transferencia del Treflan al suelo alrededor del gotero. Este dispositivo, que puede funcionar hasta 25 años, dependiendo de la temperatura del suelo, evita todo acercamiento de las raíces al gotero. Los sistemas mecánicos o dependientes de productos químicos aplicados al agua de riego conllevan mayores riesgos de error.

Peter Copestake recomienda el uso del SDI para casi todas las condiciones de cultivo: "La bondad del sistema en cultivos de larga duración plantados en línea ha sido ampliamente demostrada, pero también tenemos experiencia con cultivos de temporada (algodón y maíz), en donde la reducción del consumo de agua así como el incremento en calidad y precocidad del cultivo han sido notables. Sin embargo, debido a que el agricultor debe sembrar considerando el sistema de riego enterrado, en estos cultivos aún no se ha aceptado este sistema".

la suciedad cuando se realizan las periódicas limpiezas de emisores.

## Ventajas agronómicas y operativas

Entre las principales ventajas está que se elimina la evaporación y el escurrimiento de agua en el suelo, o la deriva de la misma por viento. De hecho, esta técnica aumenta la Eficiencia de Uso del Agua y elimina el encostramiento o la compactación del suelo. Además, dada la proximidad de las líneas de goteo a las raíces, se maximiza la eficiencia de uso de los nutrientes. Al localizarse los

emisores bajo la superficie, el bulbo húmedo toma una forma esférica, a diferencia de la tradicional semi-esférica del riego superficial, lo que permite a las plantas disponer de entre un 30% y un 40% más de agua.

Algunas ventajas fitosanitarias importantes son que las enfermedades de las plantas (fungosas y bacterianas) ocurren con menos frecuencia y pueden ser controladas con mayor facilidad, así como también la emergencia de malezas.

En el uso de agua reciclada para riego, el SDI representa una estrategia promisoriosa ya que la

parte aérea de los vegetales no tiene posibilidad de contacto con el agua, la que podría estar contaminada por patógenos.

Entre las ventajas operativas se menciona que se puede regar al tiempo que se hacen labores en el huerto, que las líneas de goteo quedan protegidas de la radiación UV, de los cambios de temperatura, labranza del suelo, animales y vandalismo. Desde el punto de vista medioambiental, el SDI requiere de una menor cantidad de agua, lo que lleva a un ahorro del recurso y a una menor acumulación de sales en el suelo y en las napas freáticas.

En el riego localizado superficial la red de tuberías se sitúa sobre el terreno lo que dificulta las tareas agrícolas, sobre todo las que requieren el uso de maquinaria. Con el SDI, inconvenientes como la recogida de líneas de goteo (mano de obra) y el almacenaje de las tuberías entre campañas de riego, quedan eliminados.

## Cuidados especiales a considerar

La profundidad de labranza del suelo se reduce debido a la presencia de las líneas de goteo enterradas cerca de la superficie.

## Estudio comparativo en sistemas de riego para ahorrar agua (5° Simposio de Riego de la ISHS)

A. M. AL-Moshileh y M. A. Kassem de Qassim University (Arabia Saudita) compararon los efectos del riego por aspersión, goteo superficial y SDI -con diferentes regímenes de agua- en la eficiencia de uso del agua y rendimiento de papa. Las plantas fueron tratadas con 5 niveles de contenido de humedad del suelo: 15%, 30%, 45%, 60% y 75% del total de agua agotada. La mínima cantidad de agua apli-

