



*MANUAL DIGITAL*

# CALIBRACIÓN Y MANTENCIÓN DE EQUIPOS DE RIEGO LOCALIZADO

Proyecto apoyado por





*MANUAL DIGITAL*

# CALIBRACIÓN Y MANTENCIÓN DE EQUIPOS DE RIEGO LOCALIZADO

Proyecto apoyado por



# ÍNDICE

## PRÓLOGO

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE RIEGO

## 3. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LOS EMISORES Y CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

- 3.1. Selección de emisores centinela
- 3.2. Medición del caudal de los emisores
- 3.3. Cálculo del coeficiente de uniformidad

## 4. MANTENCIÓN DE LOS EQUIPOS DE RIEGO

- 4.1. Obturaciones físicas
  - a) Retrolavado de filtros
  - b) Lavado de la red de riego
- 4.2. Obturaciones biológicas
  - a) Control de algas en los acumuladores
  - b) Control de algas en la red de riego
    - b.1 Aplicación de Hipoclorito de Sodio
    - b.2 Aplicación de Peróxido de Hidrógeno o Agua Oxigenada
- 4.3. Obturaciones químicas
  - a) Precipitados de Carbonato de Calcio, Hierro y Manganeseo
  - b) Obturaciones por un inadecuado uso de fertilizantes
- 4.4. Precauciones necesarias al utilizar productos químicos

## PRÓLOGO

El agua es un recurso escaso, por lo cual su uso debe ser realizado con una alta eficiencia de aplicación, situación que ha sido bien entendida por los productores de arándanos que utilizan riego por goteo en sus huertos, buscando entregar las cantidades óptimas de agua a las plantas que generen mejores rendimientos productivos y fruta de mejor calidad y condición.

Sin embargo, para que un equipo riego por goteo cumpla con su objetivo de alta eficiencia de aplicación de agua, y se refleje en los rendimientos, calidad y condición de la fruta, no solo deben tener un diseño adecuado a las necesidades del cultivo, sino debe ser mantenido en óptimas condiciones de funcionamiento. Un problema frecuente es la disminución de la uniformidad de descarga de los emisores, ya sea por falta de regulación de las presiones de operación de los sectores de riego, o por obturación de los goteros por una inadecuada mantención del equipo.

El Comité de Arándanos de Chile – ASOEX, en su permanente labor de apoyo a los productores, encargó la elaboración de un Manual Digital de “Calibración y Mantención de equipos de riego localizado”. En este manual los productores y encargados de riego podrán seguir un texto sintético y didáctico sobre las principales operaciones que se requieren para mantener los equipos de riego en óptimas condiciones de funcionamiento, y además acceder a videos explicativos y formativos, donde podrán profundizar sobre las diferentes prácticas involucradas en estas importantes labores. También podrán descargar planillas Excel que le facilitarán los diferentes cálculos necesarios para las diferentes operaciones.

El manual digital ha sido elaborado por los Ingenieros Agrónomos, de conocida trayectoria en temas de riego, Raúl Ferreyra E., M.Sc. y Gabriel Selles van Sch., Dr., de la Consultora FyS Agroingeniería Ltda.

Finalmente, el Comité de Arándanos de Chile - ASOEX agradece a CORFO por el patrocinio y financiamiento otorgado a esta iniciativa, a través del proyecto 18-PDTA-103436.

Estimados productores, estamos seguros de que este manual les será de mucha utilidad.

**COMITÉ DE ARÁNDANOS DE CHILE - ASOEX**

# 1. INTRODUCCIÓN

Para que un equipo de riego localizado cumpla adecuadamente su función, es necesario que sus emisores (goteros) tenga una alta uniformidad de descarga (coeficiente de uniformidad), de tal manera que todas las plantas reciban cantidades similares de agua, fertilizantes y algún otro producto químico aplicado a través del equipo de riego.

Una baja uniformidad podría deberse a problemas en el diseño del equipo, a falta de regulación de las presiones del equipo y a obturación de los emisores.

En este manual se entrega información para determinar la causa de la baja uniformidad y como poder solucionarla.

