

Durante la década de los 60' se desarrollaron las bases tecnológicas de una herramienta agronómica extraordinaria. Un método de riego profesional, conceptualmente simple, que para hacerse global debió resolver enormes desafíos técnicos y de diseño. La naciente industria, con base en pocos países, se lanzó a una conquista planetaria enfrentando problemas de escala, logísticos, de costo, de mercado, y triunfó. El riego por goteo se utiliza hoy en todo el mundo, en cultivos de alto valor, y ya a nadie se debe convencer de sus muchas cualidades: reducción de costos laborales y de energía, un excelente manejo de fertilizantes y otros agroquímicos, y por tanto amigable con el medioambiente... pero lo principal, lleva la eficiencia de riego a su extremo, un 90% por lo menos, en un planeta en que un litro de agua envasado ya vale más que un litro de petróleo.

## RIEGO A LA VENA

# Planeta goteo: la

En torno del 80% del agua dulce del planeta, técnicamente disponible para la humanidad, es utilizada por la agricultura bajo riego. En un contexto en que los recursos hídricos globales son cada vez más limitantes, en todo el globo la actividad agrícola sufre de crecientes presiones provenientes de otros sectores productivos (industria, minería, hidroelectricidad, agua potable), para que rescinda parte de esos recursos.

Así las cosas, imaginen el impacto si se incrementa la eficiencia del riego agrícola, por ejemplo desde el 75% que detenta la aspersión, al 90% que ostenta el riego por goteo. Este ejemplo es discreto ya que a nivel mundial todavía se utiliza masivamente 'técnicas' de riego que no sobrepasan el 40% de eficiencia, como el riego tendido, o el 50%, como es el caso del riego por surco. Los sistemas de goteo desarrollados para la agricultura son tan eficientes que los mismos equipos son usados en varios procesos industriales y, en la minería masivamente para la lixiviación de minerales.

El goteo es un método de riego cuyo desarrollo moderno se inició en la década de los 60'. Dado que ofrece la máxima eficiencia de

uso del agua para riego, en muchos países se subsidia decididamente a los agricultores para que incorporen esos sistemas de modo de regar más superficie con menos agua, o de disminuir la presión sobre los recursos hídricos y el medio ambiente. El medioambiente se beneficia ya en que con el goteo se obtienen los menores índices de lixiviación por lo que disminuye la contaminación de los acuíferos.

El goteo permite aplicar el agua de riego muy cerca de las raíces o directamente en la rizósfera de los vegetales cultivados, lo que junto a asegurar la mejor absorción de agua y nutrientes, disminuye notablemente la emergencia de malezas —en comparación con otros métodos— y con ello la necesidad de aplicar herbicidas. Pero además, con el goteo se sufre una menor car-



# máxima eficiencia

Por Juan Pablo Figueroa

ga de enfermedades –ya que no moja el follaje– y lo fundamental, se obtienen mejores cosechas en términos de calidad y rendimiento, ya que optimiza la relación agua - aire en el suelo.

Como herramienta agronómica el goteo aporta junto a un exacto control del agua y con ella

de las raíces, un control insuperable de la fertilización. En el perfil de suelo bajo cada gotero se forma un 'bulbo mojado' alrededor del cual se tienden a concentrar las raíces.

Bombar agua por mangueras para que salga por agujeros puede parecer sencillo, pero para lograr sistemas confiables, capaces de regar enormes extensiones –de cultivos de alta inversión y retorno– con un 90% de eficiencia, sin taponamientos masivos de

emisores, pudiendo asimilar –si es necesario– importantes diferencias de presión a lo largo de la línea sin que se modifique el caudal de los goteros, se requirió de mucho diseño e ingeniería. De hecho, los sistemas han llegado a ser tan confiables que hoy en día

Estructura de Gotero



Laberinto de autolimpiado por vortex y flujo turbulento



las líneas de goteo se pueden instalar enterradas asumiendo que no sufrirán desperfectos o taponamientos importantes, incluso en cultivos de largo aliento como son los frutales.