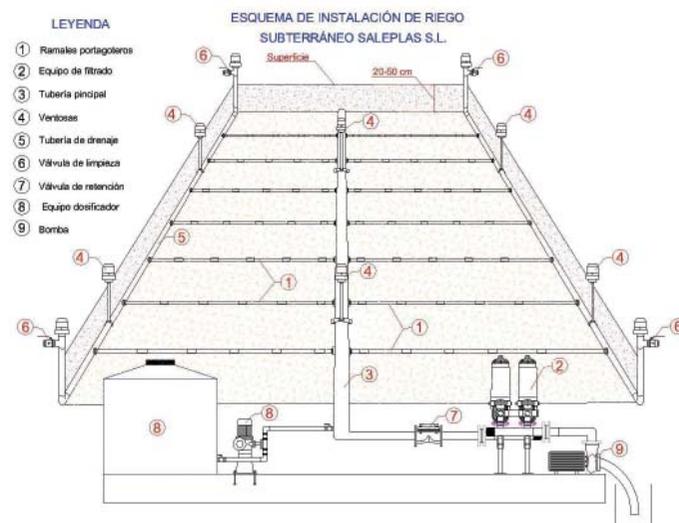
cada se obtuvo con el SDI, en el régimen de 75%. En el régimen del 15% el SDI disminuyó la cantidad de agua aplicada en la temporada de la aspersión y el goteo respectivamente. En un mismo régimen de agua el SDI disminuyó el agua consumida por las plantas respecto a la aspersión y el goteo. El SDI incrementó el crecimiento de las plantas respecto a los otros sistemas de riego.

## Oxigenación por SDI para aumentar el rendimiento y la eficiencia de uso del agua en cultivos hortícolas (5° ISHS)

Surya P. Bhattarai y David J. Midmore de Central Queensland University (Australia), probaron los efectos de la oxigenación sub-superficial en soja y tomate, comparando los resultados con el SDI normal, en tratamientos con distintos aportes de humedad. Encontraron que el rendimiento se incrementó como promedio en un 86% en soja y en un 21% en tomate, en los tratamientos con aire. Los incrementos se relacio-

naron con número de vainas en soja y con el tamaño en tomates. Los tratamientos con aireación aumentaron la absorción de agua lo que se relacionó con una mayor eficiencia de uso de la misma. Mientras que en soja el rendimiento se debió a la mayor interceptación de radiación por mayor follaje y biomasa total, en tomate el efecto se debió a una mayor área foliar, mayor contenido de clorofila y fruta más grande.

## Esquema de instalación de riego enterrado de Saleplas.



Además, durante las primeras etapas del cultivo, se puede requerir de un sistema de riego superficial suplementario, si las pequeñas raíces no llegan a la zona del suelo humedecida por capilaridad. Por último, las líneas de goteo pueden ser obturadas por raíces, del cultivo o de las malezas, o por burbujas de aire; eventos que sólo pueden ser anticipados mediante frecuentes y precisas limpiezas del equipo de riego. La intrusión de raíces en los goteros, por su parte, pue-

de ser controlada mediante dispositivos mecánicos o químicos.

Se recomienda -cuando el pH del agua es mayor a 7- aplicar ácido nítrico o fosfórico, para prevenir los precipitados de carbonatos (cales), evitando así la obturación de las instalaciones. Como práctica para evitar la intrusión radicular en los goteros recomiendan aplicaciones de dosis bajas de herbicidas, principalmente Treflan®, cuya materia activa es la trifluralina, cada 5 o 6 meses. Además, aconsejan controlar periódicamente los caudales de riego por válvula o sector de riego, para garantizar el rendimiento adecuado de los emisores.

## De gran potencial para muchos cultivos alrededor del mundo

En la actualidad, la aplicación más común del SDI es en el cultivo de frutales y hortalizas, tomate (para fresco y procesado), seguido por lechuga, papa y maíz dulce. Otras especies son manzana, espárragos, banana, pimentón, brócoli, col, melón, zanahoria, coliflor, arveja, poroto verde, cebolla, papaya, raps (colza o canola), calabaza y floricultura. Entre los cultivos extensivos los más populares son caña de azúcar, algodón



Espárragos regados mediante goteo subterráneo.

# Avaunt® 30 WG

Nueva alternativa en el control de Tuta absoluta en Tomates.

