

CAPITULO 4

Sistemas de riego.

► 4.1 INTRODUCCIÓN.

La forma en que se aportan las soluciones nutritivas varía sustancialmente de acuerdo al sistema de cultivo sin suelo empleado. En este capítulo sólo se contemplará aquella forma que se adapta al sistema más empleado en España y que es el de drenaje libre o solución perdida.

El sistema de cultivo sin suelo a solución perdida tiene unas características particulares relacionadas con el riego que pueden resumirse en las siguientes:

- El riego se localiza en numerosos puntos de goteo.
- La solución nutritiva se distribuye por percolación.
- El riego es intermitente y discontinuo.
- La solución sobrante en cada riego no se recupera.

Las razones que han favorecido la adopción de este sistema, frente la solución reciclada, han sido:

- Simplicidad de las instalaciones.
- Posibilidad de utilizar aguas de mala calidad.
- Cierta poder amortiguador frente a las adversidades.
- Mayor control por parte del agricultor.

La desventaja principal de este sistema es que se depende de un sustrato renovable.

A continuación se realizará una breve descripción de los elementos principales de una instalación de riego localizado, resaltando aquellos aspectos que específicamente tienen una incidencia importante en las instalaciones para cultivos sin suelo.

4.2 CABEZAL DE RIEGO.

Se entiende por cabezal de riego de una instalación, el lugar físico desde el que se dirigen y controlan las operaciones de riego y nutrición de un cultivo. Para ello es preciso disponer de una serie de equipos y elementos que lo permitan.

4.2.1 Alimentación de agua.

En el cabezal es preciso disponer de agua a presión. El caso más normal que suele encontrarse es disponer de un depósito o balsa de almacenamiento y un grupo de bombeo que suministra el caudal requerido y a la presión necesaria. La presión puede conseguirse por diferencia de altura entre la balsa y el cabezal de riego.

El mínimo de presión requerido suele ser de 20 metros de columna de agua y el caudal unitario necesario se obtiene al multiplicar el número de goteros que hay en una unidad básica o sector de riego por el caudal nominal de cada gotero.

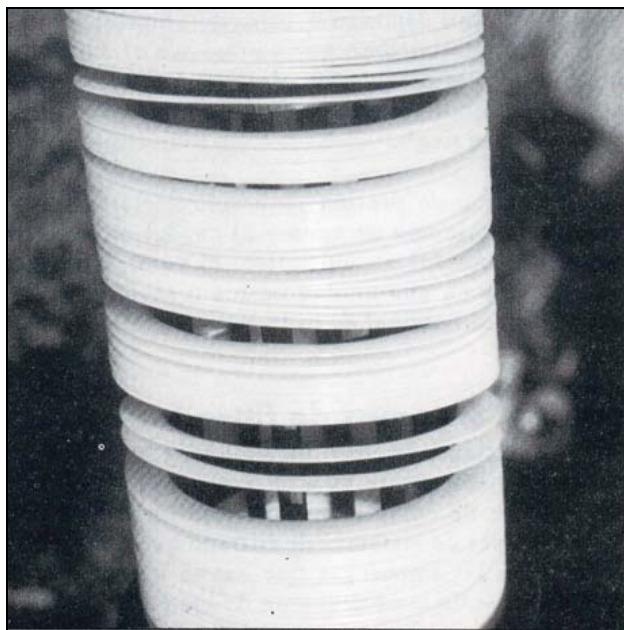
4.2.2 Sistemas de filtrado.

Todo sistema de riego localizado, y más específicamente aquél que se va a utilizar en un cultivo sin suelo, debe de cumplir una premisa importantísima y es disponer de sistemas de filtrado que permitan el control de las impurezas que vayan en el agua de riego e impedir la obstrucción de los emisores y por lo tanto asegurar la uniformidad del riego.

Los tipos de impurezas que obstruyen los emisores pueden ser de origen distinto y por la misma razón, los métodos de filtrado y control de las mismas tienen distinto fundamento. Las causas de las obtu-



Filtro de arena.



Filtro de anillas.

raciones son:

a) De origen físico. Son debidas a partículas de arena, limo y arcilla principalmente.

b) De origen químico. Las sales que se encuentran disueltas en el agua de riego más las sales fertilizantes que se aportan con los programas de nutrición, bajo determinadas condiciones, pueden precipitarse en el interior de las redes de riego y taponar los orificios de los emisores. Estas condiciones se dan en la salida de los goteros, después de un riego, cuando se evapora el agua y aumenta la concentración de las sales, entonces se pueden producir precipitados. También se puede dar el caso, en aguas ferruginosas, que el hierro en forma ferrosa, que es soluble, se oxide y pase a forma férrica formando precipitados insolubles.

c) De origen biológico. El agua es un medio ecológico en el que encuentran su habitat natural numerosas especies de microorganismos, especialmente algas y bacterias. Las balsas de almacenamiento del agua de riego, si no están tapadas, son lugares idóneos para la proliferación de las bacterias y las algas ya que el agua en reposo, una buena iluminación y temperatura adecuada son condiciones que favorecen el crecimiento de las colonias de algas. Es entonces cuando las bacterias, que viven a expensas de estas algas, proliferan y, debido a su tamaño microscópico, son capaces de pasar por los sistemas de filtrado y quedarse adheridas en las paredes sinuosas de los goteadores en donde cualquier pequeña partícula puede quedar retenida e ir formándose un conglomerado que actúa como un cemento e impide el paso del agua.

Ya se ha comentado anteriormente que cada causa que origina obturaciones en las redes de riego, requiere un tipo de tratamiento. Es por lo tanto de suma importancia identificar dichas causas para poder adecuar el método de filtrado o tratamiento de las mismas.

