

# LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE RIEGO POR GOTEO



**José RECHE MARMOL**  
Ingeniero Técnico Agrícola  
Agente de Extensión Agraria



---

# **LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE RIEGO POR GOTEO**

## **INTRODUCCION**

El sistema de riego por goteo está adquiriendo en España una gran importancia. La alta tecnología requerida ha propiciado que sea en los cultivos hortícolas bajo abrigo del litoral mediterráneo donde está más extendido, principalmente por sus suelos de textura arenosa, aguas de escasa calidad y en los acolchados de arena.

El riego por goteo es un sistema artificial por el que se suministra, mediante conducciones cerradas a presión, agua y fertilizantes a la planta localizándolos próximos a las raíces y dosificándolo gota a gota. De esta forma la planta dispone continuamente de nutrientes y humedad suficientes para que la asimilación se realice con el mínimo consumo de energía. Al utilizar la planta agua y abonos en la zona de influencia de las raíces se incrementa la rentabilidad del cultivo, reduciendo, así mismo, las cantidades de fertilizantes y de agua necesarias.

No sólo el riego localizado permite el empleo de fertilizantes, sino que también se están aplicando en la actualidad aportes de materia orgánica y productos fitosanitarios a través de la instalación. El riego localizado supone una mejora técnica muy importante que va a influir en el resto de prácticas culturales de la explotación.

Como principales características del riego localizado podemos indicar las siguientes:

- Alta frecuencia y aplicación localizada del agua cerca de la raíz, mojando sólo una parte del suelo, no almacenando agua en el terreno, sino proporcionando a la planta las necesidades hídricas en forma puntual y continua.



– El agua circula a presión por toda la instalación hasta llegar a los goteros, en donde pierde presión y velocidad saliendo gota a gota e infiltrándose vertical y horizontalmente, formando, al mojar el suelo, un bulbo húmedo cuyo volumen depende de la textura del suelo y del caudal suministrado, siendo más ancho y menos profundo en los terrenos arcillosos que en los arenosos.

– El sistema radicular de la planta es más reducido que el desarrollado por los otros sistemas de riego, ya que al disponer constantemente de agua y abonos, la planta realiza el mínimo esfuerzo.

– Necesita para su manejo vigilancia continua y una preparación especial por el agricultor, no ya sólo para el manejo de la instalación, sino también por las posibilidades y limitaciones que su funcionamiento lleva consigo, principalmente en lo que se refiere a la fertirrigación y a la prevención y control de las obstrucciones, tan frecuentes en riego por goteo.

El manejo del riego por goteo no ha de estar al margen de los conocimientos del suelo y del agua de la explotación. El agricultor ha de realizar los análisis pertinentes para coordinar la fertirrigación en el tipo de suelo y agua, aplicando los productos químicos y fertilizantes más apropiados.

## **VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL RIEGO POR GÓTEO**

El riego por goteo presenta ventajas e inconvenientes en relación con otros sistemas de riego, que es conveniente conocer.

### *1) Ventajas:*

– Mejor aprovechamiento del agua, con un ahorro que puede llegar al 30 por ciento en relación al riego a manta, así como disminución de tiempo y trabajo dedicado en comparación con los otros sistemas de riego.

– Mejor aprovechamiento de los abonos.

– Facilidad en la aplicación de agua y abonos, así como la posibilidad de aplicar al sistema productos desinfectantes del suelo, entre otros.

---

– Influye en la disminución de la humedad ambiental de los invernaderos que repercute en la reducción de enfermedades criptogámicas.

– No se impide el paso o acceso a la parcela durante el riego, por lo que las labores culturales pueden continuar realizándose.

– Alto control de agua y abonos y probabilidad de mantener la concentración de sales en el agua del suelo por debajo de los límites perjudiciales para las plantas.

– Evita períodos largos de sequía, lo que influye en el aumento de producción y en la precocidad al disponer la planta continuamente de agua, pues los intervalos de riego son más cortos permitiendo mantener niveles de humedad convenientes.

– Formación de un bulbo húmedo con menor cantidad de sales y más diluidas, acumulándose estas sales en su periferia, lo que permite la posibilidad de usar aguas más salinas.

– No apelmazamiento del suelo, como ocurre con riegos a manta.

– Las raíces de las plantas tienen que gastar menos energía para succionar el agua y nutrientes del suelo que en otros sistemas de riego.

– Con el manejo correcto del riego localizado se consigue mantener un nivel óptimo de humedad en el suelo.

La utilización de agua en el suelo depende de dos componentes:

$T_m$  = Tensión mátrica debida a las fuerzas entre las partículas del suelo y el agua, determinando la mayor o menor retención del agua por estas partículas. Por ello, un suelo arcilloso, cuyas partículas son más pequeñas, retiene el agua con más fuerza que los arenosos.

$T_o$  = Tensión osmótica debida a las sales del suelo, oponiéndose a la absorción del agua por las raíces. Cuanto mayor es la concentración salina, mayor esfuerzo tendrán que hacer las raíces para tomar el agua.

La disponibilidad del agua depende, por tanto, de la suma de estos dos componentes:  $T_m$  y  $T_o$ . La tensión total que tiene que



vencer la planta es  $T_t = T_m + T_o$ . **Por ello en riegos localizados, al ser  $T_m$  muy pequeña, prácticamente despreciable,  $T_o$  puede ser mayor para una misma tensión total, posibilitando la utilización de agua y de suelos más salinos.**

2) *Inconvenientes:*

- Alto coste de la instalación y dedicación a su mantenimiento para evitar las obstrucciones en el sistema. Un buen sistema de filtrado puede reducir parte de mano de obra destinada al manejo y mantenimiento de las instalaciones.
- Dificultad de dar lavados en profundidad y por toda la superficie.
- Posibilidad de salinización del suelo cuando el manejo de este tipo de riego no es correcto.
- Necesidad de una mayor y mejor preparación técnica del agricultor.
- Diseño e instalación del sistema de riego por especialistas.
- Necesidad de utilizar fertilizantes totalmente solubles en agua.

## **DESCRIPCION DE UNA INSTALACION DE RIEGO POR GOTEO**

La instalación de riego por goteo ha de permitir que los emisores o goteadores apliquen la misma cantidad de agua. Para ello, la instalación ha de conformarse con una serie de elementos que prefiltra y aspiren el agua, la mezclen con fertilizantes, filtren esta disolución y la envíen a los goteros, a la presión de trabajo fijada.

Para ello, una instalación típica de riego por goteo consta de:

- Elementos de prefiltrado.
- Cabezal de riego.
- Red de distribución: conducciones generales, derivaciones y ramales portagoteros.
- Emisores o goteros.
- Elementos de control, regulación y seguridad.

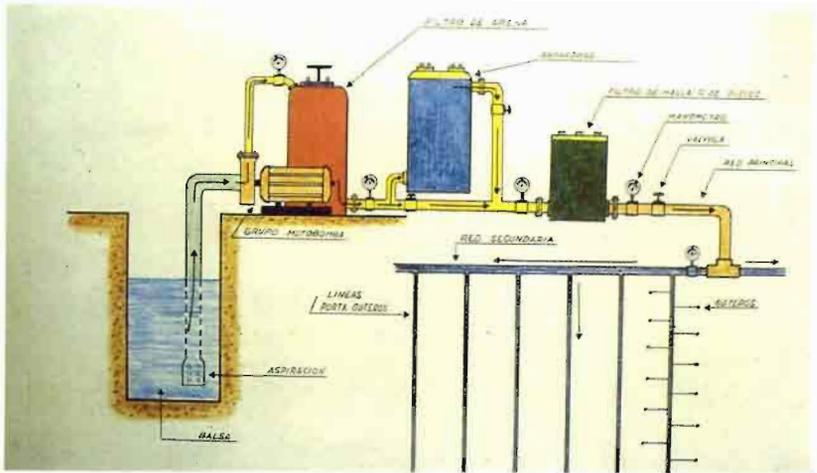


Fig. 1.-Esquema de una instalación de riego por goteo.

Aunque no forma parte de la instalación de riego, es importante disponer de un depósito o balsa para asegurar el suministro de agua y poder aplicar, en origen, productos algicidas y dispositivos de prefiltrado que puedan favorecer unas mejores condiciones de limpieza del agua.

## 1. Elementos de prefiltrado

– El equipo de prefiltrado no forma parte, en la mayoría de las veces, del cabezal de riego y generalmente no constituye elemento indispensable en la instalación. Los dispositivos que se instalan, decantadores, hidrociclones, etc., sólo tienen objeto con determinadas aguas que arrastren grava, arena o arcilla en cantidades tales que sea conveniente retener antes de su entrada al cabezal, de lo contrario colmataría los filtros de arena.

– Desarenadores y decantadores. Su función física es retener la grava, arena y arcillas que arrastre el agua cuando ésta procede de ríos, embalses, riachuelos, etc. Son depósitos de sedimentación o decantación distribuidos en varios departamentos a diferente altura donde se van colocando, por la fuerza de la gravedad, dichas partículas gruesas que van en suspensión. Entre las materias separables por decantación las hay granulares, que se deposi-



tan con una velocidad de caída constante, y otras floculadas, que se decantan con una velocidad variable dependiendo de la magnitud de los flocúlos. Igualmente existen estanques de decantación que se emplean, entre otros, para retener las precipitaciones de hierro que se forman al airearse el agua cuando ésta es de origen subterráneo y contiene hierro en disolución. Todos estos mecanismos no son muy frecuentes en las instalaciones de riego localizado; sin embargo, es usual instalar a la entrada del agua al embalse coladores-filtro construidos de acero inoxidable, plástico, etc., con mallas de 10-20 mm, de paso que captan o retienen materias sólidas extrañas que impiden su paso a la balsa. Igualmente, como ocurre en el pretratamiento de las aguas para consumo, pueden utilizarse rejas de diferentes tamaños, cestos perforados, etc., que retienen dichas materias.

– Hidrociclones. Son recipientes metálicos sin elementos móviles que retienen partículas de densidad mayor que la del agua y de tamaño superior a 0,1 mm. En su mayoría son de forma



Fig. 2.- Prefiltro antes de la entrada del agua al embalse que retiene partículas y materiales en suspensión.

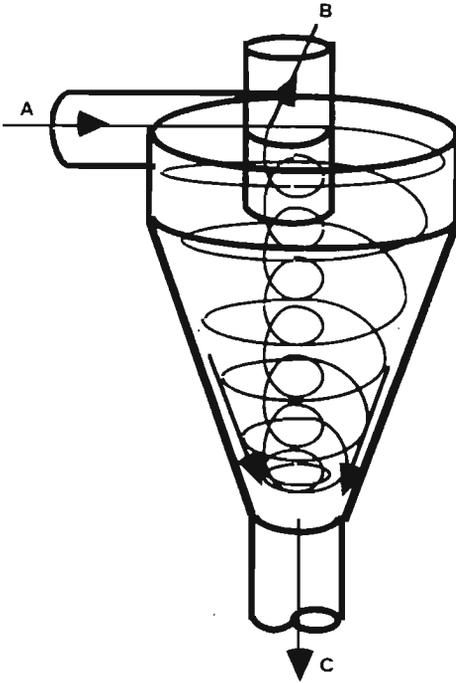


Fig. 3.—Funcionamiento de un hidrociclón. Se observa la trayectoria del agua desde su entrada por A, su recorrido por el cuerpo del hidrociclón y su salida por B. Las partículas extrañas se acumulan en un colector por C.

troncocónica en su parte central y de forma cilíndrica en sus extremos. Se instalan a la entrada de agua al cabezal de riego para retener principalmente los granos de arena y partículas sólidas en suspensión. En estos «filtros» el agua fluye libremente en forma de espiral, generando un remolino vertical, turbulento y descendente cuya fuerza centrífuga proyecta las partículas en suspensión contra las paredes del hidrociclón, depositándose en su parte inferior, mientras que el agua limpia sale por el extremo superior.

Los hidrociclones pueden «filtrar» caudales muy diversos, siendo los más frecuentes los que manejan entre 25 y 100 metros cúbicos/hora. Pueden trabajar a una presión de hasta 10 atmósferas. La pérdida de carga suele variar de 0,2-0,5 atmósferas, aunque la más frecuente está entre 0,3-0,4. Una pérdida de carga mayor de 0,5 atmósferas puede aumentar el desgaste del hidrociclón.



– Tomas de agua. Con la finalidad de impedir la aspiración de partículas que puedan hallarse en el fondo del depósito de agua, o que se encuentren en su superficie, se instalan con frecuencia tomas directas desde el cabezal de riego. Estas tomas de agua se sitúan a 0,75-1 m de profundidad desde la superficie de la lámina de agua para que la aspiración sea más limpia. Generalmente las tomas de agua se recubren de una malla o de otro material filtrante unido a una boya que la mantiene siempre a la misma profundidad.