Lo primero que se debe hacer es calibrar el equipo de riego (regular presiones) en las unidades de automatismo y control que se encuentran en el campo, para que operen con las presiones definidas en el diseño, o las adecuadas para cada tipo de emisor. Si el equipo de riego no se puede calibrar es que tiene un problema de diseño. Si es posible calibrarlo, dejando las presiones de acuerdo con diseño o a las de funcionamiento de los emisores, se procede a medir el coeficiente de uniformidad (CU). Si este coeficiente da valores bajos, indica que el equipo está sufriendo un proceso de obturación y se deben realizar labores de mantención.

## 2. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE RIEGO

Para asegurar un buen funcionamiento del equipo de riego, al inicio de temporada es necesario calibrarlo. La calibración se refiere a la regulación de la presión de operación en cada sector de riego en la unidad de automatismo y control que se encuentra en el campo. Según el diseño del equipo de riego, la regulación de presión en la unidad de automatismo y control se puede realizar actuando sobre un piloto ubicado junto a la válvula eléctrica, o actuando sobre una válvula de compuerta.

¿A qué presión regular cada sector? Normalmente en la memoria del diseño de riego entrega los valores de presión requerido en cada unidad de automatismo y control. Si no se dispone de esta información, se puede ocupar el siguiente criterio (**Cuadro 1**).

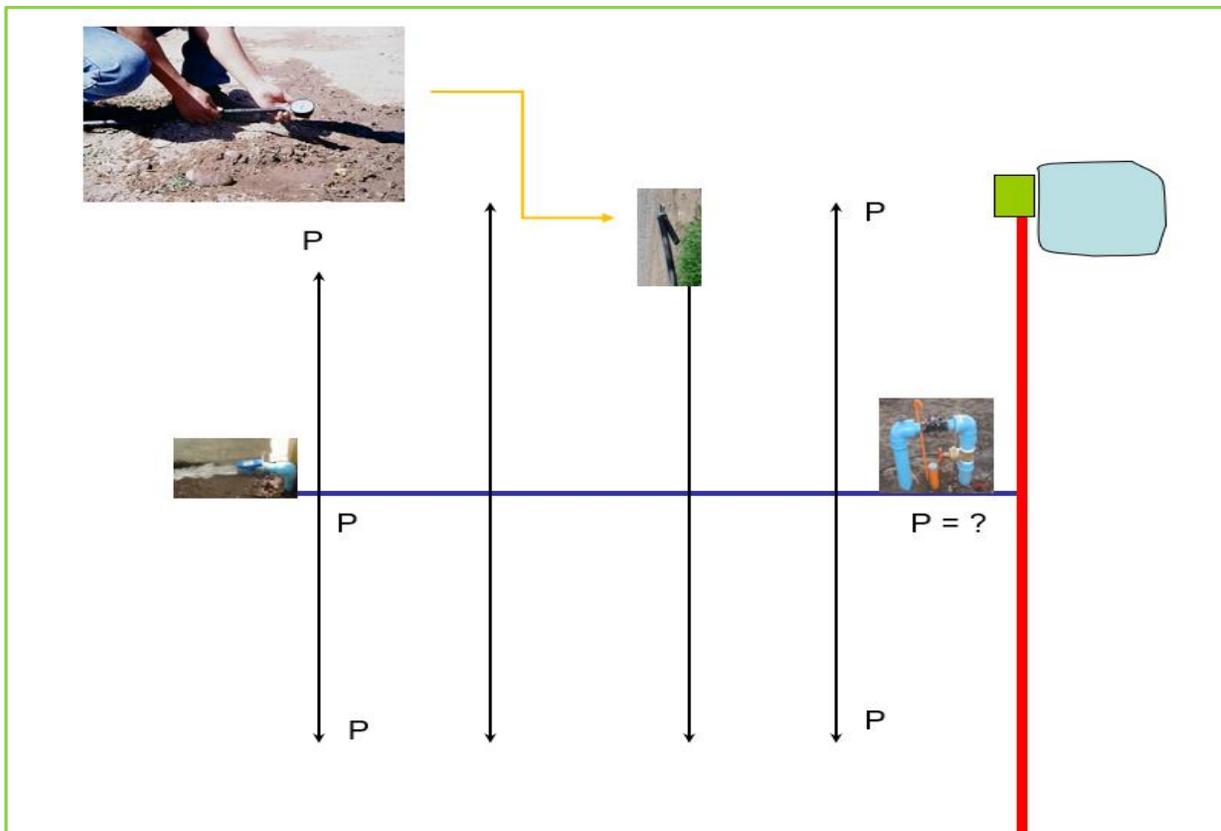
**Cuadro 1.** Presiones de operación en las líneas de riego por goteo.