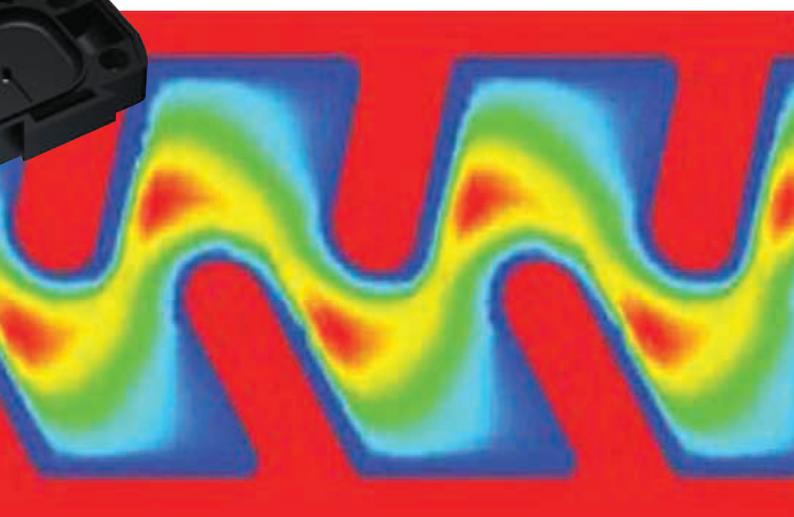
Entre tanto, paralelamente a los avances técnicos, se configuró una industria dinámica y competitiva, orientada a un mercado planetario, la que pese a la búsqueda constante de economías de escala se ha adaptado a las necesidades de riego locales. En la actualidad, en lo que se considera uno de los grandes hitos de esta industria, gran parte de las líneas de goteo se fabrican en los países demandantes, de acuerdo a requerimientos específicos de agricultores en todo el mundo.

## En la línea del goteo

Los sistemas de goteo, desde el punto de vista de las líneas de riego, se pueden dividir en dos categorías fundamentales. Aquellos

sistemas cuyas líneas están conformadas por mangueras de pared gruesa, de entre 0,9 y 1,2 mm de espesor, y las llamadas cintas de riego, cuyo espesor de pared varía de 0,20 a 0,40 mm. También existe una suerte de categoría intermedia, las tuberías integradas de pared delgada, las que pueden durar entre 2 y 5 años y que dependiendo del país compiten en el segmento de las cintas, se usan para regar berries o se utilizan en goteo enterrado.

Las tuberías de pared gruesa están diseñadas para durar hasta 10 años y en la actualidad traen los goteros integrados, previamente insertados en la manguera durante el proceso de extrusión. Dependiendo de la marca, los goteros de las tuberías de pared gruesa son cilíndricos (con forma de barril) o planos y se les llama gotero pastilla, en tanto que los de pared delgada son por lo general planos. Existe una variante de





El goteo es usado masivamente en minería para la lixiviación de minerales.

gotero para las tuberías de pared gruesa, conocido como gotero de botón (On line Dripper). Estos se pinchan en la manguera de riego y pueden distribuirse en la línea de riego al antojo del agricultor. Se utilizan cada vez menos ya que son más útiles en pequeñas superficies o en huertos con plantas a distancias irregulares.

Las cintas de riego están diseñadas para resistir una a dos temporadas de cultivo, dependiendo de su grosor y del cuidado, luego de lo cual se desechan. En general consisten en una cinta plástica que se gira y en la pestaña de pegado se hace un laberinto con agujeros a intervalos regulares. Lo normal es que las cintas sean mucho más

económicas que las mangueras de goteo integrado, tanto por la menor cantidad de resina en la línea como por la simpleza técnica de sus emisores. Como contraparte, las cintas resisten menos presión, se dañan con facilidad, son más desuniformes y sufren más obturación de emisores.