## **2. Cabezal de riego**

Constituye el conjunto de mecanismos que aspiran, impulsan, filtran, regulan y envían el agua junto con el abono y otros productos hasta los emisores o goteros en condiciones de presión y limpieza. El cabezal de riego lo forman los siguientes componentes:

a) Sistema de aspiración e impulsión. Formado por un grupo motobomba, bien eléctrico, de gas-oil o, en menor proporción, de gasolina. En ocasiones, y como consecuencia de la altura en que se encuentra la toma de agua, puede prescindirse del grupo motor si dicha altura compensa las pérdidas de presión que se producen al circular el agua por la instalación.

b) Sistema de filtrado. Es indispensable en riego por goteo y está compuesto por diferentes tipos de filtros, de arena, de malla, de discos, etc., constituyendo la parte fundamental de la instalación. El sistema se encarga de filtrar el agua y de la disolución de los fertilizantes y otros productos para que la solución llegue a los goteros en las mejores condiciones de limpieza, de manera que evite su obstrucción y sea correcto el aporte de agua a la planta. En la actualidad, se tiende a mejorar los sistemas de filtrado y reducir las precipitaciones con tratamientos idóneos de las aguas de riego.

Los filtros empleados en riego por goteo son de dos tipos: de arena los filtros principales y de anillas o mallas los filtros secundarios.

---

Filtro de arena. Consiste en unos depósitos cilíndricos, de poliéster reforzado con fibra de vidrio, acero inoxidable, etc., en cuyo interior se superponen varias capas de arena de unos 50 cm de espesor en total, con granulometría variable entre 0,4 y 3 mm de grosor. Cuanto menor es el tamaño de la granulometría las propiedades del filtrado son mejores, pero antes se ensucia el filtro, necesitando limpiezas más frecuentes. El agua entra por la parte superior del filtro, atraviesa las mencionadas capas y sale filtrada por la parte inferior. Los filtros de arena están indicados para retener algas, materia orgánica y limos en suspensión cuando se riegue con aguas procedentes de embalses y conducciones al aire libre. Pueden suprimirse en caso de que el agua proceda directamente de pozo, no de embalse.

Los filtros de arena se instalan al principio del cabezal conectados con la entrada del agua y antes de la inyección de los fertilizantes. Pueden filtrar caudales de agua muy diversos, entre 5 y 250 m<sup>3</sup>/hora, aunque la capacidad de filtración más corriente en riego por goteo oscila entre 20-70m<sup>3</sup>/hora; cuanto menor sea el caudal y mayor la superficie filtrante, más eficacia tiene la filtración. Los filtros de arena suelen trabajar a presiones de hasta 10 atmósferas, con una pérdida de carga que puede variar entre un mínimo de 0,1 y un máximo de 0,4 atmósferas. El filtro limpio suele producir una pérdida de carga entre 0,2-0,3 atmósferas.

El filtrado se produce como resultado de la actuación de varias acciones:

- Retención de las materias de mayor tamaño que los poros del filtro.
- Por la baja velocidad del agua que favorece la sedimentación de las partículas.
- Por la adherencia y retención de las sustancias extrañas con los granos de arena.

La retención de las impurezas se realiza en profundidad, iniciándose por las capas superiores que se van cargando de suciedad dejando pasar a las capas inferiores agua menos limpia,



hasta que pasado cierto tiempo la capacidad de filtraje disminuye y la pérdida de carga en el filtro se incrementa. lo que obliga a proceder a su lavado para devolver al filtro las condiciones de filtrado iniciales.

La limpieza de los filtros de arena puede ser manual o automática, realizándose cuando la arena se aglutina y reduce el paso del agua. Para ello, se hace retroceder el agua en sentido ascendente, desplazando y agitando la arena por efecto de la corriente de agua de tal forma que la suciedad se expulsa por la parte superior del filtro. En explotaciones con un solo filtro en el cabezal de riego, éste se limpia con agua que no ha sido previamente filtrada. Para evitarlo, se montan dos o más filtros de arena, de tal forma que el agua filtrada de uno sirva para limpiar el otro. En explotaciones extensas y manejando grandes caudales de agua se utilizan filtros conectados en paralelo o bien en batería, siendo conveniente instalar como mínimo dos de arena, conectados de tal forma, que el contralavado de uno se realice con agua filtrada del otro y viceversa. Es necesario que haya conectada una toma



Fig. 4.-Batería de filtros de arena. Se observa detalle conexiones a la red de riego.

---

para que el agua sucia sea sacada fuera del cabezal y del embalse.

Los filtros de arena se han de limpiar como mínimo una vez por semana, o antes si el manómetro instalado a continuación del filtro indica una caída de presión mayor de 0,2 atmósferas con respecto a la producida en condiciones normales, con el filtro limpio. Esta diferencia de presión se produce por la suciedad acumulada, ya que el agua traspasa el filtro con mayor dificultad, reflejándose esta caída en el manómetro.

La arena ha de renovarse cuando la suciedad acumulada no desaparece con la operación de contralavado, con lo que se entorpece el correcto funcionamiento del filtro. Es oportuno reponer la arena-gravilla en el plazo de 2-3 años o antes si las condiciones de trabajo realizado por el filtro así lo aconsejan.

Filtros de mallas. Son componentes de forma cilíndrica, contruidos de chapa de acero o fundición de acero y de acero inoxidable, que efectúan una retención superficial de partículas de origen mineral en un segundo filtrado complementario al filtro de arena. Se fabrican de tal forma para que no puedan ser atacados por los fertilizantes y pesticidas aplicados en el agua. En el interior se encuentra un cartucho de malla filtrante construido de acero inoxidable, poliamida, poliéster, nailon, etc. Están situados a la salida del agua en el cabezal de riego, después de la aplicación de los fertilizantes.

El filtrado se realiza al atravesar el agua de dentro a fuera la superficie filtrante formada por mallas cilíndricas, quedando retenidas las partículas cuyo grosor es mayor que los orificios de estas mallas. Cuanto mayor sea el diámetro de los orificios de la malla, menor será la superficie activa de filtración. Influye, además, en la capacidad de filtraje, la disposición y forma geométrica de los orificios, así como la relación entre la superficie total del filtro y la superficie total de las perforaciones, de tal forma que cuanto mayor sea dicha relación, la filtración es mejor. Los filtros de malla no son adecuados para retener partículas muy ligeras o partículas coloidales.

Como unidad de medida el término más difundido es el «mesh», que equivale a la densidad de mallas o número de agujero-

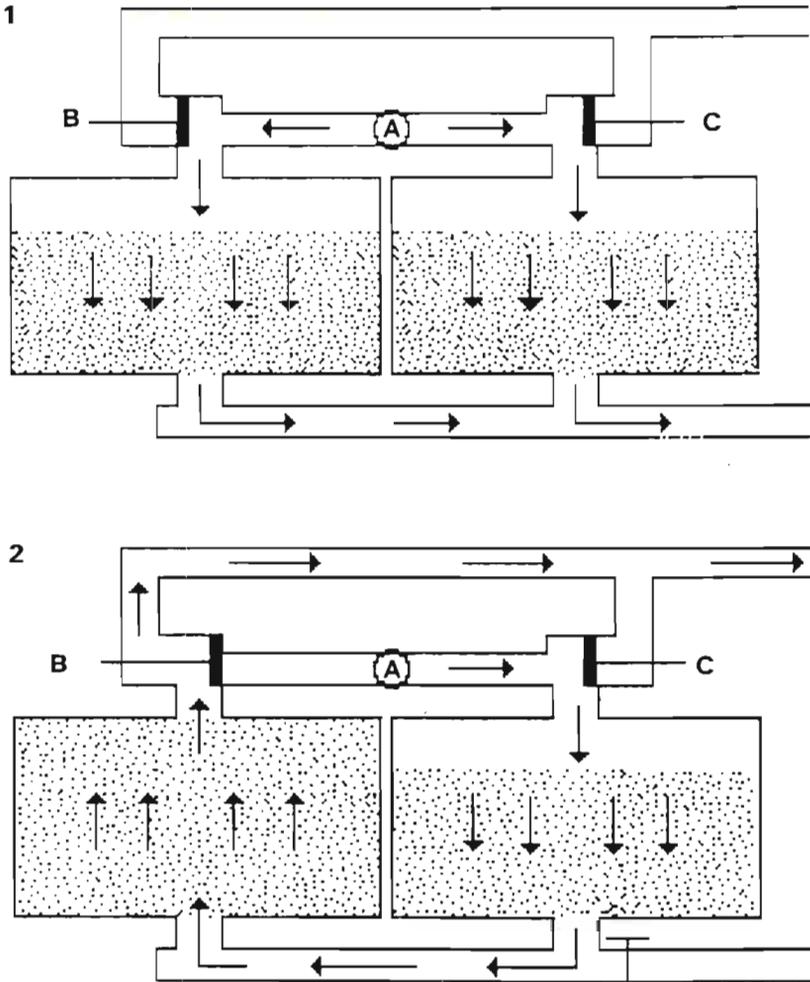


Fig. 5.—Funcionamiento de una batería de dos filtros de arena en fase de filtración y en fase de lavado. 1) Filtrado: el agua entra a los filtros por A. Las válvulas B y C permanecen abiertas, realizándose el filtrado del agua por ambos filtros. 2) Lavado de un filtro con agua previamente filtrada: el agua penetra por A. La válvula C permanece abierta, produciéndose el filtrado. El agua limpia pasa al otro filtro, provocándose el contralavado, para ello la válvula B está cerrada. El agua sucia se evacua hacia el exterior, fuera del cabezal de riego.

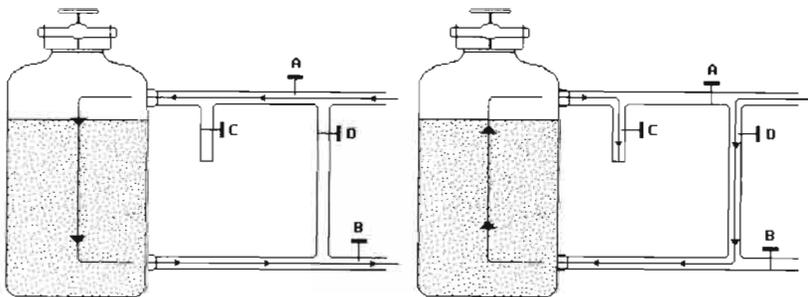


Fig. 6.-Funcionamiento de un filtro de arena en fase de filtración y lavado.

ros por pulgada lineal. El número de «mesh» es variable, siendo los más frecuentes: 120, 140, 150, 160, 200 «mesh». Los filtros con densidad superior a 200 mesh no son recomendables porque presentan problemas continuos de obstrucciones. Hay que elegir



Fig. 7.-Batería de pequeños filtros de malla.



el tamaño de la malla de acuerdo con el gotero, de tal forma que la malla sea capaz de retener partículas más pequeñas que el diámetro de paso del gotero. Se considera norma general emplear mallas cuya abertura sea 7-10 veces más pequeña que el orificio del gotero.

### Relación entre el número de «mesh» y tamaño orificios de la malla

Núm. de «mesh»	Tamaño orificios en mm	Núm. de «mesh»	Tamaño orificios en mm
60	0,25	120	0,13
80	0,18	150	0,10
100	0,15	200	0,08

Los filtros de malla pueden filtrar caudales muy diversos, siendo los más frecuentes, entre 20-80 m<sup>3</sup>/hora. La pérdida de carga en un filtro limpio también es variable, entre 0,1-0,5 atmósferas, aunque los valores entre 0,1 y 0,3 son los más frecuentes. Los filtros de malla hay que limpiarlos cuando la diferencia de presión entre la entrada y salida del agua sea mayor de 0,2 atmósferas, con respecto a la que hay en condiciones normales de trabajo con el filtro limpio.

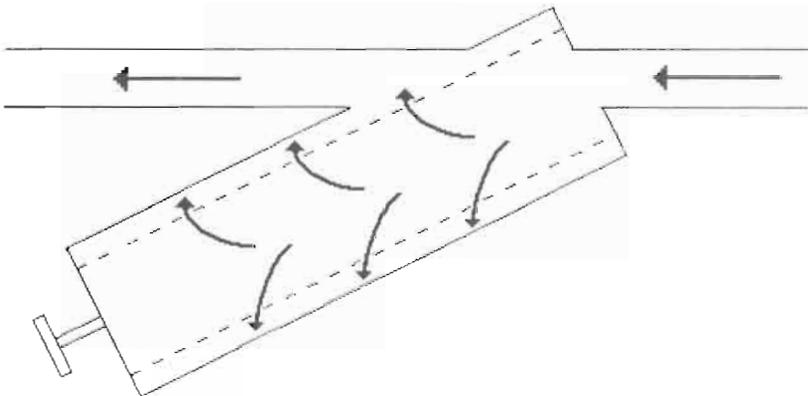


Fig. 8.-Funcionamiento de un filtro de malla.