Impide que las larvas se sigan alimentando.

Es Efectivo sobre diferentes estados de la plaga.

Bajo impacto en enemigos naturales y en ácaros.

Flexibilidad de aplicación

Corto período de reingreso.



*Los milagros de la ciencia*

Asistencia Técnica de Ventas

La Serena (09)437-2093 - Santiago (09) 335-1663

Rancagua (09) 535-0268 - Chillán (09) 335-1678 - Temuco (09) 655-9979

Logística y Despachos:

Teléfono 02/ 362 2460 Fax pedidos: 362 2212 Anexo: 2460

Av. El Bosque Norte 500, Of. 1102, Piso 11, Las Condes - Santiago -Chile, Teléfono 362 2200

© Marca Registrada de E.I. DuPont de Nemours & Co.



## Diferencia de la eficiencia entre SDI y microaspersión en papa (4° Simposio de Riego de la ISHS)

Anconelli S., Guidoboni G. y Battilani, A. compararon la aspersión v/s el SDI en el norte de Italia en papas. El esquema del experimento fue el siguiente:

Sin riego (sólo lluvia)

Microaspersión (50% ETC)

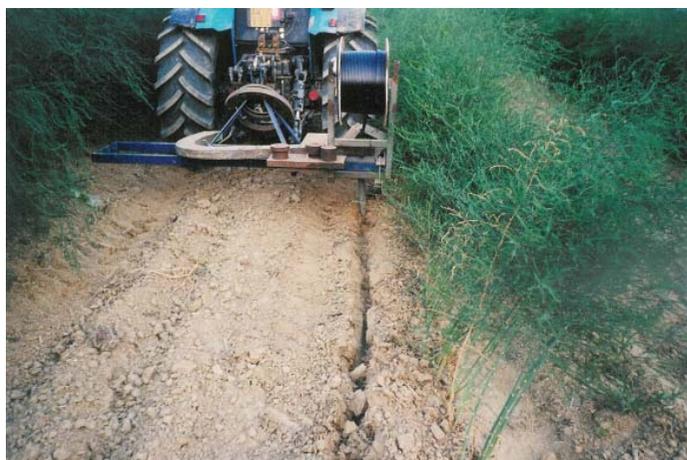
Microaspersión (100% ETC)

SDI (50% ETC)

SDI (100% ETC)

No hubo significativas diferencias entre ambos métodos, sin embargo el rendimiento con SDI fue un poco

mayor (en 50% y 100% de ETC). Como consecuencia, se encontró que la Eficiencia de Uso del Agua era similar en ambos métodos. El SDI incrementó la materia seca de los tubérculos y el contenido de almidón. El riego en general incrementó el tamaño de los tubérculos respecto a los sin riego. En los ensayos con SDI, el porcentaje de tubérculos de calibre entre 60-75 mm, resultó más alto respecto a aquellos obtenidos usando microaspersión.

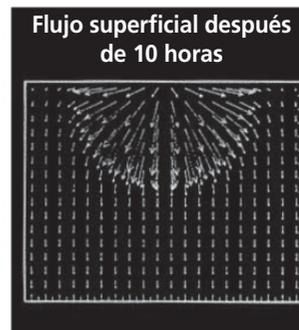


y maíz. Algunos otros son alfalfa, sorgo de grano, maní, pasto king grass y trigo.

Según nuestros datos, en España hay ya cerca de 10.500 ha regadas con SDI y se espera que la competencia por el agua y la necesidad de utilizarla con mayor

eficiencia incremente el uso del riego sub-superficial en todo el mundo, pues esta tecnología ofrece la capacidad de realizar aplicaciones muy precisas de agua de riego, nutrientes y otros químicos directamente en la zona de raíces. Con un diseño, instalación y ma-

Con el SDI el bulbo húmedo toma una forma esférica lo que permite a las plantas disponer de entre 30 - 40% más de agua.