Las cintas más usadas a nivel mundial son las de grosor de pared de 0,20 mm (para una sola temporada), las que compiten con las 0,24 mm en el mismo segmento. Después vienen las de pared de 0,32 mm (2 temporadas) y finalmente las de 0,40 mm. Independiente de la calidad de cada marca, como las cintas se utilizan en cultivos de ciclo corto, en la elec-

ción de los agricultores pesa mucho el precio, por lo que ninguna marca de cinta se dispara más de un 5 o 7% por sobre las otras.

Por duración, costo y prestaciones del producto, valor del cultivo, tamaño de los huertos, costo de mano de obra (etc.), cada una de las categorías de líneas de goteo se orienta a grupos de cultivo particulares. Es así que las tuberías de pared gruesa son fundamentalmente utilizadas para el riego de frutales mayores, las tuberías de pared delgada se pueden orientar al riego de berries y la cinta de riego es masivamente utilizada en hortalizas.

Pero hay excepciones. Un ejemplo son las hortalizas bajo plástico de Almería (España), en las que se usa goteo de pared gruesa, dado el alto valor de los cultivos en los mercados del norte de Europa y la mayor seguridad y control que ofrecen las mangueras con goteros integrados. En la decisión sobre qué sistema instalar pesa mucho las expectativas que del mercado de sus productos agrícolas tienen los agricultores.

En las materias primas de las tuberías va gran parte del costo de los sistemas y puesto que las mangueras y las cintas son fabricadas con resinas producidas en base



a petróleo, su precio sube o baja junto al costo del hidrocarburo.

### La verdadera inteligencia del sistema

El rango de caudal de los goteros integrados va desde 1 litro/hora hasta 8 l/h y, muy relacionado con eso, las distancias –en la línea– entre goteros, va de 0,15 m (15 cm) a 2,0 m. A nivel mundial la configuración más usada era de 4 l/h a 1,0 m de distancia entre goteros, pero con la adaptación de la industria a nuevos requerimientos agronómicos y a las circunstancias de cada mercado, eso está cambiando.

Hoy la tendencia es a bajar caudales y a disminuir la distancia entre emisores, lo que desde el punto de vista agronómico permite un mayor control y disminuye el impacto si se tapa un gotero. Es así que el 'estándar' tiende a líneas de goteo de 2 l/hora con emisores cada 50 cm. "Con las líneas de 2 l/h por 50 cm, se vende el doble

## La revolución de Gershon Eckstein La invención de la máquina extrusora de goteros

Gershon Eckstein logró numerosas patentes relacionadas con riego, entre las que se incluye una patente del 21 de septiembre de 1976, otorgada por su revolucionario método de fabricación de líneas de goteros integrados. Su invención resolvió el problema de insertar goteros en una manguera durante el proceso de extrusión, en vez de tener que cortar el tubo en el campo para después insertar el gotero. Se eliminó así la necesidad de contar con una unidad de ensamblaje en el terreno de riego. Con el tiempo Eckstein recibió todo

el reconocimiento de la industria y numerosos premios, entre ellos el Industry Achievement Award 2007 de la Irrigation Association. Pero Eran Eckstein, hijo de Gershon, explica que la invención de su padre no fue de inmediato bien recibida en tanto que hoy corresponde al estándar de producción del mercado.

Eran Eckstein líder de la compañía Drip Irrigation Systems (DIS), fundada por su padre, señala: "Básicamente la tecnología consiste en insertar el emisor en la manguera y luego perforarla en la ubicación exacta del

gotero. Cuando por primera vez aparecieron estos equipos su velocidad de producción era muy lenta pero la tecnología fue mejorando con el tiempo. Hoy en día los equipos que se comercializan en el mercado se orientan a fabricantes que producen a velocidades cercanas a los 60 m/min, ya que a esta velocidad no se requiere de equipos especiales y caros como son los enrolladores automáticos. Cuando la velocidad excede 60-65 m/min, el operador no logra enrollar manualmente y se requiere de un sofisticado equipo automático".