La limpieza de estos filtros se realiza manualmente o de forma automática. Si se hace manualmente conviene limpiar la malla al menos cada mes o antes si el filtro está obstruido. Para ello hay que desmontarlos y someterlos a una corriente de agua o abriendo la parte inferior para que el agua, a presión, arrastre las impurezas. En caso de ser preciso para limpiar las mallas, pueden emplearse cepillos de plástico, pero nunca cepillos de púas, ya que dañarían las mallas si éstas son de acero inoxidable.

En los filtros con lavado automático se produce una inversión del flujo del agua, de tal forma que al invertir el sentido del recorrido normal del agua a través del filtro éste arrastra, en su recorrido, toda la suciedad acumulada. El sistema de limpieza automática se realiza por medio de la apertura de válvulas que hacen invertir el flujo del agua. Esta apertura y cierre de las válvulas puede ser por medio de válvulas automáticas o por pequeños motores eléctricos que a intervalos regulares, y en función de la suciedad acumulada por diferencia de presión, abre unas válvulas y cierra otras, ocasionándose dicha inversión de flujo.

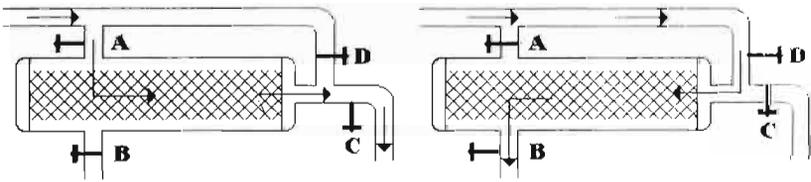


Fig. 9.—Filtrado y lavado en un filtro de malla.

Filtro de anillas o de discos. Tienen la misma aplicación que los filtros de mallas, utilizándose indistintamente unos y otros como complementarios al filtro de arena. Los elementos del filtrado están hechos a base de anillas de plástico ranuradas, unidas entre sí y apretadas, formando un cuerpo compacto y cilíndrico, constituyendo un conjunto filtrante de gran superficie que retiene partículas sólidas, no orgánicas, en suspensión. El área de las anillas y la superficie de orificios influye en la calidad de filtra-



ción al igual que los filtros de malla. Estos filtros son capaces de retener grandes cantidades de suciedad, dependiendo el filtrado del número de ranuras de las anillas. Al igual que los filtros de mallas se instalan después de los puntos de inyección de los fertilizantes. Ultimamente los filtros de anillas están desplazando a los de mallas.

Los filtros de anillas se conectan en línea, solos o en batería, atravesando el agua todo el cuerpo del filtro de fuera a dentro quedando retenidas las partículas de mayor tamaño entre los orificios de sus anillas.

Estos filtros pueden trabajar con presiones de hasta 10 atmósferas, tienen una capacidad de filtraje variable, siendo frecuente llegar hasta 60 y 80 m<sup>3</sup>/hora. La pérdida de carga de un filtro limpio es de 0,2 atmósferas y una densidad de malla que oscila frecuentemente entre 50 y 200 «mesh».

Para su limpieza se desmontan aflojando la carcasa exterior que envuelve las anillas, separando éstas y limpiándolas con agua



Fig. 10.-Filtro de discos o anillas. Estos filtros se montan horizontalmente y en línea.



Fig. 11.-Limpieza filtro de discos o anillas. Una vez separadas las anillas o arandelas, se les somete a chorro de agua.

a presión. En otros casos puede ser automática su limpieza, no necesitando desmontarlos ni reducir la presión y caudal del agua. Es conveniente limpiarlos una vez por semana o cuando la caída de presión indicada en el manómetro, instalado a continuación de este filtro, marque una caída de presión igual o superior a 0,2 atmósferas con respecto a la caída de presión característica del filtro limpio.

Filtros auxiliares. No es frecuente instalar otros filtros en el cabezal de riego. No obstante, es recomendable que conectado a la salida de la solución de agua y abonos, en el depósito de fertilizantes, se instale un pequeño filtro de seguridad, de plástico, con mallas cilíndricas de poliéster que retiene las partículas sólidas e impurezas de abonos que se hayan quedado en suspensión en la disolución y así evitar su entrada a la red. Dichas partículas filtradas se acumulan al final de la malla cilíndrica, de donde son expulsadas por medio de la apertura de una válvula. Igualmente otros filtros pueden situarse en las cabeceras de cada



sector de riego para retener las partículas que por averías o reparaciones de la red, así como restos de precipitados no filtrados, pueden llegar a los goteros.

c) Control de presiones y caudales. Por medio de manómetros, purgadores y válvulas que controlan y regulan la presión de trabajo de la instalación y el caudal del agua. De entre estos elementos interesa destacar la función que realizan los manómetros como auxiliares de gran importancia para indicar constantemente la presión de trabajo de la instalación y el estado de limpieza de los filtros.

Estos elementos se instalan por norma general a la entrada y a la salida del agua de cada filtro. En filtros de arena es recomendable realizar dos tomas manométricas, una a la entrada de agua al filtro y otra a su salida y la diferencia de presión nos indicará la limpieza o suciedad del mismo. Es aconsejable instalar también otro manómetro a la salida del agua del cabezal para indicarnos



Fig. 12.—Batería de filtros de anillas.



Fig. 13.-Detalle pequeño filtro de plástico conectado a una abonadora para retener cualquier partícula insoluble en la solución fertilizante.

la presión de trabajo de funcionamiento de la red de riego. Igualmente los manómetros son necesarios para graduar los reguladores de presión y equilibrar la presión en los diferentes sectores de riego. Aplicados a tomas manométricas en determinados puntos de la instalación nos indicarán en cada momento la presión de trabajo de la red.

*d)* Equipo de fertilización. Integrado por abonadoras o tanques de fertilizantes y por medio de bombas dosificadoras eléctricas o hidráulicas. Estos dispositivos introducen o inyectan la disolución del fertilizante y del agua a la red, además de incorporar otros productos (ácidos, fungicidas, etcétera.).

Las abonadoras o tanques de fertilización son, generalmente, depósitos cilíndricos con capacidades de 20-350 litros, siendo los más usuales las capacidades de 60-175 litros. Están construidos de acero inoxidable, poliéster reforzado con fibra de vidrio, poliéster bobinado, poliéster laminado, etc., y tratados con sustancias anticorrosivas.



La incorporación del fertilizante a la red puede ser de varias formas:

*Por derivación.* Es un equipo sencillo que no consume energía externa y de fácil manejo. Su funcionamiento es como sigue: la disolución concentrada de abono se incorpora a la red como consecuencia de la diferencia de presión que ocasiona una válvula de compuerta, que se coloca entre las dos conexiones que van a la abonadora desde la red. Cuanto más se cierra esta válvula, mayor cantidad de agua se deriva al depósito a través de la primera conexión y con mayor rapidez penetra la disolución en la red a través de la segunda conexión. El único inconveniente es que la concentración del producto varía continuamente, siendo más rica al principio que al final del fertirriego. En ocasiones puede ocurrir que no se produzca correctamente la diferencia de presión necesaria para empujar a la solución de abonos y agua, por lo que en estos casos, y para acelerar su salida a la red, es preciso conectar la primera conexión a la tubería principal antes del filtro de arena. Con ello se ocasiona una sobrepresión que



Fig. 14.-Abonadora de hierro. Se aprecian las conexiones a la red de riego.

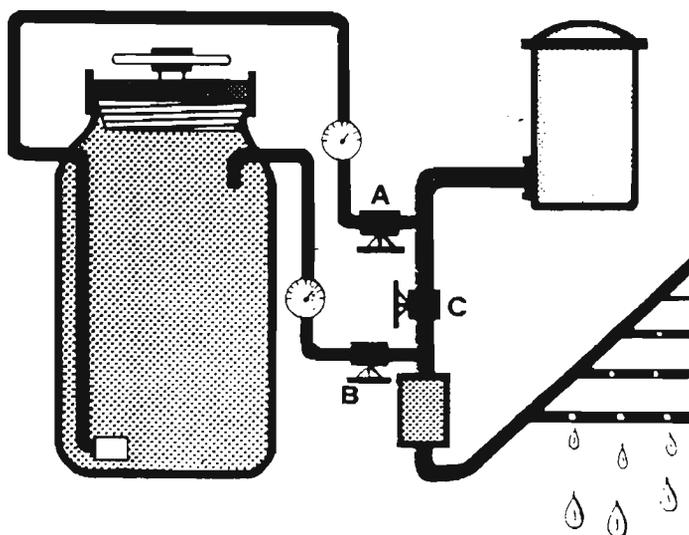


Fig. 15.-Abonado por diferencia de presión. Esquema conexiones de la abonadora a la red de riego.

hace salir con mayor rapidez la solución fertilizante. Para obtener los mejores resultados en el funcionamiento del tanque de fertilizantes, la disolución de abonos y agua no ha de exceder las  $\frac{2}{3}$  partes de la altura de dicho depósito.

*Por «venturi».* En otros tipos de tanques de fertilización la solución concentrada de abono se incorpora a la red por medio de la diferencia de presión creada por efecto «venturi» de un caudal de agua que pasa por dicho estrechamiento a la altura del depósito de fertilizantes, succionando el abono y el agua disueltos, contenidos en el depósito.

Además de las abonadoras se utilizan bombas dosificadoras conectadas con un depósito y de donde se va inyectando, a mayor presión que tiene la red, la solución de abono. El funcionamiento de estos inyectores es movido por energía eléctrica o por la presión de la red de riego. Estos mecanismos inyectan un volumen determinado de solución de abonos y agua, según caudal de agua



preestablecido, o por tiempo de funcionamiento y que puede variar entre 30 y 240 litros/hora.

El equipo de fertirrigación se instala a continuación de los filtros de arena; de lo contrario las sustancias nutritivas de la solución fertilizante producirían en los filtros un medio idóneo para el desarrollo de numerosos microorganismos.

### 3. Red de distribución

#### Conducciones generales y derivaciones

Conducen el agua y los fertilizantes desde el cabezal de riego hasta los emisores o goteros. Suelen ser de PVC (el material más frecuente), fibrocemento o hierro, en las de mayor diámetro y de polietileno en las de menor grosor.

De una a otra instalación pueden existir algunas variantes en los tipos de conducciones o tuberías. No obstante, y como regla general, las más frecuentes son:

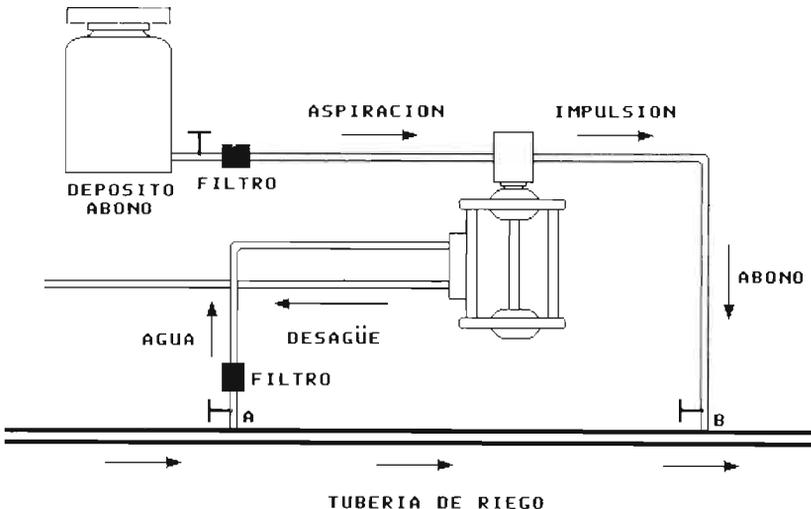


Fig. 16.-Conexiones y funcionamiento de una bomba de inyección de fertilizantes con funcionamiento hidráulico.

---

*Principales.* Conducen el agua desde el cabezal a las distintas unidades de riego. Pueden ser de PVC (las más usuales), fibrocemento y de hierro galvanizado. Se fabrican de diversos diámetros y con un espesor de pared suficiente para resistir la presión de trabajo proyectada.

*Secundarias.* Conectan entre sí la red principal y las distintas líneas portagotoseros. Pueden ser de PVC y PE.

### **Ramales portagotoseros**

Van insertos en ellos los goteros o emisores. En caso de riego por exudación, los goteros son sustituidos por las mangueras de rezume, tuberías o mangueras perforadas. Se fabrican de polietileno de 12, 16 y 20 mm de diámetro.

## **4. Emisores**

El gotero o emisor de agua es uno de los elementos más importantes de la instalación. Representa aproximadamente el 30 por ciento del coste total. Su clasificación puede englobar diferentes características, atendiendo al número de salidas de agua, al caudal, a la forma de conexión en la línea portagotoseros, a la pérdida de carga, etcétera.

En los goteros el agua pierde su presión a causa del recorrido interno que ha de atravesar, aportando el agua en forma de gotas, a caudales reducidos y a baja presión, saturando una franja de suelo más o menos grande, dependiendo del tipo de suelo y del volumen de agua arrojado.