Tipo de emisor en la línea de riego	Presión necesaria al inicio y final de la línea	Presión en la válvula
Gotero no auto compensado	0,8-1,2 bar	Dejar la presión que permita lograr la presión indicada al inicio y final de la línea ( <b>Figura 1</b> )
Gotero auto compensado	1 a 2 bar	

10 m.c.a = 1bar = 1 kg/cm<sup>2</sup> = 14,7 PSI

Para calibrar el equipo de riego proceda de la siguiente forma:

- a) Antes de iniciar el proceso de calibración realice un buen retrolavado en los filtros, y ponga en marcha el equipo hasta que el manómetro del filtro de salida se estabilice.
- b) Seleccione 4 laterales en cada sector de riego, tal como se muestra en la **Figura 1** (las dos más extrema y dos centrales), y mida la presión en cada una de ellas con un manómetro, como se muestra en la **Foto 1**.



**Figura 1.** Selección de 4 laterales en los sectores de riego.

Si la presión en las líneas de riego está más baja que la recomendada (Cuadro 1) debe abrir el paso de agua en la unidad de automatismo y control, con la [válvula reguladora](#) o [el piloto](#). Al contrario, si está más alta hay que cerrar el paso de agua, con la válvula reguladora o el piloto. Se actúa sobre el sistema de regulación hasta quedar en el rango recomendado de presiones indicado en el Cuadro 1.

- c) Una vez logrado las presiones recomendadas, se mide la presión en la unidad de automatismo y control del sector de riego, (**Foto 1**, izquierda), y se fija la válvula reguladora o el piloto. El valor leído es la presión que debe tener la válvula de riego. Anótelos en la misma válvula para futuros controles (**Foto 1**, derecha).



**Foto 1.** Medición y registro de presión en la válvula del sector de riego.

Para medir la presión en la válvula de riego es recomendable contar con una toma manométrica aguas abajo de la válvula. Otra opción es insertar una tee de polietileno en la línea de riego, más al cercana al sistema de automatismo y control de cada sector donde se pueda colocar el manómetro (**Foto 2**).



**Foto 2.** Izquierda: Toma manométrica para laterales de polietileno. Derecha: tee de polietileno insertada en la línea de riego, para colocación de manómetro cuando no hay toma manométrica.

- d) Una vez que haya regulado todos los sectores, [vaya al cabezal de riego](#) y registre tanto el amperaje que marca el tablero eléctrico (**Foto 3**, izquierda) como la presión en la entrada y salida de los filtros (**Foto 3**, derecha) cuando opera cada sector de riego y anótelos. Esta información le servirá para llevar un control en forma permanente del equipo de riego. Si estos valores varían es por una falla en la operación del equipo como lo indica el cuadro de la **Foto 3**. Los manómetros y el amperímetro son dos elementos indispensables en todo cabezal de riego para conocer el funcionamiento del equipo. Actualmente se están incorporando un caudalímetro, que permiten llevar un registro directo del agua aplicada a cada sector.



## INTERPRETACION DE LECTURAS DE LOS MEDIDORES AMPERIMETRO Y MANOMETRO

AMPERIMETRO	MANOMETROS FILTRO DE ARENA		MANOMETRO FILTRO DE MALLA	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA
	ENTRADA	SALIDA	SALIDA	
ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	ROTURA EN LA RED DE RIEGO Y/O MÁS DE UN SECTOR ABIERTO.
BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	SUCCIÓN DE LA BOMBA OBSTRUIDA; ENTRADA DE AIRE AL SISTEMA; FALTA DE AGUA. ROTOR MAL ESTADO
BAJO	ALTO	BAJO	BAJO	FILTRO DE ARENA SUCIO.
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	VÁLVULA EN LA RED CERRADA (RED OBSTRUIDA)
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	FILTRO DE MALLA SUCIO.

**Foto 3.** Ubicación del amperímetro y manómetros en el cabezal y posibles fallas en la operación cuando esta información varía respecto a lo normal.