Las causas de origen físico se tratan con prefiltrado y filtrado. El prefiltrado consiste en eliminar, en un primer tratamiento, las partículas más gruesas que lleve el agua y que suelen ser las arenas en los casos en que se bombea el agua de riego directamente de pozos. Este prefiltrado se realiza con hidrociclones o decantadores. Para los elementos más finos y otros tipos de partículas que no se eliminan con el prefiltrado, se utilizan los sistemas más estandarizados de filtrado como pueden ser los filtros de malla, arena o anillas. Más adelante se darán las principales características de estos filtros.

Contra las causas de origen químico no vale la utilización de ningún sistema de filtrado y el método de tratamiento del agua comúnmente utilizado consiste en situar el agua a valores de pH ácido de forma que sea posible, por un lado, el evitar la for-

mación de los precipitados salinos y por otro, y en caso de que se formen, su nueva disolución y evacuación de la red de riego. En los sistemas de cultivo sin suelo, debido a la necesidad de que la solución fertilizante tenga un pH comprendido entre 5,5 y 6, las obturaciones de origen químico no son muy comunes. No obstante la calidad del agua de riego será la que determinará los riesgos reales de obstrucción por estas causas.

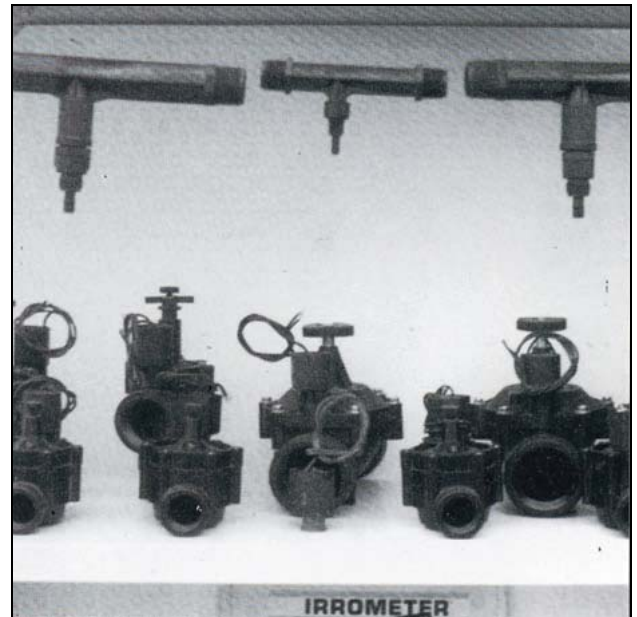
Para controlar las obturaciones que tienen su origen en causas biológicas existen diversos tratamientos y formas de actuación.

Sin lugar a dudas el mejor sistema para el control de las algas es privar a éstas de su principal elemento vital que es la luz. Tapar las balsas y las conducciones de transporte del agua hasta las mismas, por el sistema que resulte más efectivo y económico es por lo tanto el mejor método para el control de las algas y consecuentemente de numerosas poblaciones de bacterias. Este método tiene la ventaja adicional de que puede evitar contaminaciones del agua por fitopatógenos que pueden ser, y de hecho lo son, transportados por el aire.

Para minimizar el problema es deseable que las aspiraciones del agua de las balsas se hagan lo más profundas posibles ya que las algas tienden a desarrollarse en la superficie del agua; allí donde existe más luz y oxígeno. El límite en el establecimiento de la profundidad de aspiración quedará fijado por la peligrosidad derivada de la aspiración de los depósitos insolubles que suele haber en el fondo de las balsas.

El uso del cloro para el control de las algas y otros microorganismos está descrito en numerosas publicaciones pero por unas causas u otras su utilización no está muy extendida. El cloro al disolverse en el agua se hidroliza pasando a ácido hipocloroso que es un fuerte oxidante y eficaz biocida. Los tratamientos se pueden hacer utilizando hipoclorito sódico o cloro en forma gaseosa. El manejo del cloro en forma gaseosa entraña graves riesgos para la salud del manipulador por lo que ha de hacerlo personal debidamente autorizado.

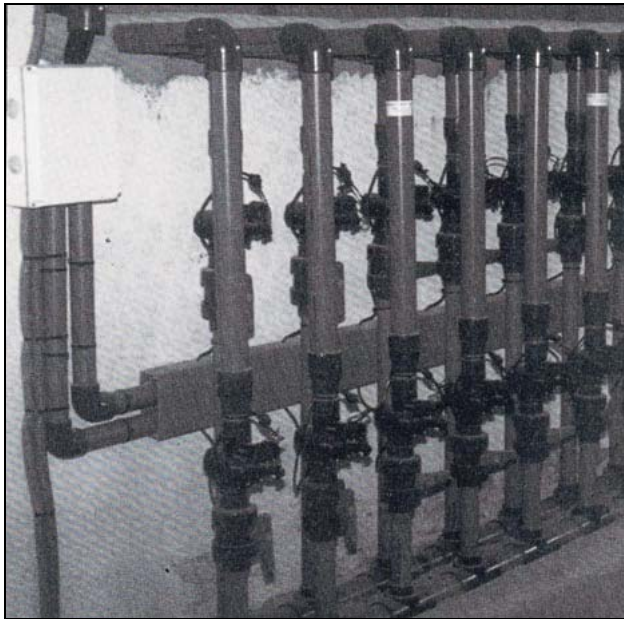
Mucho más extendido está el uso del sulfato de cobre que tiene la ventaja de tener un bajo coste, sencillez en la aplicación y relativa eficacia. Las dosis recomendadas oscilan entre los 0.5 y los 2 miligramos por litro de agua embalsada. No se olvide que el cobre, además de un micronutriente, es también un elemento fitotóxico a dosis elevadas y por lo tanto, en cultivos sin suelo, no debe de sobrepasarse la dosis máxima recomendada. Los mismos efectos se consiguen con la utilización del permanganato potásico a las dosis que se acaban de mencionar para el sulfato de cobre; la diferencia entre estos dos productos está en el coste, es mucho más caro el permanganato potásico.