A la hora de elegir uno u otro gotero se han de tener en cuenta las normas siguientes:

- Caudal acorde con las exigencias del cultivo. En hortalizas se recomienda caudales pequeños, 1-3 litros/hora. En frutales, 4 litros/hora.
- Uniformidad de descarga elevado.
- Sencillos, manejables, compactos, de bajo coste y de fácil limpieza.
- Reducida alteración a los cambios de temperatura.



- Resistencia a la agresividad de los fertilizantes.
- Diámetro de paso relativamente grande para evitar problemas de obturaciones.

Su clasificación engloba diferentes características: por el régimen de flujo del agua, forma en que se realiza la pérdida de carga, por la forma de conectarse a la tubería, por su caudal, por el número de salidas, etcétera. También, y de acuerdo con la forma de limpiarse, se clasifican en: de difícil limpieza, de fácil limpieza, autolimpiantes, desmontables, etcétera.

Una de las características más importantes en los goteros es su sensibilidad a la obturación, directamente relacionada con el paso o diámetro del orificio de salida de agua, de la que va a depender su eficacia en la aportación de agua a la planta. En general, a mayor paso la obstrucción es menor. Con pasos inferiores a 1 mm se precisa un buen sistema de filtrado.

De acuerdo con su sensibilidad a la obstrucción, los goteros se clasifican así:



Fig. 17.-Muestrario de goteros empleados en riego por goteo.

Sensibilidad	Diámetro paso gotero
Grande .....	Menos de 0,7 mm
Mediana .....	Entre 0,7 y 1,5 mm
Débil .....	Más de 1,5 mm

A igualdad de paso, la obstrucción depende de la velocidad que lleve el agua, de tal forma que una disminución de la velocidad tiende a producir sedimentos y cuanto mayor es la velocidad menor es el riesgo de precipitados.

### 5. Elementos de control, regulación y seguridad

Estos dispositivos controlan, regulan y protegen a la instalación de anomalías durante su funcionamiento, como es la acumulación de aire, elevadas presiones, etcétera. Entre los mecanismos que se instalan con más frecuencia están:



Fig. 18.-Los manómetros nos indican la presión de trabajo en la red.



– *Purgadores*. Están conectados con los filtros, tanques de fertilización, inyectores de abonos, en las conducciones, etcétera, y permiten la salida del aire en aquellos puntos en que se ha acumulado, de lo contrario causarían sobrepresiones, taponamientos y roturas que alterarían el funcionamiento correcto de la instalación. Las hay automáticas que eliminan constantemente las acumulaciones de aire que se forman durante el funcionamiento.

– *Válvulas de seguridad*. Están fabricadas para una determinada presión de trabajo. Tienen como objeto dejar salir el agua de la instalación en el momento de producirse altas presiones que podrían dañarla.

– *Válvulas de retención*. Para evitar el golpe de ariete que se produciría en la conducción general por una avería u otra causa no prevista, se intercalan en dicha conducción válvulas de retención que evitan el brusco retroceso del agua.

– *Válvulas volumétricas*. Son mecanismos de funcionamiento semiautomático preparadas para dejar pasar una determinada cantidad de agua a partir del punto en donde están montadas. Para graduarlas van provistas de un dial que indica el volumen de agua en metros cúbicos. Se instalan en el cabezal y en los diferentes sectores de riego y para realizar riegos secuenciales conectadas a válvulas hidráulicas.

Además de las válvulas citadas existen otros tipos empleados en riegos localizados y secuenciales como son las válvulas hidráulicas, selectoras, de compuerta, secuenciales, de drenaje, etcétera.

– *Reguladores de presión*. Son válvulas conectadas en línea con la conducción y controlan la presión que es necesaria para un determinado caudal. Mantienen estable la presión del agua a partir del punto donde están montadas en la red, pudiendo servir igualmente como válvulas de apertura y cierre. Se instalan, principalmente, en la entrada del agua a cada sector de riego en combinación con las válvulas volumétricas. Regulan caudales que pueden variar entre 0-30 metros cúbicos y pueden trabajar a presiones de 0,5-5 atmósferas.

---

– *Manómetros y tomas manométricas.* Nos informan de la presión que hay en los diferentes puntos de la red de riego. Igualmente, y por diferencia de presión, nos van a indicar el momento de limpiar los filtros.

## FERTIRRIGACION

Consiste en la aplicación simultánea y puntual de agua y fertilizantes por medio del sistema de riego. Con ello se pretende situar los abonos bajo la acción del sistema radicular, suministrándolos de forma continua y de acuerdo con las necesidades de la planta. La asimilación de los fertilizantes se produce de manera más racional, además de una mayor comodidad y ahorro de mano de obra.

Se sabe que para un crecimiento normal de la planta, ésta ha de disponer, entre otros, de niveles adecuados de humedad y un



Fig. 19.–Se observa a la derecha un filtro de anillas. En el centro, una válvula de retención, manómetro y tubería que invierte el flujo del agua para lavado del filtro de arena situado a la izquierda.



nivel óptimo de nutrientes, con la fertirrigación se cumplen estos objetivos.

Hay que tener la precaución de no emplear fertilizantes al inicio y al final de la fertirrigación, ya que favorecería los precipitados. Por este motivo es conveniente regar unos 5-10 minutos al inicio con agua sola y otros 10 minutos al final del riego, igualmente con agua limpia y sola, todo ello dependiendo de la duración de la fertirrigación y de las características de la red de riego. De esta manera el agua que queda en el interior de las conducciones contiene escasos residuos químicos.

La disolución del abono en una cierta cantidad de agua va a constituir lo que se denomina «solución madre», dependiendo de ella, entre otros, la frecuencia o no de obstrucciones en los goteros.

### **Composición e impurezas de las aguas naturales**

Nos interesa en primer lugar conocer el agua desde el punto de vista de producir o no precipitados en el sistema, o de obstruir con sus partículas en suspensión los goteros. La salinización del suelo o su efecto sobre los cultivos por la sensibilidad de éstos a las sales está fuera del alcance de esta publicación.

En el agua utilizada para riego se pueden encontrar bacterias, diversos minerales, partículas y materias en suspensión, etcétera, cuyo contenido y clase van a definir su calidad.

El agua que se encuentra en la naturaleza no es pura, ya que contiene sales, gases y sólidos en disolución que pueden reaccionar, a veces, separándose y cristalizando, dependiendo de la composición del agua, de su procedencia. Igualmente la composición de las aguas subterráneas dependerá de los estratos que haya ido atravesando. No es frecuente que el agua contenga materias en suspensión, a menos que proceda de rocas permeables; sin embargo, si el agua procede de pozos, su composición puede venir influida por la proximidad o no del mar o de ríos. Asimismo, si el agua proviene de ríos o de aguas superficiales puede llevar sólidos disueltos y diversas materias y arrastrar partículas, restos vegetales, insectos, etcétera, necesitando un

---

prefiltrado antes de su entrada al cabezal de riego. También el agua de lluvia disuelve gases presentes en el aire y al llegar al suelo parte fluye hacia los ríos y lagos y otra parte es absorbida por la tierra. El agua al filtrarse disuelve algunos componentes que contribuyen a impurificarla con sales de cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos. Por su repercusión en la instalación de riego, al producir precipitados o causar tupidación de los goteros, las principales características que nos interesa conocer del agua son: temperatura, materias o impurezas que contiene en suspensión, dureza, composición química y pH.

*Temperatura.* Tiene incidencia en la solubilidad de los fertilizantes, de tal forma que a mayor temperatura y pureza, los abonos se disuelven con más facilidad y con temperaturas bajas aumentan los precipitados por la menor solubilidad de los abonos.

*Materias en suspensión.* El agua empleada en riego por goteo ha de estar exenta de materias sólidas que puedan obstruir los goteros. Si es así, ha de mantenerse el agua embalsada para su decantación y, además, utilizar prefiltros para eliminar las materias que no han sido decantadas.

*Dureza.* Mide la cantidad de sales de calcio y magnesio contenidas en el agua y que al ser poco solubles tienen tendencia a precipitar o causar incrustaciones. Las aguas duras contienen en disolución cantidades apreciables de compuestos de calcio y magnesio, casi siempre cloruros, sulfatos y bicarbonatos. Si el contenido es excesivo en calcio y magnesio, pueden ocasionar problemas por precipitados en las diferentes partes de la instalación.

*Composición química.* Una de las características más importantes es su salinidad, ya que las aguas salinas originan precipitados de fosfatos y sulfatos de calcio. Entre las sales solubles que contiene el agua están los cloruros, sulfatos y bicarbonatos, cuyo porcentaje va a determinar su calidad química que además de obstruir los goteros van a ser una fuente de sales en el suelo.

Otro elemento que influye en la tupidación de los goteros es el hierro. Las aguas que contienen alto porcentaje de hierro se



hallan sometidas a la acción de determinadas bacterias que transforman el hierro disuelto formando una masa gelatinosa. Esta solidificación se incrementa cuando el pH del agua es alto.

*pH.* Expresa la alcalinidad o acidez del agua. El agua neutra normal tiene un valor de  $\text{pH} = 7$ . Este puede variar por diferentes motivos, de tal forma que si es muy elevado, mayor de 7,8, puede disminuir el efecto de los desinfectantes y formar precipitaciones de calcio y magnesio. Igualmente con pH bajo da lugar a corrosiones en las partes metálicas de las instalaciones. El pH ideal sería aquel que se mantenga entre 7,2-7,5.

## **Fertilizantes empleados en riego por goteo**

Al disolver un fertilizante, la calidad y composición del agua se modifica, principalmente en lo que se refiere al pH y a la salinidad. Si el pH aumenta, existe un riesgo de producir precipitados. Por ello, las dosis de fertilizantes a emplear han de ser las correctas, aplicándolas fraccionadas y con la mayor frecuencia. En la fabricación de los abonos se tiende cada vez más a conseguir una alta solubilidad y que estén exentos de impurezas.

En riego localizado pueden emplearse la mayoría de los fertilizantes. La compatibilidad entre ellos y su solubilidad son los factores que hay que tener presente para su aplicación. Es importante conocer también el «índice de sal», pues cuanto mayor sea éste, mayor peligro existe de salinización del suelo.

Cuando se añada un fertilizante al depósito de la abonadora o para ser inyectado a la red de riego ha de disolverse antes en las proporciones adecuadas, según dosis y solubilidad, agitando enérgicamente para que la disolución sea total. La turbulencia ocasionada por la presión del agua ayudará, en el depósito de fertilizantes, a completar correctamente la disolución.

Entre los fertilizantes más empleados están:

– *Nitrogenados.* La mayoría de estos abonos son solubles, no presentando dificultad en su preparación y empleo. Generalmente no precipitan; sin embargo, hay que lavar la instalación al final

---

del fertirriego para impedir que las disoluciones amoniacaes queden en las conducciones y favorezcan la proliferación de microorganismos.

– *Fosfóricos*. Por su baja solubilidad los abonos fosfóricos presentan algunos inconvenientes en su empleo, por lo que hay que tener precaución en su manejo. El anión fosfato precipita con facilidad en presencia de calcio. Con aguas ricas en calcio y magnesio hay que evitar la aplicación de abonos fosfatados por la posibilidad de precipitados de fosfatos cálcicos y magnésicos, a menos que se consiga un pH ácido en la disolución.

Los fosfatos biamónico y monoamónico son muy solubles pero pueden reaccionar con el bicarbonato cálcico que pueda contener el agua y transformarse en fosfato bicálcico, que es una sal insoluble.

El ácido fosfórico, aplicado a pequeñas dosis, acidula el agua y reduce el riesgo de precipitados.

– *Potásicos*. No suelen producir problemas de obturaciones. Hay que prevenir el efecto floculante del potasio cuando se emplea con aguas ricas en materia orgánica. Con los abonos potásicos hay que procurar realizar previamente una buena disolución para facilitar su miscibilidad.

– *Complejos sólidos*. En la actualidad se fabrican numerosos abonos que reúnen condiciones idóneas para ser aplicados en fertirriego. Generalmente se les denomina abonos cristalinos solubles, abonos complejos solubles, etc. Todos ellos presentan las siguientes características:

- Solubilidad muy alta.
- pH ligeramente ácido.
- Algunos están enriquecidos con microelementos.
- Diversidad y amplio abanico de fórmulas para cualquier época de cultivo.

Igualmente, existen otros fertilizantes conocidos por «complejos de micronutrientes quelatados», muy solubles también y destinados a prevenir y corregir las deficiencias de nutrientes.

