

Manual de Riego para Agricultores

Módulo 4

Riego Localizado



Consejería de Agricultura y Pesca



MANUAL DE RIEGO PARA AGRICULTORES

MÓDULO 4. RIEGO LOCALIZADO

© JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura y Pesca
Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Autores: Rafael Fernández Gómez, M^a del Carmen Yruela Morillo, Mercedes Milla Milla, Juan P. García Bernal, Ricardo Ávila Alabarces,
Pedro Gavilán Zafra, Nicolás A. Oyonarte Gutiérrez.

Depósito Legal: CO-1461-99

I.S.B.N: 84-8474-026-9

Diseño y Maquetación: Ediciones Ilustres S.L. (Córdoba)

Entre los factores que determinan que un sistema agrícola sea moderno se encuentra, sin lugar a dudas, la gestión que se haga del agua. La Consejería de Agricultura y Pesca, en el contexto de la modernización de la agricultura, está impulsando y desarrollando acciones para mejorar la eficiencia de la utilización del agua en los regadíos de la Comunidad Autónoma.

Dentro de estas actuaciones, se encuentra el establecimiento de servicios de asesoramiento al regante, entre los que se incluyen la formación de agricultores, técnicos y gestores del agua en el manejo de sus sistemas de riego, así como la divulgación de los resultados de sus experiencias.

La edición de este "Manual de Riego para Agricultores" proporciona una herramienta adecuada, útil e innovadora para ofrecer esa información a los regantes de manera eficaz. Su objetivo es concienciar sobre los efectos de la agricultura de regadío en la disponibilidad de agua y en la sostenibilidad del medio, así como potenciar el manejo correcto de los sistemas de riego y el empleo de técnicas adecuadas para la gestión del agua.

La realización de este manual didáctico, se inscribe en la apuesta decidida que la Consejería de Agricultura y Pesca está haciendo para responder a la gran demanda de formación específica y adaptada a las necesidades concretas de los sectores productores y comercializadores andaluces. Además, pretende mejorar el acceso de los agricultores a la información y, con ello, elevar su capacidad de respuesta ante los cambios.

Y, siendo el agua en la agricultura andaluza un recurso irregular, limitado y estratégico, fuente de riqueza, diversificación y empleo, se hacía necesario contar con un material didáctico, riguroso y moderno, que apoyará la planificación y la gestión de su uso por parte de los agricultores andaluces.

Presentación

La adecuada práctica del riego incide grandemente en una mayor disponibilidad de agua para los regantes y en la mejora las producciones de sus cultivos, pero también, y no menos importante, en la disminución de la contaminación de los sistemas hidrológicos de los que se nutren el conjunto de la población y espacios de alto interés ambiental. Por tanto, la mejora del riego redundará en un mayor nivel y calidad de vida en los agricultores y del conjunto de la población.

La importancia de un manejo adecuado del agua de riego está en el ánimo de las administraciones públicas, gestores del agua y regantes, pero son frecuentes las situaciones en las que las pérdidas de agua de riego son importantes. Este “Manual de Riego para Agricultores” intenta contribuir a mejorar esta situación desde la formación del regante. Con él se pretende poner al alcance del regante conocimientos sobre los fundamentos del riego y el manejo de diferentes sistemas de riego.

En la elaboración de este manual se ha perseguido la simplicidad y claridad, sin renunciar a la calidad y el rigor. Abarca un gran número de cuestiones en torno al manejo del riego, desde la decisión sobre cuándo y cuánto regar hasta la evaluación básica de instalaciones de riego, de forma que se puedan detectar sus deficiencias y buscar soluciones factibles. Se han eludido aspectos complejos relacionados con el diseño de instalaciones, cuestión reservada para personal cualificado, si bien se abordan criterios que debe conocer el agricultor para participar en el diseño de su instalación.

Componen el manual cuatro módulos, en los que se abordan los fundamentos del riego (módulo 1) y cada uno de los tipos de riegos: riego por superficie (módulo 2), riego por aspersión (módulo 3) y riego localizado (módulo 4). Al final de cada capítulo se incluyen unas preguntas con las que el usuario podrá evaluar sus progresos. Se acompaña de un libro de ejercicios y de materiales de ayuda para el profesorado. Además, se ha elaborado una versión en disco compacto, susceptible de ser utilizada en cualquier ordenador personal. De esta forma, el conjunto es también utilizable en la enseñanza a distancia.

El “Manual de Riego para Agricultores” es un material didáctico que se ha elaborado dentro de un programa de actuaciones para la optimización del uso y gestión del agua de riego. Este programa está siendo desarrollado por la Dirección General de Investigación y Formación Agraria de la Consejería de Agricultura (Junta de Andalucía) a través de la Empresa Pública para el Desarrollo Agrario y Pesquero de Andalucía S.A. (D.a.p). Incluye, además de la elaboración de material didáctico, el establecimiento de Servicios de Asesoramiento al Regante, la caracterización de Comunidades de Regantes y un extenso plan de formación.

En la elaboración del “Manual de Riego para Agricultores”, todo lo aprendido en el desarrollo de estas actuaciones ha sido utilizado. Por tanto, además de los autores y las personas que lo han producido y coordinado, queremos mencionar a otras personas de D.a.p. que han contribuido a su realización: José Bellido González, Isabel González de Quevedo, Ana Salas Méndez, Juan Carlos Martín—Loeches Sánchez, Fátima Moreno Pérez, Javier Mósig Pérez, Benito Salvatierra Bellido, Darío Reina Giménez, Antonio Romero López, Paula Triviño Tarradas y Salvador López Gracia.

AGRADECIMIENTOS

Cuando se abordó la elaboración de este material didáctico para la formación del regante, buscamos reunir la claridad y sencillez con el necesario rigor, de forma que el resultado fuera mucho más que un recetario de aplicación dudosa en circunstancias variables. Con este fin, se hacía precisa la colaboración con universidades y centros públicos de investigación con amplia experiencia en la ciencia y técnica del riego, además de los propios de la Consejería de Agricultura y Pesca. En este ámbito se enmarcan los acuerdos con la Unidad Docente de Hidráulica y Riegos de la Universidad de Córdoba y el Instituto de Agricultura Sostenible de Córdoba (C.S.I.C.). También ha realizado aportaciones Luciano Mateos Iñiguez (C.S.I.C.). Estos acuerdos son continuación de la colaboración permanente entre la Empresa Pública para el Desarrollo Agrario y Pesquero de Andalucía y los centros de producción científica.

A las personas y entidades mencionadas queremos agradecer su aportación.

Además, se ha contado también con la colaboración de empresas fuertemente implantadas en la agricultura de riego.

AQUASYSTEM, S.A.

P.I. El Oliveral, Fase IV, P-5
46190 RIBARROJA DEL TURIA (VALENCIA)

AZUD, S.A.

Avda. Las Américas, parcela 6/6. P.I. Oeste
30169 SAN GINES (MURCIA)

FERTIBERIA, S.L.

Juan Hurtado de Mendoza, 4
28036 MADRID

IRRIMÓN-MONDRAGÓN, S.A.

P.I. Mediterráneo. C/ Fila, P-8
46550 ALBUIXECH (VALENCIA)

JIMTEN, S.A.

Ctra. De Ocaña, 125
03006 ALICANTE

PLASTIMER, S.A.

P.I. La Redonda. Calle 13, local 59, bajo.
Santa María del Águila
04710 EL EJIDO (ALMERÍA)

TECNIRRIEGOS, S.A.

P.I. Las Quemadas, parcela 23-C
14014 CÓRDOBA

URALITA, S.T.

Avda. de Jerez, s/n
41012 SEVILLA

Unidad Didáctica 1. PRINCIPIOS Y TIPOS DE RIEGO LOCALIZADO	11
1.1 Introducción.	11
1.2 Descripción general del método de riego	12
1.3 El bulbo húmedo. Manejo del bulbo en condiciones de salinidad.	14
1.4 Tipos de sistemas de riego localizado	19
Resumen.	23
Autoevaluación	24
Unidad Didáctica 2. COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES DE RIEGO LOCALIZADO.	25
2.1 Introducción.	25
2.2 El cabezal de riego localizado.	26
2.3 La red de distribución	36
2.4 Emisores	40
Resumen.	47
Autoevaluación	48
Unidad Didáctica 3. ELEMENTOS DE CONTROL, MEDIDA Y PROTECCIÓN.	
AUTOMATISMOS	49
3.1 Introducción.	49
3.2 Elementos de la red de riego	49
3.3 Automatismos	58
Resumen.	63
Autoevaluación	64
Unidad Didáctica 4. CRITERIOS DE DISEÑO. PROGRAMACIÓN EN RIEGO LOCALIZADO	65
4.1 Introducción.	65
4.2 Diseño agronómico.	66
4.3 Diseño hidráulico	73



4.4 Programación de riegos. Cálculo del tiempo de riego.	79
Resumen.	84
Autoevaluación	85
Unidad Didáctica 5. FERTIRRIGACIÓN	87
5.1 Introducción.	87
5.2 Ventajas e inconvenientes de la fertirrigación	88
5.3 Elementos nutritivos (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, otros).	90
5.4 Preparación del abono	102
5.5 Frecuencia de la fertirrigación.	104
Resumen.	108
Autoevaluación.	109
Unidad Didáctica 6. EVALUACIÓN DE INSTALACIONES DE RIEGO LOCALIZADO	111
6.1 Introducción.	111
6.2 Evaluación de los componentes de la instalación	112
6.3 Evaluación de la uniformidad del riego	117
6.4 Evaluación del manejo del riego.	130
Resumen.	131
Autoevaluación.	132
Unidad Didáctica 7. MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES	133
7.1 Introducción.	133
7.2 El problema de las obturaciones.	133
7.3 Mantenimiento.	142
Resumen.	146
Autoevaluación.	147
Respuestas a las autoevaluaciones	148
Glosario.	149
Bibliografía	



1.1 Introducción

El **riego localizado** consiste en la aplicación de agua sobre la superficie del suelo o bajo éste, utilizando para ello tuberías a presión y **emisores** de diversas formas, de manera que **sólo se moja una parte del suelo**, la más próxima a la planta. El agua aplicada por cada emisor moja un volumen de suelo que se denomina **bulbo húmedo**.



Figura 1. Aplicación del agua mediante un riego localizado.

En este método de riego, la importancia del suelo como reserva de humedad para las plantas es muy pequeña en contra de lo que sucede en el riego por superficie o en el riego por aspersión. Su función principal es la de ser soporte físico de las plantas así como proporcionar el agua y los *nutrientes* pero en un volumen reducido.

Es muy conveniente que la aplicación del agua y los fertilizantes al suelo, se realice en **cantidades pequeñas y con alta frecuencia**, es decir, el número de riegos en una campaña es elevado y en cada uno de ellos se aporta una cantidad de agua reducida. De esta forma se intenta que el contenido de agua en el suelo se mantenga en unos niveles casi constantes, **evitándose así grandes fluctuaciones de humedad del suelo** que suelen producirse con otros métodos de riego, como aspersión o superficie, y que pueden afectar reduciendo la producción del cultivo. Ello permite que el agua esté permanentemente en el suelo en unas óptimas condiciones para ser extraída por la planta.

En algunos casos, como en olivar o frutales, la alta frecuencia puede crear problemas de anclaje del sistema radicular al suelo o falta de resistencia en periodos de sequía o en aquellos periodos en que no se pueda dotar a la plantación de toda el agua que necesite, por lo que habrá que estudiar frecuencias más bajas y dotaciones más altas a fin de aumentar el bulbo húmedo.

Los riegos localizados se pueden agrupar según el caudal que proporcionan los emisores de riego. Suele englobarse con el término **“riego por goteo” a todos los riegos localizados en los que se aplica bajo caudal**, utilizando los emisores denominados **goteros, tuberías goteadoras, o tuberías exudantes**. Los **riegos localizados de alto caudal** pulverizan el agua, que se distribuye a través del aire hasta el suelo y suelen aplicarse con los emisores denominados **microaspersores y difusores**.

1.2 Descripción general del método de riego

Este método de riego facilita un **ahorro importante de agua** con respecto a otros (superficie y aspersión). El mayor o menor ahorro se fundamenta en general en:

- La posibilidad de controlar fácilmente la *lámina de agua aplicada*.
- La reducción, en la mayoría de los casos, de la evaporación directa.
- La ausencia de *escorrentía*.
- El aumento de *uniformidad de aplicación*, al reducir la *filtración profunda* o percolación.

Para que estas ventajas sean efectivas, es preciso que los componentes tengan un diseño adecuado y los materiales con que están fabricados sean de buena calidad. De no ser así, la inversión realizada en la instalación probablemente no produzca ventajas sustanciales.

La aplicación localizada y frecuente de agua **evita en muchos casos el daño por salinidad en las plantas**, ya que las *sales* se encuentran muy poco concentradas en la zona de actividad de las raíces. De hecho las sales se concentran en zonas no accesibles por las raíces de las plantas, mientras que se mantienen **diluidas en la zona de actividad radicular**. Por ello, el riego localizado es la única posibilidad de riego para cultivos muy sensibles a aguas de mala calidad.

Dado que se moja sólo una parte del suelo, se consigue reducir la infestación por malas hierbas y se hace más simple su control. Sin embargo, es necesario realizar un **seguimiento de la aparición de**



malas hierbas en la zona de suelo humedecida, principalmente cuando el cultivo está en fase de crecimiento o en fase juvenil. Por otro lado, puede haber un ahorro de labores de cultivo, ya que en las zonas secas no crecen malas hierbas.



Figura 2. Aparición de malas hierbas en la zona humedecida por el riego.

Las instalaciones de riego localizado no sólo permiten aplicar el agua a los cultivos, sino que ofrecen la **posibilidad de aportar fertilizantes y otros productos fitosanitarios** (insecticidas, fungicidas, etc.). En este caso, es el agua la que se encarga de hacer llegar los fertilizantes hasta las raíces de la planta, bien de forma continuada o intermitente. Para que esta técnica sea eficaz es indispensable disponer de un sistema de riego bien diseñado y con buenos materiales con objeto de **aplicar el agua con alta uniformidad**. Esto permitirá suministrar la misma dosis de abono en todos los puntos, cubriendo así sus necesidades, evitando pérdidas innecesarias y reduciendo los efectos medioambientales negativos.

Otra ventaja de tipo económico que alcanza valores importantes con este tipo de riego, es la reducción de mano de obra en la aplicación de agua en la parcela. Además, la aplicación localizada del agua supone que prácticas culturales como la eliminación de malas hierbas, tratamientos manuales, poda, recolección, etc., no se vean dificultadas por el riego. De esta forma el calendario de labores no tiene que ser modificado por el riego. En cultivos frutales u hortícolas, donde **con frecuencia la recolección ha de adaptarse a la demanda de los mercados**, puede resultar especialmente importante la no interferencia del riego con la recolección.