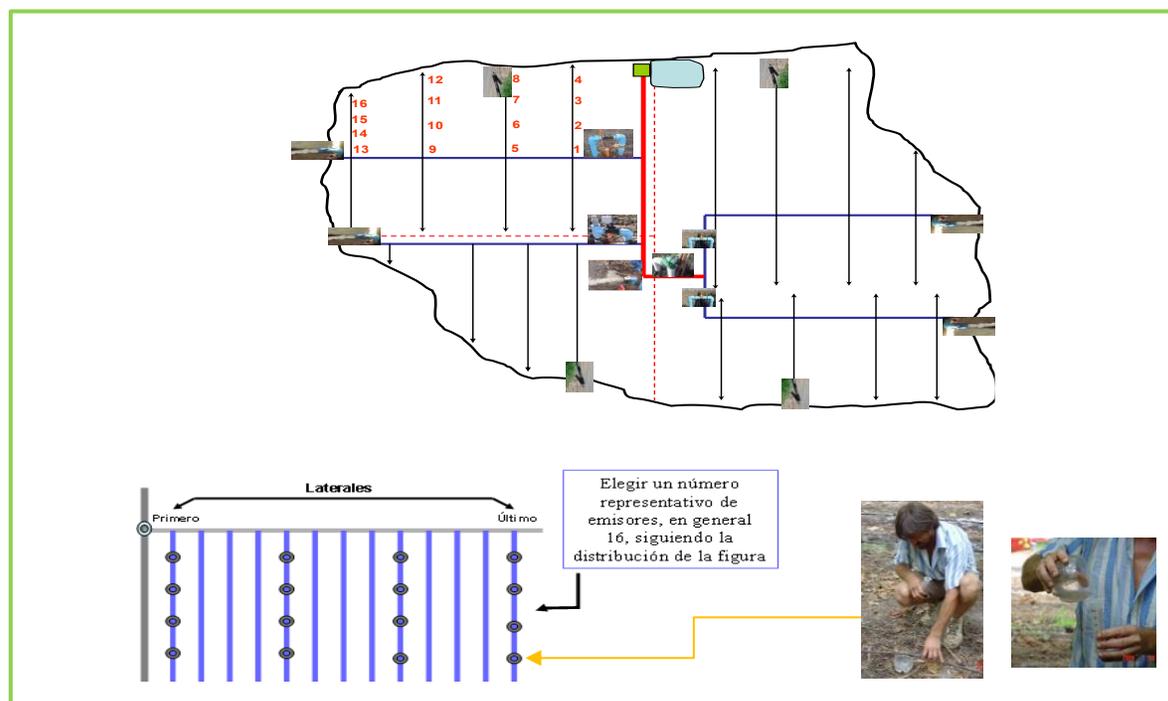
Es recomendable realizar una revisión de las presiones de las unidades de automatismo y control de los diferentes sectores cada 15 a 30 días.

## 3. MEDICIÓN DEL CAUDAL DE LOS EMISORES Y CÁLCULO EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DEL EQUIPO

Una vez regulada la presión de los sectores de riego, se procede a seleccionar emisores centinela, para medirles el caudal y calcular el coeficiente de uniformidad del equipo, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento.

### 3.1. Selección de emisores centinela

Para la determinación de caudales de los emisores de riego es recomendable establecer un set de goteros "centinela", distribuidos en grupos de 16 goteros en 2 o 3 sectores de riego. Estos goteros se marcan y numeran de tal manera que siempre se midan los mismos emisores. La distribución de los 16 emisores "centinela" en cada sector de riego se muestra en la **Figura 2**.



**Figura 2.** Selección de emisores centinela.

### 3.2 Medición del caudal de los emisores

Para medir el caudal que entregan los emisores centinela se usa un recipiente, una probeta aforada y un cronómetro (Foto 4).



Foto 4. Aforo de goteros.

El caudal se determina estableciendo una razón entre el volumen de agua colectado y el tiempo en que se colectó este volumen.

$$Q \text{ (L/hr)} = \frac{\text{Volumen colectado (cc)} \times 3,6}{\text{Tiempo (segundos)}}$$

Donde:

Q= Caudal del emisor (L/h)

V = volumen colectado, en centímetros cúbicos (cc)

T = tiempo en segundos (s)

3,6 es un factor de corrección para transformar cc/s en L/h

Idealmente coleccionar el agua por 60 segundos, particularmente cuando la descarga de estos es de 2 L/h y 30 segundos, en goteros de 4 L/h.