**Cuadro 1.-CARACTERÍSTICAS DE LOS FERTILIZANTES UTILIZADOS EN FERTIRRIEGO**

FERTILIZANTES	FÓRMULA	RIQUEZA	ÍNDICE DE SAL (1)	SOLUBILIDAD g/litro 15-20° C	REACCIÓN	pH 0,5 g/litro	DOSES RECOMENDADAS EN FERTIRRIEGO
NITRATO AMÓNICO	NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub>	33/35 %	105	1.500-1.850	ácida	5,6	1 gramo/litro
SULFATO AMÓNICO	SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	20/21 %	69	700	ácida	5,5	1 gramo/litro
FOSFATO MONOAMÓNICO	PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> NH <sub>4</sub>	12-61-0	34	225/500	ácida	4-5	0,25 gramos/litro
FOSFATO BIFOSFÓRICO	PO <sub>4</sub> H(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	18-46-0	29	300/400	neutra-alc.	5	1-2 gramos/litro
NITRATO CÁLCICO	(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Ca	15,5 %	52,5	1.300/2.600	alcalina	6-7	1-2 gramos/litro
NITRATO POTÁSICO	NO <sub>3</sub> K	13-0-46	73,6	250/400	neutra-alc.	6,5	0,25-0,5 g/litro
UREA	CO <sub>2</sub> (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	45/46 %	75,4	700/1.200	ácida	6	1-2 gramos/litro
SULFATO POTÁSICO	SO <sub>4</sub> K <sub>2</sub>	50 %	46	75/100	ácida	4-6	0,25-0,50 g/litro
SULFATO MAGNÉSICO	SO <sub>4</sub> Mg	16 %	2	500	ácida	6-7	0,4 gramos/litro
FOSFATO MONOPOTÁSICO	PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> K	0-52-34	8,4	225/250	alcalina	5-6	0,35 gramos/litro
ÁCIDO FOSFÓRICO	PO <sub>4</sub> H <sub>3</sub>	54 %	-	1.000	ácida	3-4	0,25-0,50 g/litro
ÁCIDO NÍTRICO	NO <sub>3</sub> H	14 %	-	1.000	ácida	2-3	variable
NITRATO MAGNÉSICO	(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Mg	7/12/15 %	42,6	500-700	ácida	4-6	0,5-4 c e o gramos.

(1) Número que indica el aumento de presión osmótica que produce el abono en la solución del suelo, comparándolo con el que produce el Nitrato Sódico que se emplea como patrón. (Índice de sal = 100.)



---

Estos complejos sólidos se emplean a concentraciones que oscilan entre 0,5-1,5 g/litro de agua.

– *Abonos líquidos*. Son soluciones nutritivas muy concentradas conteniendo uno o varios nutrientes. Poseen un alto grado de solubilidad, no siendo necesario su disolución previa. La mayoría de los abonos líquidos son de reacción ácida, por lo que reducen el pH del agua de riego, disminuyendo la posibilidad de precipitaciones calcáreas. Una vez realizada la disolución de los abonos líquidos ha de aplicarse lo antes posible, pues estas disoluciones saturadas, si se dejan reposar cierto tiempo, pueden dar lugar a sedimentos.

Al igual que los abonos complejos sólidos los abonos líquidos presentan numerosas fórmulas para cualquier estado de la planta.

También se están empleando en fertirriego productos líquidos a base de materia orgánica, sola o enriquecida con microelementos.

### **Aplicación de pesticidas en la red de riego**

A través de la instalación de riego por goteo y disueltos en agua pueden aplicarse diversos productos fitosanitarios. Con ello se combaten diferentes plagas y enfermedades del suelo y de la parte aérea de las plantas. Sólo hay que tener la precaución de **no mezclarlos** con los fertilizantes, ya que pueden dar lugar a sustancias insolubles.

Por medio de tanques de fertilización, tipo «venturi», se dosifican los desinfectantes de suelo con precisión, siendo una solución para controlar los nematodos y hongos.

### **OBSTRUCCIONES: PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO**

La obstrucción de los goteros es uno de los problemas más importantes con que ha de enfrentarse el agricultor cuando maneje el riego por goteo. El suministro de pequeños caudales de agua por los orificios de los goteros de pequeño tamaño, presiones



poco elevadas, depósitos con aguas estancadas y aguas de superficie que llevan en suspensión partículas minerales o que puedan producir precipitados químicos u orgánicos, predisponen a que se produzca tupición en los goteros. Estas obturaciones disminuyen y suprimen a veces la aportación de agua a las plantas, principalmente por su facilidad de obstrucción al ser los orificios de los emisores, en su mayoría, menores de 1 mm de diámetro. Aunque la tupición sea parcial influye en la distribución y uniformidad del agua.

También, al evaporarse el agua en los goteros, después de cada riego, la concentración de las sales disueltas se incrementa quedando pegadas a los orificios de salida de agua y ocasionando su obstrucción. Estos problemas no sólo causan daño a las plantas por su falta de riego, sino que también aumentan los costes de mantenimiento de la instalación y la mano de obra adicional para su control y tratamiento.

Es importante averiguar la causa de las obturaciones ya que de esta forma su prevención y control es más eficiente.



Fig. 20.-Agua invadida de algas. Para prevenir su formación hay que tratar el agua e instalar en el cabezal de riego un filtro de arena.

---

## 1. Tipo de obstrucciones

Las principales obstrucciones que se producen en los goteros son debidas a:

- Tupición por elementos minerales no retenidos en los filtros.
- Por precipitados en forma de fosfatos y carbonatos de calcio y magnesio, sulfato de calcio, hidróxidos y sulfuros de hierro, etc.
- Acumulación de sales en los goteros al producirse la evaporación del agua.
- Aglomeración de sedimentos orgánicos.

Todas estas obturaciones son de origen físico, químico y biológico.

### a) *Físicas*

Son producidas por las partículas sólidas que lleva el agua en suspensión, arcillas, arena, limos, etc., cuando ésta proviene de pozos o de conducciones al aire libre. Los limos y arcillas se van depositando poco a poco en las conducciones y en los emisores formando masas que recubren las salidas del agua, atascándolos, como asimismo las raspaduras de plásticos y tierra producidos al hacer las conexiones y agujeros durante el montaje de la instalación y por rotura o reparación de las tuberías. Estas partículas pueden atravesar los filtros y se acumulan en los goteros taponando la salida del agua.

### b) *Biológicas*

Están producidas por organismos vivos, algas, bacterias, hongos, etc., que se reproducen y viven en el agua y en el interior de las instalaciones a consecuencia de las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de estos organismos.

1) *Algas*. Son minúsculas plantas unicelulares, provistas de clorofila, que no tienen raíces, ni hojas, ni flores. Se reproducen en el agua a gran velocidad, enturbiándola y dándole una colora-



Fig. 21.–Al cubrir la balsa se evita, entre otros, la formación de algas.

ción verdosa, produciendo depósitos en el fondo y paredes del embalse. Algunos órdenes de algas son solitarias, otras son coloniales que se reúnen formando masas gelatinosas. Su densidad similar a la del agua les permite flotar.

Las algas se reproducen en aguas superficiales, cuando el agua de riego se almacena en embalses al aire libre, ya que la luz y la temperatura son medios favorables para su formación. Si el agua de riego proviene de pozo directamente o de estanques cubiertos, no se desarrollan, a menos que se embalse el agua y se mantenga en reposo al aire libre.

Los filtrós de arena son los elementos más eficaces para retener las algas; aunque algunas consiguen traspasar los filtros desarrollándose en el interior de las conducciones favorecidas por las altas temperaturas y las sustancias químicas aportadas. Entre los productos químicos más eficaces para evitar su formación y eliminación está el sulfato de cobre, principalmente; aunque también se emplean otros desinfectantes pero no con la eficacia de dicha sal de cobre.

---

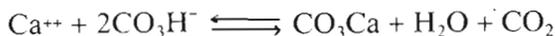
2) Microorganismos. Los más frecuentes son bacterias, algas microscópicas y hongos. Se reproducen en el interior de las tuberías traspasando los filtros y formando depósitos gelatinosos que se adhieren a las conducciones. Pueden estar en el agua de riego o ser transportadas por el aire, residuos orgánicos, plantas, etc., multiplicándose en el agua con gran rapidez, de acuerdo con su calidad y temperatura y sobre todo si ésta es rica en materia orgánica. Algunas bacterias ferruginosas transforman el hierro contenido en el agua y junto con los residuos de otros compuestos insolubles forman masas gelatinosas que pueden ocasionar obturaciones en poco tiempo. Otras bacterias actúan sobre el óxido ferroso de las sales de hierro disueltas en el agua precipitándose en forma de óxido férrico. La presencia de sulfuros a concentraciones superiores a 0,1 ppm favorece la acción y desarrollo de bacterias sulfurosas, que dan lugar, igualmente, a masas gelatinosas en el interior de las conducciones.

3) Restos de insectos, arácnidos, semillas y vegetales que se encuentran en suspensión en el agua de riego traídos por el aire, lluvia, etc.

### c) *Químicas*

Las obstrucciones químicas dependen principalmente de la calidad y composición del agua y de la clase de abonos empleados.

En climas donde se registran muy altas temperaturas, la fuerte evaporación del agua da lugar a una sobresaturación de las sales disueltas produciendo su precipitación en forma de sulfatos y carbonatos insolubles. Los precipitados de carbonato cálcico se producen si las aguas calcáreas llevan en disolución el ion bicarbonato ( $\text{CO}_3\text{H}$ ) conforme a la siguiente reacción:



Los bicarbonatos del agua son muy inestables. La presencia de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) en el agua favorece la disolución de aquél. Si el anhídrido carbónico es insuficiente para mantener el



equilibrio, parte del bicarbonato se precipita, produciéndose una liberación del citado gas. Las temperaturas altas influyen en esta liberación y también facilitan la formación de precipitados cálcicos.

Las precipitaciones calcáreas son frecuentes al usar aguas bicarbonatadas con más de 130 mg/litro de  $\text{CO}_3\text{H}^-$  y pH mayor de 7,5. En el interior de las conducciones los depósitos de carbonato cálcico pueden estar en forma de anillos concéntricos reduciendo su sección, o como incrustaciones de diferentes formas, siendo éstas las más usuales en las conducciones de fibrocemento.

Igualmente ocurre con aguas cargadas de sales férricas, aunque no es tan frecuente como las precipitaciones calcáreas. Cuando el agua contiene sales de hierro en disolución, normalmente bicarbonato ferroso y que al oxidarse pasa a sales férricas que precipitan como hidróxido férrico. La oxidación de dichas sales proporciona, a veces, energía a ciertas bacterias que dan lugar a precipitados en forma de flóculos filamentosos.

Cuando el agua contiene concentraciones de hierro iguales o superiores a 0,2 gramos por metro cúbico, se pueden formar precipitados en forma de óxidos férricos. Estas oxidaciones y precipitaciones son más rápidas con pH superior a 7,5.

El manganeso puede precipitar por actividad biológica cuando su concentración en el agua de riego es superior a 0,2 ppm y siendo muy problemático a concentraciones superiores a 0,4 ppm. Igualmente el contenido en agua de sulfuros a concentraciones superiores a 0,1 ppm puede inducir al desarrollo de bacterias sulfurosas que generan masas gelatinosas.

Con el uso de fertilizantes se favorece la formación de los precipitados por reacción de éstos con otros productos contenidos en el agua. Las sales de los abonos fosfóricos, a veces, son susceptibles de transformarse en insolubles como le ocurre al fosfato bicálcico por la reacción del fosfato monoamónico y fosfato biamónico con el bicarbonato cálcico que pueda contener el agua de riego. Igualmente ocurre por la reacción de sales magnésicas con los abonos poco solubles; asimismo por la reacción entre componentes del agua que origina precipitados de óxido de

	Baja	Media	Alta
<b>Obstrucciones físicas</b>			
Materiales en suspensión	50 mg/litro	50-100 mg/litro	más de 100 mg/litro
<b>Obstrucciones químicas</b>			
Ph	7	7-8	más de 8
Hierro	0,1 mg/litro	0,1-1,5 mg/litro	más de 1,5 mg/litro
Manganeso	0,1 mg/litro	0,1-1,5 mg/litro	más de 1,5 mg/litro
Calcio	10 mg/litro	10-50 mg/litro	más de 50 mg/litro
Carbonatos	100 mg/litro	100-200 mg/litro	más de 200 mg/litro
<b>Obstrucciones biológicas</b>			
Bacterias por cm <sup>3</sup>	10.000	10.000-50.000	más de 50.000

hierro y de fosfatos de calcio y magnesio. Otra reacción muy frecuente es con el nitrato cálcico, muy empleado como abono.

Todas estas concentraciones altas de calcio, magnesio y bicarbonatos en el agua de riego favorecen los depósitos calcáreos en los goteros, al evaporarse el agua durante los periodos de inactividad entre riegos. Igualmente, las tuberías que están al aire libre se calientan alcanzando temperaturas, entre riegos, que pueden llegar a los 70° C-75° C. Estas altas temperaturas actúan incrementando la evaporación de las disoluciones y el depósito de los precipitados.

#### d) *Obstrucciones diversas*

Son todas aquéllas que de forma fortuita y casual pueden obstruir los goteros. Entre ellas son las producidas por los insectos y las raíces de las plantas y malas hierbas que se introducen por el paso de agua del gotero taponando dichos orificios.

La probabilidad de obstrucciones según contenido de partículas y sustancias disueltas en el agua se aprecia en el cuadro anterior (según Bucks y Nakayama).