La **uniformidad en el reparto del agua en riego localizado** depende principalmente del diseño hidráulico de la red y **no de las características del suelo ni de las condiciones climáticas** (especialmente el viento), dando en general buena *uniformidad de aplicación* para pequeñas diferencias de presión que puedan ocurrir en la red. La *eficiencia de aplicación* del agua **puede ser elevada si el diseño y el manejo son correctos**.

La inversión inicial en este tipo de riego suele ser elevada, y su coste depende del cultivo, de la modalidad de riego elegida, de la calidad del agua de riego y su exigencia de filtrado, del equipo de filtrado, del equipo de fertirriego, del grado de automatización de la instalación, etc. La buena elec-



ción de equipos repercute en una disminución de costes de mano de obra y mantenimiento, ya que, por ejemplo, **un buen equipo de filtrado reducirá la posibilidad de obturaciones en la red y la frecuencia de las operaciones de mantenimiento** y por tanto se reducirán los costes del sistema.

En el riego localizado hay que prestar especial interés en el mantenimiento de la red, debido fundamentalmente a la obstrucción de emisores. Por este motivo el agua debe ser siempre filtrada, recomendándose un estricto control para que no se dificulte la aplicación correcta tanto del agua y del abono como de otros productos fitosanitarios. **Si los problemas de obstrucción no son detectados con rapidez, pueden ocasionarse serios perjuicios en el cultivo** y disminuciones en la producción.

En este tipo de riego no es necesaria la nivelación del terreno, siendo **muy adecuada para cultivos en línea** y poco recomendada para cultivos que ocupan toda la superficie del terreno, como por ejemplo la alfalfa.



Figura 3. El riego localizado está especialmente recomendado en cultivos en línea.

1.3 El bulbo húmedo. Manejo del bulbo en condiciones de salinidad

El **bulbo húmedo** es la parte de suelo humedecida por un emisor de riego localizado. Los emisores de riego localizado aplican el agua sobre el suelo donde se forma un pequeño **charco**; a medida que avanza el riego, el bulbo húmedo se hace cada vez más grande, pero a su vez el suelo se humedece más, la *velocidad de infiltración* del agua disminuye y con ello el bulbo húmedo aumenta su tamaño más despacio.





Figura 4. El bulbo húmedo en riego localizado.

La forma del bulbo húmedo está condicionada en gran parte por el **tipo de suelo**. En los suelos pesados (de *textura* arcillosa), la velocidad de infiltración es menor que en los suelos ligeros (de *textura* arenosa), lo que hace que el charco sea mayor y el bulbo se extienda más horizontalmente que en profundidad. Si se aplica la misma cantidad de agua en tres suelos con *textura* diferente, la forma del bulbo variará aproximadamente de la siguiente manera:

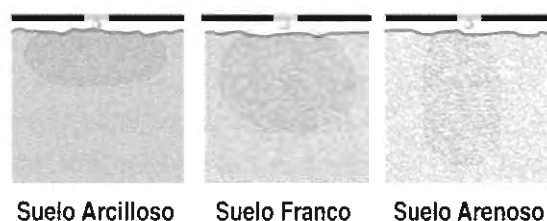


Figura 5. Efecto de la *textura* del suelo en la forma del bulbo húmedo.

Para que el bulbo moje una determinada superficie de suelo y el agua pueda ser absorbida por las raíces de las plantas adecuadamente, es importante tener en cuenta cómo se extiende el bulbo horizontalmente. La extensión horizontal del bulbo **no se puede aumentar indefinidamente incrementando el caudal del emisor** ni el tiempo de riego, y para conseguir una extensión de agua adecuada hay que actuar sobre el número de emisores que se colocan en las cercanías de las plantas. Por otra parte, la profundidad del bulbo estará relacionada con la velocidad de infiltración del suelo y con el tiempo de aplicación. Por ello, es preciso tener en cuenta los factores que afectan a la forma del bulbo húmedo para decidir el **número de emisores a colocar y el caudal que deben suministrar** para que se produzca una buena distribución del agua en el suelo.



MANEJO DEL BULBO EN CONDICIONES DE SALINIDAD

El movimiento de las sales en el suelo depende del movimiento del agua. En el riego localizado, el agua se distribuye en el perfil del suelo formando un círculo más o menos alargado alrededor del emisor, y este mismo patrón también lo seguirán las sales que se acumulan en el suelo. El régimen de sales se ve afectado por la **alta frecuencia** con la que se aplican estos riegos así como por la **localización puntual del agua**.

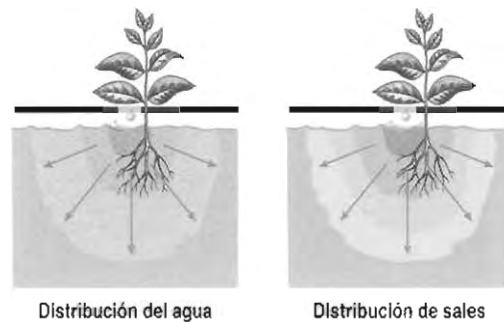


Figura 6. Movimiento y distribución del agua y las sales en el suelo.

Tras la aplicación de un riego, tanto las sales que contenía el suelo como las aportadas por el agua de riego se encuentran disueltas. La *evaporación* y *transpiración* hacen que la humedad del suelo sea cada vez menor y la concentración de sales aumente hasta que se aplica el riego siguiente. Cuanto mayor sea el tiempo entre riegos, mayor será la salinidad del suelo, pero los riegos frecuentes permiten mantener alta la humedad del suelo y baja la concentración de sales. El riego localizado es, por tanto, **muy recomendable cuando el agua de riego sea salina**.

La **distribución de sales bajo el emisor** de riego localizado presenta tres zonas características bien diferenciadas: una zona muy lavada debajo de él, otra de baja salinidad que la rodea y, por último, una zona donde se acumulan las sales en la **periferia del bulbo** y sobre todo en la superficie del suelo. Alrededor del bulbo puede observarse una **zona blanquecina de forma circular** que se forma debido a que el agua que se evapora no lleva consigo las sales, por lo que van acumulándose próximas a la superficie.



Figura 7. Distribución típica de las sales en riego localizado.

Cuando el volumen de agua aplicado con el riego es mayor, **aumenta la zona de intenso lavado y la zona de acumulación de sales se aleja del centro del bulbo**, con lo que se evita que las raíces entren en contacto con zonas de elevada salinidad. Este objetivo es el que se persigue aplicando junto con el riego **una cantidad de agua extra denominada *fracción de lavado***, que es el porcentaje de agua extra con respecto al agua de riego aplicada. Cuando llueve copiosamente, el agua de lluvia también contribuye al lavado de sales. Si se producen lluvias de baja intensidad, se corre el riesgo de que las sales se muevan hacia zonas de menor salinidad donde abundan las raíces, por lo que es conveniente **no detener el riego en presencia de lluvias ligeras**.

En cultivos anuales puede ocurrir que en la siembra del año siguiente las semillas queden en las zonas superficiales muy salinizadas con los riegos del año anterior, lo que puede afectar a la germinación y crecimiento de la planta joven, por lo que **es preciso controlar con detalle el lugar de siembra**.

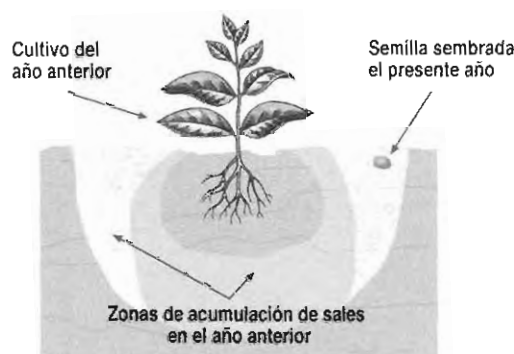


Figura 8. En cultivos anuales es preciso controlar la siembra para no poner la semilla en zonas de acumulación de sales originadas en los riegos de año anterior.

LAVADO DE SALES EN EL RIEGO LOCALIZADO

El **lavado de sales** consiste en la **disolución por el agua de las sales del suelo y su desplazamiento hacia capas más profundas**, fuera del alcance de raíces. Por sus especiales características, el riego localizado requiere un manejo especial del lavado. En caso de disponer de agua suficiente conviene que los lavados sean frecuentes, y en general se aconseja que cada riego lleve una dosis de agua de lavado.

El cálculo de las **necesidades de lavado** se realiza en función de la **salinidad del agua de riego** y el **umbral de tolerancia** de los cultivos a la salinidad. La **tolerancia a la salinidad** es la capacidad del cultivo de soportar el exceso de sales en la zona radicular, y no es un valor exacto para cada cultivo sino que depende de numerosos factores como el tipo de sal, clima, estado de desarrollo del cultivo, régimen de riego y manejo del suelo. El **umbral de tolerancia a la salinidad** es aquella cantidad de sales por encima de la cual el cultivo sufre reducciones en su crecimiento y producción con respecto a condiciones no salinas, y suele darse en milimhos por centímetro (mmho/cm) o decisiemens por metro (dS/m).

RIEGO POR GOTEO

Es el sistema de riego localizado más popular, según el cual **el agua circula a presión por la instalación** hasta llegar a los emisores o *goteros*, en los que **pierde presión y velocidad, saliendo gota a gota**. Son utilizados normalmente en cultivos con marco de plantación amplio (olivar, frutales, etc.) aunque también se usan en cultivos en línea (algodón, coliflor, repollo, patata, etc.).



Figura 11. En el riego por goteo el agua se aplica gota a gota.

Los goteros suelen trabajar a una presión próxima a $1\text{Kg}/\text{cm}^2$ (Kilogramos/centímetro cuadrado, conocido popularmente por “kilos”) y suministran caudales entre 2 y 16 litros/hora. Lo más frecuente es que las *tuberías laterales* y los goteros estén situados sobre la superficie del suelo, y el agua se infiltre y distribuya en el subsuelo. Es el **riego por goteo en superficie**. En el sistema de riego por goteo el agua penetra en el suelo por un punto, distribuyéndose en todas las direcciones.



Figura 12. Riego por goteo en superficie.

En ocasiones las tuberías laterales se entierran entre 20 y 70 centímetros y los goteros aportan el agua a esa profundidad, conociéndose entonces por **riego por goteo subterráneo**. La profundidad de enterrado del lateral portagoteros dependerá del cultivo y del tipo de suelo. Este sistema se basa en la utilización de franjas continuas de humedad con lo que se pretende garantizar una buena uniformidad en el riego. Sin embargo, tiene como principal inconveniente la obstrucción de los goteros y la dificultad de detectar fallos en el funcionamiento de éstos así como de su reparación.

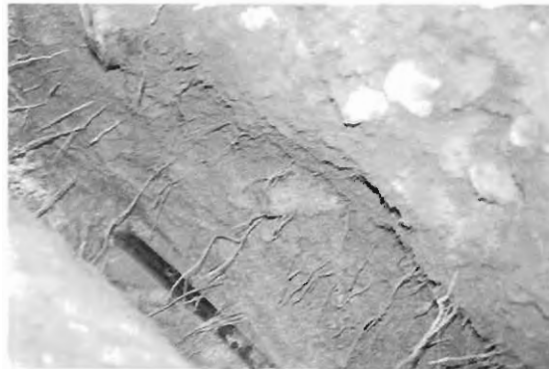


Figura 13. Riego por goteo subterráneo.

RIEGO POR TUBERÍAS EMISORAS

El riego por tuberías emisoras se caracteriza por la instalación de estos elementos sobre la superficie del suelo **creando una banda continua de suelo humedecido** y no en puntos localizados como en riego por goteo. Su uso más frecuente es en cultivos en línea con muy poca distancia entre plantas. Las más utilizadas son las **tuberías goteadoras** y las **tuberías exudantes**.



Figura 14. Con el riego por tuberías emisoras se consigue generar una banda continua de humedad en el suelo.



Autoevaluación

1. En el riego localizado el agua se aplica al suelo de manera que sólo se moja una parte del suelo, pero ¿con qué frecuencia debe regarse?
 - a) Una vez al mes en caso de existir temperaturas elevadas
 - b) Solo para riegos de socorro
 - c) Regando muchas veces en poco tiempo
 - d) Una vez a la semana aplicando grandes volúmenes de agua
2. La aplicación localizada y frecuente de agua que se realiza en el riego localizado disminuye el daño de salinidad en las plantas.
Verdadero/Falso
3. En el riego localizado, la uniformidad en el reparto de agua suele ser en general buena. ¿De qué factores depende, principalmente, que la uniformidad sea más o menos elevada?
 - a) Diseño hidráulico de la red
 - b) Características del suelo
 - c) De las condiciones climáticas
 - d) Ninguno de los anteriores
4. Para que la aplicación de los abonos y otros productos fitosanitarios disueltos en el agua de riego sea eficaz, es indispensable disponer de un sistema de riego que permita aplicar el agua con gran uniformidad.
Verdadero/Falso
5. La parte de suelo humedecida por un emisor de riego localizado se denomina
 - a) Suelo mojado
 - b) Volumen de agua aplicado
 - c) Bulbo húmedo
 - d) Zona saturada
6. ¿De qué factores depende la forma del bulbo húmedo que se forma aplicando el agua de forma localizada?
 - a) Tipo de suelo, tiempo de riego y caudal del emisor
 - b) Tipo de cultivo
 - c) Solamente del caudal del emisor
 - d) Calidad de agua aplicada
7. ¿Cómo se denomina a la cantidad de sales por encima de la cual el cultivo sufre reducciones en su crecimiento y producción con respecto a condiciones no salinas?
 - a) Límite salino
 - b) Umbral de tolerancia a la salinidad
 - c) Necesidades de lavado
 - d) Salinidad del agua de riego
8. El lavado de sales consiste en la disolución por el agua de las sales del suelo y su desplazamiento hacia capas más profundas, fuera del alcance de raíces. El cálculo de las necesidades de lavado se realiza en función de:
 - a) Tipo de suelo
 - b) Volumen de agua a aplicar
 - c) La salinidad del agua de riego y el umbral de tolerancia de los cultivos
 - d) Climatología
9. ¿Qué emisores de riego localizado distribuyen el agua en forma de lluvia muy fina?
 - a) Goteros
 - b) Microaspersores y microdifusores
 - c) Cintas de exudación
 - d) Tuberías goteadoras



2.1 Introducción

Una instalación de riego localizado consta básicamente de tres tipos de componentes: **el cabezal de riego, la red de distribución** de agua y los **emisores**.

El agua de riego debe entrar en el sistema dotada de la presión necesaria para hacer funcionar correctamente a la instalación. El camino que sigue después hasta que se pone a disposición del cultivo es el siguiente: **entra al cabezal de riego** que está compuesto por una serie de elementos que la filtran y tratan, es decir ajustan su calidad a los requerimientos tanto del sistema de riego como del cultivo; entonces **pasa a la red de distribución de la instalación** donde es repartida a través de tuberías y elementos accesorios a las diferentes unidades y subunidades a regar; **finalmente sale por los emisores de riego**, que la aportan al suelo de donde podrá ser extraída por las plantas.

