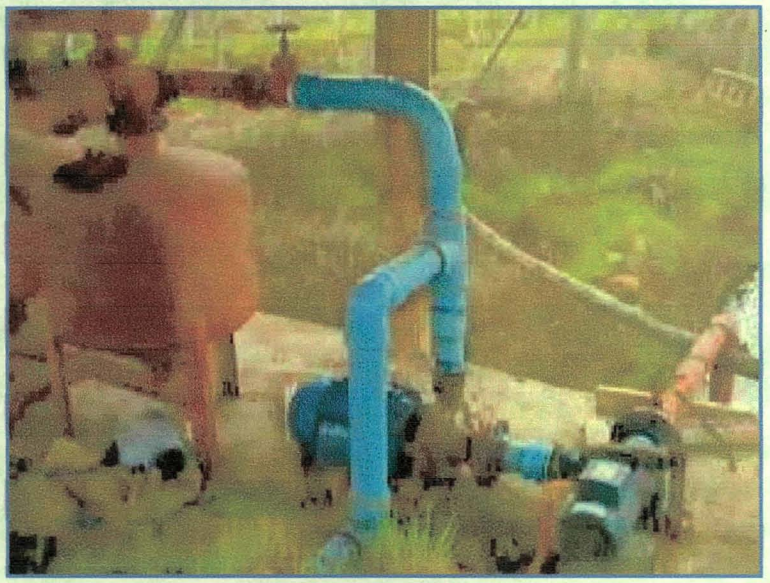
"VALIDACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA DE RIEGO Y SISTEMAS PRODUCTIVOS EN AREAS REGADAS, SISTEMA PALOMA, IV REGION. (PROVALTT – PALOMA)

Gobierno Regional de Coquimbo
Ministerio de Agricultura
Comisión Nacional de Riego
Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Convenio: FNDR – CNR – INIA

MANTENCION DE EQUIPO DE RIEGO



- 2002 -

Mantención de equipos de riego.

Leonardo A Ferrada V.
Ingeniero Agrónomo

1. Introducción.

La obstrucción de los emisores es uno de los principales problemas a los cuales debe enfrentarse el agricultor al manejar un equipo de riego localizado. El taponamiento de los emisores, altera el normal abastecimiento de agua a la planta; disminuyéndolo y en casos graves puede llegar a suprimirlo, reduciendo así, la eficiencia del sistema de riego tecnificado, debido básicamente a alteraciones en los patrones de distribución y uniformidad de aplicación del agua riego.

Estos problemas no solo causan daño al cultivo por un déficit hídrico inducido, sino que del mismo modo elevan los costos de mantención y la mano de obra adicional para su control y tratamiento. A modo de ejemplo, es común la práctica en un gran número de agricultores del recambio de emisores. Situación totalmente descartable con una adecuada mantención del equipo.

El suministro de pequeños volúmenes de agua por orificios de escaso tamaño con baja presión de operación, asociado con la calidad del agua de riego, en muchos casos provenientes de depósitos con aguas estancadas por varios días o el uso de aguas con partículas en suspensión o minerales que puedan producir precipitados químicos u orgánicos, predisponen a la obstrucción de los emisores. En este mismo contexto la utilización de aguas salinas induce el taponamiento de emisores debido a que al evaporarse el agua en los goteros, después de cada riego, la concentración de las sales disueltas aumenta, adhiriéndose a las paredes de los orificios de salida de agua ocasionado su obturación,

Es importante averiguar en cada caso la potencial causa generadora de las obturaciones ya que de esta forma facilita su prevención y es posible efectuar un control más eficiente en los casos ya declarados.