## 2. Prevención y tratamiento de las obstrucciones

El control de las obstrucciones tiene como objetivo prevenir y limpiar de impurezas la instalación para que el agua sola o con los fertilizantes llegue limpia a los goteros. Según el tipo de obstrucciones puede ser relativamente fácil su prevención, como ocurre con las partículas minerales que lleva el agua en suspensión. La diferencia de presión de los manómetros incorporados nos indicarán el grado de suciedad que ha sido retenida, procediendo, en su caso, a su limpieza y eliminación de dichas partículas. No ocurre así con las obstrucciones biológicas y con los precipitados que originan al reaccionar entre sí los abonos y el agua de riego, o por el efecto corrosivo en las instalaciones de algunos fertilizantes. Estos sedimentos sólo se tratan y evitan con la cloración o la aplicación preventiva de ácidos y el manejo racional de los fertilizantes.

### a) *Control de las obstrucciones físicas*

Como se decía anteriormente, las obstrucciones físicas son fáciles de separar si contamos con un buen sistema de filtrado. Si los atoramientos se originan después de los filtros, la eliminación de las sustancias causantes es más problemática.

1) Prefiltrado. Tiene por objeto realizar una limpieza del agua antes de su entrada al cabezal de riego. Su misión principal es retener los sólidos de gran tamaño que arrastra o flotan en el agua. Dichos dispositivos de limpieza previa se instalarán de conformidad con la procedencia del agua. (Véase: elementos de prefiltrado.)

2) Filtrado. Consiste en el conjunto de mecanismos situados en el cabezal que limpian el agua de partículas minerales y de algas que podrían tapan el paso del agua en los goteros. Frecuentemente el agua circula en los goteros por unos conductos que tienen menos de 1 mm, por lo que las obstrucciones serían muy frecuentes de no contar en la instalación con un buen equipo de filtrado. Es una práctica imprescindible en toda instalación y de

## OBSTRUCCIONES: PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO

FISICAS	{	PREFILTRADO	{	Decantadores Hidrociclón Tomas de agua
	}	FILTRADO	{	Filtro de arena Filtro de mallas Filtro de anillas Filtros auxiliares
BIOLOGICAS	{	ALGAS	{	Sulfato de cobre Hipoclorito sódico Hipoclorito cálcico Permanganato potásico
	}	BACTERIAS	{	Hipoclorito sódico
	}	RESTOS ANIMALES Y VEGETALES	{	Prefiltrado y filtrado
QUIMICAS	{	CORRECCION pH	{	Acidular agua
	}	APLICACION DE ACIDOS Y OTROS PRODUCTOS	{	Acido nítrico Acido fosfórico Acido sulfúrico Acido clorhídrico
	}	UTILIZACION DE FERTILIZANTES	{	Compatibilidad Manejo



ello dependerá el buen funcionamiento del sistema. (Véase: sistema de filtrado.)

b) *Control y tratamientos de las obstrucciones biológicas*

1) Algas.

a) Cómo prevenir su formación y desarrollo. Un procedimiento eficaz para evitar la formación de algas en los embalses es cubrir dichos depósitos al objeto de que, al faltar la luz, la formación de las algas no se produzca. Con ello prevenimos también la acumulación de suciedad que se produce si está el agua al aire libre, sin cubrir la balsa. Es necesario controlar el pH para mantenerlo en niveles entre 7,2-7,5 y la aplicación de algicidas.

Entre los productos químicos que se emplean para prevenir y tratar las algas están:

– Sulfato de cobre. Es un excelente algicida al inactivar las enzimas de los microorganismos, y el más conocido y empleado por los agricultores para prevenir y eliminar las algas. Es un



Fig. 22.–Si no se previene en los embalses se acumula suciedad y elementos sólidos.

---

producto que se comercializa en forma cristalina o en polvos, de color azulado que se disuelve bien en agua. Las dosis recomendadas oscilan entre 2-3 gramos por metro cúbico de agua embalsada. Para ello se coloca el sulfato de cobre a la entrada del agua a la balsa, previamente disuelto, o para que vaya disolviéndose poco a poco por la acción del movimiento del agua. Cada vez que se renueva el agua hay que repetir la operación.

Si el agua se mantiene embalsada, sin renovarse, es conveniente tratarla periódicamente, en verano todas las semanas y varias veces durante el invierno. Para ello, se calcula la cantidad de sulfato de cobre necesario, se tritura, se disuelve bien en agua y se distribuye esta solución a voleo por todo el embalse.

En sustitución de sulfato de cobre pueden aplicarse algicidas que se venden en comercios del ramo, aunque el tratamiento es más caro.

– Cloración del agua de riego. El cloro en estado puro es un gas amarillo verdoso de olor penetrante, desagradable e irritante y altamente tóxico para las personas. A temperatura ordinaria es un gas muy soluble en agua, siendo un poderoso algicida y bactericida.

Para el control de las algas, el cloro se utiliza de tres formas: gaseosa o en forma líquida y sólida como componente del hipoclorito sódico e hipoclorito cálcico, respectivamente. El producto más difundido y económico generalmente empleado es la solución de hipoclorito sódico que se comercializa a diversas concentraciones: 20, 40, 50, 60, 100, 150, 160, 170, etc., gramos de cloro activo por litro. (Desde aquí en adelante nos referiremos a la solución de hipoclorito sódico de 100 gramos de cloro activo por litro.) La solución de hipoclorito sódico tiene una acción oxidante muy activa, es muy corrosivo y presenta una toxicidad alta. Guardando unas mínimas precauciones durante su empleo es de fácil manejo y aplicación.

También se utiliza el hipoclorito cálcico en tabletas y granulado con una riqueza del 65 por ciento en cloro, principalmente en piscinas, contra las algas y para mantener el agua cristalina.



Hay que tener precaución con estos productos ya que son nocivos por ingestión e irritan los ojos y las vías respiratorias. Igualmente no se debe utilizar la balsa de riego para bañarse, ya que a concentraciones superiores a 2 ppm de cloro residual en el agua puede resultar molesto. El cloro es, además, un poderoso oxidante, propiedad que se tendrá en cuenta al tratar las aguas que tienen concentraciones de hierro superior a 0,2 ppm, ya que al oxidarse éste se forman precipitados de óxidos férricos.

La frecuencia de los tratamientos y dosis en las balsas para riego depende del pH, la calidad del agua y de su renovación. Con pH mayor de 8, las dosis de cloro han de ser mayores, unas 2-3 veces más que las recomendadas, ya que el poder desinfectante y depurador del cloro aumenta con la disminución del pH y disminuye con pH alcalino. Por ello y para reducir la posibilidad de formación de algas es muy importante mantener en el agua de riego un pH entre 7,2 y 7,5. Igualmente la luz solar, en los embalses principalmente, actúa sobre el ácido hipocloroso formado, descomponiéndolo en ácido clorhídico (ClH) y oxígeno, con lo que se pierde capacidad desinfectante.

Para el control de las algas, se repartirá el producto, una vez disuelto, si es necesario, por toda la superficie de la balsa. Igualmente se puede colocar de idéntica forma que el sulfato de cobre, a la entrada del agua a la balsa para que ésta en su movimiento los reparta de forma homogénea.

Las dosificaciones recomendadas de hipoclorito sódico son orientativas. Cada agricultor, dependiendo de las características del agua de riego, ha de modificar las concentraciones que se aconsejan hasta llegar a las idóneas para su correcto tratamiento.

Las dosis recomendadas son:

- Hipoclorito sódico ..... 15-20 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de agua
- Hipoclorito cálcico ..... 2-3 g/m<sup>3</sup> de agua

Para impedir la formación de algas es conveniente mantener constante una concentración de cloro residual entre 0,6 y 1 ppm, aportando la solución clorada cada vez que se renueve el agua.

---

– Aplicación de permanganato potásico. Este producto no deja residuos ni afecta a los peces, manteniendo el agua del embalse completamente limpia. Se presenta en forma de polvo oscuro, teniendo cuidado de no tocarlo e impedir que se volatilice ya que puede irritar mucosas y ojos. Se aplica a la dosis de 1-3 gramos por metro cúbico de agua embalsada. Una vez calculada la cantidad necesaria se disuelve en agua y se distribuye por el embalse, repitiendo la práctica cada vez que se renueva el agua. El color del agua tratada con esta dosis es rojizo.

El permanganato potásico es un excelente algicida, no presentando problemas de toxicidad a la dosis adecuada; su acción no es modificada por las oscilaciones del pH.

*b) Tratamiento de las algas formadas en los embalses.*

– Sulfato de cobre. Con algas en formación hay que forzar la dosis, empleando 4-5 g/m<sup>3</sup> de agua, distribuyendo la disolución de sulfato de cobre y agua por todo el embalse..

– Cloración del agua. En tratamientos contra algas en formación se recomienda emplear el hipoclorito sódico a la dosis de 100-200 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de agua.

– Aplicación de permanganato potásico. Se aplica a dosis de 2-3 g/m<sup>3</sup> de agua embalsada. Puede aplicarse mayor dosis si la concentración de algas es elevada y no se elimina de una vez.

*c) Control de algas en las conducciones de riego.* En ocasiones se reproducen algas en el interior de las conducciones principalmente si no están enterradas, si éstas no son de color negro o porque las algas hayan traspasado los filtros.

Para su prevención y tratamiento se emplean los siguientes algicidas:

– Hipoclorito sódico (100 gramos de cloro activo por litro). Para mantener limpias las instalaciones se llevan a cabo aplicaciones frecuentes a la dosis de 5-10 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de agua de riego o inyecciones periódicas a la dosis de 100-200 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de agua. Es aconsejable que la inyección o el aporte de cloro se haga a la entrada de agua a los filtros para prevenir el desarrollo de las



Fig. 23.-El tratamiento correcto del agua de riego en los embalses mantiene ésta en perfectas condiciones de limpieza.

algas en dichos filtros. Es conveniente realizar la aplicación al final del riego, dejando llena la instalación con el agua tratada y dejarla salir al inicio del siguiente riego. En tratamientos de choque es recomendable aumentar la dosis a 1-2 litros por metro cúbico de agua.

Hay que tener en cuenta que las sales a base de cloro no han de mezclarse con ácidos en los tratamientos de la instalación, ya que se desprende gas de cloro muy peligroso. Asimismo estos productos no se aconseja que se mezclen con los fertilizantes.

El cloro como oxidante y biocida es muy efectivo controlando el resto de microorganismos en el interior de las conducciones, sobre todo bacterias y otros microorganismos patógenos.

### **3. Prevención y control de bacterias y otros microorganismos**

El mejor control microbiológico es la desinfección periódica de los filtros y la cloración continua del agua a base de inyecciones de cloro gaseoso, de hipoclorito sódico líquido o a base de los

---

compuestos sólidos de hipoclorito cálcico. Como decíamos antes, los componentes de cloro actúan inhibiendo la actividad enzimática de las células provocando su inactivación.

1) Cloración del agua. El cloro es el producto más usado, ya que inhibe la acción de diversos microorganismos, entre los cuales están las bacterias, hongos, etc. Con la cloración podemos eliminar prácticamente la mayoría de las bacterias contenidas en el agua.

La acción del cloro está influida por el pH y temperatura del agua, como asimismo por el tiempo de contacto entre desinfectante y agua. Cuanto mayor sea el pH la actividad germicida del cloro es menor, por lo que con aguas cuyo  $\text{pH} > 8$  la cantidad de cloro a añadir ha de ser mayor para obtener el mismo efecto biocida. Con temperaturas altas, el poder desinfectante del cloro es mayor, pero, a su vez, es menos inestable, perdiéndose con mayor rapidez.

El contacto con el agua de riego es muy importante, ya que la oxidación de la materia orgánica es lenta, por lo que con aguas ricas en materia orgánica necesita incrementar la cantidad de cloro a aplicar o aumentar la duración del contacto. En general no es aconsejable que el tiempo de contacto sea inferior a 30 minutos.

Ya sea en forma gaseosa, líquida o sólida, cuando aplicamos cloro en una instalación de riego se producen ciertas reacciones con los componentes y materias del agua, con lo que se gasta o consume determinada cantidad de cloro. Parte del cloro empleado oxida la materia orgánica del agua (cloro combinado), siendo el fenómeno más importante de la cloración por el que se forman compuestos orgánicos clorados a los que genéricamente se les denomina cloro residual combinado (CRC), de tal forma que:

Cloro residual total (CRT) = Cloro libre residual (CRL) + Cloro residual combinado (CRC).

La utilización de cloro en los embalses de riego no es usual, como lo es en piscinas. El empleo de cloro para evitar la proliferación de algas limita su uso como bactericida, por lo que en la mayoría de los casos se destina, exclusivamente, al tratamiento



de las instalaciones de riego localizado para prevenir la formación de bacterias y otros microorganismos y para destruir los sedimentos formados.