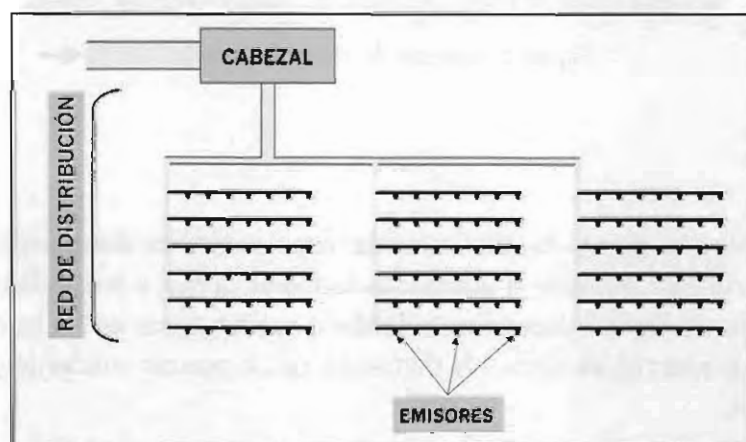


Figura 2. Esquema general de una instalación de riego localizado.

Aún cuando el tamaño, el nivel de tecnificación o, por ejemplo, el cultivo a regar son muy variables en las diferentes instalaciones de riego localizado, por regla general en todas ellas se utilizan componentes muy similares. Como es lógico, el tipo, coste, grado de sofisticación, automatización, etc. de estos componentes es distinto y el uso de uno u otro dependerá de la inversión que pueda soportar el cultivo o de los requerimientos técnicos que precise. Sin embargo, **el uso de materiales y componentes fiables y de buena calidad suele ser rentable a largo plazo** aunque la inversión inicial sea algo más elevada. Además, se reduce el riesgo de que la instalación no funcione según está diseñada y el cultivo se pueda ver afectado y disminuya su producción.

2.2 El cabezal de riego localizado

Se entiende por **cabezal de riego** al conjunto de elementos destinados a **filtrar, tratar, medir y suministrar** el agua a la red de distribución.



Figura 1. Cabezal de riego localizado.

En los sistemas de riego localizado lo usual es contar con un **sistema de bombeo** que dota al agua de la presión necesaria para alcanzar el punto más lejano de la red, y puede formar parte del cabezal o estar alojado en un lugar independiente. También existen casos en los que el agua llega a la instalación a través de una red de riego a la demanda, con la presión suficiente, por lo que este sistema no es necesario.

El **sistema de filtrado es el componente principal del cabezal**, compuesto por distintos tipos de filtros con los que se pretende eliminar las partículas y elementos que lleva el agua en suspensión y



pueden ocasionar **obturaciones** en cualquier parte de la red de riego, principalmente en los *emisores*. El cabezal suele contar también con un **equipo de fertirriego** para añadir el *fertilizante* al agua; en ocasiones, el equipo fertilizador se emplea también para incorporar al agua de riego algún elemento fitosanitario, herbicida, plaguicida, etc.

SISTEMA DE FILTRADO

La **obturación de los emisores** es uno de los problemas más importantes de los sistemas de riego localizado. Suele producirse por **partículas minerales** (arena, limo y arcilla), **partículas orgánicas** (algas, bacterias, restos de plantas o animales), y **sales precipitadas** que provienen de los fertilizantes añadidos, o las que están presentes en el agua de riego. Si se producen obturaciones, el coste de mantenimiento de la red será mayor, la duración de los componentes de la instalación se verá reducida y el agua de riego se aplicará con menor *uniformidad*.

Para evitar las obturaciones se colocan una serie de filtros en el cabezal. Si el agua de riego acarrea gran cantidad de sólidos en suspensión es conveniente **efectuar un prefiltrado a la entrada del cabezal**, con objeto de evitar una limpieza demasiado frecuente del equipo de filtrado. Para realizar el prefiltrado suelen instalarse uno o varios **hidrociclones**, que se utilizan para separar principalmente las partículas de arena y elementos sólidos más pesados que el agua. Si el agua llega al cabezal sin presión, el mejor sistema para eliminar sólidos en suspensión son las balsas o los depósitos de decantación.



Figura 3. Hidrociclón.

Una vez que las partículas más gruesas se han eliminado, el agua pasa por el **equipo de filtrado** y quedará así lista para su distribución por la red. Debe conocerse la capacidad de filtrado del sistema, ya que si el conjunto de filtros está en **paralelo**, la capacidad será la suma de las capacidades



de cada uno de ellos, y si están en **serie**, ésta será la del filtro de menor capacidad. Así, conocida la capacidad de filtrado se sabrá cuántos filtros hay que instalar en paralelo o en serie dependiendo del caudal que debe circular por la red. **Los filtros más usuales en un equipo de filtrado son:**

- **Filtros de arena:** se usan principalmente para **retener las partículas orgánicas en suspensión**. Son depósitos llenos de arena o grava por la que circula el agua quedando ésta parcialmente limpia. Tienen gran capacidad de acumulación de suciedad.



Figura 4. Batería de filtros de arena.

- **Filtros de malla:** retienen todo **tipo de sólidos en suspensión**. Las impurezas se retienen en la superficie de unas mallas dotadas de orificios de pequeño tamaño, fabricadas en material no corrosivo (acero o plástico).



Figura 5. Filtro de malla. Obsérvese la colocación de manómetros a la entrada y salida del filtro para controlar la pérdida de presión.

- **Filtros de anillas:** su función es también la de **atrapar todo tipo de sólidos en suspensión.** Las impurezas quedan atrapadas entre unas anillas ranuradas que se encuentran agrupadas y ajustadas unas contra otras en un cartucho insertado en la carcasa del filtro.

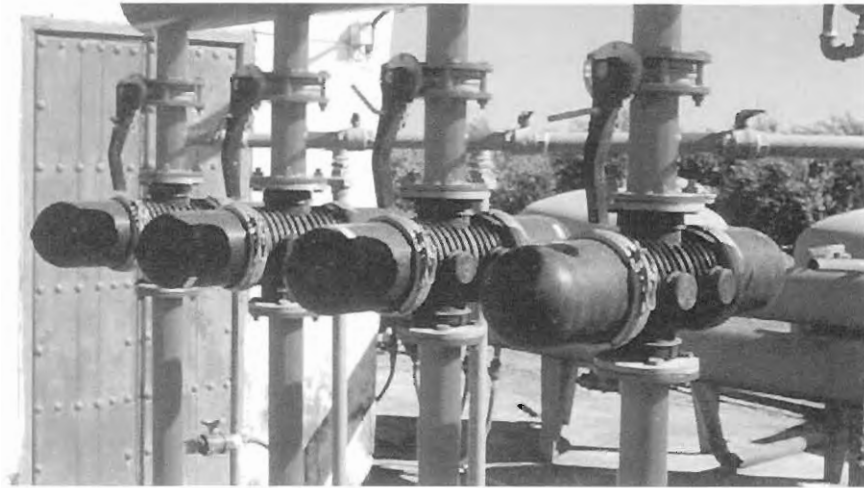


Figura 6. Batería de filtros de anillas.

Actualmente existen en el mercado **filtros de malla o anillas autolimpiantes** que incluyen un mecanismo de inversión del flujo y aprovechan la misma presión del agua para expulsar la suciedad a un circuito de drenaje.



Figura 7. Batería de filtros de malla autolimpiantes.

UTILIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE FILTRADO

Si el agua proviene de un pozo:

Lo usual es que no lleve algas en suspensión (al no recibir directamente la luz solar), con lo cual **no es necesario disponer de un filtro de arena**. Sin embargo, el agua puede llevar partículas de arena o limo por lo que deben colocarse uno o varios **hidrociclones** a la entrada al cabezal para eliminar estas partículas sólidas.

El **hidrociclón** tiene un cuerpo cilíndrico en el que el agua entra de forma lateral y va girando hacia abajo con un movimiento circular rápido por las paredes del cuerpo cónico situado en la parte inferior. Debido a la fuerza centrífuga, las partículas más pesadas que el agua chocan contra las paredes del filtro y caen a un depósito situado bajo el cuerpo cónico. **El agua limpia asciende por un conducto interior y continúa camino fuera del filtro**. La *pérdida de carga* (diferencia de presión entre la entrada y la salida) en los hidrociclones está en torno a 0.3-0.5 kilogramos/centímetro cuadrado (usualmente se utiliza el término “kilos”), y se mantiene constante con el tiempo **sin depender de la suciedad que haya acumulado**. Es el único filtro que no debe sobredimensionarse para que el agua alcance la velocidad adecuada y la limpieza se realice eficazmente.



Figura 8. Esquema del funcionamiento de un hidrociclón.

A continuación del hidrociclón se instala el equipo de fertirriego (si no es necesario un filtro de arena) y posteriormente uno o varios filtros **de malla o de anillas** (a elección del usuario) que tienen una utilidad y funcionamiento muy similar. Este orden debe ser invariable, para que los filtros de mallas o anillas retengan los precipitados o impurezas del abono.

La malla filtrante del filtro de malla deberá elegirse **en función del tamaño del conducto del emisor**, es decir, cuanto más estrecho sea el conducto por el que debe salir el agua, más pequeño deberá ser el tamaño de los orificios de la malla, para que filtren incluso las partículas más pequeñas. El



tamaño de dichos orificios se mide por el **número de mesh** (número de orificios en una pulgada) teniendo en cuenta que a mayor número de mesh, menor es el diámetro de los orificios. En general se recomienda que el tamaño de los orificios de la malla **no sea superior a 1/10 (la décima parte) del tamaño del conducto del emisor**, y **no poner mallas de más de 200 mesh** ya que se obstruyen con mucha frecuencia.

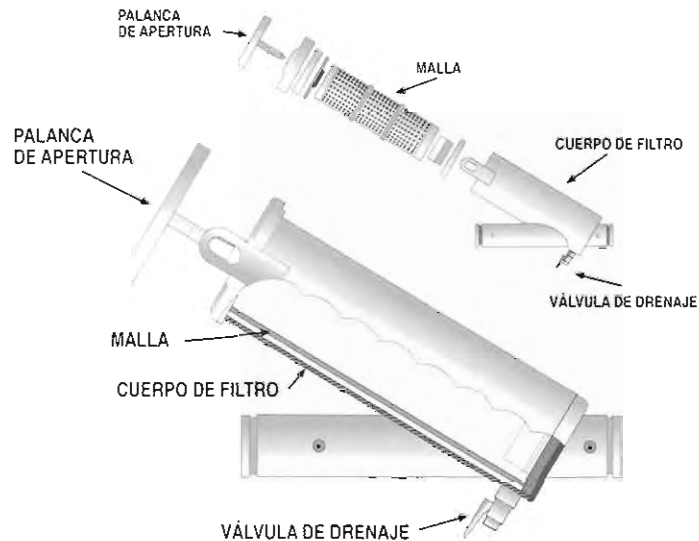


Figura 9. Esquema de un filtro de malla y sus principales componentes.

Relación entre el número de mesh y el tamaño de los orificios de la malla					
Número mesh	Orificio (milímetros)	Número mesh	Orificio (milímetros)	Número mesh	Orificio (milímetros)
4	4.7	14	1.18	60	0.25
5	4.0	16	1.0	80	0.18
6	3.35	20	0.85	100	0.15
7	2.8	24	0.75	115	0.12
8	2.36	28	0.6	150	0.1
9	2.0	32	0.5	170	0.09
10	1.7	35	0.42	200	0.075
12	1.4	42	0.35	250	0.063

La capacidad de filtrado de un filtro de anillas depende del número de ranuras que tengan las anillas y del tamaño de dichas ranuras. El tipo de anillas a colocar en el filtro también **depende del diámetro de salida de agua en los emisores**, siguiendo el mismo criterio que para los de malla. Para poder distinguirlas con facilidad, las anillas se fabrican en diversos colores según sea el tamaño de paso:



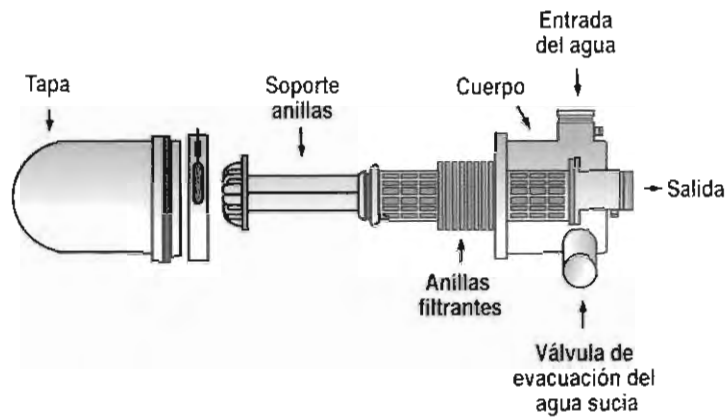


Figura 10. Esquema de un filtro de anillas y sus principales elementos.

Color de las anillas	Número de mesh	Tamaño de paso (milímetros)
Blanco	18	0.8
Azul	40	0.4
Amarillo	80	0.2
Rojo	120	0.13
Negro	140	0.12
Verde	200	0.08
Gris	600	0.025

Los filtros de malla y los de anillas, cuando están limpios, generan una *pérdida de carga* en torno a los 0.2-0.3 kilogramos/centímetro cuadrado. **El momento de efectuar la limpieza se sabe colocando manómetros a la entrada y salida del filtro**, siendo entonces la diferencia de presiones máxima recomendada de 0.5 “kilos”. La limpieza de ambos tipos de filtros se realiza desmontando el equipo, es decir abriendo la carcasa, extrayendo el elemento filtrante (malla o anillas) y lavándolas con agua a presión y un cepillo. Además, existe la posibilidad de automatizar la limpieza de este tipo de filtros mediante un sistema de contralavado, en el que el flujo del agua se invierte arrastrando toda la suciedad hacia el exterior.

Si el agua procede de un embalse o depósito:

En estos casos lo más probable es que el agua tenga contacto con la luz solar y por lo tanto lleve algas, bacterias y otras sustancias orgánicas en suspensión, pero que no tenga cantidades importantes de arena o limos en suspensión ya que estos, si se hace un buen manejo del agua, se habrán depositado en el fondo. Por lo tanto, no son necesarios los hidrociclones pero es imprescindible colocar uno o varios **filtros de arena** a la entrada del agua en el cabezal, que además podrán eliminar parte de los limos y arcillas que estén en suspensión.

Los filtros de arena son tanques metálicos o de plástico rellenos de arena o grava. El agua entra por arriba o lateralmente, pasa por la capa de arena y sale limpia por abajo donde es recogida por unos colectores que la envían hacia la salida. Cuando están limpios generan una pérdida de carga entre



0.1 y 0.35 “kilos” aproximadamente. Tienen gran capacidad de acumulación de suciedad y su lavado debe realizarse cuando la diferencia de presión entre la salida y la entrada del filtro alcance **como máximo 0.5-0.6 “kilos”**.