2. Tipo de obstrucciones.

El origen de las obstrucciones podría catalogarse como físico, químico y biológico. Entre las cuales es posible resumir:

- Aglomeración de sedimentos orgánicos.
- Taponamiento por elementos minerales
- Precipitados en forma de fosfatos y carbonatos de calcio o magnesio.
- Acumulación de sales en los goteros al producirse evaporación del agua

2.1 Obstrucciones tipo físicas.

Son producidas por la carga de partículas sólidas que lleva el agua en suspensión, entre las cuales se encuentra principalmente arcillas, arena y limos. Dependiendo del tamaño de las partículas y las características del equipo de filtraje, en ocasiones estas partículas pueden atravesar los filtros, depositándose lentamente en la red de conducción para posteriormente acumularse y formar aglomeraciones en los goteros, ocasionando la obstrucción en la normal salida del agua. Otro tipo de taponamiento común en instalaciones nuevas corresponde al producto de los residuos que se generan al cortar y lijar PVC de las tuberías de conducción, también es frecuente encontrar restos de tierra y piedras que han ingresado a la tubería al momento de efectuar las uniones respectivas.

2.2 Obstrucciones tipo Biológicas.

Es causada por la presencia de organismos vivos, entre los cuales destacan principalmente algas, bacterias, hongos, entre otros, que se reproducen y habitan en el agua, en ocasiones se encuentran al interior de las instalaciones del sistema de riego como consecuencia de condiciones ambientales que favorecen su desarrollo.

2.2.1 Algas: Son minúsculas plantas unicelulares, provistas de clorofila, no presentan generalmente las típicas estructuras vegetales como raíces, tallos y hojas. Se reproducen con una alta tasa de crecimiento, el agua afectada por este fenómeno rápidamente se enturbia adquiriendo una coloración verdosa. Esta acción se produce con una alta frecuencia en estanques no protegidos, donde es común encontrarlas depositadas en el fondo y paredes del embalse. Algunos órdenes de algas son solitarias, otras forman colonias produciendo masas gelatinosas. Este ultimo grupo es el que mayores problemas causa en los sistemas de riego localizado, su densidad similar a la del agua lo que les permite flotar.

Las algas se reproducen en aguas superficiales, cuando el agua de riego se almacena en embalses al aire libre, y las condiciones de luz y temperatura son favorables para su desarrollo. Si el agua de riego proviene de pozo directamente o de estanques cubiertos, no se desarrollan principalmente por falta de luz.

Los filtros de arena son los elementos más eficaces para retener las algas; sin embargo, algunas consiguen traspasar el sistema de filtraje desarrollándose al interior de la red de distribución, favorecidas por las altas temperaturas y las sustancias químicas aportadas para el fertilización.

Entre los productos químicos más eficaces para evitar su formación y/o erradicación se encuentra el sulfato de cobre; sin embargo también se emplean otros desinfectantes pero no con la eficacia de la mencionada sal cúprica.

2.2.2 microorganismos: Entre los microorganismos más frecuentes que causan problemas en los sistemas de riego localizado, se encuentran bacterias y hongos. Dado su pequeño tamaño traspasan con facilidad los filtros, se reproducen al interior de las tuberías formando depósitos gelatinosos que se adhieren a la red hidráulica. Pueden estar presentes en el agua de riego o ser transportadas a ésta por el aire, residuos orgánicos y plantas. Al igual que en el caso de las algas su velocidad de multiplicación es alta, dependiendo de la cantidad de materia orgánica, calidad y temperatura del agua. 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 por poco tiempo.

2.2.3 Materia orgánica en descomposición: Por lo general este tipo de obstrucciones está relacionado con restos de insectos, arácnidos, pequeños animales acuáticos y vegetales transportados por el agua de riego.

2.3 Obstrucciones tipo químicas.

Las obstrucciones químicas del tipo química dependen principalmente de la calidad y composición del agua y de la calidad y tipo de fertilizantes utilizados.

En climas donde se registran altas temperaturas, la evaporación del agua da lugar a una sobresaturación de las sales disueltas en el agua de riego, produciendo su precipitación en forma de sulfatos y carbonatos insolubles. Los precipitados de carbonato cálcico se producen si el aguas calcárea lleva en disolución el ion bicarbonato (CO_3H) conforme a la siguiente reacción:

$$Ca^{++} + 2CO_3H^{-} \rightleftharpoons C0_3Ca + H_20 + C0_2$$

Los bicarbonatos presentes en el agua son muy inestables. La presencia de anhídrido carbónico ($C0_2$) en el agua favorece su disolución. Si el anhídrido carbónico es insuficiente para mantener el equilibrio parte del bicarbonato precipita, liberándose del bicarbonato, las temperaturas altas influyen en esta reacción al igual que en la formación de precipitados

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, el cual al oxidarse pasa a sales 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 hierro y de fosfatos de calcio y magnesio. Otra reacción muy frecuente es con el nitrato cálcico, muy empleado como abono.