Goteo sub superficial vs goteo superficial

nejo adecuados, se afirma que los sistemas SDI pueden funcionar de forma correcta y confiable durante más de 10 años.

## Las ventajas de inyectar aire a través del sistema

La Dra. Lucia Bortolini, del Irricentro de la Universidad de Padova, ha trabajado en la inyección de aire en el suelo a través del sistema de riego (también se está estudiando en Chile). Esta es una técnica que se utiliza para mejorar la capacidad productiva en suelos anóxicos, de textura fina y/o salinos. En ese tipo de suelos, los cultivos pueden mostrar señales de intolerancia tales como marchitez, clorosis, poco desarrollo, mayor susceptibilidad a enfermedades, etc. Un sistema de inyección recientemente introducido al mercado por la compañía Mazzei, llamado AirJection@Irrigation, es capaz de inyectar microburbujas de aire en el agua de los sistemas SDI.

El sistema está conformado por un inyector tipo venturi diseñado específicamente para crear microburbujas, el que introduce aire directamente en el agua para aportarlo al suelo a través de las líneas del microriego subterráneo. Él o los inyectores de aire pueden ser instalados en la línea principal o en cada hilera. En el caso de sistemas completamente enterrados, los puertos de succión de los

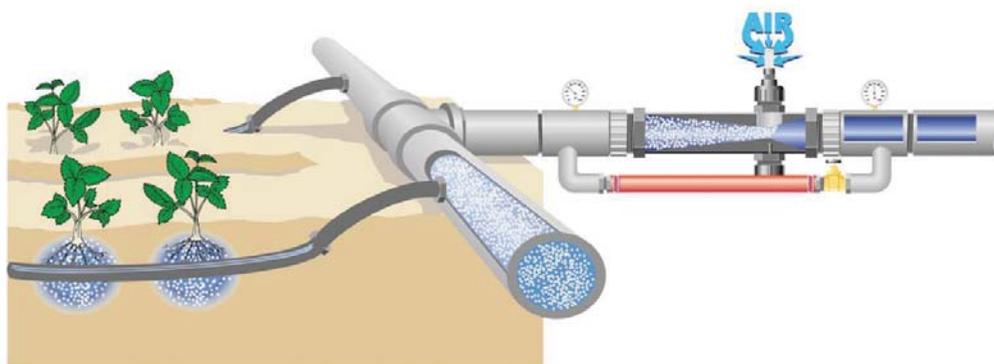
inyectores individuales deben ser conectados a un tubo común de aire abierto a la superficie.

La pérdida de presión, naturalmente asociada a estos aparatos, obliga a que la presión en el interior del inyector sea al menos dos veces mayor que la presión exterior del inyector. Sin embargo, al mismo tiempo, el aparato puede operar como regulador de presión, eliminándose la necesidad de una válvula reguladora en el sistema.

Ensayos con el equipo de inyección de aire llevados a cabo en Italia, Australia y EEUU, en cultivos tales como pimentones, melones, coliflores, maíz, zapallo italiano, frutilla, algodón y uvas, muestran que como mínimo se asegura un 10 % de incremento de la cosecha en la mayoría de los cultivos y a veces mucho más. Un ensayo recientemente realizado en Italia demostró que el efecto de la inyección de aire es más notorio en suelos saturados de agua, en huertos donde las camas de cultivo están bajo mulch y/o es difícil cultivar entre las hileras, y también cuando se acoplan las aplicaciones de fertilizante (fertirrigación). Los incrementos obtenidos en el rendimiento de los cultivos compensarían con facilidad los costos del inyector instalado en el sistema SDI.

La ventaja del sistema está en la abundancia de aire en la rizósfera, dada la mayor cantidad de oxígeno disuelto en el agua,

### Sistema de inyección de aire al SDI.



lo que entre otras cosas mejora la absorción de nutrientes. También hay consecuencias positivas en el equipo de riego: un menor crecimiento de algas en la tubería debido al oxígeno y menos sólidos suspendidos gracias a las microburbujas, las que reducen la obturación de emisores.