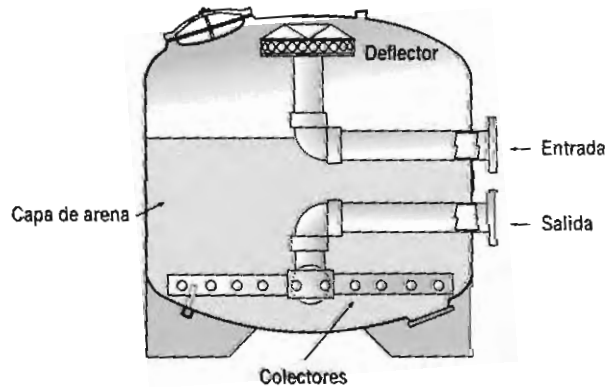


Figura 11. Sección esquemática de un filtro de arena.

La arena a utilizar debe ser **silíceas, uniforme y con un tamaño igual al de paso del agua en el emisor**, con objeto de retener partículas de ese tamaño que pudieran provocar obturaciones. Los filtros de arena no deben instalarse después del equipo de fertirriego para evitar que proliferen microorganismos en la arena.

Para limpiar estos filtros es preciso **invertir el flujo del agua en uno de los filtros** de forma que el agua entra por abajo, arrastra toda la suciedad y sale por arriba desaguando por un circuito auxiliar. Es conveniente utilizar dos filtros de arena de menor capacidad, colocados en paralelo, que uno solo con el doble de capacidad. De esta manera, el agua filtrada por uno de los filtros se utiliza para limpiar el otro. La operación de lavado, además de limpiar la suciedad de la arena, sirve para removerla y evitar que se compacte o se formen grietas.

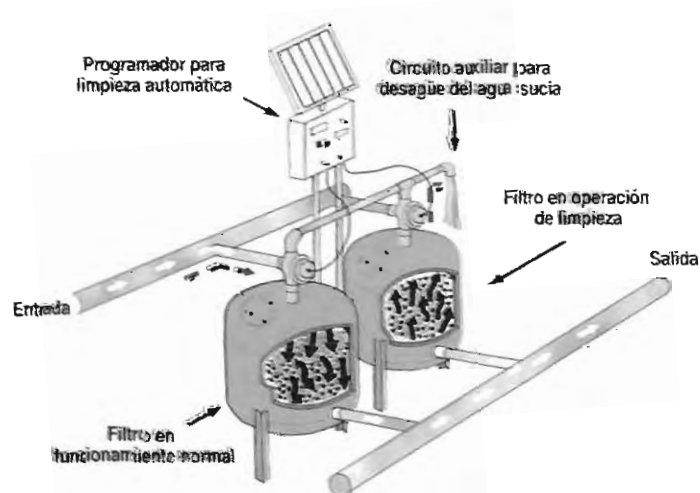


Figura 12. Representación esquemática del proceso de limpieza de un filtro de arena invirtiendo el flujo de agua.

Además de estas dos posibilidades según el origen del agua, **como norma general** el equipo de filtrado se coloca al principio del cabezal, antes del equipo de fertirriego. Deben disponerse filtros de malla o anillas después del equipo de fertirriego para eliminar sales precipitadas que se forman al mezclarse los fertilizantes con el agua. Además, es bastante conveniente colocar al menos un filtro de malla o anillas en determinados puntos de la instalación para eliminar posibles suciedades que se acumulan a medida que el agua circula por las tuberías y piezas especiales. Por ejemplo, deben colocarse al inicio de las tuberías secundarias o de las terciarias. Sin embargo, siempre después de un filtro de arena, se dispondrá uno de malla o de anillas.

SISTEMA DE FERTIRRIEGO

La **fertirrigación** es una práctica imprescindible cuando se riega de manera localizada. Consiste en la distribución del fertilizante a través del agua de riego. Es una práctica bastante sencilla y usual en riego localizado para **aportar al cultivo los elementos nutritivos** necesarios para un desarrollo adecuado.

Lo más usual es que los elementos del sistema de fertirriego se instalen en el cabezal. Sin embargo, en determinadas ocasiones se colocan en cabecera de cada *unidad de riego* si el sistema riega diferentes cultivos con distintas necesidades de abonado. Es indispensable que el equipo de fertirriego se instale **después del sistema de filtrado basto** (hidrociclón o arena) y antes de la unidad de filtro de malla o anillas.

Los **equipos de fertirrigación** más usados son:

- **Tanques de fertilización:** son depósitos conectados en paralelo a la red de distribución. El fertilizante se incorpora al agua por diferencia de presión entre la salida y la entrada.
- **Inyectores tipo Venturi:** consisten en un tubo conectado en paralelo a la tubería principal con un estrechamiento donde se produce una succión que hace que el fertilizante pase a la red.
- **Inyectores:** son dispositivos que introducen la solución contenida en un depósito accionando una bomba eléctrica o hidráulica.

UTILIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE FERTIRRIEGO

Los tanques son baratos pero presentan problemas de uso por su poca uniformidad de aplicación. Son depósitos de distinto tamaño (normalmente 50-150 litros) con la solución fertilizante en su interior. Para su funcionamiento se deriva una cantidad de agua de la red principal y se hace pasar por el interior del tanque, el agua se va mezclando con el fertilizante y, arrastrando parte de éste, se incorpora de nuevo a la red principal. Con el paso del agua la concentración disminuye, es decir, **el fertilizante no se aporta en cantidad constante con el tiempo**. Por ello se usan cuando se riega de una sola vez todo el sistema. Si se riegan de forma simultánea varias unidades de riego, será necesario preparar un nuevo tanque fertilizante al inicio del riego de cada una de ellas.



Figura 13. Fertilización usando un tanque fertilizante.

Los **inyectores Venturi**, por su parte, son unos dispositivos muy sencillos que no requieren energía para su uso y además proporcionan el abono de forma constante a la red de riego. Sin embargo **generan una gran pérdida de carga** en la tubería donde se instalan, del orden de 0.7 a 1 Kilo, lo que limita su uso si se dispone de poca presión en la red.



Figura 14. Dispositivo Venturi para inyectar la solución nutritiva al agua de riego.

Los **inyectores eléctricos o hidráulicos** inyectan (mediante una bomba conectada al motor) la *solución nutritiva* contenida en un depósito que no está conectado a la red y por lo tanto no está



sometido a presión. Mantienen una concentración constante de fertilizante en el agua de riego que puede ser seleccionada con un dosificador acoplado al inyector.

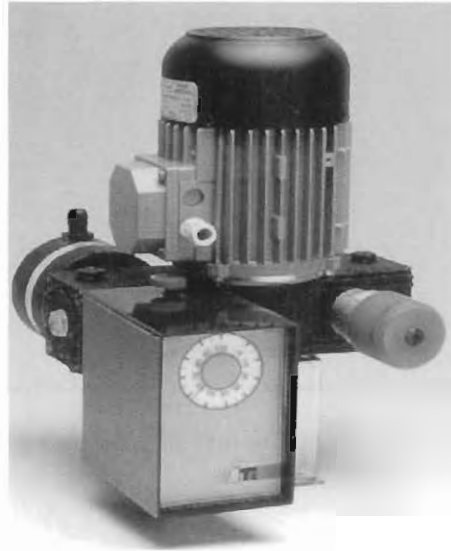


Figura 15. Inyector eléctrico de fertilizante.

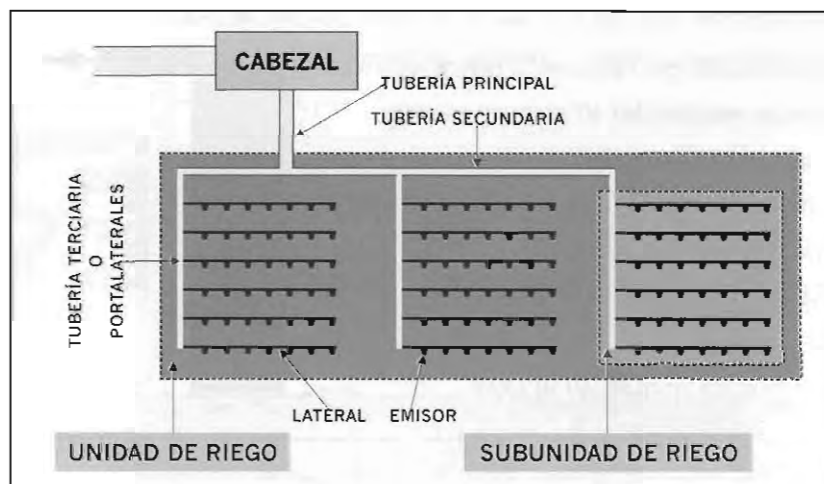
Para automatizar el fertirriego se utilizan los denominados **inyectores proporcionales o las baterías de venturis** controladas por electroválvulas que, aún cuando el caudal sea diferente en distintas *unidades de riego*, aplican la cantidad de abono suficiente para mantener una misma concentración en todo el sistema. Por ello, son muy útiles cuando es preciso que la concentración de fertilizante sea muy exacta (por ejemplo en cultivos de invernadero con alto valor económico y cultivos sin suelo). Los inyectores proporcionales pueden contar con varias salidas para incorporar distintos tipos de fertilizantes e incluso otro tipo de productos como ácidos, pesticidas, etc.

2.3 La red de distribución

La red de distribución está formada por las **tuberías**, que llevan el agua filtrada y tratada desde el cabezal, y los **elementos singulares** o piezas para adaptar la red de tuberías a la forma o configuración de la parcela a regar, por ejemplo juntas y otros accesorios.

Dependiendo de la categoría de la tubería, ésta recibe un nombre. La tubería que parte del cabezal se denomina **principal**. El área a regar se divide en **unidades de riego** según determinados criterios, superficie, cultivo, suelo, etc., siendo la tubería que abastece cada unidad de riego la denominada **secundaria**.





Las **tuberías denominadas laterales** están abastecidas por una tubería **terciaria** y es donde se encuentran colocados los emisores de riego localizado. La superficie regada por cada terciaria se llama **subunidad de riego**.

TUBERÍAS

Las tuberías que se utilizan en riego localizado son normalmente de plástico, siendo los materiales más frecuentes el **PVC** (policloruro de vinilo) y el **PE** (polietileno). Las tuberías laterales, las terciarias y normalmente las secundarias se instalan en polietileno, mientras que la tubería principal puede ser de polietileno o de PVC dependiendo de su diámetro. Las características que las hacen muy adecuadas para este tipo de instalaciones son:

- ◆ Muy ligeras, lo que facilita su manejabilidad.
- ◆ Baja rugosidad interior.
- ◆ Presentan baja alteración ante fertilizantes y otras sustancias químicas.
- ◆ Bajo coste para las presiones y caudales (bajos o medios) empleados en el riego localizado.

Las características básicas para clasificar las tuberías de plástico para riego son:

- **Presión:** presión máxima de trabajo a 20°C.
- **Presión de trabajo:** es el valor de la presión máxima interior a la que la tubería estará en servicio.
- **Diámetro:** es el diámetro exterior del tubo declarado por el fabricante.
- **Espesor:** grosor del tubo declarado por el fabricante.

La **calidad** de las tuberías es un factor clave para el correcto funcionamiento de las instalaciones. La certificación **AENOR** es el máximo indicativo de calidad ya que garantiza el cumplimiento de una normativa más estricta que las normas **UNE** (específicas para cada material). Para facilitar el uso y control de las tuberías, se marcan (cada metro en PE y cada dos metros en PVC) las siguientes características:



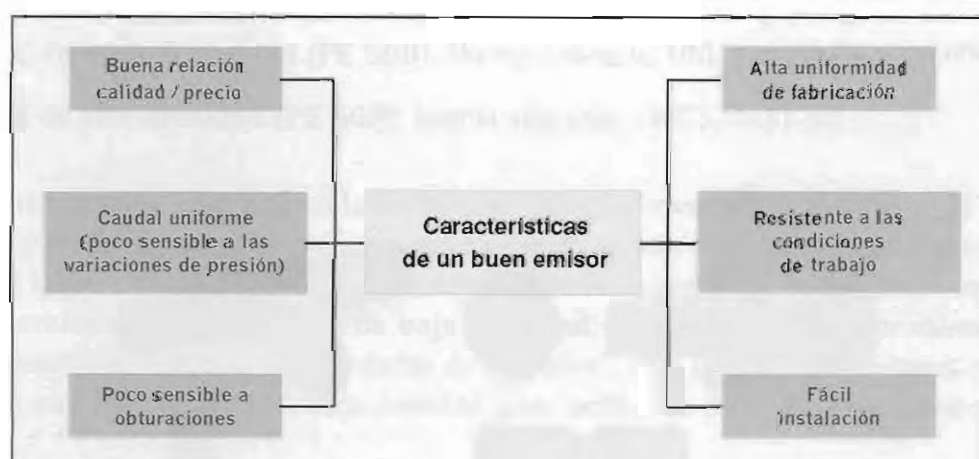


Figura 18. Cambio de diámetro en una tubería de polietileno utilizando racores de unión.

2.4 Emisores

Son los elementos de la red que **producen y controlan la salida de agua** desde los laterales. Lo más usual es que los emisores estén situados a cierta distancia unos de otros, por lo que la salida del agua se produce de manera discreta a lo largo del lateral de riego **formando los *bulbos húmedos***, sin embargo, el agua también puede aplicarse de forma continua **creándose una banda humedecida en el suelo**.

Las características o requisitos que debe cumplir un buen emisor quedan reflejadas en el siguiente esquema:



No siempre se requiere que cumplan todas las características a la vez, aunque siempre es deseable. Por ejemplo, si el agua de riego está muy sucia los emisores deberán ser muy poco sensibles a las obturaciones mientras que si el agua es limpia, esta característica puede ser menos estricta. Igualmente, en terrenos con topografía accidentada los emisores deberán compensar mejor las variaciones de presión que puedan producirse en la red de distribución que si el terreno es llano.



Las características que debe suministrar el fabricante son:

- **Presión nominal:** a la que se ha diseñado el emisor y éste debería funcionar.
- **Caudal nominal:** es el que proporciona el emisor cuando funciona a presión nominal.
- **Coefficiente de variación de fabricación:** es un dato que indica la variabilidad que se produce en el proceso de fabricación de los emisores.
- **Pérdidas de carga en la conexión.**

Sin embargo, los emisores proporcionan diferente caudal si la presión a la que están trabajando es distinta a la nominal. A su vez esa relación (representada por la **curva de gasto**) es diferente para cada tipo de emisor y **debe ser también suministrada por el fabricante** para conocer el caudal que aplica el emisor según la presión de trabajo.