Las electroválvulas pieza clave en la sectorización. De su cálculo, fiabilidad y calidad depende en gran parte el buen funcionamiento de la instalación



En cada subsector se debe colocar un regulador de presión que controle dicha presión independiente de las oscilaciones en las tuberías principales.



Detalle de sectorización en fincas con muchos cultivos.



pHmetro y conductímetro instalados con carácter informativo en un sistema de balsa.

Siempre que sea posible y económicamente rentable se ha de optar por la solución de tapan la balsa. Este método es el más eficaz para controlar las algas y ofrece la ventaja añadida de reducir los problemas fitosanitarios respecto de las enfermedades transmitidas por el agua de riego.

A continuación se describirán las características más importantes de los tres modelos de filtros que se utilizan comúnmente.

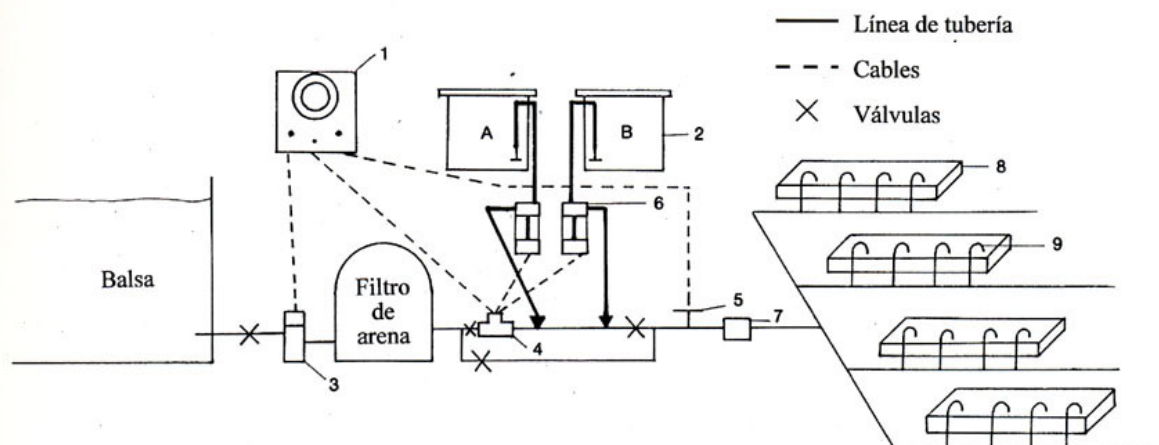
A) Filtros de arena. Un filtro de arena consiste en un tanque metálico o de poliéster en cuyo interior se coloca arena y a través de ella pasa el agua a filtrar. El agua entra por la parte superior del tanque y un deflector impide que el chorro de agua incida directamente sobre la arena. La salida del agua filtrada tiene lugar por la parte inferior y unos colectores, revestidos de una malla, impiden que la arena salga del depósito. Los filtros deben ir provistos de purgadores de aire para evitar sobrepresiones y tomas manométricas para controlar la pérdida de capacidad de filtrado de la arena. A todos los filtros de arena deben de instalárseles conducciones que permitan invertir el sentido de circulación del agua para proceder periódicamente, a la limpieza de la arena.

Los filtros de arena realizan la operación de filtrado en profundidad y las impurezas del agua pueden quedar retenidas por tres fenómenos distintos:

- Por tamizado. Las partículas son retenidas en las capas exteriores de arena por ser aquellas de tamaño superior al de los poros del filtro.
- Por sedimentación. Ésta tiene lugar en cada espacio poroso del filtro y está favorecida por la baja velocidad de circulación del agua en el interior del mismo.
- Por adhesión. Originada por fuerzas de origen electrostático que se crean por rozamiento entre partículas. Este fenómeno explicaría el hecho constatado de que los filtros de arena retienen partículas de menor tamaño que el diámetro de los poros.

Los filtros de arena, por lo anteriormente descrito, son muy adecuados para filtrar aguas contaminadas con partículas de origen orgánico.

B) Filtros de malla. Cuando el agua a filtrar no tiene contaminantes biológicos puede prescindirse de los filtros de arena y entonces, y como medida de seguridad, se deben instalar los filtros de mallas. Estos filtros tienen un bastidor cilíndrico rígido, forrado por una malla metálica o de material plástico. El filtrado suele hacerse al pasar el agua desde el exterior del cilindro al interior del mismo. Los diámetros de los orificios de la malla han de adecuarse al tamaño de las partículas a filtrar y, sobre todo, al diámetro de los orificios de los goteadores, aconsejándose que la relación de diámetros sea de 1 a 10 respectivamente. Los filtros de mallas realizan un filtrado en superficie y sólo son capaces de retener las partículas de diámetro mayor al del orificio de la

Figura 4.1:**Esquema de una instalación sencilla de cultivo sin suelo.**

1. Cuadro; 2. Tanques de fibra de vidrio solución concentrada; 3. Bomba; 4. Contador proporcional.; 5. Electroválvula; 6. Inyectores; 7. Filtro de malla; 8. Sacos de cultivo; 9. Goteros.

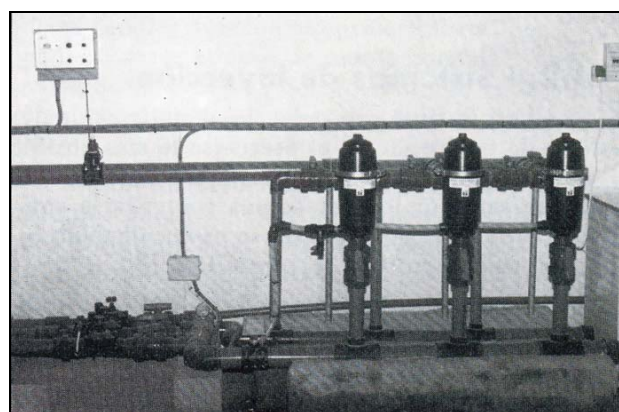
malla. Por sí solos no son muy eficaces y se aconseja utilizarlos en combinación con otros sistemas de filtrado.