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

Tipo de obstrucción	**Baja (mg/l)**	**Media (mg/l)**	**Alta (mg/l)**
Obstrucciones físicas			
Materiales en suspensión	50	50-100	> 100
Obstrucciones químicas			
Ph	7	7-8	> 8
Hierro	0,1	0,1-1,5	> 1,5
Manganeso	0,1	0,1-1,5	> 1,5
Calcio	10	10-50	> 50
Carbonatos	100	100-200	> 200
Obstrucciones biológicas			
Bacteria por cm^3	10.000	10.000 - 50.000	> 50.000

Todas estas concentraciones altas de calcio, magnesio y bicarbonatos en el agua de riego favorecen los depósitos calcáreos en los emisores, al evaporarse el agua durante los períodos de inactividad entre riegos. Igualmente, las tuberías que están al aire libre aumentan de temperatura alcanzando fácilmente rangos entre 70 y 75° C. Estas temperaturas incrementan la evaporación de las disoluciones, aumentando la concentración de la solución favoreciendo el depósito de los precipitados.

3 Prevención y tratamiento de las obstrucciones.

El control de las obstrucciones tiene como objetivo prevenir y eliminar las impurezas presentes en la instalación del sistema de riego localizado, de manera para que el agua o la solución nutritiva aplicada arribe libre de contaminantes a los emisores.

Según el tipo de obstrucciones puede ser relativamente fácil su prevención, como ocurre con el caso de las partículas minerales que portea el agua en suspensión. La diferencia de presión de los manómetros incorporados indicará el grado de partículas que ha sido retenidas, procediendo de inmediato a la eliminación de las mencionadas partículas minerales. De manera de evitar que partículas retenidas puedan ingresar al sistema dada la presión a la cual están siendo sometidas. Siendo un control relativamente fácil. No ocurre del mismo modo con las obstrucciones del tipo biológicas y químicas que acontecen al interior de la red hidráulica. Estos sedimentos solos se tratan y evitan con la cloración o la aplicación preventiva de ácidos y el manejo racional de los fertilizantes.

3.1 Control de las obstrucciones físicas.

Como se decía anteriormente, las obstrucciones físicas son fáciles de separar si contamos con un buen sistema de filtraje. Ahora si el problema se genera después de los filtros, la eliminación de las impurezas físicas es más compleja.

3.1.1. Prefiltrado: Tiene por objetivo eliminar impurezas presentes en el agua de riego antes de su ingreso al sistema de filtraje. Su principal finalidad es retener los sólidos de mayor tamaño que arrastra o se encuentran suspendidos en el agua de riego. Dichos dispositivos de limpieza previa se instalarán de conformidad con la procedencia del agua. Entre los cuales destacan decantadores, trampas de maleza, hidrociclones y torres de succión.

3.1.2 Equipo de filtraje: Consiste en el conjunto de mecanismo situados frecuentemente en el centro de control que separan el agua de partículas minerales y de algas que potencialmente podrían obstruir el normal flujo de agua en los emisores. Frecuentemente el agua circula en los goteros por unos conductos que tiene menos de 1mm, por lo que las obstrucciones serían muy frecuentes de no contar en la instalación con un buen equipo de filtrado

3.1.3 Eliminación de sedimentos minerales: dado que a pesar de contar con un excelente sistema de filtraje de igual modo ingresarán al sistema partículas de menor tamaño a la capacidad de retención de los filtros, estas deben ser removidas a través de los sistemas de lavado presentes en la instalación. Este procedimiento debe iniciarse en los laterales o líneas portaemisores, seguido de la tubería terciaria, secundaria y matriz por medio de las válvulas de lavado que todo sistema tecnificado debe considerar.