### 3.3 Cálculo del coeficiente de uniformidad

Una vez medido los caudales, de los 16 goteros centinela de cada sector, se determina:

- a) Caudal promedio de los 16 goteros ( $q_{prom}$ ).
- b) Caudal del 25% de goteros (4 emisores) que arrojan menos caudal ( $q_{25\%}$ ).

El coeficiente de uniformidad se calcula de la siguiente forma:

$$CU\% = (q_{25\%} / q_{prom}) \times 100$$

Para hacer este cálculo descargue la planilla Excel desde el siguiente enlace: [Planilla de cálculo del coeficiente de uniformidad](#), si necesita apoyo en el uso ver este [video](#)

Los valores de coeficiente de uniformidad deben estar sobre un 85%, si el valor es menor, se deben corregir los programas de **mantención preventivos** y realizar una aplicación de **corrección**. En el cuadro siguiente se presenta un cuadro interpretativo sobre la magnitud del coeficiente de uniformidad.

Valor de CU		Calificación
Mayor de 94%	=	Excelente
De 86% a 94%	=	Buena
De 80% a 86%	=	Aceptable
De 70% a 80%	=	Pobre
Menor de 70%	=	Inaceptable

#### ***Es importante considerar:***

*Los emisores centinela no se deben cambiar ni alterar artificialmente, solo deben recibir el tratamiento de las mantenciones normales que se le hacen al equipo. La disminución del caudal medio y del coeficiente de uniformidad, con una misma presión en la válvula, es un indicador que el equipo se está obturando, y debe poner atención a las causas y a la forma a los procedimientos de mantención.*

## 4. MANTENCIÓN DE LOS EQUIPOS DE RIEGO

La mantención del sistema de riego es el conjunto de operaciones destinadas a que el equipo funcione en óptimas condiciones. El principal problema de un sistema de riego localizado es la obturación de emisores.

Las obturaciones pueden ser:

- **Físicas**, debido al uso de agua con alta carga de sedimentos (arenas, limos arcillas) o filtración inadecuada.
- **Biológicas**, por el desarrollo de algas en los acumuladores y los emisores.
- **Químicas**, debida precipitación de sales disueltas en el agua de riego al interior de las tuberías.

Por lo tanto, para prever problemas es necesario tener un plan de mantención preventivo, que consiste primero en detectar las causas de las posibles obturaciones. En la zona sur de Chile las causas más probables de obturaciones son por algas y sedimentos que ingresan al equipo de riego al sufrir rotura la red de riego. En algunos casos pueden producirse obturaciones por Hierro o Manganeso cuando este presenta valores sobre 1 ppm en el agua de riego.

Para prevenir la obturación por sedimento es necesario realizar lavados de redes; para prevenir las obturaciones por algas o bacterias es necesario aplicar biocidas; para prevenir las obturaciones por hierro se debe aplicar ácidos y biocidas.

Si el coeficiente de uniformidad está bajo el 80% es necesario realizar un tratamiento de corrección que implica aplicar ácidos y biocidas. En algunos casos estas obturaciones severas pueden estar relacionada con una inadecuada aplicación de los fertilizantes que precipitan dentro de la red de riego.

### 4.1 Obturaciones físicas

Para evitar las obturaciones físicas debe proceder de la siguiente forma:

- Retrolavado de filtros.** Se requiere hacer un retrolavado periódico de los filtros para limpiarlos de los sedimentos que retiene. El retrolavado de los filtros se debe realizar cuando la diferencia de presión entre el manómetro de entrada y salida del filtro supere 0,5 bar (5 m.c.a).



**Foto 5.** Filtro de anillas sin retrolavado, los sedimentos taponan los canales de paso de agua, disminuyendo la presión de la red.