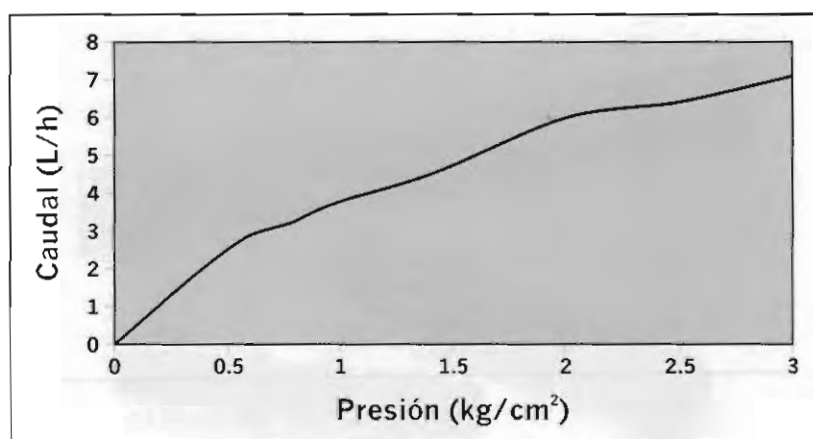


Figura 20. Curva de gasto real de un gotero, obtenida midiendo el caudal que suministra al variar la presión de trabajo.

Los emisores de riego localizado se clasifican según la forma en que aplican el agua al suelo en:

- Goteros
- Microaspersores y difusores
- Tuberías emisoras

Los **goteros y las tuberías emisoras** se consideran emisores de **bajo caudal**, aplicando en condiciones normales hasta 16 litros por hora. Los **microaspersores y los difusores** son de **alto caudal**, y emiten entre 16 y 200 litros por hora.

Al elegir el tipo de emisor más adecuado, es preciso considerar **la posibilidad de que se produzcan obturaciones** teniendo en cuenta básicamente la calidad del agua de riego y el equipo de filtrado instalado. Los goteros y tuberías emisoras son los que presentan mayor riesgo de obturación al tener menor tamaño de paso del agua y salir ésta con poca velocidad. Los microaspersores y difusores, por su parte, presentan menor sensibilidad a la obturación.

GOTEROS

Constituyen el tipo de emisores de riego localizado más usado. Son dispositivos fabricados en plástico que se colocan en las tuberías laterales y disipan la presión haciendo que **el agua salga prácticamente sin velocidad, es decir, goteando**. Trabajan a presiones próximas a 1 “kilo”. Para disipar la presión suelen tener en su interior un conducto muy ondulado o sinuoso, parecido a un laberinto.

Según la forma en que se colocan en los laterales se tienen los goteros:

- **Interlinea o insertados:** se instalan cortando la tubería y empalmando por ambos lados.
- **Pinchados:** se colocan en un orificio previamente practicado en la tubería.
- **Integrados:** se embuten en la tubería durante su proceso de fabricación.



Figura 21. Goteros interlinea y tubería con gotero interlinea instalado.



Figura 22. Gotero pinchado en una tubería lateral de riego localizado.



Figura 23. Góteros para integrar en el proceso de fabricación de la tubería y tubería con gotero integrado.

Dependiendo del tipo de curva de gasto del gotero, es decir, del caudal que suministre según la presión a la que esté trabajando, los goteros se denominan:

- **No compensantes:** el caudal cambia cuando varía la presión. A mayor presión, el caudal que suministra es mayor.

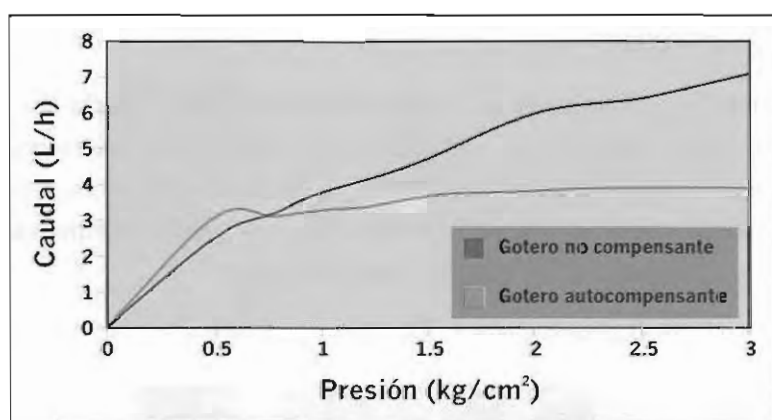


Figura 24. Curvas de gasto reales de un gotero no compensante y de un gotero autocompensante.

Obsérvese como el autocompensante suministra un caudal aproximado de 3 litros por hora en el intervalo de presiones entre 0.5 y 3 "kilos".

- **Autocompensantes:** dentro de unos límites de presión, que deben ser indicados por el fabricante, el caudal que suministra el gotero prácticamente no varía. El intervalo de presiones para el que el gotero compensa la presión se llama intervalo de compensación.

El efecto de **autocompensación** se consigue normalmente empleando una **membrana elástica** situada junto al orificio de salida del agua en el gotero. Cuando la presión aumenta, la membrana se deforma tapando parcialmente el orificio y limitando el caudal de salida; si la presión disminuye, la membrana recupera su posición, aumenta la sección de paso y así se mantiene el caudal.





Figura 25. Despiece de un gotero integrado autocompensante.

En el centro, la membrana elástica que produce el efecto de autocompensación.

Los *goteros autocompensantes* son más caros que los no compensantes, la uniformidad de fabricación suele ser menor debido a que tienen piezas móviles y además el funcionamiento de la membrana elástica suele verse afectado por la temperatura y el paso del tiempo e ir perdiendo su carácter autocompensante. Sin embargo, existen numerosas circunstancias en las que su uso está más que justificado, por ejemplo **en terrenos muy ondulados o en laterales de gran longitud**, casos en que la diferencia de presión entre los emisores más próximos a la tubería terciaria y los más alejados puede ser alta.

MICROASPERSORES Y DIFUSORES

Son emisores que **distribuyen el agua al suelo en forma de fina lluvia** sin llegar a humedecer toda la superficie del cultivo (por lo que se incluyen dentro de los emisores de riego localizado). Tanto unos como otros mojan una superficie circular con un radio normalmente menor de 3-4 metros, sin embargo también pueden aplicar el agua en sectores circulares. Están recomendados en suelos muy arenosos o cuando hay que humedecer grandes áreas de suelo.



Figura 26. Riego por microaspersión en olivar.

Los microaspersores tienen alguno de sus elementos móviles, generalmente efectuando un movimiento de rotación, mientras que los difusores tienen todas sus partes fijas. Ambos suelen trabajar a

presiones en torno a 2 “kilos”. Al igual que en los goteros, existen en el mercado microaspersores y difusores con dispositivo autocompensante; son más caros pero también están justificados cuando las parcelas de riego tienen cierta pendiente o laterales muy largos.

El uso de microaspersores en riego agrícola es más frecuente que el de difusores. **Los microaspersores más difundidos son los de bailarina**, que permiten intercambiar las piezas móviles para adaptarlas a las condiciones requeridas por el cultivo en cuestión. Se **pinchan** directamente a la tubería o bien se conectan mediante un **microtubo**. Para obtener mayores alcances del chorro de agua, suelen colocarse en **estacas de sujeción** a varios centímetros sobre el suelo.

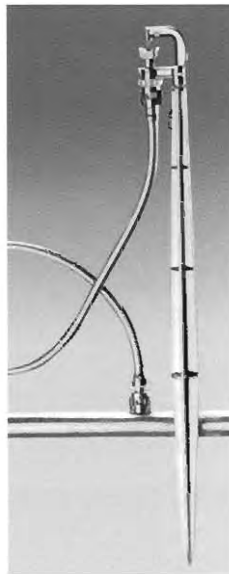


Figura 27. Microaspersor de bailarina colocado sobre una estaca y conectado a la tubería lateral mediante un microtubo.

Los difusores se emplean principalmente en jardinería e instalaciones bajo plástico, invernaderos y semilleros, dado que generan un tamaño de gota tan fino que se dispersa muy fácilmente por el viento. Para solucionar este problema, se han desarrollado unos difusores llamados **microjets** que tienen un mayor diámetro de boquilla y generan pequeños chorritos de agua, con lo que la influencia del viento en la distribución del agua es muy pequeña.

Las boquillas y deflectores de microaspersores y difusores se fabrican con códigos de color que definen su caudal, forma de área regada y alcance. En el diseño y reposición de elementos deteriorados, es necesario conocer y respetar estos colores.

TUBERÍAS EMISORAS

Son las tuberías que **conducen y aplican el agua** de forma simultánea a través de orificios practicados en el proceso de fabricación o a través de su pared porosa. Normalmente se fabrican en *polietileno (PE)* y suelen utilizarse con cultivos con marco de plantación **muy estrecho** que precisarían gran densidad de emisores, o **en cultivos en línea con objeto de crear una banda continua de humedad**.



Aunque hay gran variedad de tuberías emisoras, las más utilizadas son:

- **Tubería perforada:** son tubos de polietileno (PE) en los que se practican **orificios** espaciados regularmente. Dependiendo de la presión de trabajo, el agua puede salir **goteando** o bien en forma de pequeño **chorro**. Normalmente trabajan a presiones próximas a 1 “kilo”.
- **Tubería goteadora:** constan de dos partes diferenciadas: el tubo propiamente dicho que conduce el agua y un **laberinto que disipa la presión y produce la salida del agua gota a gota**. El funcionamiento, por tanto, es análogo al de un gotero, aunque su duración y coste son menores.



Figura 28. Tubería goteadora.

Las tuberías goteadoras presentan el inconveniente de que por tener poco espesor, pueden ser atacadas por roedores en su búsqueda de agua. Esto provoca en ocasiones multitud de pequeñas fugas que obligan a el cambio de las tuberías.

- **Tubería porosa o exudante:** el agua sale de la tubería y se aplica al suelo a través del **material poroso** con que está fabricada. Trabajan a presiones muy bajas, en torno a 0.1-0.3 “kilos”, y suministran caudales menores que otros tipos de emisores de riego localizado, aunque la **banda de humedad es completamente continua**. Presentan el inconveniente de la frecuente obturación de los pequeños poros, lo que genera menor uniformidad que el resto de emisores. Además, exigen terrenos muy nivelados para su correcto funcionamiento.



Figura 29. Tubería porosa o exudante.

Resumen

Los componentes principales de una instalación de riego localizado son el cabezal de riego, la red de distribución del agua y los emisores.

El cabezal está formado básicamente por el sistema de filtrado, con el que se realiza un prefiltrado para eliminar los elementos más gruesos y un filtrado que deja el agua libre de partículas en suspensión que pueden obstruir los emisores. Además, suele contar con el equipo de fertirriego con el que se aplican al agua los fertilizantes, si bien este mismo equipo se usa en ocasiones para tratar el agua con algún otro producto fitosanitario (plaguicida, herbicida, etc.).

La red de distribución conduce el agua desde el cabezal de riego, por una serie de tuberías (normalmente principal, secundarias y terciarias) de diferente longitud y diámetro hasta llegar a las tuberías laterales donde se encuentran los emisores. La instalación de las tuberías requiere contar con una serie de elementos accesorios que permiten acoples o uniones entre ellas denominados elementos singulares.

Los emisores de riego localizado son de muy distinto tipo, desde los de bajo caudal, goteros y tuberías emisoras, hasta los de alto caudal, microaspersores y difusores. La forma en que el agua se aplica puede ser gota a gota (goteros y tuberías perforadas o goteadoras), en forma de fina lluvia (microaspersores y difusores) o cediéndola de forma continua (tuberías exudantes). La presión de trabajo de cada tipo es distinta y también lo es el caudal que suministran según la presión a la que circula el agua (curva de gasto del emisor). Para lograr buenas uniformidades de aplicación se requiere que los emisores proporcionen caudales similares dentro de un intervalo de presiones determinado, lo que se consigue diseñando correctamente la instalación y en casos de terrenos con fuertes pendientes o irregulares, instalando emisores con dispositivo autocompensante.



Autoevaluación

1. Cuando el agua de riego lleva gran cantidad de sólidos en suspensión, es conveniente realizar un prefiltrado a su entrada al cabezal. El filtro adecuado para esta operación es un
 - a) Filtro de malla
 - b) Filtro de arena
 - c) Filtro de anillas
 - d) Hidrociclón
2. Los filtros de malla o de anillas pueden colocarse indistintamente, tras un hidrociclón o tras un filtro de arena. Sin embargo, es imprescindible instalar uno de ellos
 - a) Antes del equipo de bombeo
 - b) Tras el equipo de fertirriego
 - c) Antes de un filtro de arena
 - d) Nunca es imprescindible colocar un filtro de malla o de anillas
3. Tanto en los filtros de malla como en los de anillas, el tamaño de filtrado está determinado por el denominado número de mesh. A mayor número mesh de la malla o de las anillas, mayor será el tamaño de paso.
Verdadero/Falso
4. En referencia a los filtros de arena, se puede afirmar que
 - a) Tienen poca capacidad de acumulación de suciedad, mucho menor que la de los filtros de malla o anillas
 - b) Están destinados principalmente a filtrar partículas de tierra de gran tamaño
 - c) La arena filtrante debe ser uniforme y de tamaño igual al de paso de agua en los emisores
 - d) Deben colocarse como norma general después del equipo de fertirriego
5. El dispositivo para fertirriego que succiona el fertilizante del tanque aportándolo en cantidad constante con el tiempo se denomina
 - a) Inyector hidráulico
 - b) Inyector Venturi
 - c) Tanque fertilizante
 - d) Inyector eléctrico
6. Las tuberías más usuales de la red de distribución de las instalaciones de riego localizado son de PVC o de polietileno (PE), sin embargo las primeras sólo suelen instalarse
 - a) En los laterales
 - b) En las terciarias
 - c) En la tubería principal
 - d) A la salida del grupo de bombeo
7. Por lo general, las tuberías laterales suelen estar fabricadas en:
 - a) Polietileno de media densidad
 - b) Polietileno de baja densidad
 - c) PVC
 - d) Polietileno de alta densidad
8. La relación entre el caudal que suministra un emisor de riego localizado a unas presiones determinadas se denomina curva de gasto, y debe ser facilitada por el fabricante.
Verdadero/Falso
9. De los emisores de riego localizado, se denominan de bajo caudal a los que suministran aproximadamente hasta 16 litros por horas, es decir
 - a) Microaspersores
 - b) Difusores
 - c) Microjets
 - d) Goteros y tuberías emisoras
10. Se denominan emisores autocompensantes aquellos que suministran un caudal más o menos constante dentro de unos límites de presión determinados.
Verdadero/Falso



3.1 Introducción

En las instalaciones de riego localizado existen una serie de elementos con funciones muy diversas y distintos tipos de accionamiento (mecánico, hidráulico o eléctrico) que permiten **manejar y realizar** el riego de forma adecuada. Básicamente se trata de **elementos de medida, de control y de protección**. Es muy importante conocer su función y la forma en que trabajan para colocarlos en los lugares apropiados, saber interpretar la información que suministran y en consecuencia realizar los cambios oportunos.