Para el caso de los laterales (Crisostomo, 1998) cada línea termina con un cierre o pliegue , instalado para drenar la tubería. El lateral se abre y se deja circular el agua hasta que esta fluya limpia (Martínez, 2000) esta operación debe ser efectuada cada 4 días, pero en equipos que operan con una alta carga de partículas la frecuencia debe ser más alta. El caso de la tubería terciaria opera del mismo modo en la parte final debe incluir una válvula de lavado la que debe abrirse hasta que el agua fluya limpia. Del mismo modo debe realizarse con la tubería secundaria y la matriz. De este modo se descarga el sistema de partículas minerales contaminantes.

3.2 Control y tratamiento de las obstrucciones biológicas.

Uno de los mayores problemas de obturaciones de los emisores se deben a este tipo de taponamiento.

3.2.1. Algas: Un procedimiento eficaz para evitar la formación de algas consiste en el cubrimiento de los embalses de acumulación con alguna estructura (malla cortaviento 80%) que impida el paso de la luz solar, de manera de evitar la proliferación de colonias de algas. Además de esta manera se previene la acumulación de deshechos que se produce si la superficie del agua se encuentra al aire libre. Es necesario controlar el pH para mantenerlo en niveles entre 7,2-7,5 y complementar esta medida con la aplicación de alguicidas, entre los productos químicos que se emplean para prevenir y tratar las algas destacan:

Sulfato de cobre: Es un excelente alguicida al inactivar las enzimas de los microorganismos. Es un producto que se comercializa en forma cristalina o en polvos solubles de color azulado. La dosis recomendada oscilan entre 2 y 3 gramos por metro cúbico de agua embalsada. El procedimiento de uso más correcto consiste en ubicar el sulfato de cobre en la entrada del estanque acumulador, previamente disuelto o para que vaya disolviéndose poco a poco por la acción del movimiento del agua. Cada vez que se renueva el agua se debe repetir la operación. Si el agua se mantiene embalsada, sin renovación, es conveniente tratarla periódicamente, en verano con una frecuencia semanal y varia veces durante el invierno.

Hipoclorito de sodio. 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 alguicida y bactericida.

Para el control de algas, el cloro se utiliza en forma: gaseosa, líquida o sólida; como componente del hipoclorito sódico o hipoclorito cálcico. 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. (la más común corresponde a 100 gramos de cloro activo por litro.). La solución de hipoclorito sódico tiene una acción oxidante muy activa, corrosiva y presenta una toxicidad alta. Sin embargo tomando mínimas precauciones durante su empleo es de fácil manejo y aplicación.

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

El cloro es, además, un poderoso oxidante, propiedad que se tendrá en cuenta al tratar las aguas que tiene concentraciones de hierro superior a 0,2 ppm, ya que al oxidarse, forman precipitados de óxidos férricos.

La frecuencia de los tratamientos y dosis en estanques acumuladores para riego depende del pH, calidad del agua y de la tasa de 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 disminuye a medida que aumenta el pH. 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 clorhídrico y oxígeno, con lo que se pierde capacidad desinfectante.
Para el control de las algas, se repartirán el producto, una vez disuelto, si es necesario, por toda la superficie del estanque acumulador. 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 relativas. 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 cc/m^3 de agua embalsada
Hipoclorito cálcico..... 2-3 g/ m^3 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.

Permanganato de potasio: Este producto no deja residuos ni afecta a los peces, manteniendo el agua del embalse completamente limpia. Se presenta en forma de polvo de color oscuro. Se debe tener precaución de no tocarlo e impedir que su volatilización, ya que puede irritar mucosas y ojos.

La dosis recomendada oscila entre los 1 y 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 alguicida, no presentando problemas de toxicidad en dosis adecuada, cabe destacar que su acción no es modificada por las oscilaciones del pH.

Tratamiento de las algas formadas en estanques acumuladores.