### **b) Lavado de la red de riego.**

Los equipos de riego deben ser lavados periódicamente. La periodicidad depende de la calidad del agua. Se puede comenzar limpiando una red una vez al mes y dependiendo de los sedimentos que salgan durante la limpieza esta se puede ser más frecuente o distanciada. Si el agua en las colas de las líneas de riego sale limpia se puede aumentar los días entre lavados de la red. Es recomendable al término de la temporada de riego realizar un lavado de redes.

El lavado, debe comenzar en el cabezal (filtros) y en la conducción principal (matriz), manteniendo cerradas las válvulas de las unidades de riego. Para hacerlo, conviene instalar válvulas o tapones roscados en los extremos de las tuberías matrices. Una vez aseada la conducción principal, se procede a limpiar la red terciaria o submatriz abriendo las válvulas de bola ubicadas al término de estas (**Foto 6**, izquierda). Finalmente se lavan todas las laterales del sector, abriendo las colas de 3 a 4 laterales en forma simultánea para mantener una presión adecuada (**Foto 6**, derecha)



**Figura 6.** Lavado de la red de riego con eliminación del agua en la submatriz o terciaria (izquierda) y fin de laterales (derecha).

## 4.2 Obturaciones biológicas

Las obturaciones biológicas más importantes son las debido al desarrollo de algas, tanto en los estanques como al interior de la red de riego

### a) Control de algas en los estanques acumuladores

Una forma de disminuir el desarrollo de algas en los acumuladores es cubrirlos con malla Raschel negra (80% de sombra), u otro material, para disminuir la luz (**Foto 7**). Si este método no es posible de usar, o no da resultado, se puede aplicar sulfato de cobre en dosis de 0,5 a 2 ppm (0,5 a 2 g/m<sup>3</sup>).

Cuando las cantidades de algas sobrepasan los niveles normales debe aplicarse sulfato de cobre en dosis de 30 ppm (30 g/m<sup>3</sup>). Debido a las altas dosis sólo se trata el 25% del volumen de agua, vaciando el acumulador, y luego de 8 a 12 horas de reposo se diluye llenando el tranque antes de aplicar el agua a la red de riego.



**Foto 7.** Arriba, tranque con algas. Abajo, tranque que está cubierto con una malla que disminuye el paso de la luz y el desarrollo de algas.

El Sulfato de Cobre es un biocida, por lo cual su uso afecta los peces u otros seres vivos que se desarrollan en el agua.

## **b) Control de algas en la red de riego**

Para el control de algas al interior del equipo de riego se puede usar Hipoclorito de Calcio al 65%, o Peróxido de Hidrógeno (Agua oxigenada) al 35 a 50%. El Hipoclorito de Calcio está prohibido en la producción orgánica.

### **b.1) Aplicación de Hipoclorito de Sodio**

El hipoclorito de sodio, al 10%, se debe inyectar en el cabezal de riego. La concentración de hipoclorito a aplicar para evitar obturaciones debe fluctuar entre 10 a 20 ppm (0,1 l/m<sup>3</sup> a 0,2 l/m<sup>3</sup>). Una vez aplicado el hipoclorito, detener el equipo de riego por al menos 45 minutos, para que el producto mate las algas. Este tratamiento debe realizarse con una frecuencia de 15 a 30 días la cual debe ser evaluada en el tiempo. Si el coeficiente de uniformidad disminuye de un año a otro se debe aumentar la frecuencia con que se aplica el tratamiento.

Si los emisores están obturados por algas, aumentar la dosis a 20 a 40 ppm de cloro 0,2 a 0,4 L/m<sup>3</sup>, aplicados en no más de 30 minutos. Se debe mantener la solución en la instalación durante 24 horas y después eliminar todos los sedimentos lavándola con agua a presión.

Dosis altas pueden provocar daños en los cultivos. Por ello, deberán realizarse tratamientos cuando no haya cultivo o, en caso contrario, hacer un lavado abundante para diluir el cloro.

La planilla Excel, **dosis de [hipoclorito de Sodio](#) y dosis de [hipoclorito de Calcio](#)**, puede ayudar a calcular la cantidad de estos biocidas a utilizar. Un ejemplo de uso de esta planilla se puede ver en video cálculo de dosis [hipoclorito de sodio](#) y de [hipoclorito de calcio](#) .