Por la configuración y modo de manejo de las instalaciones de riego localizado, la aplicación del agua necesaria a cada una de las *unidades de riego* es una de las operaciones en las que se invierte mayor cantidad de tiempo. Por ello, utilizando determinadas combinaciones de elementos de medida y de control, se pueden **realizar algunas de tales operaciones de forma automática**. Asimismo, dependiendo de la complejidad de la instalación de riego y de los elementos del sistema de automatismo el grado de automatización será mayor o menor.

3.2 Elementos de la red de riego

Según la función que cumplan dentro de la red se distinguen:



ELEMENTOS DE MEDIDA

Los más usuales suelen destinarse para medir el **caudal** o el **volumen** de agua que pasa por un determinado punto de la instalación o bien la **presión** en cualquier punto del sistema. Es fundamental contar con este tipo de medidores en las instalaciones de riego localizado.

Medidores de caudal

Los **medidores de caudal** son elementos utilizados para medir la cantidad de agua que pasa en un tiempo determinado. También son útiles para descubrir la existencia de **obturaciones**, roturas o fugas de agua en determinados lugares de la instalación. Además, los **medidores de volumen, normalmente llamados contadores, permitirán realizar un riego controlado** ya que se podrá saber la cantidad de agua que se ha aplicado independientemente del tiempo que se esté regando. Los medidores de caudal o volumen más usados son los **de turbina** y los **rotámetros**.

Los **medidores de turbina** son **contadores**, es decir, indican la cantidad de agua que ha pasado por el punto de la instalación en el que están colocados. Se basan en el movimiento de una rueda de paletas que se inserta en la tubería, de forma que cada giro de la rueda implica un volumen de agua determinado que se va acumulando en un medidor. Los **medidores de turbina más usuales son los denominados Woltman**, que son bastante precisos. Suelen fabricarse para medir el volumen en tuberías con diámetros entre 50 y 300 milímetros y producen una *pérdida de carga* o diferencia de presión entre la entrada y la salida del contador entre 0.1 y 0.3 kilogramos/centímetro cuadrado (unidad conocida normalmente por “kilos”).

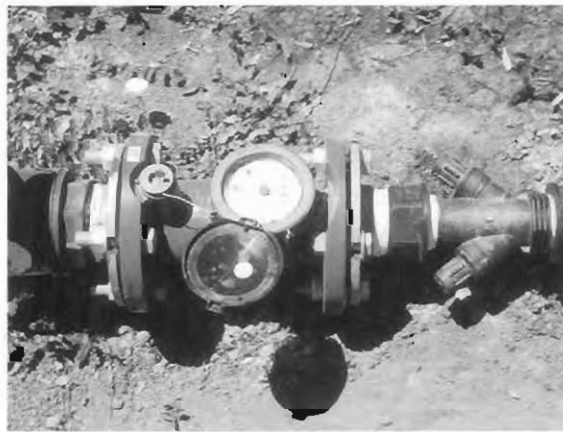


Figura 1. Contador tipo Woltman instalado en una red de riego localizado.

Por su parte, los **rotámetros** miden **caudal instantáneo**, o sea, la cantidad de agua que pasa en cada momento, insertándolos en la tubería en la que se desea medir el caudal. La diferencia con los contadores es que éstos miden la cantidad de agua que pasa por donde estén instalados en un cierto periodo de tiempo. Los rotámetros están formados por un flotador fabricado normalmente en acero inoxidable, que se mueve hacia arriba o hacia abajo “flotando” más o menos según sea el caudal, que se puede medir en una escala graduada. Suelen medir un intervalo muy amplio de caudales, desde 1 hasta 25.000 litros por hora.



Además de estos medidores de tipo mecánico, existen en el mercado algunos **contadores electro-magnéticos y de ultrasonidos**, muy precisos, pero caros, aunque si se desea automatizar el riego por volúmenes son muy recomendables.

Cuando se instala alguno de estos elementos, es conveniente hacerlo en lugares alejados de puntos de la red donde existan piezas especiales, como codos, tes o válvulas, con objeto de que no provoquen alteraciones del flujo del agua y proporcionen una medida errónea.

Medidores de presión

Con los **medidores de presión** se puede saber si algún componente está siendo sometido a presiones de trabajo mayores de las nominales y tiene riesgo de rotura, si está sufriendo una gran pérdida de carga (por ejemplo un filtro muy sucio que necesitará limpieza) o si no tiene presión suficiente para trabajar correctamente (por ejemplo un lateral de goteo que no tiene presión para que los goteros suministren el caudal nominal).

Los elementos que miden presión se denominan **manómetros**, siendo los más utilizados son los llamados **tipo Bourdon**, que son de funcionamiento mecánico. Cuando el manómetro marca cero, no existe presión. Es conveniente elegir el tipo de manómetro según el intervalo de medidas que se pretende controlar y donde se quiera instalar.



Figura 2. Manómetro tipo Bourdon.

Es **imprescindible medir la presión**, como mínimo, a la **salida del grupo de bombeo** (para saber la presión de entrada a la instalación), y a la **entrada y salida de filtros y del equipo fertilizante**. Además, debe medirse frecuentemente a la **entrada de las unidades de riego y de las tuberías terciarias**.



Figura 3. Medida de la presión a la entrada y salida de un filtro de anillas utilizando manómetros.

Sin embargo, muchas veces lo que más interesa **es conocer la diferencia de presión entre dos o más puntos de la red**, por ejemplo a la entrada y a la salida de un filtro para conocer cuándo es conveniente realizar su limpieza. Por ello, suele medirse la presión en unos puntos de conexión rápida, llamados **tomas manométricas**, utilizando un mismo manómetro para evitar que se produzcan errores debido al uso de diferentes manómetros.

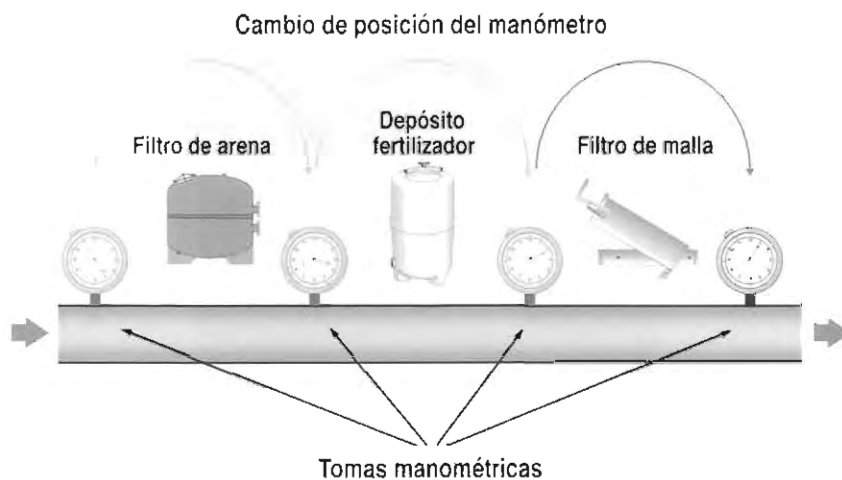
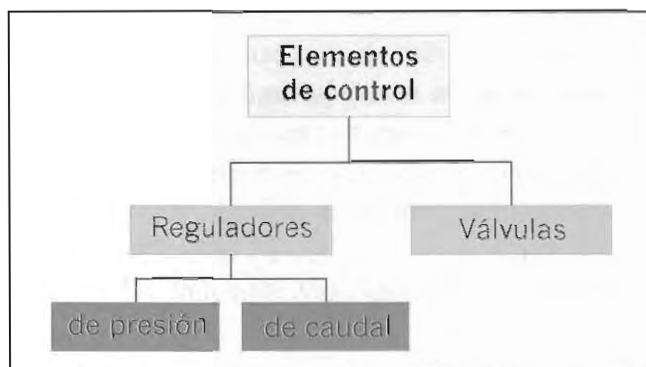


Figura 4. Medida de la presión en tomas manométricas utilizando un solo manómetro.

ELEMENTOS DE CONTROL

Con ellos se trata de **regular tanto el caudal** que pasa por un lugar determinado de la instalación **como la presión del agua**; en ambos casos se habla de **reguladores**. Además existe la posibilidad de controlar el paso de agua por una tubería con los elementos denominados **válvulas**.





Reguladores

Los **reguladores de presión** se utilizan para regular y controlar la presión a partir del punto de la red de riego en que se instalen y además, para evitar las sobrepresiones que puedan producirse en algún punto de la instalación y provocar tanto roturas de tuberías como de emisores. La regulación se realiza a demanda del usuario, que seleccionará la presión dentro de unos límites, normalmente entre 0.2 y 8 kilogramos por centímetro cuadrado.



Figura 5. Regulador de presión.

Es muy importante colocar un regulador de presión **a la entrada de cada subunidad de riego** para mantener la presión constante durante el funcionamiento de los emisores. Su uso es más importante cuanto más accidentado sea el terreno y mayores las diferencias de presión en distintos puntos de la instalación.

Los **reguladores de caudal** se usan para dejar pasar un caudal determinado, con lo que se consigue ajustar el caudal que pasa al que se debe aplicar. Por ejemplo, es muy conveniente colocar un regulador de caudal **a la entrada de cada unidad de riego para que pase la cantidad de agua que se desea hacia las terciarias y los laterales**. Los más usuales son de **diafragma**, que regulan caudales entre 2 y 50 litros por segundo aproximadamente. Su funcionamiento se basa en un diafragma de material elástico que se deforma abriendo o cerrando la sección de paso y dejando pasar solo el caudal nominal.





Figura 8. Electroválvula.

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Están destinados a proteger los elementos de la instalación de **sobrepresiones** o de **depresiones**, generalmente producidas cuando la instalación entra en funcionamiento o cuando se está parando. Esto coincide con la apertura y cierre de válvulas, puesta en marcha y parada de bombas, etc.

Aunque hay diversos tipos de mecanismos, los más usados en las instalaciones de riego localizado son las **ventosas** y los **calderines**.

Ventosas

Son dispositivos que se instalan en las conducciones de agua **para introducir o evacuar el aire**. Desde el punto de vista de su funcionamiento, las ventosas se pueden clasificar en tres tipos:

- Purgadores o ventosas monofuncionales, encargadas de eliminar el aire que se acumula en las conducciones durante su normal funcionamiento.
- Ventosas bifuncionales, sirven tanto para la evacuación del aire acumulado en las tuberías durante su llenado, como para la introducción de éste durante su vaciado.
- Ventosas trifuncionales, realizan las tres funciones antes descritas, es decir, purga, admisión y expulsión de aire en las tuberías.

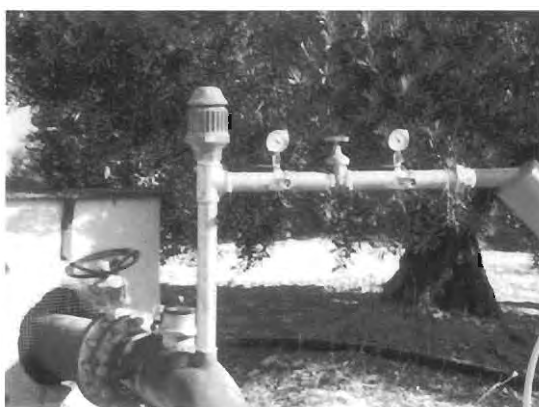


Figura 9. Ventosa bifuncional colocada a la entrada del cabezal de riego.

Si no se dispusieran ventosas, se producirían sobrepresiones en las tuberías durante el llenado y depresiones durante el vaciado, lo que podría ocasionar su rotura. Además, en estas instalaciones pueden producirse bajadas de presión hasta quedar por debajo de la atmosférica, que en ocasiones se traduce en el aplastamiento de las tuberías. La colocación de las ventosas permite entonces la admisión de aire desde el exterior que funciona a modo de colchón, evitando el riesgo de rotura ante las depresiones.

En general deben instalarse en los siguientes lugares dentro de una instalación de riego localizado:

- puntos altos de la instalación
- tramos largos con pendiente uniforme
- cambios de pendiente en las conducciones
- salida del grupo de bombeo

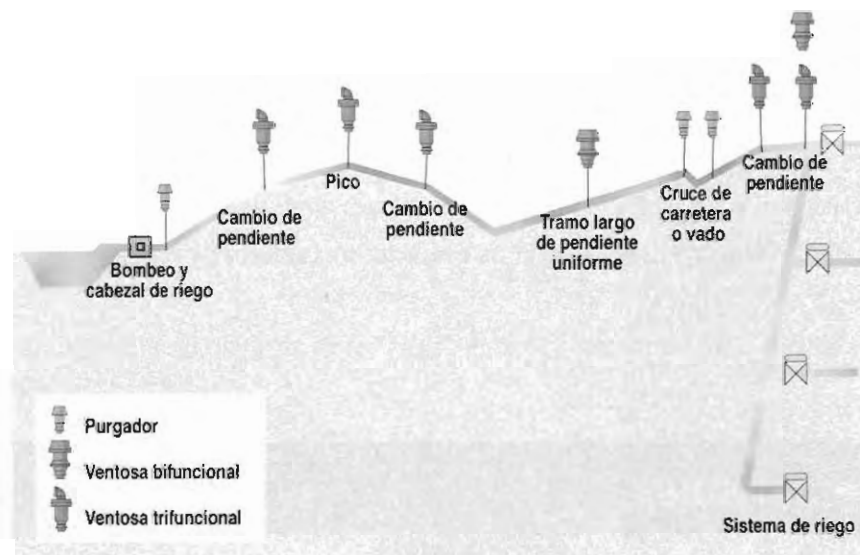


Figura 10. Usos más frecuentes de las ventosas en instalaciones de riego localizado.

Calderines

Son depósitos metálicos de diferente tamaño y forma (aunque suelen ser cilíndricos) que **contienen en su interior agua y aire a presión**. Con ellos se pretende aliviar la presión de la instalación cuando ésta sube demasiado (y puede ocasionar alguna rotura), haciendo que el agua de la red entre en el calderín y el aire que hay en su interior se comprima. En realidad trabaja haciendo un efecto de amortiguación de la presión.

Si, por el contrario, la presión en la red disminuye, el aire que está comprimido en el interior del calderín empuja el agua logrando así restablecer la presión adecuada.

Existen dos tipos de calderines: los de **contacto**, en los que el agua y el aire ocupan un solo espacio; y los de **vejiga**, en los que el aire está confinado en una bolsa elástica y no entra en contacto



La automatización por tiempos no garantiza que el aporte de la dosis de agua sea la determinada para el cultivo, sino que se está regando un tiempo preestablecido. Si las condiciones de presión, caudal, etc., se mantienen, posiblemente se esté cerca de esa dosis, pero si estas condiciones varían a lo largo del riego, también variará la dosis aplicada.