- **Sulfato de cobre**. Con algas en formación hay que forzar la dosis, empleando 4-5 g/ m^3 de agua embalsada, 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 cc/m^3 de agua.

- **Permanganato potásico**. Se aplica a dosis de .2-3 g/m^3 de agua embalsada. Puede aplicarse mayor dosis si la concentración de algas es elevada y no se elimina de una vez.

Control de algas en las conducciones de riego.
En ocasiones se reproducen algas en el interior de las conducciones principalmente si no están enterradas. Para su prevención y tratamiento se emplean los siguientes alguicidas:

- **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 cc/ m^3 de agua de riego o inyecciones periódicas a la dosis de 100-200 cc/ m^3 de agua. Es aconsejable que la inyección o el aporte de cloro se haga a la entrada de los filtros a modo de prevenir el desarrollo de algas en el sistema de filtraje. Es conveniente la aplicación al final del tiempo de 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, ya que se desprende cloro gaseoso, elemento peligroso. Del mismo modo no es recomendable su aplicación con 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.

3.2.2 Prevención y control de bacterias y otros microorganismos: El mejor control de microorganismos consiste en la desinfección periódica de los filtros y la cloración continua del agua en base a inyecciones de compuestos como cloro gaseoso, hipoclorito de sodio o hipoclorito cálcico, el cloro actúa inhibiendo la actividad enzimática de las células evitando su proliferación.

La efectividad de la acción del cloro está condicionada algunos factores externos como pH y temperatura, a su vez el tiempo de contacto entre desinfectante y agua también influye en el poder biocida de los compuestos clorados. Con respecto a la temperatura, cuando estas son altas, el poder desinfectante del cloro es mayor, sin embargo, es menos estable, perdiéndose con mayor rapidez. Con respecto al tiempo de contacto entre los compuestos clorados y el agua de riego, depende en gran medida del contenido de materia orgánica ya que la oxidación 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.

De cualquier forma, ya sea, gaseosa, líquida o sólida, la aplicación de cloro en una instalación de riego produce reacciones con los compuestos presentes en el agua, lo que 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 bacteria y otros microorganismos , además de los sedimentos formados.

Control preventivo de las instalaciones: Para la prevención y control de bacterias y microorganismos se utiliza hipoclorito de sodio, a la dosis de 15-20 cc/m^3 de agua. Se aplica al final de 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 tratamiento 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.

Tratamiento curativo de bacterias y otro microorganismos: Con el objeto de destruir las masas gelatinosas y desprender los sedimentos adheridos a la instalación la dosis de hipoclorito de sodio debe incrementarse 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. Se debe tener en consideración la importancia de prevenir la formación de los microorganismos citados, dado que una vez formados los mucílagos la acción del cloro no es eficaz. En este tipo de control, que implica altas dosificaciones de cloro, se debe tener precaución con los cultivos establecidos por la posible toxicidad que puede afectarlos.

El cloro en dosis elevadas causa daño en raíces de plantas sensibles, no siendo conveniente concentraciones mayores a 50 ppm de cloro activo en los goteros; por este motivo, lo ideal es, tratamientos en épocas sin cultivos, de lo contrario es imprescindible llevar a cabo, tras el tratamiento, un abundante lavado al objeto de diluir la concentración de cloro residual.

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 una dosis de 15 – 20 cc por litros de agua, manteniendo dicha disolución durante 24 horas y lavando después con agua abundante.

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

a) Caudal de riego en metros cúbicos de agua que depende del número de emisores goteros y caudal real de los mismos

b) Riqueza de la solución de hipoclorito sódico en gramos por litro.
c) Concentración de cloro activo en ppm o dosis de tratamiento. 100 gramos/litro.

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

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

3.3 Tratamiento de obstrucciones químicas.

Aunque se disponga de un buen sistema de filtros, existen sustancias de pequeño tamaño 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 en forma preventiva a baja presión en la instalación, evitan la formación de precipitados, los cuales debido a su sedimentación podrían llegar a producir obstrucciones. Si se han formado los precipitados, estas soluciones los 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 del mayor costo.
Los taponamientos por precipitados químicos dependen además de lo indicado con anterioridad, de lo siguiente:

- Velocidad del agua y frecuencia de los riegos. Cuanto menos sea la velocidad y más distanciados sean los riegos, la posibilidad y riesgo de precipitados es mayor.