C) Filtros de anillas. Estos filtros son los de más reciente aparición en el mercado y actualmente se instalan con gran profusión. El elemento principal de estos filtros son unas delgadas anillas, en forma de corona circular y ranuradas transversalmente de forma que, al quedar comprimidas unas junto a las otras, se forma un cuerpo cilíndrico que, exteriormente actúa como elemento filtrante en superficie quedando retenidas las partículas que tienen mayor tamaño que los orificios que se forman en las anillas, e interiormente ofrece una serie de canales sinuosos por donde el agua tiene que pasar y se produce entonces un filtrado en profundidad regido por fenómenos parecidos a los descritos en los filtros de arena.

4.2.3 Tanques de solución madre.

En el capítulo anterior ya se ha comentado que puede darse el caso de disponer de grandes balsas tapadas que almacenen el agua necesaria para el cultivo durante algunos días y entonces se prepara en ellas la solución nutritiva añadiendo los fertilizantes a la concentración que es requerida por el cultivo. Para este caso, no se precisan tanques para la solución madre.

El caso más común es aquél en que es preciso concentrar las soluciones nutritivas para posteriormente, y mediante sistemas de inyección que serán comentados en el próximo apartado, diluirlas en el



Sistema de balsa mejorada mediante un control de pH automático colocado en la red.

agua de riego. Estas soluciones madres se preparan en tanques abiertos, generalmente de poliéster o polietileno. Los materiales constructivos han de ser resistentes a los ácidos. El dimensionamiento de los tanques queda determinado por la superficie de riego, por la concentración de la solución y por la frecuencia de reposición. Las soluciones madres se suelen concentrar entre 100 y 200 veces. La cantidad de solución madre debe de satisfacer, a efectos prácticos, las necesidades de un día como mínimo y no se aconseja preparar solución nutritiva para más de una semana.

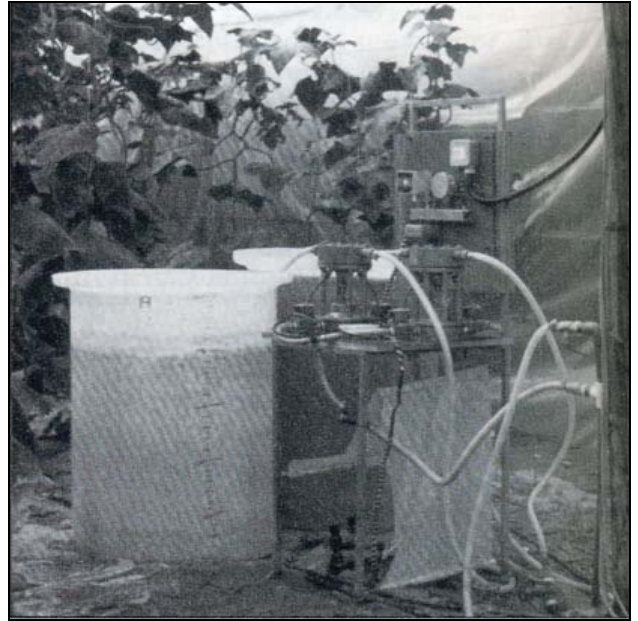
Respecto al número de tanques necesarios, el caso más simple será aquel en que se realice el control del pH y la conductividad de forma manual y en ese caso pueden ser suficientes dos tanques para soluciones madres. En el caso de disponer de un sistema de control automático del pH y la conductividad son precisos tres tanques; uno de ellos contendrá la solución ácida y los otros dos las soluciones madres con los fertilizantes. Cuando un mismo cabezal ha de regar distintos cultivos, con necesidades nutritivas diferentes, puede ser preciso entonces disponer de un número mayor de tanques para poder satisfacer otros requerimientos.

Quando se instalan los tanques se ha de prever una instalación de aprovisionamiento de agua que permita llenarlos con facilidad y prontitud. Asimismo se pensará en un sistema de desagüe cómodo y práctico para la limpieza de los tanques. Los tanques deben ir provistos de sistemas de agitación para facilitar la disolución de los fertilizantes en el momento de preparar las soluciones y para homogeneizar las mismas antes de iniciarse la operación de riego. En general no se aconseja agitar las soluciones nutritivas madre durante el tiempo de inyección debido a que las posibles impurezas estarán en suspensión y se corre el riesgo de introducir las en la red de riego.

4.2.4 Sistemas de inyección.

El objetivo final que debe de cumplir cualquier sistema de fertirrigación es acercarse lo más posible al punto óptimo para conseguir que cada gota de agua que sale por los goteadores contenga la solución nutritiva que previamente se haya calculado como ideal para el cultivo. (Figura 4.1).

Vuelve a aparecer en este apartado el sistema al que se ha aludido en otras ocasiones y que es el de la balsa auxiliar que almacena el agua necesaria para uno o varios días y en este agua se incorporan los fertilizantes a la concentración final que ha de salir por los emisores. Diseñando un sencillo sistema que permita remover ligeramente el agua de la balsa, este sistema es el único que garantiza la homogeneidad constante de la solución nutritiva puesto que no depende de ningún artificio mecánico de inyección



Sistema eléctrico de inyección proporcional.

y por lo tanto elimina los inevitables errores de los dosificadores o inyectoros. El sistema es muy adecuado para pequeñas instalaciones de hidroponía en las que no se manejan grandes volúmenes de agua.