2) Control preventivo de las instalaciones. Para la prevención y control de bacterias y demás microorganismos se utiliza el hipoclorito sódico (100 g/litro de cloro), a la dosis de 15-20 cc/m<sup>3</sup> de agua. Se aplica al final del riego, en los últimos 10 minutos y de tal forma que el agua quede retenida en el interior de la instalación entre dos riegos. También dan buenos resultados los tratamientos frecuentes, cada 10-15 días, a dosis de 100-200 cc de hipoclorito sódico por metro cúbico de agua, manteniendo la solución clorada en la instalación durante media hora, lavando posteriormente.

Se aplica, como decíamos antes, a la entrada del agua al cabezal de riego, previo a los filtros de arena.

3) Tratamiento curativo de bacterias y otros microorganismos en las instalaciones. Al objeto de destruir las masas gelatinosas y desprender los sedimentos adheridos a la instalación se incrementa la dosis de hipoclorito sódico a 2-3 litros por metro cúbico de agua de riego, manteniendo la solución durante 12 horas en la instalación y posteriormente lavado con agua a presión. Hay que tener en cuenta que lo importante es prevenir la formación de los microorganismos citados, pues una vez formados los mucílago la acción del cloro no es tan eficaz. En estos controles, con dosificaciones altas de cloro, hay que tener precaución con los cultivos establecidos por la posible toxicidad que fácilmente pueden verse afectados. El cloro a dosis muy altas puede causar daño a las raíces de plantas sensibles, no siendo conveniente sobrepasar concentraciones mayores a 50 ppm de cloro activo en los goteros; por este motivo, los tratamientos han de realizarse cuando no hay cultivos, de lo contrario es imprescindible llevar a cabo, tras el tratamiento, un abundante lavado al objeto de diluir la concentración de cloro residual formado.

Si los depósitos gelatinosos se han formado en los filtros de arena hay que llevar a cabo un tratamiento para eliminar la impermeabilización que sufre la arena. Para ello se aplica antes

---

de los filtros de arena hipoclorito sódico a la dosis de 15-20 cc por litro de agua, manteniendo dicha disolución durante 24 horas y lavando después con agua abundante.

Algunas recomendaciones de tratamiento a base de cloro viene indicado en ppm (partes por millón), o en miligramos por litro. Para calcular la cantidad de hipoclorito sódico necesaria, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- a) Caudal de riego en metros cúbicos de agua.
- b) Riqueza de la solución de hipoclorito sódico en gramos por litro.
- c) Concentración de cloro activo en ppm o dosis de tratamiento.

a) El caudal de riego depende de la superficie de la parcela, densidad de goteros y caudal unitario de los mismos. Suponiendo que se desea la cloración del agua de riego para 1 hectárea, con goteros distanciados 1 m entre líneas y 0,5 m entre ellos, que hacen un total de 20.000 goteros por hectárea. Si el caudal unitario es de 2 litros/hora/gotero, el caudal total sería:

$$20.000 \text{ goteros} \times 2 \text{ litros/gotero} = 40.000 \text{ litros/hora} = \mathbf{40 \text{ m}^3}$$

b) La riqueza en cloro activo de la solución de hipoclorito: **100 gramos/litro.**

c) El tratamiento a realizar exige una concentración de **15 ppm.**

Con estos datos, y aplicando la siguiente fórmula, calculamos la cantidad en litros de hipoclorito sódico necesario para el tratamiento:

$$\frac{\text{Caudal riego en m}^3 \text{ hora} \times \text{Concentración o dosis deseada para tratamiento en ppm}}{\text{Riqueza en cloro activo de la solución de hipoclorito en gramos por litro}}$$

$$\frac{\mathbf{40 \times 15}}{\mathbf{100}} = \mathbf{6 \text{ litros/hora}}$$

Si el tratamiento dura 10 minutos, haría falta emplear 1 litro de hipoclorito sódico.

Es importante comprobar con este tiempo que el cloro ha



llegado al último gotero. La comprobación se hace con un test portátil.

Además hay otros productos bactericidas empleados con eficacia en piscinas, pero raramente en embalses para riego localizado, como son: hipoclorito de litio, compuestos de bromo, de iodo, de ozono, etc. Existen otros productos bactericidas-algicidas muy empleados en piscinas con excelente acción contra hongos y bacterias, como son los amonios cuaternarios, productos líquidos muy solubles en agua.

### c) *Tratamiento de obstrucciones químicas*

Aunque se disponga de un buen sistema de filtros hay sustancias de tamaño muy reducido que no son retenidas, por lo que es preciso la utilización de productos químicos para completar la limpieza del agua y reducir la posibilidad de taponamiento de los emisores. Está muy generalizado el uso periódico de ácidos y otros productos químicos, que, aplicados preventivamente a baja presión por el interior de la instalación, evita la formación de



Fig. 24. –Gotero obstruido como consecuencia de las sales formadas.

---

precipitados, que por su sedimentación podrían llegar a producir obstrucciones. Si se han formado los precipitados, estas soluciones les atacan formando sales solubles que son arrastradas posteriormente por el agua en el proceso de limpieza, aunque en estos casos los tratamientos correctivos sean más laboriosos y de mayor coste.

Los taponamientos por precipitados químicos dependen, además de lo indicado con anterioridad, de lo siguiente:

- Velocidad del agua y frecuencia de los riegos. Cuanto menor sea la velocidad y más distanciados sean los riegos, la posibilidad y riesgo de precipitados es mayor.
- Con tiempo caluroso y regando con aguas alcalinas el riesgo de precipitados es más frecuente.

Si se conocen las causas de las precipitaciones puede actuarse así:

a) Precipitaciones de hierro. Cuando exista concentración elevada de hierro se puede eliminar por varios procedimientos:

- Mediante la oxigenación del agua de riego a través de la inyección de aire a presión. Con ello se oxidan algunas sales de hierro que precipitan en forma de sales férricas insolubles que se eliminan o quedan retenidas en los filtros.

- Por floculación mediante la acción de determinados floculantes.

- Por la acción de la cal que precipita el hierro en forma de hidróxido férrico insoluble en medio alcalino.

- Clorando el agua, ya que el cloro oxida el hierro que se encuentra en las aguas en forma de sales ferrosas o de sales férricas, según procedencia del agua. La aplicación se realiza antes de los filtros para que la precipitación se elimine en los filtros de arena. La cantidad de cloro a inyectar se calcula según la siguiente expresión:

$$\text{ppm de cloro} = 0,65 \times \text{ppm de hierro en agua}$$

- Empleo del ácido sulfúrico como se indicará más adelante.



b) Precipitaciones de carbonatos cálcicos y sulfatos.

– Aplicación preventiva y tratamientos de limpieza a base de los ácidos: clorhídrico, sulfúrico, nítrico y fosfórico. Con ello, además, se ajusta el agua hasta niveles de pH ácido.

Para el control y tratamiento de las precipitaciones químicas hay que actuar de tres formas coordinadas entre sí:

- Corrección del pH para ajustarlo a niveles ligeramente ácidos, entre 5,5 y 6,5.
- Utilización de ácidos, principalmente.
- Empleo racional de los fertilizantes.

1) *Actuación sobre el pH.*

Con pH básico, mayor de 7,5 y temperaturas altas, el riesgo de precipitaciones de carbonatos es elevado. Además, el pH elevado no sólo influye en la formación de precipitados, sino que también reduce la eficacia de los productos algicidas y bactericidas. La forma más eficaz de reducir y evitar estos precipitados es la de acidular el agua hasta llegar a los goteros. En la corrección del pH se ha de tender a mantenerlo con valores cercanos a 5,5-6,5.

Como corrector del pH se recomienda emplear en el tanque de fertilización y en cada riego 0,5 litros de ácido nítrico por 1.000 litros de agua a tratar. Con ello se consigue mantener un pH ácido. Con aguas de pH mayor de 7,5 hay que incrementar la dosis de 1-2 litros/m<sup>3</sup> de agua al objeto de bajar el pH hasta valores ligeramente ácidos.

La utilización de una bomba inyectora o del tanque de fertilización tipo «venturi» es una forma muy eficaz para mantener y evitar las oscilaciones del pH.

Hay una forma sencilla de comprobar el pH de la disolución de agua y ácido que llega a los goteros. Consiste en mojar con dicha disolución una tira de papel de tornasol, una vez que se prevea su salida por los goteros. Podemos saber cuándo el ácido ha llegado a los goteros al observar la espuma que se forma en los orificios de dichos emisores. De esta manera se podrá conocer, muy apro-



Fig. 25.-Comprobación del pH del agua.

ximado, el pH de la disolución; variando la cantidad de ácido nos acercaremos a los valores que interesa. Existen, además, hoy en día instrumentos de bolsillo y portátiles (Phmetros), que nos da los valores exactos del pH.

## 2) Empleo de ácidos y otros productos.

Con la aplicación de ácidos los carbonatos y bicarbonatos cálcicos se transforman en sales solubles y estables.

Entre las sustancias químicas empleadas para prevenir y tratar los precipitados químicos están:

a) *Acido nítrico.* Es el producto generalmente empleado por el agricultor. El ácido nítrico puro es sumamente corrosivo y en contacto con la piel produce quemaduras dolorosas. En disolución acuosa el ácido nítrico es estable y presenta las características de un ácido fuerte. A temperatura ordinaria es un líquido incoloro y muy volátil. El producto comercial está diluido al 56 y 65 por ciento. Está indicado para prevenir las incrustaciones por



precipitados de sales de calcio, hierro y magnesio, recomendándose aplicarlo solo y sin mezclarlo con los abonos.

Para prevenir las obstrucciones químicas se llevan a cabo tratamientos diarios durante unos 10 minutos a dosis de 100-300 cc/m<sup>3</sup> de agua. Con ello pretendemos mantener en las conducciones un pH ligeramente ácido (6-6,5), factor importante para prevenir la formación de precipitados químicos.

Cada 15-20 días es conveniente dar un tratamiento de limpieza de las tuberías a dosis de 0,5-1 litro por metro cúbico de agua, de tal forma que a la salida de agua, en los goteros, se consigan valores de pH entre 3 y 5.

La forma de realizar el tratamiento es la siguiente:

En primer lugar, se calculará la cantidad de ácido de acuerdo con el número de goteros y su caudal unitario. A continuación, y durante 45-50 minutos, se procede así, por cada subunidad de riego:

5 minutos aplicando agua sola hasta que la presión de trabajo en la instalación sea la normal.

30 minutos con ácido, bajando 0,5 atmósferas la presión de trabajo de la instalación.

10-15 minutos lavando con agua sola, a presión normal de trabajo, teniendo la precaución de ir quitando los tapones de las líneas portagoteros para dejar salir por ellos la suciedad acumulada en la red.

Los tiempos indicados y la presión recomendada dependen, como es natural, de cada tipo de instalación y de la presión de trabajo aconsejado por la casa instaladora.

Hay una forma práctica y fácil de calcular la cantidad de ácido necesaria para bajar el pH a un cierto valor; consiste en añadir el ácido concentrado a una cantidad determinada de agua. A continuación se irá añadiendo agua hasta llegar al pH deseado, que se va midiendo con tiritas de papel indicadoras. Después, simplemente, con una operación proporcional se calculará la cantidad de ácido nítrico para el caudal de agua preciso.

Si se producen obstrucciones por no haber realizado el tratamiento o por utilización de aguas muy duras, hay que realizar un

---

tratamiento desobturador a la dosis de 1-2 litros de ácido nítrico por cada metro cúbico de agua, manteniendo la solución ácida en la instalación y goteros durante varias horas, lavando después con abundante agua para evitar que dicha concentración de ácido no produzca daños a los cultivos en sus primeras fases.

Al final de la campaña, y cuando no hay cultivos, se dará un tratamiento general a baja presión para limpiar la instalación, a dosis de 3-5 litros por metro cúbico de agua, manteniendo la solución ácida en las tuberías durante varias horas y destapando, posteriormente, las líneas portagoteros para que el agua arrastre y haga salir los precipitados acumulados. A continuación se dará un lavado con agua limpia.

En todos estos casos es conveniente diluir, previamente, el ácido en unos 50-100 litros de agua antes de inyectarlo a la red de riego. Echar siempre el ácido sobre el agua porque la mezcla libera calor y puede llegar a ser explosiva.

Hay que tener en cuenta que el ácido nítrico se recomienda emplearlo **siempre solo**, pero si se utiliza como fertilizante y se mezcla con abonos no ha de hacerse a dosis superiores de 0,05-0,06 por mil. Es decir, 50-60 cc de ácido nítrico por metro cúbico de agua.

*b)* **Acido sulfúrico.** En estado puro, el ácido sulfúrico es un líquido incoloro, con propiedades oxidantes y muy ávido de agua, apreciándose cuando se diluye en agua un aumento de temperatura en la solución. Está indicado, principalmente, en precipitaciones de hierro con aguas ferruginosas, utilizándose a dosis de 0,5-1 litro por metro cúbico de agua.