Línea de extrusión de mangueras de goteo integrado.

de goteros que en una de 4 l/h por 1 m, y hoy ya se fabrica goteros de 1 l/h para ser colocados cada 30 cm. Esa configuración es mucho más cara, casi 4 goteros en donde antes había sólo 1, pero agrónomicamente es mucho más manejable", explica un entrevistado.

En las cintas de riego el rango de separación entre goteros es de 10 a 60 cm. Su uso en hortalizas obliga a disminuir la distancia entre goteros y como los emisores de las cintas son más susceptibles al taponamiento, la cercanía de los goteros es un resguardo ante las obturaciones.

En el mercado existen goteros normales (básicos o regulares) y autocompensados. En los goteros normales el caudal –el mínimo es de 1,6 a 2 l/h– aumenta o disminuye cuando sube o baja la presión de trabajo del sistema lo que impone un límite al largo de las líneas de goteo y hace a los goteros normales ineficientes en terrenos

muy irregulares o con pendiente.

En los goteros autocompensados (AC) el caudal –desde 1 l/h y menos– se mantiene constante dentro de un amplio rango de presión, por lo que son útiles cuando se instalan líneas muy largas (más de 100 m y hasta más de 600 m) ya que se iguala el caudal de los primeros goteros con el caudal de los finales. Además son imprescindibles cuando se cultiva en terrenos muy irregulares o con pendientes pronunciadas, en las que se producen importantes diferencias de presión. Las cintas de riego también pueden ser normales o autocompensadas.

En los laberintos se producen las pérdidas de carga antes del agujero del gotero. El laberinto logra que entre el primer gotero de una línea y el último se produzca una diferencia máxima del 10%. Es decir, si el primer gotero entrega 2 l/h el último debe entregar entre 0,8 y 2,2 l/h, lo que permi-

## INSECTOS... AHORA SOLO EN SU IMAGINACION



# ENGE<sup>®</sup>

El reemplazo natural de insecticidas tradicionales

Controla insectos que atacan hortalizas y cultivos con gran poder de volteo, largo período de control y mayor seguridad para el aplicador.

## La historia del riego por goteo:

El riego por goteo moderno tuvo sus orígenes en la región de Negev, zona árida en el sur de Israel. Allí, a finales de los 50', el ingeniero israelita Simja Blass observó que ciertos árboles –próximos a una pequeña fuga de agua proveniente de una tubería– crecían notablemente mejor que otros árboles de las cercanías. Luego el ingeniero realizó sus primeros experimentos de riego con goteo.

La empresa israelita Netafim compró la patente y en 1965 lanzó al mercado los primeros sistemas de goteo en base a la generación de fricción, lo que producía un flujo lineal. Esos primeros goteros eran muy sensibles al taponamiento y para remediar ese inconveniente se diseñó un laberinto dentado que modifica la trayectoria del agua a través del gotero. Esto dio origen al flujo turbulento y se superó en gran parte el problema de los taponamientos.

Luego, con el tiempo, la industria fue introduciendo mejoras técnicas tales como sistemas de autocompensación de presión y la tubería con goteros integrados. Ya en la década de los 90' se introdujo el mecanismo antidrenante; el mecanismo de sifón y los sistemas antiraíces, estos dos últimos permitieron el desarrollo del goteo subterráneo.

La invención de la cinta de riego en tanto se le adjudica Richard Chapin, de EEUU, quien fundó la compañía Chapin Watermatics, la que instaló su primer sistema en EEUU en 1964.

te un riego uniforme. Los goteros regulares cumplen con esa condición en líneas más cortas y sin pendiente.

Hoy todos los laberintos se diseñan con vortex u otras estructuras que generan turbulencias para evitar que las partículas se fijen



El goteo es decididamente financiado por la CNR en Chile.

en el interior del emisor (autolimpiado). La autocompensación, en tanto, se logra mediante una membrana que presiona sobre el laberinto para regular el caudal y lograr que sea constante en un amplio rango de presión.

Las distintas compañías del mercado compiten diferenciando sus sistemas antitaponamiento, varios de ellos patentados. Es así que en los muchos catálogos de las diferentes marcas se declara: laberinto de flujo turbulento, sistema de laberinto en cascada, gran superficie de filtración, sistema de autolimpiado, TurboNet™ con pasaje de agua grande; etc.

Los últimos avances que ha tenido la tecnología de los goteros consiste en dos prestaciones relacionadas: antidrenante y antisifón. La primera permite mantener las líneas cargadas aún después de

que se detiene el equipo de riego, ya que a una presión determinada una membrana cierra herméticamente el gotero manteniendo el sistema presurizado para que al siguiente ciclo el riego comience de inmediato. Los goteros antidrenantes se utilizan especialmente en el riego por pulsos (varios riegos diarios de corta duración) y en sistemas muy grandes para ahorrar tiempo y energía. En tanto que el sistema de sifón evita la succión de partículas cuando se detiene el sistema, por lo que es especialmente útil en el riego subterráneo.

## Industria y mercado del goteo mundial

Por lejos los goteros que más se venden son los normales ya que

el costo de un gotero AC puede ser de dos veces y media el costo de un gotero básico. En tanto que el gotero normal consta de una sola pieza, su tecnología es muy estándar y se fabrica mediante moldes disponibles en el mercado ( $\approx$  US\$ 50.000), para fabricar los goteros AC se requiere de sofisticadas máquinas de ensamblaje. A nivel mundial son muy pocas las compañías que fabrican goteros AC y que por tanto disponen de toda la gama de goteros.

“Hacer goteros regulares no es un reto, pero hay que invertir muchos millones de dólares para lograr que el elemento salga en dos partes, para luego entrar en otra máquina que ensambla las piezas instalando una membrana en su interior. La máquina luego cierra las ventanas y pega el gotero. Las máquinas ensambladoras son muy caras y producen millones de goteros en poco tiempo, lo que obliga a tener ventas mundiales. Las compañías que fabrican goteros AC también fabrican goteros pastilla (para líneas planas de pared delgada) y goteros regulares. Así logran sus economías de escala y su diferenciación”, explica un actor.

Por esa razón, las ensambladoras de goteros AC sólo existen en un puñado de países, entre los que destacan Israel (Netafim, Plas-

tro-John Deere Water Technology, NaanDan Jain Irrigation), Grecia (Eurodrip) e Italia (Irritec). Desde esos países los fabricantes de goteros AC exportan los emisores a sus propias subsidiarias locales o a terceros para que fabriquen las líneas de goteo. En opinión de los expertos esas máquinas jamás se instalarán en terceros países.

Pese a que las cintas de riego son mucho más simples, para su fabricación se requiere de mucha tecnología y su logística se parece a la de los goteros AC. Además, como las cintas de riego son de mucho menor costo, los fabricantes deben producir grandes cantidades para que el negocio sea rentable. "Es tan cara y compleja su tecnología de fabricación, que sólo se producen en EEUU, Grecia, Italia e Israel. La cinta requiere personal ultracalificado y una sola máquina de cinta podría cubrir la demanda de toda Sudamérica",

### Goteo subterráneo o subsuperficial:

Consiste en la aplicación de agua bajo la superficie del suelo mediante líneas de goteo enterradas a profundidades de entre 25 y 60 cm. Es una técnica cada vez más utilizada y con ella se rompió el molde del goteo llevándolo incluso a competir en el riego de cultivos extensivos y de praderas. Con el nivel tecnológico actual del riego por goteo, un buen sistema de filtrado y el manejo adecuado estos sistemas pueden regar por muchos años sin sufrir desperfectos importantes.

Las ventajas de este sistema que más se destacan son: menores costos operativos y de mantenimiento (que goteo tradicional), protección de la estructura del suelo y mejor aireación, menor evaporación, mayor eficiencia de uso de agua y nutrientes (se aplican directo a las raíces), menor incidencia de enfermedades y malezas y permiten el uso de agua reciclada en el riego.



*El riego por goteo subterráneo abrió esta técnica de irrigación a los cultivos extensivos.*

Estos equipos requieren de algunos elementos especiales, tales como sistema de filtrado de primer nivel, válvulas de retención y ventosas para evitar que penetre suciedad, tuberías de drenaje (para limpieza), etc. Además los emisores deben tener cualidades especiales: antisifón y antiraíces, lo que los hace más caros. Contra las raíces se utilizan barreras físicas en el

gotero y químicas (generalmente el herbicida trifluralina), el que puede estar incorporado en el plástico del emisor, en el filtro o ser aplicado cada cierto tiempo con el agua de riego. Los principales cultivos en los que se usa el goteo subterráneo son: caña de azúcar, frutales, patata, algodón, espárrago, raps, hortalizas, alfalfa, entre otros.

# Ahorre energía...!

... con soluciones tecnológicas que aumenten la eficiencia de su sistema de riego.

## WELLFORD®

equipos de bombeo



Wellford Chile S.A. Camino Lo Infante 1571, San Bernardo, Santiago Tel: (56-2) 857 26 51 [www.wellford.cl](http://www.wellford.cl)

Worthington - Pleuger - Flowserve - Emotron - Bornemann

señala un entrevistado. Por tanto las máquinas que fabrican cintas de riego tampoco serán llevadas a los mercados de destino.

## Los dos grandes hitos

Se señalan dos grandes hitos en la evolución de la industria del riego por goteo. El primero es el proceso de concentración que ha experimentado. Netafim es claramente el actor más importante en líneas de goteo integrado. Luego, con la formación de NaanDanJain, emerge otro monstruo mundial del goteo, ya que el grupo también posee a Chapin, una de las fabricas de cintas de riego más antiguas del mundo; durante 2008 Jain compró la suiza Thomas Machines, uno de los líderes globales en la fabricación de máquinas

extrusoras de líneas de goteo; y ya en 2009 compró el 30% de la empresa californiana Point Source Irrigation (PSI), a los socios italianos Irritec y Siplast, completando la propiedad del 70% de la compañía americana.

El otro gran actor global es John Deere Water Technology, unidad de John Deere que en dos años adquirió a dos de los principales fabricantes de cinta de riego del planeta, las californianas Roberts Irrigation y T-Systems y que en 2008 compró Plastro, una de las más prestigiosas compañías israelitas de goteo integrado. Estos tres actores dominarán a futuro el mercado del goteo y empujarán el crecimiento de esta tecnología junto a otros actores importantes como son la italiana Irritec, la griega Eurodrip, la Coreana Seowon,

la española Azud y la Jordana Adritec.

En el segmento de las cintas de riego sí existen casos de empresas locales (en mercados grandes) como es el caso de la brasilera Petroisa y un desglose por marca de este mercado a nivel mundial muestra a T-Tape con cerca del 30% de la torta, Aquatraxx de Toro con 15-20%, Roberts con cerca del 10%.

El otro hito destacado es la extrusión de las líneas de pared gruesa –con goteros integrados– en los países de destino. Antes sólo se fabricaban en los países de origen: Israel, Grecia, Italia, España, EEUU, India. Luego se comenzaron a instalar plantas en cada uno de los países de destino y sólo se importan los goteros. Se instalaron fábricas menores en to-

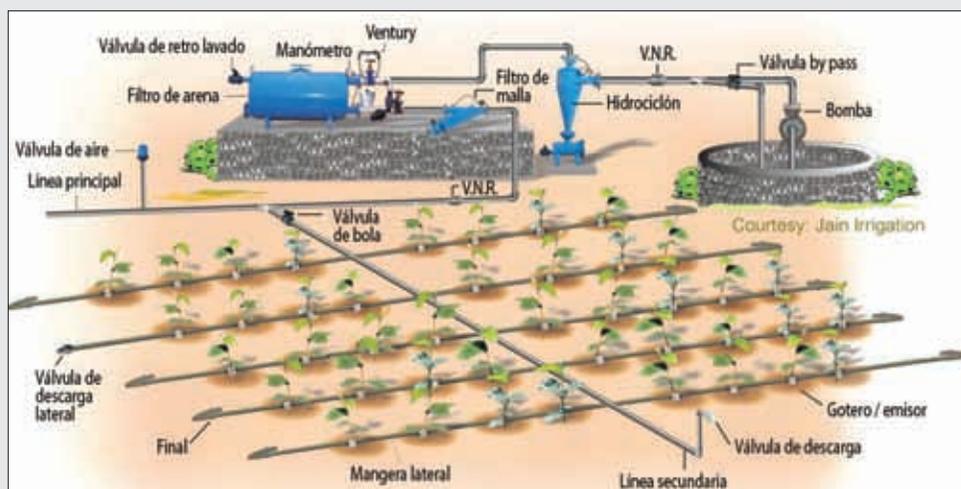
dos los países de importancia para el riego, disminuyendo de esa forma el costo en flete, fabricando los productos a la medida de cada mercado, sin problema de stock, etc. Esto se hizo directamente, mediante patentes o con socios locales.

La velocidad de extrusión o cantidad de metros por unidad de tiempo de líneas de goteros integrados que puede fabricar una máquina extrusora va de 50-60 m/minuto (con tecnología antigua) a cerca de 100 m/minuto (con tecnología de punta). Se dice que una máquina fabrica entre 15 y 17 millones de metros lineales al año.

Según representantes de la industria hay países que en la actualidad están viviendo un boom del riego por goteo. Entre los mencionados destacan Turquía, China, India, algunos países de Europa del Este y varios de Latinoamérica (Brasil, México, Perú, etc.). Estos países en que el goteo crece hoy con fuerza vienen a unirse al club de países en que este método de riego está consolidado: Italia, España, Grecia, EEUU, Chile, entre otros. México es particularmente mencionado cuando se consulta sobre el mercado de la cinta de riego y se lo señala como un país clave para todos los actores de esta industria.

Pero el desarrollo de la industria del riego por goteo es interesante, además, porque existe toda una gama de fertilizantes solubles (macro y micro nutrientes) y también de fitosanitarios, que encuentran en los sistemas de goteo su más eficiente vía de aplicación, y con un bajísimo costo operativo para los agricultores. Por esta razón, la industria mundial de los fertilizantes hidrosolubles –en todo el mundo– sigue el rastro de las líneas de goteo, las que abren nuevos mercados a muchos productos de alta tecnología, orientados a lograr la máxima calidad de las cosechas. **CR**

## Componentes y operación sistema de riego por goteo



### Componentes (desde la fuente de agua)

- Bomba o fuente de agua presurizada
- Sistemas de filtración: Separador de arena (ej. Hidrociclón), Filtro de malla, Filtro de arena
- Sistema de fertirriego (Inyector Venturi) y Equipo de quemigación (opcional)
- Controlador de retrolavado
- Línea principal (tubo de diámetro grande y fittings)

- Válvulas de control y de seguridad operadas de forma manual, eléctrica o hidráulica
  - Mangueras de diámetro pequeño (generalmente llamadas laterales)
  - Poly fittings y accesorios (para hacer las conexiones)
  - Emisores (goteros)
- Las bombas y válvulas de un sistema de riego por goteo pueden ser operadas por un controlador de forma manual o automática. La mayoría de los sistemas grandes

de riego por goteo utilizan algún tipo de sistema de filtrado para evitar el taponamiento de los emisores por partículas arrastradas por el agua. Hoy se dispone de nuevas tecnologías para minimizar los taponamientos. Prácticamente todos los fabricantes de emisores de goteo recomiendan los tipos de filtro que deben usarse en sus sistemas, de lo contrario no se activa la garantía.

**Fuente: Jain Irrigation**