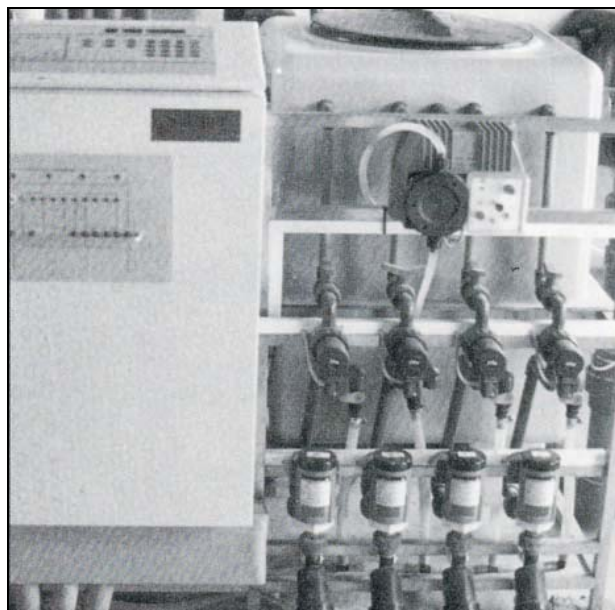
El caso más frecuente es aquél en que se precisa concentrar las soluciones para, posteriormente y mediante distintos sistemas, inyectarlas en la red de riego y conseguir la solución nutritiva final. Situada en este caso general la solución más simple es la inyección proporcional; en ella se mantienen constantes las cantidades de solución madre por volumen de agua circulante en la red de riego, de tal manera que para variar la concentración de la solución nutritiva final se debe de actuar sobre las concentraciones en los tanques de solución madre. Para un correcto funcionamiento de este sistema es preciso que los sectores de riego sean homogéneos en cuanto a los volúmenes de agua de cada uno de ellos.

Por último se tienen los sistemas de inyección mediante el control automático de la CE y el pH. Existen dos opciones:

a) Inyección directa. Las sondas del conductímetro y del phmetro se instalan en un tramo de la tubería general de riego y a continuación del lugar en el que se hace la inyección. Las señales de conductividad de CE y pH gobiernan los inyectoros que toman las soluciones madres y la solución ácida de sus tanques respectivos. El control se hace por variación en el ritmo de inyección de la bomba o bombas inyectoras. En el caso de ser un sistema por «venturis» lo que se varía son los tiempos de apertura de las elec-



Robot de riego totalmente automatizado. Sistemas muy adecuados para fincas medias y grandes.



Robot de riego compuesto por cuatro bombas de abonado y una de ácido.

troválvulas que aportan las distintas soluciones fertilizantes. Este método es adecuado para aquellos casos en que se manejan caudales instantáneos altos.

b) Tanque de mezcla. Para instalaciones en las que los caudales instantáneos son más pequeños suele utilizarse un pequeño tanque abierto (de unos 300 a 1.500 l. de capacidad) al que llega el agua de riego, las soluciones madres y la solución ácida. En el tanque se mezclan y va confeccionándose la solución nutritiva que es bombeada y aportada al cultivo. La entrada del agua de riego está controlada por una electroválvula que responde a señales de sondas de nivel instaladas en el tanque de mezcla. A la salida del tanque, o en el propio tanque de mezcla, se instalan los electrodos para la medida de la conductividad y el pH. y del resultado de estas mediciones depende que los inyectores, u otro tipo de dosificadores, aporten más o menos solución madre o solución ácida al tanque de mezcla, siempre con el objetivo de conseguir los valores de pH y conductividad previamente calculados y programados.

4.2.5 Control de los sistemas de Inyección.

El hecho de instalar un sistema sofisticado de elaboración de la solución nutritiva y control de la misma no debe de ser motivo para que no se realicen periódicamente controles que aseguren la bondad en el funcionamiento de dicho sistema.

Téngase en cuenta que, por ejemplo, puede haber variaciones en la calidad del agua utilizada en el

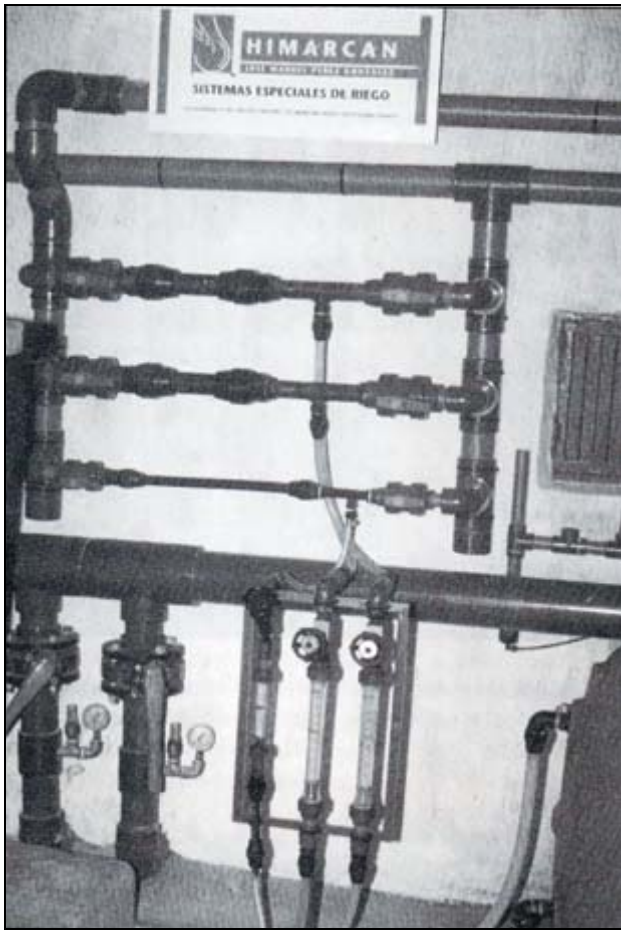
riego y el sistema no será capaz de detectar esta anomalía por lo que, la solución nutritiva que suministre no será la calculada aunque sí tendrá la conductividad programada. Si la variación en la calidad del agua afecta al contenido en bicarbonatos los desajustes pueden ser muy serios en el aspecto nutricional puesto que el pH programado se mantendrá automáticamente inyectando más o menos ácido y por lo tanto en base a inyectar, respectivamente, menos o más solución fertilizante para mantener la CE. programada.