- En climas con elevadas temperaturas estivales, asociados con aguas alcalinas el riesgo de precipitados aumenta.

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

Precipitaciones de hierro. Concentraciones elevadas se pueden eliminar por varios procedimientos:

Oxigenación: 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.

Floculación: mediante la acción de determinados floculantes.

Aplicaciones de cal: 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:

Ppm de cloro = 0,65 x ppm de hierro en agua

Precipitaciones de carbonatos cálcicos y sulfatos: Aplicación preventiva y tratamientos de limpieza a base de los ácidos: Clorhídrico, sulfúrico, nítrico y fosfórico. Con lo cual se ajusta al 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 del ácido, principalmente.
- Empleo del ácido sulfúrico como se indicará más adelante.

Corrección de pH: Con pH básico, mayor de 7,5 y temperaturas altas, el riesgo de precipitaciones de carbonatos es elevado. Además, un pH elevado no sólo influye en la formación de precipitados, sino que también reduce la eficacia de los productos alguicidas 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 m^3 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^3 de agua al objeto de bajar el pH hasta valores ligeramente ácidos.

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, el pH de la solución; 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.

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:

Acido nítrico. Es el producto generalmente más empleado por los agricultores. 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 lleva a cabo tratamientos diarios durante unos 10 minutos a dosis de 100 –300 cc/m^3 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 Lt/m^3 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 de esta forma, por cada subunidad de riego:

a) 5 minutos aplicando agua sin solución acidificante hasta que la presión de trabajo en la instalación sea la normal.

b) 30 minutos con ácido, bajando a la mitad la presión normal de trabajo de la instalación.

c) 10 – 15 minutos lavando con agua libre de ácido, a presión normal de trabajo, teniendo la precaución de ir abriendo el final de las líneas portagoteros para sacar por los sedimentos acumulados 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 el consultor de riego que diseño el sistema.

Si se producen obstrucciones por no haber realizado el tratamiento o por utilización de aguas muy duras, hay que realizar un tratamiento de desobturación a las dosis de 1 o 2 litros de ácido por cada metro cúbico de agua manteniendo la solución en la instalación y los goteros durante varias horas, lavando con abundante agua para evitar que la concentración produzca daño a los cultivos.

Al final de la temporada y cuando no hay cultivos se recomienda un tratamiento general a baja presión para limpiar las instalaciones en dosis de 3 a 5 litros por metro cubico de agua, manteniendo la solución ácida en las tuberías por varias horas y destapando posteriormente, las líneas portagoteros para que el agua de 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 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.

Acido sulfúrico. En estado puro, el ácido sulfúrico es un líquido incoloro, con propiedades oxidantes, 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 cubico de agua e hipoclorito de sodio después del filtro de malla, formándose una reacción entre el ácido, el agua y el hipoclorito que genera cloro residual a ppm que además actúa como bactericida.

En las precipitaciones de carbonato cálcico el ácido sulfúrico se utiliza en 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.

Acido fosfórico. Se emplean frecuentemente los fabricados con el 40 y 50 por ciento de riqueza en p2o5. 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, sí 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^3 de agua.

La aplicación del ácido fosfórico en momentos críticos de la floración, cuando exista deficiencia de asimilación de P205 por heladas y después del trasplante para favorecer el sistema radicular, nos puede evitar tener que utilizar otro tipo de abonos fosfatados menos solubles.

Acido clorhídrico. A temperatura ordinaria el HCl 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 a 10 cc por litro de agua dirigida 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 consideración que su empleo en aguas cuya concentración de hierro equivalente o superior a 2 gramos por metro cúbico de agua puede producir cloruros férricos insolubles.