Una posible desventaja de la mayor presencia de oxígeno en el agua es que puede provocar la precipitación de, por ejemplo, hierro de agua de pozo, por la oxidación de compuestos reducidos.

### También interesante en hidroponía

Hoy en día se discute la sustentabilidad de los sistemas de cultivo sin suelo de ciclo abierto (a solución perdida), en los que el exceso de solución nutritiva (SN) lixiviada, es liberado al medioambiente. Con un porcentaje de drenaje del 20-30 %, para lavar de los sustratos las sales nutritivas remanentes, el volumen de SN liberada al medio puede llegar a 2.000-3.000 m<sup>3</sup>/ha/año; con un desperdicio de fertilizante de más de 8 toneladas.

Con un sistema subsuperficial, la SN no es lixiviada o descargada al medioambiente por lo que se los denomina sistema "sub-superficial de cero escurrimiento" (ZRS en inglés). Los sistemas ZRS presentan muchas ventajas si se los compara con los sistemas hidropónicos tradicionales, tales como uniformi-



dad en la aplicación de SN, menor compresión del sustrato e importantes ahorros de agua y fertilizante. En un estudio en EEUU, los agricultores establecieron que los sistemas ZRS disminuyen las labores de control y mantenimiento de los goteros, mejoran la uniformidad de las plantas e incrementan los rendimientos, en comparación con los sistemas de riego tradicionales.

Los sistemas ZRS han sido estudiados y propuestos principalmente para cultivar pequeñas plantas ornamentales en contenedores, las que se caracterizan por temporadas de crecimiento cortas y requerimientos limitados de agua y nutrientes.

En las técnicas ZRS de bancos de canal, el movimiento de la SN dentro del contenedor es sólo hacia arriba, debido a la evaporación del agua en la superficie del sustrato y a la transpiración de las plantas. Las sales minerales no absorbidas son sometidas a un leve

pero continuo movimiento hacia las capas superiores, por lo que las sales no utilizadas migran hacia arriba incrementando la salinidad en la porción superior del sustrato, donde no hay crecimiento de raíces.

La composición iónica del extracto acuoso del sustrato en el contenedor, analizada después de dos meses de cultivo de tomate cherry, mostró una concentración de iones y una proporción de los mismos, muy similar a aquellas de la SN en la capa inferior, en tanto que en la capa media y superior la concentración de N, K+ y Mg<sup>2+</sup> fue menor. Por el contrario, la concentración de Na+, Cl- y Ca<sup>2+</sup> fue más alta en comparación con los de la SN.

Al utilizar las técnicas de riego subsuperficial la composición de la SN recirculante permanece inalterada, por lo que el manejo de la SN se facilita, al simplificarse el control de pH y conductividad eléctrica (CE). **CR**

### Requerimientos de agua y rendimiento en duraznero. SDI v/s microaspersión (4° ISHS)

David R. Bryla de USDA ARS (USA) comparó en California Central los requerimientos de agua y los rendimientos de un huerto de 5 años de durazneros 'Crimson Lady', regados con microaspersión y SDI. Temprano en la temporada los árboles regados con microaspersión requirieron cerca del doble de agua para mantener el mismo estatus hídrico, medido como potencial hídrico de tallo a medio día, que los regados con SDI. Sin embargo, a medida que se desarrollaba el follaje, se requirió relativamente cada vez menos agua con microaspersión.

Para el final de la temporada, los árboles regados con SDI usaron un 26% menos de agua que los regados con microaspersión. El SDI además incrementó el tamaño de la fruta en un 8% y la cosecha apta para el mercado en un 29%, por sobre la microaspersión. Consecuentemente se incrementó la eficiencia de uso del agua en durazno en un 74%.