Debe de comprobarse también que las soluciones madres contenidas en los tanques van agotándose en la misma proporción, señal inequívoca de que los dosificadores funcionan correctamente, puesto que, pudiera darse el caso de que la conductividad de la solución nutritiva se consiguiera con la sola inyección de uno de los tanques de solución madre.

Algunos equipos cuentan con sistemas de seguridad que paralizan el riego cuando las conductividades y/o el pH de la solución nutritiva está fuera de unos rangos prefijados con anterioridad. Las sondas de los phmetros se descontrolan con facilidad y se debe de asegurar el buen funcionamiento limpiándolas con regularidad y ajustándolas con soluciones tampón de pH=4 y pH=7. De todas formas las sondas tienen una vida media de alrededor de uno o dos años.

4.2.6 Ordenador de riego.

Los ordenadores que se instalan en los sistemas



Sistema triple Venturi con un equilibrio completo de fertilización. Otro sistema sencillo de inyección para pequeñas superficies.



Detalle de sonda de CE. para los ordenadores de riego.

de cultivo sin suelo controlan por un lado la nutrición del cultivo y por el otro la distribución y dosificación del riego. La forma en que se hacen los controles para la elaboración de la solución nutritiva final ya se han comentado en los apartados anteriores.

El control de la operación de riego resulta complejo debido al gran número de riegos que llegan a darse en un día (hasta 20 ó más en lana de roca), por lo que, sin la colaboración de un sistema que permita automatizar el aporte del agua, sería impensable la explotación rentable de un sistema de cultivo sin suelo. La sofisticación o complejidad del automatismo dependerá por un lado, y fundamentalmente, del número de sectores de riego por cada cultivo y del número de cultivos en explotación y por otro lado de los distintos parámetros elegidos para la cuantificación del agua que necesita el cultivo (radiación, evaporación, % de drenaje, etc.).

El caso más sencillo de programación es el de tiempos. En el ordenador se eligen unos tiempos de riego y un número de riegos por día, con un intervalo horario fijo o variable, para cada sector de riego o para cada cultivo.

Otra forma sencilla de programación del riego es la de volúmenes. Para ello es preciso que la instalación disponga de un contador volumétrico que emita impulsos eléctricos para un volumen circulante determinado. En el ordenador se programa entonces, en vez de un tiempo de riego, un volumen de agua a suministrar a cada sector por cada ciclo de riego y los intervalos horarios que han de transcurrir entre cada riego.

Formas más sofisticadas de programación tienen en cuenta algunas variables climáticas o datos suministrados por los drenajes muestreados. Algunos sistemas utilizan los datos de radiación suministrados por un piranómetro o solarímetro instalado en el invernadero. El ordenador incluye un procesador que integra dichos datos y va acumulando la energía recibida por unidad de tiempo transcurrido. Conociendo la correlación entre energía recibida y necesidades de agua, para un cultivo y momento concreto, es posible programar los riesgos de acuerdo al criterio de que cuando la energía recibida acumule un valor determinado, y dado en w/m^2 , se aporte una determinada cantidad de agua por metro cuadrado de cultivo. Este sistema tiene la ventaja de que los intervalos entre riegos se van ajustando más puntualmente a las necesidades hídricas del cultivo a lo largo del día. Un inconveniente es que, en las zonas españolas en que está implantado el cultivo sin suelo, no se tiene la suficiente experiencia sobre las correlaciones entre los datos manejados por el sistema. Otro inconveniente es que en estas mismas zonas geográficas, la influencia del viento es muy determinante en las necesidades de agua de la planta y el solarímetro no tiene en cuenta ese factor.

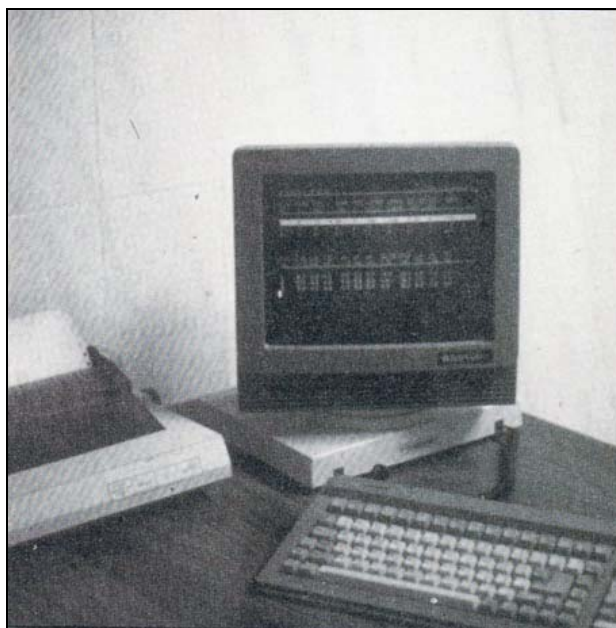
Otro sistema parecido al anterior es el que utiliza los datos suministrados por un evaporímetro. La programación debe de correlacionar agua evaporada con agua aportada por unidad de superficie. Existe muy poca experiencia en el manejo de este sistema.

La información que suministra el agua de drenaje puede también utilizarse, una vez procesada, para la programación del riego. Los datos que se utilizan son el del volumen o el de la conductividad. Una sonda de nivel puede cuantificar el volumen de agua de drenaje y correlacionarlo con el volumen de agua que se suministra al cultivo. Si se establece un rango en los valores del porcentaje de agua drenada, la automatización del riego queda realizada. En el caso de realizar la programación del riego con el dato de la conductividad del agua de drenaje, el problema entonces reside en correlacionar las conductividades de la solución nutritiva y del agua de drenaje, de forma que se aumenta o disminuye la dotación de riego, en función de que se quiera disminuir o aumentar, respectivamente, la conductividad del agua de drenaje.