AUTOMATIZACIÓN POR VOLÚMENES

Con esta forma de automatización, el paso del agua se corta cuando ya ha pasado **el volumen de agua que es necesario** para el riego. Se requieren válvulas de accionamiento automático (hidráulicas, volumétricas y electroválvulas) y en algunos casos un programador de riego. Dependiendo del tipo de elementos que se utilicen se pueden conseguir varios niveles de automatización:

Nivel 1

Cada *unidad de riego* lleva **asociada una válvula volumétrica** que inicialmente está cerrada y en la que se ha seleccionado la cantidad de agua que se desea que pase hacia cada unidad. La primera válvula se abre manualmente y se cierra automáticamente cuando se llega al volumen deseado. A continuación se abre de forma manual la segunda válvula volumétrica que igualmente se cerrará al pasar el volumen predeterminado. De contar con más unidades se procedería igual.

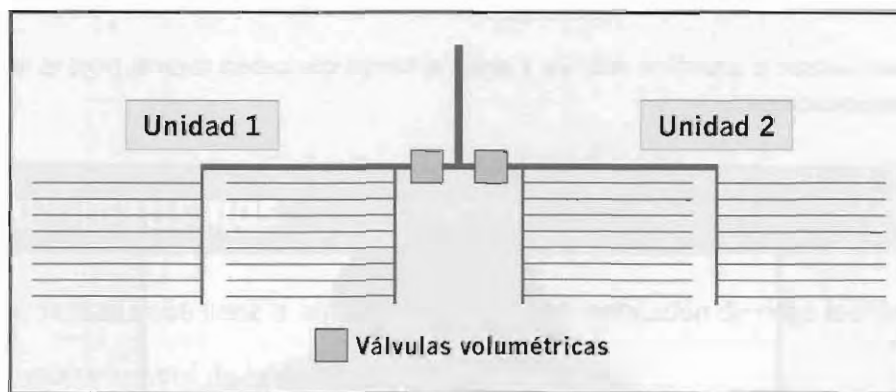


Figura 12. Esquema de un automatismo de nivel 1.

Nivel 2

De igual forma, cada unidad de riego tiene en cabecera una **válvula volumétrica**, pero la primera está conectada a la segunda, ésta a la tercera y así consecutivamente. En todas ellas se habrá seleccionado previamente la cantidad de agua que se desea que pase para cada unidad.

La primera válvula se abre manualmente, y cuando pasa la cantidad de agua deseada se cierra automáticamente y **envía una señal hidráulica por el tubo de conexión entre ellas** a la segunda válvula, que se abre y comienza a dejar pasar el agua. Esta actuará de forma similar y tras cerrarse abrirá la tercera y así sucesivamente.



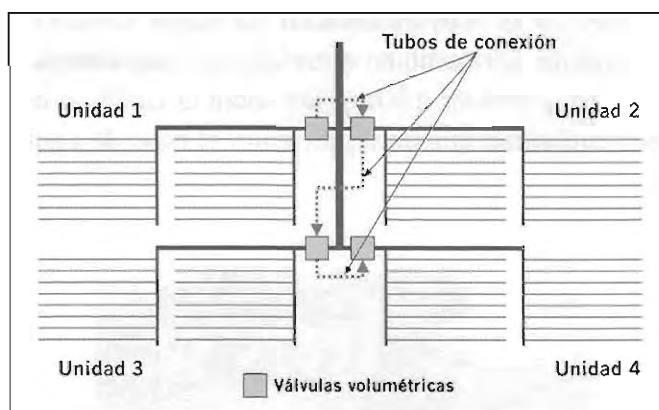


Figura 13. Esquema de un automatismo de nivel 2.

Si las unidades de riego son muy grandes, es necesario disponer válvulas volumétricas de gran diámetro, que en general son muy caras. En estos casos es frecuente efectuar el conocido **riego con satélite**, en el que cada unidad de riego tiene una **válvula volumétrica** que deja pasar agua a una sola subunidad, pero que está conectada a **válvulas hidráulicas** dispuestas al principio del resto de subunidades de esa unidad. Así, las volumétricas podrán ser más pequeñas y baratas, con lo que se logra reducir el coste del automatismo.

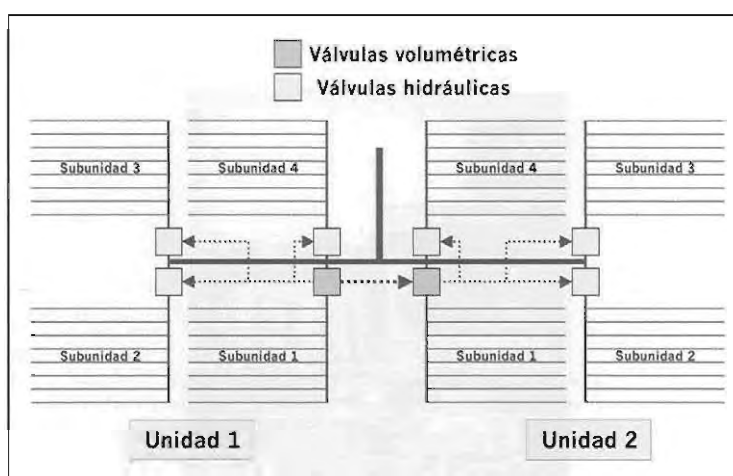


Figura 14. Esquema del funcionamiento de un riego con satélite.

Sólo basta accionar manualmente la volumétrica de la unidad 1 y automáticamente se conectan sus hidráulicas asociadas. Cuando la volumétrica cierra, se cierran las hidráulicas y se transmite la señal a la válvula volumétrica de la siguiente unidad y continúa el proceso.

Nivel 3

Es el sistema más avanzado de automatización usando válvulas y programadores, denominado **programación electrónica por volúmenes**. El elemento que rige todas las tareas u operaciones que

han de realizarse en cada instante es el **programador de riego**, enviando las señales oportunas a los elementos de control y medida. Son también esenciales los **contadores** de agua con transmisión de datos, es decir, envían al programador información sobre la cantidad de agua que pasa por ese lugar de la red, y las **electroválvulas** que abren o cierran el paso de agua tras recibir la señal del programador.



Figura 15. Programador de riego.

AUTOMATIZACIÓN POR ORDENADOR

Utilizando estas herramientas se consigue hasta un grado total de automatización de la instalación, desde limpieza de filtros, fertirrigación, programación automática según la demanda medida en tiempo real del cultivo, ajuste de parámetros químicos del agua, etc.

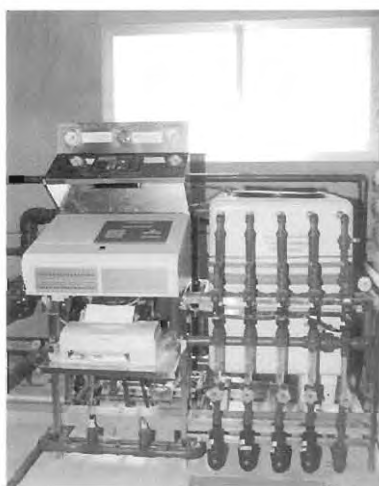


Figura 16. Automatización de la instalación de riego mediante ordenador.

Requiere la instalación de sensores de todo tipo, aquellos que miden las condiciones atmosféricas, los que determinan el contenido de humedad en el suelo, contadores y manómetros digitales que envían información puntual y precisa al ordenador, sensores de pH y conductividad y equipo de corrección instantánea de los parámetros medidos. Dado el elevado precio de estos equipos, son útiles principalmente cuando es preciso realizar riegos frecuentes con un control muy estricto de abonado y de dosis aplicada, como son los cultivos de alto valor económico.



Resumen

Toda instalación de riego localizado requiere diversos elementos de medida de caudal y presión (caudalímetros y contadores, y manómetros), de control del paso del agua (principalmente válvulas de accionamiento manual o automático) y de protección frente a sobrepresiones o depresiones.

El uso de cada tipo de elemento dependerá del control que se requiera en la instalación aunque algunos, como los manómetros, válvulas de apertura y cierre o ventosas, son de uso obligado.

La automatización de la instalación de riego localizado supone una serie de ventajas entre las que destaca la disminución de los costes de operación del riego. Sin embargo en función del nivel de automatismo y debido a su coste, esta operación puede ser o no rentable. La automatización puede realizarse desde una forma simple, con el accionamiento automático de válvulas, hasta muy compleja, haciendo uso de ordenadores, sensores y equipos de precisión que controlan totalmente el sistema.



Autoevaluación

1. En las instalaciones de riego localizado es importante disponer de contadores. Estos elementos miden
 - a) El caudal de agua que pasa por un lugar de la red
 - b) La presión a la salida del grupo de bombeo
 - c) El volumen de agua que ha pasado por el lugar donde se instalan
 - d) La diferencia de presión entre dos puntos
2. Para evitar los errores que puedan producirse al medir la presión, por ejemplo en dos manómetros colocados a la entrada y salida de un filtro, es muy útil medir la presión con un mismo manómetro en ambos puntos utilizando para ello
 - a) Las válvulas de medida
 - b) Un regulador de presión
 - c) Una válvula de retención
 - d) Las tomas manométricas
3. Es muy importante colocar un regulador de presión a la salida del grupo de bombeo para evitar sobrepresiones. En dicho caso no es preciso colocar reguladores a la entrada en las distintas unidades de riego.
Verdader/Falso
4. Las válvulas de accionamiento manual consistentes en un disco vertical del mismo diámetro de la tubería, que gira para cerrar o abrir el paso del agua, se denominan
 - a) Válvulas volumétricas
 - b) Válvulas de bola
 - c) Válvulas de compuerta
 - d) Válvulas de mariposa
5. Una válvula volumétrica funciona de forma similar a una válvula hidráulica. Sin embargo, la señal que produce la apertura o cierre está provocada por :
 - a) Un contador tipo Woltman
 - b) Un regulador de presión
 - c) Un dispositivo electrónico
 - d) Un caudalímetro
6. Aquellos dispositivos que se colocan en la instalación de riego con objeto de introducir o evacuar el aire se denominan
 - a) Calderines
 - b) Ventosas
 - c) Filtros
 - d) Manómetros
7. Aquellos calderines en los que el aire y el agua que se alojan en su interior están separados por una bolsa elástica, se denominan
 - a) De ventosa
 - b) De contacto
 - c) De vejiga
 - d) De fertirriego
8. En la llamada automatización de la instalación por tiempos, son indispensables un programador, una electroválvula y una válvula volumétrica.
Verdadero/Falso
9. En casos en los que sea necesario disponer una válvula volumétrica de grandes dimensiones a la entrada de la unidad de riego, y esto suponga un elevado coste, puede instalarse una válvula volumétrica en una de las subunidades y conectarla con hidráulicas en el resto. Este tipo de automatización se denomina
 - a) Riego a la demanda
 - b) Automatización por ordenador
 - c) Nivel 1
 - d) Riego con satélite



4.1 Introducción

El **diseño de una instalación de riego localizado** es un proceso muy importante ya que **de él depende el buen funcionamiento posterior del sistema**. La clave para un buen diseño está en fijar previamente las prestaciones que se le van a exigir a la instalación como caudal, presión, uniformidad esperada, etc. y seguidamente conocer las limitaciones a las que se debe someter al proyecto, tal como tipo de suelo, tipo y necesidades de agua del cultivo o cantidad y calidad del agua a aportar.

Una vez que se ha determinado este tipo de información se proyecta todo el sistema de riego, tratando que la relación entre los costes que supone la instalación y las prestaciones necesarias para alcanzar los objetivos previamente establecidos sea la mejor posible. A este proceso se le denomina **diseño de la instalación** y está **destinado al proyectista**. Cuando en un sistema de riego localizado se completa la instalación, ésta se presta a muy pocas modificaciones, por lo que es necesario prever con relativa precisión desde un principio los cultivos a implantar, las necesidades de agua de los mismos y determinar así los requerimientos que se van a exigir a la instalación.

El proceso de diseño se divide normalmente en dos fases, **diseño agronómico del riego**, con el que se determina la cantidad de agua que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad; y **diseño hidráulico de la instalación**, cuyo fin es determinar las dimensiones, ubicación y funcionamiento óptimo de las conducciones, componentes y resto de elementos, para satisfacer las exigencias establecidas previamente en el diseño agronómico.





4.2 Diseño agronómico

Es la **parte fundamental en todo tipo de proyecto de riego**, ya que si se cometen errores en los cálculos del diseño agronómico repercutirán posteriormente en el diseño hidráulico. Por ejemplo, puede resultar que con el riego se humedezca un volumen de suelo menor que el adecuado si se instalan un número incorrecto de *emisores*, o bien se puede producir una salinización del suelo por una falta de *lavado de sales*.

A continuación se exponen los aspectos que se han de tener en cuenta para realizar un adecuado diseño agronómico.

NECESIDADES MÁXIMAS DE RIEGO

Desde el punto de vista de diseño agronómico, lo que realmente interesa conocer son las **necesidades de agua en épocas en que el cultivo requiere mayor cantidad**, y en función de ese valor se determinarán las dimensiones de los componentes de la instalación de riego. Es esencial que esta instalación sea capaz de suministrar la suficiente cantidad de agua al cultivo cuando sus necesidades sean máximas.

Las necesidades de agua de los cultivos están determinadas por la **evapotranspiración (ET)** que engloba las cantidades de agua consumida por dos procesos distintos: la **transpiración** (que depende del tipo de cultivo y su fase de desarrollo); y la **evaporación** (producidas desde la superficie del suelo y dependiente de las condiciones climáticas de la zona). La evapotranspiración (ET) se expresa en milímetros de altura de agua evapotranspirada en cada día (milímetros/día).



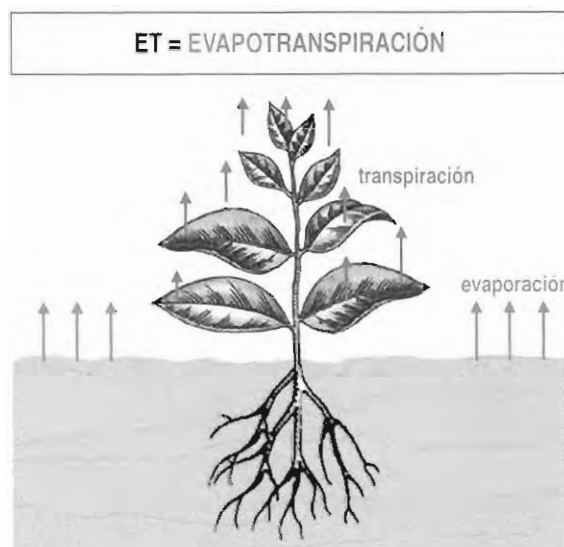


Figura 1. La evapotranspiración engloba los procesos de transpiración del agua por la planta y la evaporación desde el suelo.

La evapotranspiración se calcula multiplicando la **evapotranspiración de referencia (ETr)** por el **coeficiente de cultivo (Kc)**. Los datos de la evapotranspiración de referencia (ETr) se obtienen con frecuencia usando un tanque evaporímetro clase "A", en el que se pueden medir los descensos de nivel de la superficie del agua. Lo normal es recoger datos en cada zona durante varios años, hasta obtener unos valores medios mensuales. Por su parte, el coeficiente de cultivo (Kc) varía en función del tipo de cultivo y de su estado de desarrollo, diferenciándose cuatro valores de Kc correspondientes a cada una de las fases: **inicial, desarrollo, media y maduración**.