### **b.2 Aplicación de Peróxido de Hidrógeno o Agua Oxigenada**

Otro producto que se puede utilizar, aceptado para la agricultura orgánica, es el Agua Oxigenada, o Peróxido de Hidrógeno, al 50%. La dosis para aplicar es de 300 ppm o g/m<sup>3</sup>. Al igual que el hipoclorito, la aplicación se realiza por 45 minutos. Este tratamiento debe realizarse con una frecuencia de 15 a 30 días la cual debe ser evaluada en el tiempo. Si el coeficiente de uniformidad disminuye de un año a otro se debe aumentar la frecuencia con que se aplica el tratamiento. Los 300 ppm se logran con una dosis aproximada de 10 L/ha.

La planilla Excel **[Dosis de Peróxido de Hidrógeno](#)** le puede ayudar a determinar la dosis requerida de acuerdo a las características de su equipo de riego. Si necesitan ayuda para utilizar la planilla ver este [video](#).

### 4.3 Obturaciones por productos químicos

Las obturaciones de origen químico se pueden producir por

- Precipitaciones por carbonato de Calcio
- Precipitados de Hierro y Manganeso
- Mezcla inadecuada de fertilizantes

En la zona sur la principal puede ser por inadecuada mezcla de fertilizantes y en algunos casos por precipitaciones de hierro

#### **a) Obturaciones por precipitados de carbonato de calcio, y precipitados de hierro y manganeso**

Las precipitaciones de carbonato de calcio se producen cuando el agua es dura (pH mayores de 7,5 y concentraciones de bicarbonato sobre las 120 ppm) y las precipitaciones de hierro cuando el agua de riego presenta concentraciones de este elemento sobre 1 ppm. Para evitar este problema en alguna de estas condiciones debemos aplicar ácido (sulfúrico, fosfórico, nítrico o clorhídrico)

Las aplicaciones de ácido permiten evitar las precipitaciones de carbonato de calcio, óxido de hierro, y soluciona obstrucciones por mala aplicación de los fertilizantes. En el caso de obturaciones por hierro se recomienda después de aplicar ácido aplicar un biocida porque este problema se ve agudizada con la presencia de algunas bacterias.



**Foto 8.** Precipitación de Carbonato de calcio e Hidróxido Férrico.

Para evitar la precipitación de carbonato de calcio, hierro se debe aplicar ácido para bajar a 4 a 5 el pH del agua dentro de la red de riego (tratamiento preventivo). Estos valores pueden variar para esta estrategia entre 0,5 a 1 l/ha de ácido a 100% de concentración. La frecuencia de este tratamiento depende de la calidad del agua de riego.

Se recomienda iniciar aplicaciones cada 30 días para evaluar esta frecuencia en el tiempo de acuerdo como varíe el coeficiente de uniformidad de una temporada a otra.

Si el equipo se obturo por carbonato de calcio; hierro o mal aplicación de los fertilizantes se debe aplicar ácido para bajar a 2 a 3 el pH al agua dentro de la red de riego (tratamiento corrector). La frecuencia de este tratamiento está determinada por los taponamientos que pueden ocurrir. El volumen de ácido a inyectar en el agua de riego depende del pH del agua a bajar. El volumen de ácido a inyectar puede variar entre 2 a 3 l/ha. de ácido a 100% de concentración. Luego de 45 minutos o más posterior a la aplicación de ácido debe realizarse un lavado de la red de riego para eliminar las sales que se disolvieron con el ácido.

En el **Cuadro 2** se resumen de dosis referenciales de ácido a inyectar para control preventivo y de corrección (limpieza).

**Cuadro 2.** Dosis referenciales de ácido a inyectar para para el control preventivo y de corrección (limpieza) de precipitados de origen químico.

Tipo tratamiento	Dosis (L/Ha)	Frecuencia	Duración	pH objetivo
Preventivo	0,5 – 1	20 a 30 días	10 a 15 minutos al final del riego + lavado	4 - 5
Limpieza	2 – 3	Según necesidad (goteros tapados)	10 minutos, dejar actuar 24 horas y lavar	2 - 3

Los ácidos deben ser inyectados al final del riego en un tiempo no menor a 10 minutos y mayor a 20 minutos.

La planilla Excel [Cálculo de Dosis de Ácido](#) le puede ayudar a calcular la dosis necesaria para las características de su equipo. Se adjunta [video explicativo del uso de la planilla Excel](#).