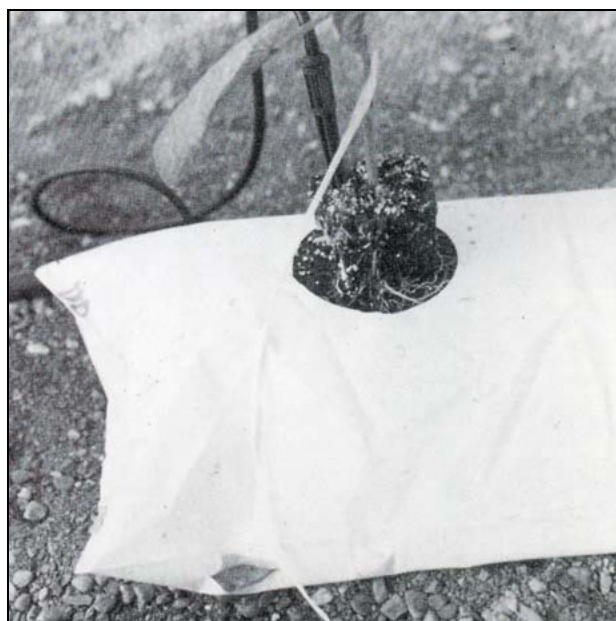
Teniendo en cuenta los tipos de invernaderos en que, en España, se están cultivando hortalizas con sistemas de cultivo sin suelo, no parece que la automatización de la programación del riego, por mecanismos más o menos sofisticados como los que se pueden encontrar en el mercado de la automatización de instalaciones de riego, sea un tema prioritario frente a las mejoras de las condiciones medioambientales de los invernaderos. De cualquier modo, hasta ahora, se carece de la suficiente experiencia como para actuar con éxito en la confección de programas de riego con los datos suministrados por los sensores que se han descrito. El control del pH y la conductividad de la solución nutritiva y una automatización por tiempos de las frecuencias y dosis de riego podría cubrir satisfactoriamente las necesidades de la mayoría de las instalaciones de hidroponía de la zona geográfica a la que se está haciendo referencia en esta obra. No obstante hay que resaltar los buenos resultados observados durante el presente año con las bandejas de drenaje. Tanto en la optimización de las frecuencias de riego como en la comodidad que suponen para el usuario, como método para automatizar el riego.

4.3 RED DE DISTRIBUCIÓN.

Se incluyen en este apartado todos los elementos necesarios para llevar la solución nutritiva desde donde se elaboró y controló (cabezal de riego) hasta cada una de las plantas que constituyen la totalidad del cultivo objeto de explotación.

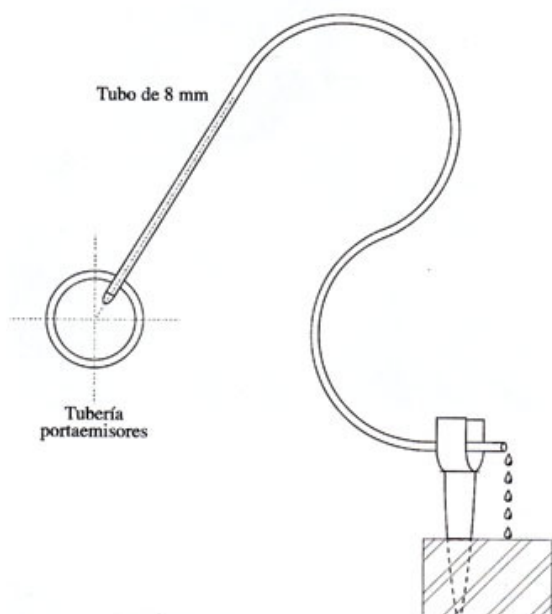


El ordenador y la impresora facilitan la toma de datos.



Detalle de gotero típico para cultivo sin suelo con «spagueti» y pinza. En este caso además de membrana para evitar las descargas de las tuberías.

Figura 4.2:
Modo de instalar los microtubos o capilares.



*En los cultivos sin suelo es imprescindible el control del pH y la CE.
En la fotografía un pHmetro portátil.*

Del cabezal de riego parten una serie de tuberías que se denominan primarias, secundarias, etc., según la posición que ocupen y ordenándolas a partir del cabezal y hasta los sectores de riego. Estas tuberías suelen ser de PVC y deben de enterrarse para preservar al plástico de la intemperie y evitar su rápido envejecimiento. Al enterrarlas también se evitará que el agua que queda en la tubería entre dos riegos consecutivos alcance temperaturas muy altas durante el día o muy frías durante la noche y pueda perjudicarse al cultivo muy seriamente, sobre todo en estados muy juveniles de la plantación.

Se reserva la denominación de tubería lateral o portaemisores a aquella que, como su nombre indica, lleva conectados los goteros o emisores. Esta tubería es de polietileno y su diámetro nominal exterior está comprendido entre 14 y 25 mm de diámetro. Suele también denominarse tubería terciaria a aquella que alimenta a las tuberías portaemisores. Estas tuberías son también de polietileno y sus diámetros nominales dependen de los caudales que deban de transportar, pero oscilan entre los 32 y los 50 mm de diámetro exterior.

Es aconsejable que al principio de cada tubería terciaria se coloque un regulador de presión que asegure la entrega de una presión única, conocida y uniforme a todas las tuberías terciarias. Este regulador de presión no debe de sustituirse por una válvula de esfera o compuerta con toma manométrica puesto que el ajuste de la presión por este sistema no ofrece ninguna garantía de estabilidad a lo largo del tiempo. A la zona de riego que queda bajo el control del regulador de presión se le denomina subsector de riego. Todos los subsectores de riego que riegan, o pueden regar, simultáneamente constituyen un sector de riego. Generalmente un sector de riego está gobernado por una electroválvula que recibe del ordenador de riego las órdenes de apertura y cierre. Todo sector de riego incluido en un sistema de cultivo sin suelo debe de asegurar, como mínimo, un coeficiente de uniformidad de riego del 90%.