A veces la cloración de agua mediante cloro aplicado antes de la entrada del agua al cabezal de riego puede ocasionar precipitados de hierro en forma de óxido férrico que es conveniente eliminar antes del sistema de filtrado, si es posible, o en los filtros de arena, y así evitar que éstos lleguen a las conducciones y goteros. Igualmente, con la aplicación de ácido clorhídrico se formarían cloruros férricos insolubles.

Así mismo, algunos técnicos recomiendan, después de cada riego, la aplicación de ácido sulfúrico vertido antes del filtro de



malla a dosis de 0,2 litros por metro cúbico de agua e hipoclorito sódico después del filtro de malla, formándose una reacción entre el ácido, el agua y el hipoclorito que genera cloro residual a 5 ppm, que actúa, además, como bactericida.

En las precipitaciones de carbonato cálcico el ácido sulfúrico se utiliza a dosis de 0,2-1 por ciento, de acuerdo con la concentración de carbonatos en el agua de riego y que empieza a ser problemático a concentraciones mayor de 100 mg/litro. El tratamiento tiene una duración de 30 minutos y se realiza varias veces durante la campaña.

c) Acido fosfórico. Se emplean frecuentemente los fabricados con el 40 y 50 por ciento de riqueza en  $P_2O_5$ . Es un producto muy acidificante, usado con frecuencia en concentraciones de 0,25-0,5 cc/litro de agua. Previene los precipitados y disminuye los problemas de obturación en los emisores al limpiar las incrustaciones por oclusiones calcáreas y magnésicas. Se debe usar solo, sin mezclar con abonos, no sobrepasando dicha concentración por la posibilidad de reaccionar con el calcio y magnesio del agua de riego y producir precipitados de fosfatos de calcio y magnesio.

Aunque no se recomienda mezclar el ácido fosfórico con los abonos, por los problemas mencionados, si así se hace, es preciso no rebasar la dosis de 0,025 cc por litro de agua, o lo que es igual, no emplear dosis superiores de 25 cc/m<sup>3</sup> de agua.

La aplicación del ácido fosfórico en momentos críticos de la floración, cuando exista deficiencia de asimilación de  $P_2O_5$  por heladas y después del trasplante para favorecer el sistema radicular, nos puede evitar tener que utilizar otro tipo de abonos fosfatados menos solubles.

d) Acido clorhídrico. A temperatura ordinaria el ClH puro es un líquido incoloro de sabor picante y muy soluble en agua.

Se utiliza el ácido diluido al 32 por ciento y al 36 por ciento en tratamientos preventivos y cuando se manejan aguas bicarbonatadas, dependiendo la dosis de la dureza del agua a tratar. Consiste en aplicar con frecuencia cantidades de 0,5-1 cc de ácido por metro cúbico de agua. Cuando ya hay precipitados químicos formados se ha de realizar un tratamiento corrector con ácido

---

solo, a la dosis de 5-10 cc de ácido por litro de agua, dirigido a limpiar la instalación y manteniendo la solución en los goteros y conducciones durante varias horas, lavando después con agua limpia. Hay que tener en cuenta que su empleo en aguas cuya concentración de hierro equivalente sea superior a 0,2 gramos por metro cúbico de agua puede producir cloruros férricos insolubles.

### 3) *Utilización de fertilizantes*

Al hacer un programa de abonado hay que tener presente la solubilidad de los abonos y la concentración máxima, según caudal de agua, así como el índice de sal y la compatibilidad. Además, hay que tener en cuenta que:

- La concentración total de los abonos con respecto al volumen de agua no debe ser superior a 1 por mil (1 kg de abono por 1.000 litros de agua de riego). Es muy importante emplear dosis adecuadas de fertilizantes de acuerdo con el desarrollo y clase de cultivo y aplicarlos en forma más continua. Con ello se evitan pérdidas en el suelo, el riesgo de salinización es menor y la obstrucción de los goteros se reduce.

- Es aconsejable, si así se puede, evitar la mezcla de los abonos. Da excelentes resultados emplear en cada riego un fertilizante, de tal forma que si la formulación incluye la mezcla de dos de ellos, cada dos días, es preferible abonar un día con uno y al otro día con el otro abono.

- Es conveniente disolver los abonos antes de incorporarlos al tanque de fertilización, dejándolos decantar algún tiempo para que las impurezas que puedan llevar incorporadas se depositen en el fondo, teniendo en cuenta que existen fertilizantes que no pueden mezclarse y otros se mezclan en el momento de su empleo. No es aconsejable emplear las cantidades máximas indicadas en el cuadro de solubilidad de los fertilizantes, siendo preferible preparar las «soluciones madre» con las 3/4 partes de los gramos indicados. Igualmente es aconsejable que en los depósitos de abono se aporte primeramente la mitad del agua necesaria,



añadiendo los fertilizantes según se ha indicado y después el resto del agua.

- Iniciar y finalizar la fertirrigación con agua sola. Es recomendable distribuir el tiempo de fertirrigación de tal forma que al principio y al final no se envíe abono al sistema de riego. Por ejemplo, si la duración del riego dura 60 minutos, se repartirá así: los 5 primeros minutos con agua sola, otros 45 minutos de fertirrigación y los 10 minutos restantes con agua sola.

- Es aconsejable, si así se puede, aplicar los abonos fosfóricos preferentemente como abonado de fondo o solos si se aplican mediante goteo.

- Los fertilizantes a base de potasio han de ser disueltos muy bien antes de aplicarlos.

- No es recomendable mezclar ácidos y abonos. En caso necesario, utilizar primero los ácidos y después los fertilizantes.

- Los abonos cálcicos no han de mezclarse con los que contengan el ion sulfato, como son el sulfato amónico, magnésico, potásico, etcétera, ni con los abonos fosfóricos, ya que pueden originar compuestos insolubles.

- Los abonos líquidos son soluciones saturadas, por lo que su empleo a temperaturas bajas puede producir precipitados.

- Es importante acidular el agua siempre que se utilicen abonos fosfóricos, sobre todo si el agua de riego es alcalina.

- Han de estar exentos de impurezas y aditivos que puedan producir disoluciones espumosas o precipitados.

- En su composición no deben llevar elementos que ataquen a los materiales de la instalación.

La solubilidad de los abonos depende, entre otros, de la temperatura del agua en el momento de la disolución. Antes de emplear por primera vez fertilizantes y de los que se desconoce su solubilidad y compatibilidad, es bueno realizar mezclas pertinentes para observar si se producen precipitados.

Igualmente los fertilizantes a emplear en riego por goteo han de reunir estas propiedades:

- Presentar reacción neutra o ácida para evitar la formación de precipitados si se emplean aguas con alto contenido de calcio.

**Cuadro 2. COMPATIBILIDAD EN LAS MEZCLAS DE FERTILIZANTES EMPLEADOS EN RIEGO POR GOTEO**

	N. A.	S. A.	F. M.	F. B.	N. C.	N. P.	S. P.	F. P.	S. M.	UREA
N. Amónico (N. A.)		SI	SI(1)	SI(1)	NO	SI(1)	SI	SI	SI	SI(1)
S. Amónico (S. A.)	SI		SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI(1)
F. Monoamónico(2) (F. M.)	SI(1)	SI		SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI(1)
F. Biamónico o ( 2 ) (F. B.)	SI(1)	SI	SI		NO	SI	SI	SI	SI	SI(1)
N. Cálcico (N. C.)	NO	NO	NO	NO		SI	NO	NO	NO	NO
N. Potásico (N. P.)	SI(1)	SI	SI	SI	SI		SI	SI	SI	SI(1)
S. Potásico (S. P.)	SI	SI	SI	SI	SI	SI		SI	SI	SI(1)
F. Monopotásico(2) (F. P.)	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI		SI	SI(1)
S. Magnésico(2) (S. M.)	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI		SI(1)
Urea	SI(1)	SI(1)	SI(1)	SI(1)	NO	SI(1)	SI(1)	SI(1)	SI(1)	

(1) Mezclar en el momento de su empleo.

(2) Precaución con su utilización en aguas duras.

– Poseer alta solubilidad y compatibilidad con el agua y la mayoría de los fertilizantes para evitar reacciones químicas que den lugar a sustancias insolubles. Todos los fertilizantes empleados en riego por goteo han de ser compatibles antes de mezclarlos, de lo contrario pueden reaccionar entre ellos produciendo precipitaciones y sustancias insolubles.

– Si el abono y el agua se aportan racionalmente dosificados y de forma casi continua, además de beneficiar a la planta, evitando los excesos de humedad, las concentraciones son tan bajas que el riesgo de salinización del suelo es casi nulo, como asimismo la obturación de los goteros.



## MANEJO Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE RIEGO POR GOTEO

Para que el sistema funcione y poder sacar el máximo rendimiento de la instalación se ha de mantener una vigilancia continua y siguiendo una serie de normas que se resumen a continuación:

– Cuando se pone en marcha una instalación de riego por primera vez se ha de realizar un lavado general de la instalación por si han quedado materias extrañas en el interior de las conducciones, abriendo todas las válvulas y derivaciones y destapando el final de las líneas portagoteros. Igualmente se ha de hacer un lavado de los filtros de arena.



Fig. 26.–Filtro de malla. Se aprecia la suciedad acumulada.

---

– Las obstrucciones disminuyen colocando los goteros de tal forma que la salida del agua esté hacia arriba. De esta manera las partículas de mayor tamaño quedan en el interior de las tuberías. El origen de las obstrucciones tiene un color característico que se observa alrededor de la salida del agua de los goteros: las precipitaciones blancuzcas-sucias son ocasionadas por la presencia de carbonatos, los taponamientos por microorganismos tienen aspecto negro grasiento y las obturaciones producidas por hierro son de color ocre, etcétera.

– Cuando el agua se mantenga embalsada es aconsejable cubrirla para evitar que se formen algas y se acumule suciedad. Para evitar la obstrucción por algas y materia orgánica es imprescindible la instalación de filtros de arena.

– Periódicamente ha de hacerse comprobación del funcionamiento correcto de los goteros y procediendo a su limpieza o sustitución, en caso necesario. Como regla general, los goteros funcionan bien si su caudal no tiene una variación superior al 10 por ciento con respecto al indicado por el fabricante. Asimismo hay que revisar todos los accesorios y elementos de seguridad y control, comprobando que los manómetros incorporados a la instalación señalen presiones correctas.

– Drenar periódicamente los ramales portagoteros para que el agua arrastre las suciedades y partículas extrañas.

Finalizada la campaña, se recomiendan las siguientes normas:

– Durante la época de no cultivo hacer funcionar la instalación de vez en cuando para que no esté demasiado tiempo parada.

– Si se realiza algún tratamiento de choque contra las precipitaciones químicas, quitar los tapones del final de las líneas portagoteros para que el agua arrastre las suciedades de las tuberías.

– Hacer una limpieza y revisión general de toda la instalación, filtros, depósitos de fertilizantes o bombas dosificadoras, motobomba, etcétera. También es conveniente vaciar la balsa, limpiarla y aplicar en paredes y suelo pintura algicida.



Fig. 27.–Al final de la campaña es recomendable retirar las líneas portagoteros para su limpieza.

– Es recomendable retirar las líneas portagoteros y goteros y mantenerlos en una solución de ácido nítrico a razón de 2-3 litros por 100 litros de agua durante dos o tres días. Si se limpian sólo los goteros, con sólo mantenerlos unas 24 horas es suficiente para que queden limpios. También se limpian éstos manteniéndolos en agua fuerte (ácido clorhídrico diluido al 32 por ciento o 50 por ciento) durante unos 10 minutos. Después de los tratamientos hay que lavarlos con agua limpia y abundante antes de proceder a su montaje.

– Introducir los filtros de malla y anillas para su limpieza en una solución de ácido nítrico a la dosis de 2-3 litros de ácido por cada 100 litros de agua durante varias horas o igualmente, tras la campaña, sumergir las anillas en ácido clorhídrico durante 30 minutos.

\* \* \*

## BIBLIOGRAFIA

**Las obturaciones. Horticultura, 1993.** Luis Rincón Sánchez y José Sáez Sironi.

**Vademécum de materiales de riego, 91-92.** Ediciones Edipublic. Valencia.

**Instalaciones de riego por goteo.** José M. Hernández y Jesús Rodrigo. Hoja Divulgadora MAPA.

**Tratamiento de agua para riegos localizados.** Gabriel Morilla Alcalá. Revista Abrego.

**Manual técnico del agua.** Degremont, 1973.

**Tratamiento de aguas especiales para uso en sistemas de riego localizado.** José M. Pérez y Antonio Casa.

**Riegos localizados de alta frecuencia.** F. Pizarro. Ediciones Mundi-Prensa.

**Apuntes sobre riego localizado.** José Esteve Grau. Publicaciones SEA.

**Instalación de riego por goteo.** José Luis Fuentes Yagüe. Hoja Divulgadora MAPA.



**MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION**

INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO

DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y COOPERACION

Corazón de María, 8 · 28002-Madrid