Pauta de evaluación de riego localizado

1.- Identificación del proyecto y características del sistema

1.1.- Identificación	
Nombre del Propietario	
Nombre predio	
Ubicación	
Superficie total	
Calidad del agua de riego	
Acumulador de agua	
Necesidad de desarenador	
Superficie tecnificada	
Fecha de evaluación	
1.2.- Características Instalación	
Quién confeccionó el proyecto	
Año de la instalación	
Tipo de riego localizado	
Empresa que instaló	
Proveedor del equipo	
Como se financió el proyecto	
Subsidio recibido (%)	
Asesor actual	
Otros antecedentes	

2.- Características del sector de riego

Cultivo (s)	
Marco (s) de plantación	
Edad de las plantas	
% de sombreamiento	
Tipo (s) de emisor	
Caudal del emisor	
N° emisores por planta	
Distancia entre emisores	
N° de laterales por hilera	
Diámetro laterales	
Longitud máxima de laterales (m)	
N° de sectores de riego	
Criterios de programación	
Otros antecedentes	

3.- Características de los aparatos de control

VÁLVULAS							
	Volumétricas	Reguladores de P°	De Aire	**Eléctricas**	Compuerta	**Bola**	**Despiches**
Marca							
Diámetro							
Estado							
Medir voltaje							
Cantidad							

4.- Características del sistema de filtrado

FILTRO			
	Grava	**Anillas**	**Malla**
Marca			
Modelo			
Proveedor			
Capacidad (∅)			
Característica			
Presión entrada			
Presión salida			
Calidad de la arena			
Calidad de mallas/anillas			
Otros			

5.- Características del sistema de fertilización

Tipo	
Marca	
Capacidad	
Características materiales	
Ubicación en el cabezal	
Estado mantención	
Presión	
Otros	

6.- Características del equipo de bombeo

Marca Bomba/Motor	
Modelo Bomba/Motor	
Tipo Acople Bomba-Motor	
Tipo de succión	
Diámetro de la succión	
Diámetro de la impulsión	
Altura de elevación	
Caudal	
Potencia	
Tipo de energía	
Distancia al transformador	
Verificar ruidos extraños o vibraciones	
Cebado de la bomba (cada cuanto)	
Consumo de energía mes	
Otros	

7.- Características del manejo de riego

Tipo de automatismo	
Unidades operacionales de riego	
Frecuencia de riego (días)	
Duración de riego (horas)	
Disponibilidad de estanque (m3)	
Tipo de estanque	
Tipo de revestimiento	
Consumo de agua día (m3)	
Programa de fertirrigación:	
Existencia de medidores de caudal ?	
Otros	

8.- Planilla de Registros para determinar el Coeficiente de Uniformidad

Identificación del predio :	
Propietario :	
Observador :	
Fecha :	
Características del emisor :	
Tipo :	
Caudal nominal :	

Volúmenes de agua recolectados por emisor (cc)

Ubicación del Lateral	Primer Emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo **Emisor**	Presión Inicial	Presión Final
Primer lateral						
Lateral primer tercio						
Lateral segundo tercio						
Ultimo lateral						

Caudales determinados para cada emisor (l/h)

Ubicación del Lateral	Primer Emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo Emisor
Primer lateral				
Lateral primer tercio				
Lateral segundo tercio				
Ultimo lateral				
Mínima absoluta (litros/hora)				

$q_{25\%}$ =
q_a =
CU =

Observaciones y Conclusiones :

9.- Características de las presiones del sistema

PRESIONES	m.c.a.
P° operación en sector	
P° equivalente a conducción	
P° equivalente a fitting	
P° equivalente a filtrado	
P° equivalente a retrolavado	
P° equivalente a succión	
P° real de trabajo bomba	

10.- Características de la mantención del equipo

Tipo de despiches	
Frecuencia de limpieza de filtros	
Frecuencia de limpieza en laterales	
Frecuencia de limpieza en terciarias	
Frecuencia de limpieza en emisores (reposición)	
Tratamiento químico en el sistema	
Cantidades de ácido e hipoclorito utilizado	
Otros	

11.- Conclusiones y recomendaciones

Identificación del Proyecto:

Nombre y Firma del Evaluador:	Lugar y Fecha: