

SECCIÓN 1

PRINCIPIOS GENERALES DE RIEGO POR GOTEÓ Y POR MICROASPERSIÓN

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES DEL RIEGO POR GOTEO Y POR MICROASPERSIÓN

El riego por goteo/microaspersión entrega agua directamente a pequeñas áreas adyacentes a cada planta a través de emisores colocados a lo largo de una línea de distribución de agua (llamada “lateral”). En un huerto de árboles o en un viñedo, típicamente habrá uno o más emisores por planta. Las Figuras 1 y 2 muestran instalaciones típicas de laterales en árboles y vides.



Figura 1. Manguera lateral con emisores en un viñedo.



Figura 2. Sistema de microrociadores en un huerto de almendros.

Los componentes típicos en sistemas de riego por goteo/microaspersión incluyen una bomba, filtros, dispositivos inyectoros de químicos, líneas principales y subprincipales, laterales y emisores. La Figura 3 muestra un esquema de un sistema simple de riego por goteo.

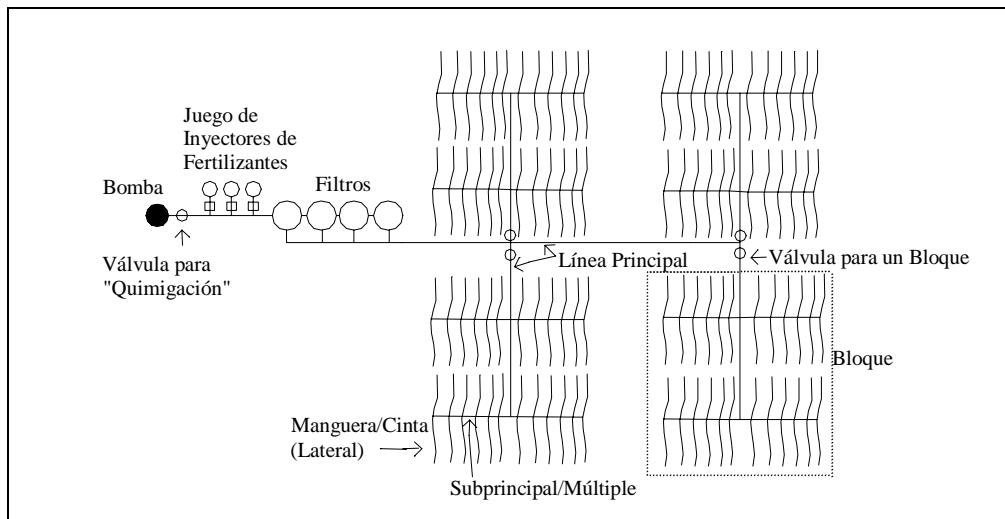


Figura 3. Disposición de un sistema de riego por goteo simple.

Para especies vegetales pequeñas plantadas en hileras, tales como brócoli, lechuga, pimientos, melones y algodón y para cultivos más densos (alfalfa y granos), los dispositivos de emisión se colocan espaciados a corta distancia, de tal manera que la acción capilar del suelo provea agua a la zona de raíces de cada planta. No es común el riego por goteo en cultivos de alta densidad debido a las dificultades para humedecer todas las plantas y al bajo precio de su producción.

En la industria del riego las preferencias de terminología utilizada para describir estos sistemas varía según las personas y la geografía. Sin embargo, riego por "goteo" generalmente se refiere a sistemas que usan emisores de bajo caudal, desde los cuales el agua gotea sobre la superficie o subsuperficialmente. El término "Microriego" a menudo se refiere a sistemas cuyos dispositivos de emisión lanzan agua horizontal y verticalmente en forma de rocío o de aspersión. Algunas personas establecen distinción entre "microrociadores", los cuales no tienen partes móviles, y "microaspersores", los cuales tienen partes giratorias. Riego "gota a gota" fue un término ampliamente utilizado en épocas pretéritas del riego por goteo/micro, como también lo fue riego de "bajo volumen". **Este libro generalmente usa el término riego por "goteo/micro" al discutir tópicos pertinentes tanto a sistemas de riego por "goteo" como de "microaspersión".**

Ciertos equipos tales como mangueras y dispositivos de emisión, típicamente permanecen en un lugar durante el período de cultivo. Los sistemas de riego se instalan típicamente en forma permanente para árboles y vides y para algunos cultivos anuales, en tanto que para otros cultivos anuales (lechuga, algodón etc.),

pueden ser portátiles y ser trasladados a un lote diferente luego de que la estación de riego se ha completado.

Otros sistemas son híbridos, con sistema de distribución principal enterrado y con laterales y/o múltiples/subprincipal es portátiles o desechables.

Los sistemas de riego por goteo/microaspersión requieren agua muy limpia para evitar obstrucción de los dispositivos de emisión. Los componentes de filtrado representan la parte principal de los costos iniciales y de mantenimiento en sistemas de riego por goteo/microaspersión. Además, típicamente se requiere agregar productos químicos "quimigación" para evitar la obstrucción debida al crecimiento de bacterias y/o a presencia de precipitados químicos en los laterales y en los dispositivos de emisión. El filtrado y la "quimigación" para prevenir obstrucción pueden minimizarse solamente si el agua es muy limpia y si los laterales con sus emisores son descartados después de un período corto de uso.

Los caudales para cada gotero son típicamente muy pequeños. Sin embargo, algunos microrociadores tienen sus diámetros de boquilla tan grandes que resulta cuestionable el hecho de que se consideren sistemas de riego por aspersión o por goteo/microaspersión. El factor determinante y extremadamente importante para denominarlos como sistemas de riego por goteo/microaspersión es el filtrado. Los rangos típicos de caudales para goteros están entre 1,5 - 8 LPH (0,4-2,0 GPH), y los caudales para microrociadores están entre 20 - 60 LPH (5 - 15 GPH).

Los sistemas de riego por goteo/microaspersión se pueden automatizar fácilmente siempre y cuando la fuente de agua esté fácilmente disponible. La mayoría de los proyectos de riego no suministran el agua a los productores con la suficiente flexibilidad para automatizar los sistemas de riego por goteo/microaspersión, a menos que los agricultores construyan embalses en sus predios. Los autores han invertido muchos años de trabajo en proyectos de riego para automatizar los sistemas de entrega de agua de tal manera que provean el grado de flexibilidad en el servicio de entrega de agua requerido para apoyar el riego por goteo/microaspersión. Las personas interesadas en el tema de mejoramiento de la flexibilidad en la entrega de agua a las fincas deberían ponerse en contacto con los autores en el Irrigation Training and Research Center - ITRC, para informarse sobre el gran número de cursos cortos, publicaciones y proyectos que el ITRC tiene sobre el particular.

Los sistemas de riego por goteo/microaspersión son ideales para personas dedicadas al manejo del agua de riego quienes estén interesadas en el refinamiento de las aplicaciones de agua y fertilizantes (fertirrigación) a través de los sistemas de riego. Las personas interesadas en obtener mayor información sobre este tópico de extrema importancia, pueden adquirir el libro "FERTIGATION" (Burt et al., 1995) en el Irrigation Training and Research Center - (ITRC). Constituye un complemento esencial para este libro.

El agua de riego se aplica generalmente a través de dispositivos de emisión diariamente o varias veces por semana. Algunas personas dedicadas al manejo del agua pulsan los sistemas en intervalos de una hora, aún cuando esa práctica no es estándar excepto en sistemas de goteo enterrados para árboles y vides, en los cuales los 30 - 45 minutos de duración de cada pulsación ayudan a prevenir que el agua fluya a la superficie del suelo. Algunos sistemas de riego por goteo/microaspersión se diseñan para regar todo el campo de una sola vez. Sin embargo, la tendencia casi universal hacia el uso de emisores de mayor caudal (tales como los microrociadores) o los emisores de menor separación entre sí (como sucede en cultivos en hileras), generalmente requiere que el caudal total de la bomba tenga una rotación entre dos a ocho bloques dentro de un solo campo.

Historia del Riego por Goteo y por Microaspersión

El riego por goteo/microaspersión comenzó a expandirse en algunas áreas de los Estados Unidos hacia mediados de la década de los años 1970. En ese entonces hubo dos formas primarias en los sistemas de riego por goteo/microaspersión:

1. Goteo en cultivos en hileras utilizando "cintas" de pared delgada. Estos productos generalmente utilizaban diseños de cámara doble con orificios de corta separación entre sí. Muchas hectareas de fresa y caña de azúcar bajo riego por aspersión o por surcos a riego por goteo, se cambiaron debido a las ventajas obvias en ahorros de agua, de fertilizantes y de energía. La producción de los cultivos también se incrementó con el nuevo método de riego.
2. Goteo en huertos de árboles utilizando mangueras flexibles de polietileno y goteros moldeados. Estos emisores fueron generalmente de tamaño entre 1,9 a 7,6 LPH (0,5 a 2,0 GPH) cada uno.

En algunos cultivos el método de riego predominante en la actualidad es el uso de microrociadores con caudales de 37,8 - 75,6 LPH (10 - 20 GPH) cada uno. En algunas áreas de los Estados Unidos esta forma de riego se denomina "microrocio" o "microaspersión, para distinguirlo de la emisión por medio de goteros. Como se mencionó antes, este libro utiliza el término riego por "goteo/microaspersión" para todas las formas de riego que tienen puntos de descarga o secciones de manguera con caudales bajos y orificios de tamaño suficientemente pequeños, los cuales hacen que el filtrado sea de interés primordial.

La popularidad del riego por goteo/microaspersión se ha incrementado en forma constante desde las primeras instalaciones de sistemas comerciales de grandes áreas en los primeros años de la década de 1970. La época de introducciones de productos completamente nuevos en forma frecuente y rápida, sufrió una desaceleración en los años 1980, aunque desde la última parte de esta década ha habido mejoramientos constantes en la calidad de los productos. Hacia los confines de los años 1990 se presentaron grandes innovaciones tales como emisores con pulsación, diseños completamente nuevos de emisores compensadores de presión, nuevos reguladores de presión de gran tamaño, los cuales operan con una baja pérdida de presión y no

obstante pueden mantener las presiones bajas requeridas por la cinta de goteo, así como también aparecieron en el mismo período, nuevos diseños de filtros.

El riego por goteo/microaspersión presenta ahora muchas formas diversas; algunas veces definidas por el cultivo que se riega y otras por los equipos utilizados. Todas ellas se resumen a continuación.

Variaciones del Riego por Goteo/Microaspersión

Hay muchas variaciones de sistemas de riego por goteo/microaspersión. Algunas de las diferencias en huertos obedecen a requerimientos agronómicos o de manejo de los mismos. Por ejemplo, la protección contra heladas es muy importante en cítricos y en aguacate en algunas regiones y los microaspersores o microrociadores ofrecen mejores ventajas para el control climático que los goteros, aunque el grado de protección es muy inferior al que ofrecen los aspersores estándar. Los goteros pueden preferirse en cultivos de almendros por cuanto permiten regar hileras alternas de árboles sin humedecer el suelo de las hileras adyacentes, como ocurriría con microaspersores o microrociadores. El riego en hileras alternas es importante en almendros porque las hileras alternas pueden plantarse con variedades diferentes, las cuales pueden requerir estrés de humedad en diferentes períodos, antes de la cosecha.

Los cultivos de huertos con raíces extensas pero poco profundas como el aguacate o los árboles bastante separados como las nueces de nogal, usualmente se comportan mejor con sistemas de microaspersores/rociadores que con sistemas de goteo debido a que la microaspersión cubre una mayor área que el goteo. Por el contrario, para árboles poco espaciados (separación tipo barrera viva) es más apropiado el riego por goteo. Habrá muchos emisores por hectárea en una separación tipo barrera viva. El volumen de suelo humedecido es alto y los sistemas con microaspersores/rociadores ven afectados sus patrones de rocío a causa de la interferencia ocasionada por los troncos de los árboles. En algunas regiones los cultivadores de cítricos podan los árboles de tal manera que las hojas nunca toquen el suelo; los microrociadores en este caso pueden humedecer un área considerable. Si la poda de los citrus es tal que permite que las hojas toquen el suelo, los microrociadores pueden en realidad comportarse como goteros de gran caudal ya que el agua golpea las hojas y no se asperja. Los goteros típicamente humedecen una menor área de suelo por emisor en suelos arenosos que en suelos francos o arcillosos (aunque se aclara que resulta bastante riesgoso utilizar las características generales del suelo para estimar el movimiento lateral del agua a partir de los goteros). Por consiguiente, resulta en general más costoso utilizar goteros en huertos de árboles en suelos arenosos que en suelos de textura más pesada porque se requieren más goteros en suelos arenosos (y a menudo una manguera extra por hilera de árboles) para obtener una adecuada área de suelo humedecida, la cual con frecuencia debe ser del orden del 60%. Los sistemas de riego por microaspersión tienen el mismo costo en cualquier tipo de suelo, debido a que la expansión capilar más allá del patrón de aspersión no es muy importante.

Goteo Superficial en Huertos de Árboles y en Viñedos

En general estos sistemas tienen una manguera por hilera de plantas en cultivos cuyas hileras son de corta separación entre sí (menos de 4 metros) y pueden tener dos o más mangueras por hilera para mayores separaciones entre hileras. En regiones áridas los goteros se separan entre sí de manera tal que por lo menos el 60% del volumen potencial de la zona de raíces se humedezca, con lo cual se provee un adecuado almacenamiento de agua para períodos de evapotranspiración alta y se asegura el cultivo por varios días cuando ocurran daños en el sistema de riego. Cuando el riego es suplementario a las lluvias, se requiere un porcentaje menor de área humedecida.

Los goteros utilizados en huertos de árboles y viñedos frecuentemente se fabrican separadamente de las mangueras y aquellos goteros "sobre la línea" pueden instalarse en la manguera bien sea en la fábrica o en el campo, dependiendo de la configuración del emisor y del diseño. La mayoría de mangueras se fabrican en polietileno con diámetros comunes de 16 mm a 30 mm (0,63" a 1,18"). Las longitudes de mangueras (en una dirección desde la entrada) varían desde cerca de 100 m hasta 200 m (328' a 656'). En el caso de huertos de árboles y viñedos con una sola manguera por hilera, esta se instala generalmente en la misma hilera de plantas. Se coloca sobre la superficie del suelo justo cerca del tronco de los árboles, teniendo en cuenta solo una longitud extra entre 1,5% y 2,5%, para que la manguera se acomode a las contracciones y expansiones debidas a cambios de la temperatura ambiente. Los diseños recientes rara vez usan microtubos para llevar agua desde los emisores a puntos distantes de estos, aún cuando fueron tenidos en cuenta en los primeros diseños. El uso de microtubos fue discontinuado puesto que se encontró que con el tiempo el viento los desplazaba de su posición original o eran pisoteados. Cuando una sola línea de goteros no provea suficiente área humedecida, es común instalar dos mangueras, una a cada lado de la hilera de árboles, aunque fuera de la ruta del tractor.

En viñedos el uso de una sola manguera por hilera es de uso casi universal debido a que la vides se plantan en hileras poco espaciadas. Generalmente se emplean uno o dos goteros por planta. En los viñedos las mangueras pueden colocarse sobre la superficie del suelo cerca al tronco de las vides o suspendidas 30 cm (1') dependiendo de la región y de los equipos de labranza y cosecha disponibles. (Ver Figura 1). La suspensión requiere de un sistema de emparrado con alambres a los cuales se sujetan tanto las ramas de la vid como las mangueras. La suspensión permite la labranza debajo de las vides sin dañar las mangueras ni los goteros. Recientemente ha habido algún interés en el uso de dos mangueras por hilera de vid, cada una con un gotero por vid. En esta forma los cultivadores de vid han podido producir estrés por humedad en forma alterna en secciones diferentes de la zona de raíces, por medio del suministro de riego alterno entre las dos mangueras (por ejemplo una manguera riega durante dos semanas y la otra durante las siguientes dos semanas). Algunos productores creen que el estrés alterno disminuye la transpiración, a la vez que mejora la calidad de la uva, sin necesidad de sacrificar tonelaje de la producción. Ha despertado gran interés en los autores el hecho de

haber encontrado que uno de los principales productores de pistachos cree que esta práctica también mejora la producción de este cultivo.

Durante los primeros años de la década de 1980 fueron establecidos en forma adecuada sistemas de riego por goteo de grandes superficies en muchas áreas del mundo. El mejoramiento de los equipos ha continuado y en la actualidad se cuenta con la oportunidad de escoger entre excelentes mangueras y goteros de muy buen diseño. La mayoría de los emisores son ahora de uno de estos dos diseños: trayectoria toruosa (laberínticos) o compensación de presión (autocompensables). Los diseños de trayectoria tortuosa son populares porque poseen secciones transversales de flujo relativamente grandes con lo cual se reducen los problemas de obstrucción, en comparación con los diseños de goteros de vórtice o remolino o de flujo laminar. Los diseños de trayectoria tortuosa también proporcionan un grado razonable de compensación de presión; los cambios de caudal son aproximadamente proporcionales a la raíz cuadrada de los cambios de presión. Los goteros de diseño de trayectoria tortuosa tienden a ser relativamente baratos, están bien confeccionados y son de alta duración, debido a que no poseen partes móviles.

El segundo diseño de gotero de mayor popularidad incorpora algún tipo de compensación de presión provista por una parte móvil, la cual progresivamente restringe el tamaño de la sección transversal de flujo a medida que la presión se incrementa. En el Capítulo 4 se discute el tema en mayor detalle.

Goteo Subsuperficial en Huertos de Árboles y en Viñedos (RGS)

Los sistemas de riego por goteo enterrados (también conocidos como riego por goteo subsuperficial o RGS) para huertos de árboles y para viñedos, constituyen un concepto relativamente nuevo, de expansión limitada, aunque fueron el tema de un número considerable de discusiones en el momento de la publicación de este libro. Estos sistemas son descritos en mayor detalle en la Sección 3 de este libro.

Microrocío y Microaspersores en Huertos de Árboles

Los sistemas de microrocío y de microaspersores se hicieron muy populares en el Oeste de los Estados Unidos desde los primeros años de la década de 1980 y muchos sistemas de riego por goteo fueron convertidos a sistemas de “microriego” en ese entonces.

Los sistemas de microaspersión usualmente tienen mangueras de mayor diámetro que los sistemas de goteo debido a que los caudales de los emisores son mucho mayores que en el caso de goteo. Tienen también la tendencia a tener menor longitud de manguera lateral por la misma razón anotada. Los campos regados por microaspersión se dividen a menudo en seis o más bloques debido a las altas tasas de

aplicación, en cuyo caso se riega a la vez solamente un bloque, mientras que los sistemas de goteo se dividen tan solo en dos bloques. En este sentido los resultados netos son que los sistemas de microaspersión son con frecuencia más costosos que los de goteo, ya que aquellos requieren más válvulas y múltiples y mangueras laterales más cortas que en el caso de goteo. Se exceptúan sin embargo los casos de plantas con gran distancia de siembra entre si, tales como las nueces, en cuyo caso pueden requerirse varias mangueras de goteo por hilera de árboles, en comparación con el requerimiento de una sola manguera para los sistemas de microaspersión. Otra excepción sería el cultivo de almendros, en el cual se puede comparar el requerimiento de una sola manguera lateral para microaspersión, con dos mangueras para el caso goteo con el fin de proveer un volumen adecuado de suelo húmedo.

Los microrociadores y los microaspersores se conectan típicamente a la manguera lateral por medio de un microtubo de 0,3 m a 1 m (1' a 3') de longitud aproximadamente. Ello permite que las mangueras laterales se muevan debido a cambios de temperatura o al contacto con equipos, empero los dispositivos de emisión permanecen estáticos sin cambiar su posición. Hay muchos diseños de estacas para apoyar y mantener los microrociadores y microaspersores sobre la superficie del suelo. Típicamente son de 0,3 m a 1 m (1' a 3') de altura aproximadamente. Algunos cultivadores prefieren enterrar ligeramente la manguera lateral y conectar los elevadores de los dispositivos de emisión directamente a la manguera, desde la cual sobresalen por sobre la superficie del suelo. Tal instalación minimiza los daños provocados por los recolectores y por los coyotes, a la vez que mantiene la manguera más fresca y elimina la contracción/expansión de su longitud. Sin embargo, se han presentado problemas con raíces que estrangulan las mangueras aún en casos de mangueras enterradas a poca profundidad.

Los microrociadores/microaspersores pueden proporcionar también algún grado de protección contra heladas, además de humedecer un mayor volumen de suelo que un sistema de goteo de una sola manguera, como se anotó previamente.

La protección contra heladas se lleva a cabo en algunas áreas colocando el microrociador directamente en el canopeo de los citrus durante períodos de heladas. El emisor se coloca nuevamente sobre la superficie del suelo durante la estación de riego. Conviene anotar que el uso de microrociadores para protección contra heladas debe hacerse con extrema precaución, ya que una helada severa (especialmente con aire seco y vientos) puede convertir rápidamente la descarga del microrociador de un mecanismo de protección en uno de enfriamiento por evaporación.

Las desventajas de los microrociadores/microaspersores, en comparación con los gateros, incluyen un mayor costo en algunos diseños, mayores pérdidas por evaporación (si el agua se extiende más allá de la proyección vertical del fronde), se incrementa la humedad relativa en el aire y la incapacidad para restringir con facilidad el área humedecida durante ciertos períodos del año.

Riego por Goteo Superficial en Cultivos Anuales

El riego por goteo superficial en cultivos anuales constituyó una de las primeras formas de riego por goteo. En el presente existen tres categorías principales de riego por goteo superficial para cultivos anuales tales como lechuga, apio, algodón y coliflor. Todos estos cultivos se caracterizan por su capacidad para soportar una superficie húmeda del suelo.

1. Goteo en "cultivos con plásticos", como los que se encuentran en las arenas coralinas de Florida.
2. Cinta de goteo desechable, en cuyos sistemas la cinta se utiliza solo durante una estación de cultivo y luego es descartada.
3. Cinta recuperable o manguera con emisores en línea, la cual se utiliza en varias estaciones de cultivo.

Los detalles de estas variaciones se discuten ampliamente en la Sección 2 (Goteo en Cultivos Anuales).

Riego por Goteo Subsuperficial (RGS)

Hay dos categorías principales en riego por goteo subsuperficial (RGS): "una cosecha" y "permanentes". Los sistemas para "una cosecha" han sido típicamente bien para fresas o bien para caña de azúcar. Los sistemas RGS "permanentes" estuvieron en boga en el oeste de los Estados Unidos en un período inicial de la primera mitad de la década de 1990 y aún son preferidos por algunos agricultores. En algunos casos son requeridos porque los cultivos en cuestión no pueden desarrollarse con una superficie húmeda del suelo (por ejemplo melones y tomates). En la Sección 2 de este libro (Goteo en Cultivos Anuales) se describen en más detalle las dos categorías citadas.

Ventajas y Desventajas

Los sistemas de riego por goteo/microaspersión tienen las siguientes ventajas típicas sobre algunos de los demás métodos de riego:

1. Pueden usarse en terrenos con elevadas pendientes. Ningún otro método de riego puede ser empleado en terrenos con pendientes extremas.
2. Requieren solo un emparejamiento mínimo de la superficie del terreno. Esta labor es necesaria para prevenir problemas de drenaje superficial, los cuales pueden presentarse con las lluvias; también es necesaria para acomodar cualquier equipo especial de labranza utilizado.
3. Resulta más difícil proporcionar riego en exceso en términos brutos durante los meses de ET pico. Esto ocurre mayormente más porque muchos sistemas de goteo/microaspersión no se diseñan con una gran capacidad de bombeo, y no de que ocurra solo por el hecho de que quienes manejan los sistemas de riego por

goteo/microaspersión posean la cualidad inherente de ser mejores que quienes manejan otros sistemas de riego.

4. La Uniformidad de Distribución (UD) de los sistemas nuevos puede ser muy alta (0,93 o mayor) en terrenos razonablemente adecuados y con un excelente diseño, ya que en los sistemas nuevos la UD depende solo de la hidráulica y del diseño, más que del manejo, de las diferencias de suelo y/o de los patrones de superposición de los aspersores. A medida que la industria provea aún mejores emisores compensadores de presión, los valores de UD de los sistemas nuevos probablemente y en forma consistente, caerán en estos rangos altos (> 0,93).
5. Los sistemas pueden instalarse virtualmente en parcelas de cualquier tamaño y forma.
6. En general no hay que enfrentar problemas de escorrentía superficial. Sin embargo, la escorrentía superficial puede constituirse en problema con aguas de muy alta pureza.
7. Los sistemas tienen la capacidad de aplicar riegos con alta frecuencia sin sacrificar UD, como ocurre con métodos de riego por superficie, y sin permitir pérdidas por evaporación excesivas no beneficiosas, como acontece con el método de riego por aspersión. Los riegos de alta frecuencia permiten el mantenimiento de una humedad óptima en la zona de raíces, lo cual reviste especial importancia cuando se emplean aguas salinas, o para cultivos de raíces poco profundas. Conviene señalar que los riegos muy frecuentes no son necesariamente deseables para algunos cultivos tales como la lechuga.
8. Los fertilizantes pueden ser aplicados directa y uniformemente a la zona de raíces en cualquier día de cualquier estado de crecimiento, en cualquier dosis, sin humedecer el follaje de las plantas.
9. La porción superior de la zona de raíces puede mantenerse húmeda, lo cual acrecienta la toma de nutrientes tales como fósforo y amonio, nutrientes estos que típicamente se concentran cerca de la superficie del suelo. Esta simple ventaja es probablemente de excepcional importancia en el mejoramiento de la producción de algunos cultivos.

Las ventajas arriba mencionadas son "típicas", lo cual no significa que siempre estén garantizadas. Tal como ocurre con cualquier otro método de riego, la buena operación depende de un buen diseño, de un buen equipo y de un buen mantenimiento.

Por su parte, los sistemas de riego por goteo/microaspersión pueden presentar las siguientes desventajas:

1. La UD puede degradarse rápidamente con el tiempo debido a causas estándar tales como filtrado insuficiente de agua, el lavado de laterales y/o la inyección de químicos. La UD puede degradarse también en forma rápida debido a algunas circunstancias imprevistas e inusuales, tales como almejas de agua dulce que crecen dentro de las mangueras, o insectos inusuales que prefieren poner sus huevos dentro de cierto tipo de emisor. El daño causado por roedores puede ser devastador en algunas áreas.

2. Los sistemas de goteo/microaspersión son susceptibles a daño causado por vandalismo. Las reparaciones de daños causados por vandalismo pueden ser complicadas, requieren mucho tiempo y son costosas.
3. Las pérdidas por evaporación pueden ser altas con algunos microaspersores que frecuentemente humedecen grandes áreas de suelo desnudo.
4. A pesar de que a menudo existe el potencial para obtener excelentes resultados (ahorros de agua, eficiencia en la fertilización, optimización de la producción), ellos solamente pueden lograrse con excelentes diseño y manejo. Es frecuente que a los regadores y a los agricultores les tome varios años desarrollar habilidades de manejo promedio, y no es extraño que se presenten fallas catastróficas antes de que tales habilidades se obtengan. Los métodos de riego por goteo/microaspersión algunas veces son percibidos por los productores y planificadores como capaces de proveer la curación mágica a los problemas asociados con otros métodos de riego, cuando en realidad son causados por un manejo pobre con los otros métodos de riego. A menos que el estilo de manejo cambie cuando se instalan sistemas de riego por goteo/microaspersión, los problemas pueden pasar de ser moderados a ser severos. Por fortuna, muchos productores desean aprender por completo las técnicas de operación del riego cuando son expuestos a un nuevo método de riego.
5. El agua debe estar disponible para el sistema en forma muy frecuente y confiable. El riego por goteo/microaspersión no puede ser utilizado en proyectos de riego que entreguen el riego sobre la base de programación por rotación (la cual incluye la mayoría las areas regadas del mundo), a menos que los campos sean abastecidos con agua subterránea.
6. Los costos de energía para instalación y operación de los sistemas de riego son generalmente mayores que para métodos de riego por superficie en terrenos planos (asumiendo eficiencias similares). No obstante, la eficiencia global en el uso de energía puede en realidad ser superior con riego por goteo/microaspersión si se tiene en cuenta que hay reducción en la cantidad de fertilizantes aplicados y que las producciones se mejoran; en forma similar, los requerimientos de energía pueden ser menores en sistemas de riego por goteo/microaspersión, si se necesita un menor emparejamiento de la superficie del terreno.
7. Hay docenas de tipos diferentes de partes esenciales (uniones, válvulas, etc.). Los sistemas deben estar respaldados por una excelente infraestructura de reabastecimiento de repuestos.
8. En regiones muy áridas, un sistema de riego por apersión puede necesitarse una vez cada pocos años (y en algunos casos más frecuentemente, como con algunos cultivos con goteo subsuperficial) para lixiviar las sales que se acumularon cerca de la superficie del suelo.
9. Los sistemas de riego por goteo/microaspersión pueden implicar costos iniciales muy altos en algunas situaciones.

Tanto los equipos, como los precios y el manejo de cada tipo de sistema de riego por goteo/microaspersión varían según el caso. Existen también grandes diferencias en selección de equipo de país a país, de estado a estado y aún de provincia a provincia. Quizás esta situación puede ilustrarse mejor por la enorme variabilidad en estacas de

sujeción, de elevadores, alturas de trayectoria, patrones de trayectoria y diámetros de boquilla encontrados en los diseños de microrociadores. Por ejemplo, los productores de cítricos en Florida y en California, prefieren modelos de microrociadores y materiales para mangueras microtubo completamente diferentes, a pesar de que se trata del mismo cultivo.

No obstante, los **principios** de diseño son transferibles entre áreas diferentes. La uniformidad de distribución (UD) de un sistema debe ser discutida en la misma forma en Nueva York, o en Hawaii, o en Colombia, a pesar de que los cultivos sean completamente diferentes y que los dispositivos de emisión tengan formas y caudales diferentes. Los principios de fricción y filtrado son universales, a pesar de que ciertos problemas de calidad puedan ser de carácter local.

Este libro está dividido en cuatro secciones diferentes:

1. Principios generales del riego por goteo y por microaspersión.
2. Goteo en cultivos anuales, incluyendo variaciones de goteo subsuperficial.
3. Goteo enterrado permanente (RGS) para árboles/viñedos.
4. Modelos de diseño de riego por goteo para vides.

Tanto el tiempo como la experiencia adquirida en millones de hectáreas, han demostrado que si un sistema se diseña apropiadamente, se instala en forma correcta y es bien manejado, puede constituirse en un éxito. La experiencia también demuestra que aún diseñadores y responsables del manejo del agua excelentes, pueden algunas veces encontrar problemas de difícil solución; encontrar la mejor solución puede tomar años de investigación y la solución puede resultar costosa. Además, la historia ha probado repetidamente que los sistemas de riego por goteo/microaspersión diseñados, instalados o manejados pobremente, pueden fallar catastróficamente, o como mínimo, conducir a funcionamientos por debajo de los estándares. Es esencial reconocer la diferencia entre las palabras "y" y "o" empleados en las anteriores frases.