### b) Obturaciones por un inadecuado uso de fertilizantes

Un mal uso de fertilizantes puede provocar precipitación de productos en el interior del equipo de riego, por:

- Uso de productos incompatibles entre sí, que producen precipitados insolubles. Los fertilizantes que se utilicen simultáneamente en una mezcla deben ser compatibles entre sí.
- Al preparar soluciones fertilizantes para fertirriego, no se toma en cuenta las solubilidades de los diferentes fertilizantes. Se deben seleccionar los productos de mayor solubilidad que presenten una mayor solubilidad. Las mezclas se pueden hacer Las mezclas se deben iniciar aplicando primero los productos de menor solubilidad.

En el **Cuadro 3**, a modo de ayuda se presenta de compatibilidad de algunos fertilizantes. En el **Cuadro 4**, se presenta una tabla con la solubilidad de los fertilizantes más utilizados.

Si existen precipitados debido a un mal uso de fertilizantes, se debe hacer una limpieza con ácido, como se explicó en el punto anterior.

**Cuadro 3.** Tabla de compatibilidad de algunos fertilizantes.

Nitrato Amónico	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Urea	↑	C	L	L	C	C	C	C	C	C
Sulfato Amónico		↑	C	C	C	C	C	C	C	I
Superfosfato Triple			↑	C	L	C	C	C	C	I
Superfosfato Simple				↑	L	C	C	C	C	I
Fosfato Diamónico					↑	C	C	C	C	I
Fosfato Monoamónico						↑	C	C	C	I
Cloruro Potásico							↑	C	C	C
Sulfato Potásico								↑	C	I
Nitrato Potásico									↑	C
Nitrato Cálcico										↑

I = Incompatible, C = Compatible, L = Compatibilidad limitada.

**Cuadro 4.** Solubilidad de algunos fertilizantes

Fertilizante	Solubilidad (g/L)				C.E.	
	0°C	20°C	40°C	100°C	mmhos/cm	pH
KNO <sub>3</sub> Nitrato de Potasio	133	316	639	2452	1,30	7,0
KCl Cloruro de Potasio estándar	282	342	403	562	1,90	6,6
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Sulfato de Potasio soluble	75	111	148	241	1,40	7,0
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> Fosfato Monopotásico	143	227	339		0,75	4,1
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> Nitrato de Amonio	1185	1877	2830		1,60	5,5
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Sulfato de Amonio	704	754	812	1020	1,80	5,5
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> Fosfato Diamónico Soluble	575	686	818	1100	0,90	4,1
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> Fosfato Monoamónico Soluble	227	368	567	1740	0,80	4,9
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> - 4H <sub>2</sub> O Nitrato de Calcio Soluble	1010	1294	1960		1,20	6,5
CaCl <sub>2</sub> - 6H <sub>2</sub> O Cloruro de Calcio	603	745			1,60	
MgSO <sub>4</sub> - 7H <sub>2</sub> O Sulfato de Magnesio Hept,		356	454		0,80	5,6
Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> - 6H <sub>2</sub> O Nitrato de Magnesio	639	701	818		0,50	6,0
NaCl Cloruro de Sodio	359	364	392	2,00		
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> Urea	670	1080	1670	2510	0,015	5,8
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> Ácido bórico	270	500	870			
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Ácido fosfórico 85%		100%			1,80	2,5

#### 4.4 Precauciones necesarias al usar productos químicos

- Nunca Mezclar Ácidos con Hipoclorito de Sodio. La Mezcla genera gases tóxicos.
- Nunca aplicar agua sobre el ácido. Al preparar una solución con ácido, aplicar primero el agua al estanque y después el ácido.
- El operario que realiza esta labor debe ocupar todos los elementos de seguridad necesario (traje de goma, guantes, máscara, entre otros).



### *Bibliografía*

[Ferreyra, R. Y Selles G. \(2013\). Manual de riego para especies frutales: Uso eficiente del agua y estrategias para enfrentar períodos de escasez. Boletín INIA 278.](#)



*MANUAL DIGITAL*

# CALIBRACIÓN Y MANTENCIÓN DE EQUIPOS DE RIEGO LOCALIZADO

Proyecto apoyado por