Los mecanismos y equipos que suelen instalarse en las redes de distribución, además de las tuberías, son los reguladores de presión, a los que se ha hecho referencia anteriormente, manómetros, electroválvulas, válvulas hidráulicas, filtros de seguridad, válvulas antirretorno, emisores, etc. Se realizarán algunos comentarios sobre los emisores que se deben de instalar en cultivos sin suelo y respecto al resto de mecanismos se remite al lector a la consulta de obras más específicas sobre riego localizado.

4.3.1 Emisores.

En el cultivo tradicional se suele instalar un emisor por cada planta pero en cultivos sin suelo, y por razones de economía, se trabaja con un emisor por cada dos plantas o lo que es lo mismo, un emisor

por cada metro cuadrado de superficie cultivada. Los caudales unitarios oscilan entre los 2 y los 4 litros por hora.

El emisor se monta sobre un soporte o pinza que permita fijarlo varios centímetros por encima del sustrato. Este detalle es de vital importancia puesto que impide que las raíces de la planta penetren dentro del laberinto del gotero y lo obstruya. El soporte o pinza también facilita la localización exacta del punto de descarga.

La variabilidad en las formas, características y aspecto de los emisores es muy grande. Tratando de simplificar se puede hacer la siguiente clasificación:

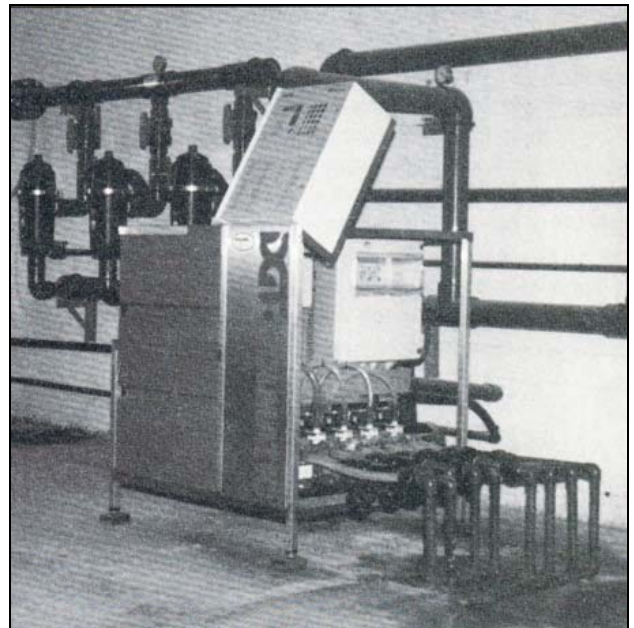
a) Capilares o microtubos. Es un microtubo de polietileno de longitud variable, alrededor de los 80 cm, y un diámetro interior de 0,6 a 0,8 mm. Se le hace trabajar a presiones de unos 7 m de altura de agua y son de régimen hidráulico laminar. Muestran sensibilidad a las variaciones de temperatura y son propensos a las obstrucciones. La gran ventaja que tienen es su bajo precio y con diseños bien realizados pueden dar buenas uniformidades de riego. En Holanda es el tipo de emisor más popular. (Fig. 4.2).

b) Emisores de laberinto. Éste es el tipo de emisor más instalado en los cultivos sin suelo que se están implantando en España. Los emisores de laberinto trabajan en régimen turbulento, su exponente de descarga varía entre 0,5 y 0,7, las presiones de trabajo están alrededor de los 10 m de columna de agua y los caudales unitarios oscilan entre los 2 y los 4 litros por hora. Incluyen una pinza de sujeción y un microtubo, de unos 3 mm de diámetro, que lo une a la tubería portaemisores y cuya única misión es la de suministrar el agua a presión al emisor. La longitud de estos microtubos tiene que ser suficiente como para poder unir la tubería portaemisores, que va por el suelo, y el lugar en el que se ponen los tacos de plantación y esta longitud casi nunca puede ser menor de los 50 cm.

c) Emisores de membrana. En esta denominación se incluyen un grupo de emisores que tienen la particularidad de que en estado de reposo, es decir, cuando no actúa ninguna presión sobre ellos, una membrana elástica mantiene cerrados los orificios de salida del agua. Esta membrana se abre cuando la presión en la red es superior a un valor determinado, normalmente 10 m de altura de agua. Cuando el ciclo de riego termina, la membrana cierra la salida de agua y por lo tanto evita la descarga de las tuberías de distribución. Al evitar las descargas, los coeficientes de uniformidad del sistema de riego no se ven alterados por la influencia de las desiguales descargas que se producen al inicio y final de cada riego. Esta particularidad tiene importancia cuando se manejan sectores de riego muy grandes, se dan mu-



Detalle de un «spaguetti» excesivamente corlo. Nótese que la tubería tuvo que colocarse necesariamente sobre el sustrato-



Ordenador de riego provisto con tanque de mezcla.

chos riegos por día, y la disposición de la red de riego propicia las descargas de las tuberías de distribución.

A modo de resumen de este capítulo debe de resaltarse que una buena red de distribución es el punto realmente básico en una instalación de riego; no tiene sentido un cabezal de riego altamente computerizado si después no es posible hacer llegar a cada una de las plantas el agua con un buen coeficiente de uniformidad.

En efecto no es, por desgracia, del todo infrecuente encontrar instalaciones donde el porcentaje de drenaje es, por ejemplo, un 120%, o sea el agua sobrante es superior a la cantidad aportada. Evidentemente hay descargas de la red en ese punto.

En general la falta de homogeneidad en el riego se traduce, como se verá más adelante, en un cultivo dispar y que además es difícilmente controlable pues no todas las plantas están en la misma situación y el manejo ha de hacerse para una condición determinada.