Figura 2. Tanque evaporímetro clase "A" para medir la evapotranspiración de referencia (ETr).

Todos estos conceptos se explican con detalle en la Unidad Didáctica 6 del Módulo 1 "Fundamentos del Riego".



Desde el punto de vista de diseño agronómico, **lo que realmente interesa es conocer el valor máximo de la evapotranspiración (ET)**, la cual puede variar a lo largo de todo un año e incluso en diferentes años. La instalación de riego debe estar preparada para poder abastecer de suficiente cantidad de agua al cultivo cuando sus necesidades sean máximas.

Generalmente, los valores de la evapotranspiración de referencia (ET_r) disponibles proceden de valores medios mensuales, por lo que habrá que elegir el mes que presente la mayor ET_r, que en Andalucía normalmente corresponde al mes de Julio. También ha de tenerse en cuenta que habrá días en los que la ET_r sea mayor que la que indican los valores medios, por lo que a efectos de diseño de instalaciones de riego localizado, **los valores de evapotranspiración de referencia se multiplican por 1.2.**

EJEMPLO

El valor medio mensual de la evapotranspiración de referencia (ET_r) durante el mes de Julio es de 6.7 milímetros/día. El valor que habría que considerar durante ese mes para el diseño de la instalación sería el resultante de multiplicar la ET_r por 1.2:

$$6.7 \times 1.2 = 8.04, \text{ es decir unos } 8 \text{ milímetros/día.}$$

El valor de evapotranspiración (ET) que se utiliza para el diseño de la instalación es el máximo de todos los valores de ET calculados multiplicando la evapotranspiración de referencia por el coeficiente de cultivo para cada mes. Ese valor máximo de evapotranspiración es el que se denomina **evapotranspiración de diseño (ET_d)**. Representa las *necesidades netas* es decir, la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo en periodos de máximas necesidades. Si en la zona a regar existe más de un tipo de cultivo, la instalación deberá diseñarse para **satisfacer las cantidades de agua del cultivo que tenga mayores necesidades en épocas punta.**

Es muy importante destacar que las necesidades netas de agua han de incrementarse como consecuencia de las **pérdidas que puedan producirse por filtración profunda o percolación**, obteniéndose así las necesidades brutas.

$$\text{Necesidades brutas de riego} = \frac{\text{Necesidades netas de riego}}{\text{Eficiencia de aplicación del riego}} \times 100$$

Igualmente, hay que considerar que en caso de tratarse de terrenos con alta concentración de sales, o por el hecho de utilizar aguas salinas, es necesario aumentar la cantidad de agua a aportar con el riego. Este incremento se denomina **necesidades de lavado**, y en el riego localizado es práctica habitual **aportar en cada riego esta cantidad de agua extra** para lavar de sales del suelo o evitar que se concentren demasiado. En este caso, las necesidades de riego brutas se calculan teniendo en cuenta dicha cantidad, sabiendo que el valor de las necesidades de lavado hay que transformarlo (simplemente dividiendo por 100) en *fracción de lavado*:



$$\text{Necesidades brutas de riego} = \frac{\text{Necesidades netas de riego}}{\text{Eficiencia de aplicación del riego} \times (1 - \text{Fracción de lavado})} \times 100$$

En definitiva, una instalación de riego debe estar diseñada de tal manera que permita aplicar el agua equivalente a las necesidades brutas, en los periodos en que éstas sean mayores, sea o no necesario añadir agua para lavado de sales.

VOLUMEN DE SUELO HUMEDECIDO

En riego localizado el agua se aporta sólo a una parte del suelo, por lo que a efectos de diseño se ha de **establecer un mínimo volumen de suelo a humedecer**, que debería ser suficiente para garantizar a la planta el suministro de agua necesaria para su desarrollo adecuado.

En caso de que el volumen de suelo humedecido sea demasiado reducido, ocurre que aunque se concentren en él una gran cantidad de raíces, la planta no consigue absorber suficiente cantidad de agua. En la práctica del diseño, el concepto de volumen de suelo humedecido se sustituye por el **porcentaje de suelo mojado (P)**, que se define como la relación expresada en tanto por 100 entre el área mojada por los emisores y el área total que se riega.

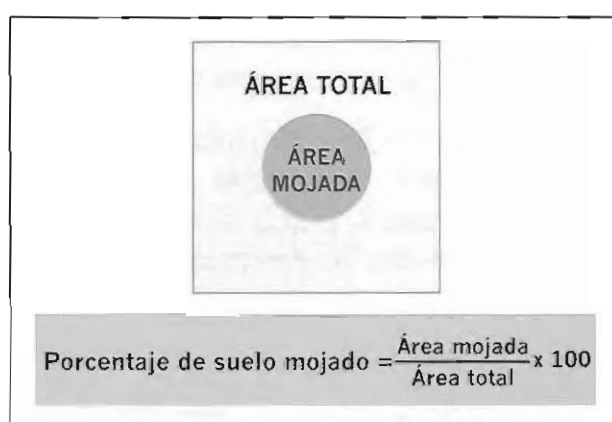


Figura 3. Esquema del porcentaje de suelo mojado en riego localizado.

El valor del porcentaje de suelo mojado más apropiado está en función del **tipo de cultivo** (frutales, cultivos herbáceos...), **clima** (húmedo, árido...) y del **tipo de suelo**; así, se recomiendan los siguientes valores:

- Cultivos **frutales de marco de plantación amplio**: 25 % - 35 %, variando desde el valor inferior al superior al aumentar la aridez del clima y cuanto más ligera (arenosa) sea la textura del suelo.
- Cultivos de **marco de plantación medio** (distancia entre planta inferior a 2.5 metros): del 40 % al 60 %, variando según la misma relación anterior y también teniendo en cuenta los requerimientos en agua propios del cultivo.



- Cultivos de **marco de plantación reducido** (hortícolas, florales, cultivos herbáceos en general): el porcentaje de suelo mojado que se le asigna a estos cultivos está comprendido entre un 70 % y un 90 %, pudiendo variar como en los casos anteriores.

Es importante la elección de los valores del porcentaje de suelo mojado (P). Así, valores altos de P aumentan la seguridad del sistema, sobre todo en caso de averías de la instalación o en situaciones de evapotranspiración elevadas, puesto que a mayor volumen de suelo explorado, las raíces tienen mayor probabilidad de extraer agua. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que si se toman valores excesivos de porcentaje de suelo mojado el coste de la instalación será mayor (más cantidad de *emisores*, mayor diámetro de las tuberías, etc.).

En cuanto a la profundidad a la que se ha de considerar el área de suelo mojado, ésta ha de ser tal que produzca una **concentración máxima de raíces**. Por lo general y en la mayoría de los cultivos, esto sucede entre 15 y 30 centímetros de profundidad.

NÚMERO Y DISPOSICIÓN DE LOS EMISORES

A la hora de determinar el **número de emisores y la disposición de los mismos**, habrá que considerar aquellos cultivos que tienen un amplio marco de plantación (cultivos arbóreos y perennes), y los que presentan una alta densidad de plantación (cultivos herbáceos):

Cultivos con amplio marco de plantación

De forma general hay que procurar mojar bien toda la superficie de terreno bajo la copa del árbol situando los emisores debajo de ella, lo que evita en gran medida la *evaporación*.

También se evitan las pérdidas de agua por *filtración profunda* instalando un mayor número de **emisores**, y en consecuencia aumentando el porcentaje de suelo mojado. Un incremento en el número de emisores implica un mayor coste de la instalación, pero si se establece un número mínimo de ellos, el incremento producido no debe ser demasiado relevante.

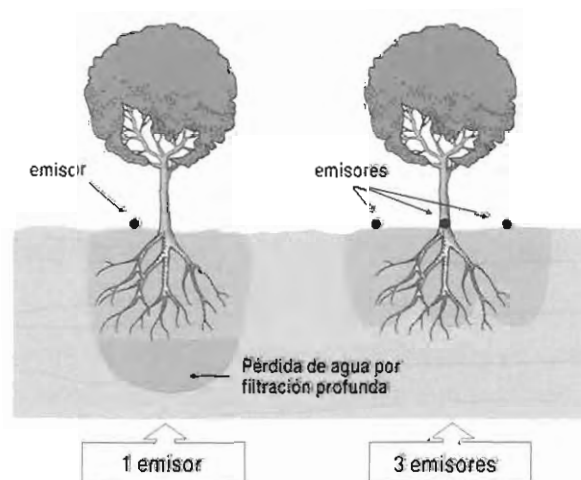


Figura 4. Para un mismo volumen de agua aplicado, el uso de mayor número de emisores supone reducir las pérdidas por filtración profunda y aumentar la eficiencia de aplicación del agua.

Cuando se disponen los emisores en línea con los cultivos con marco de plantación medio o amplio, hay que procurar **que las zonas húmedas se unan a una profundidad no superior a la de las raíces**. De no ser así, puede ocurrir que la raíz no sea capaz de atravesar el suelo seco o las zonas salinizadas existentes entre dos *bulbos húmedos* consecutivos, por lo que no habría raíces en la zona húmeda situada entre dos plantas. En estos casos, existiría una zona de agua no utilizada reduciéndose de esta manera la *eficiencia de aplicación*.

También ha de tenerse en cuenta que en caso de cultivos permanentes ha de conseguirse un buen anclaje de la planta, para lo que los emisores se sitúan de forma que favorezcan un desarrollo equilibrado de las raíces en todas direcciones, y se garantice un buen soporte. **Algunas disposiciones frecuentemente utilizadas en el riego de árboles** son las que a continuación se detallan:

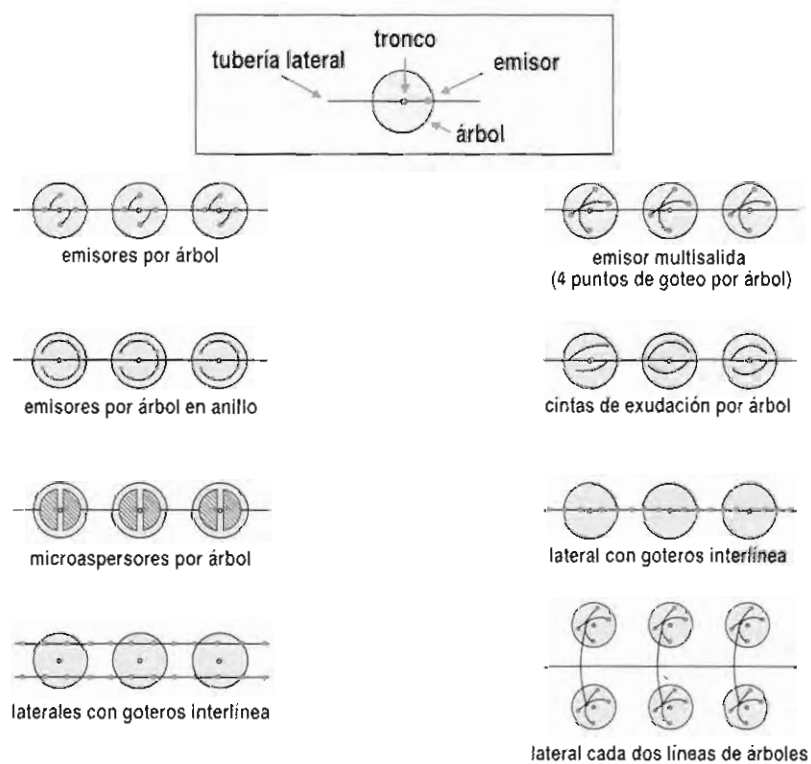


Figura 5. Disposiciones frecuentes de los emisores en el riego localizado de árboles.

En plantaciones de árboles jóvenes, es normal colocar al principio un número de emisores menor que el definitivo, que se van aumentando a medida que los árboles se desarrollan. El diseño hidráulico debe realizarse considerando las máximas necesidades, que se producirán cuando el cultivo llegue a su estado adulto.

La *textura* del suelo también condiciona el porcentaje de suelo mojado; así, en un suelo de textura gruesa (arenoso) este porcentaje es pequeño comparado con el que se debe conseguir en un terreno de textura fina (arcilloso). Además, en un suelo arenoso el porcentaje de suelo mojado deberá ser siempre mayor que en un suelo arcilloso, por lo que en caso de contar con el primer tipo de suelo, se recomienda la utilización de *microaspersores*.





Figura 6. Riego de cítricos sobre un suelo ligero utilizando microaspersión.

Cultivos herbáceos

Normalmente, la solución que se adopta cuando se trata de cultivos de alta densidad de siembra es la de **mojar franjas continuas que coincidan con las líneas de plantas**, dejando secos los espacios entre filas o grupos de ellas. Generalmente, la distancia entre plantas de una misma línea de cultivo no coincide con la distancia entre emisores, pudiendo ocurrir que queden plantas entre bulbos húmedos, que estarían en condiciones de mayor salinidad y menor humedad. Por este motivo, **el solape entre bulbos es indispensable**.

En estos cultivos la disposición típica del riego es **una tubería lateral por cada línea de plantas**, con emisores muy próximos entre sí (20, 33, 40 centímetros), de tal manera que se produce un **solape de los bulbos húmedos**. También en este tipo de cultivos es útil el uso de *tuberías exudantes*, con las que se consiguen franjas húmedas continuas.



Figura 7. Es recomendable conseguir una franja de suelo humedecido cuando se riegan cultivos en línea.

El hecho de colocar una línea de riego por cada una de cultivo supone emplear una gran cantidad de material, por lo que en muchas ocasiones se opta por una tubería lateral por cada dos líneas de cultivo, con objeto de reducir costes.

Es imprescindible considerar que la textura del suelo será determinante en la elección de los marcos de riegos, tanto en la distancia entre líneas como la distancia entre emisores.

FRECUENCIA Y TIEMPO DE RIEGO

La frecuencia de aplicación de agua es el número de veces que se riega en un tiempo determinado, mientras que el intervalo entre riegos es el tiempo transcurrido entre la aplicación de un riego y el siguiente. Al aplicar el agua de una forma irregular, se puede provocar a la planta una situación de falta de agua que, según intensidad, duración y estado de desarrollo, origina una posterior disminución de la producción. Para conseguir una alta eficiencia en riego localizado, se debe aportar el agua siguiendo la norma de **“riegos cortos pero muy frecuentes”**.

El concepto de “alta frecuencia” abarca una amplia gama de frecuencias de riego que en la práctica pueden oscilar desde varios riegos en un mismo día, hasta intervalos de riego entre 3 y 4 días.

El tiempo entre riegos no va a depender únicamente del cultivo, sino también de la relación existente entre el suelo, la planta, el clima y la calidad del agua. Así, por ejemplo, para un cultivo dado se puede afirmar que el riego deberá ser más frecuente:

- cuanto menos profundo sea el suelo
- cuanto menor sea la capacidad del suelo para retener agua (más arenoso)
- cuanto mayor sea la evapotranspiración (ET)
- cuanto peor sea la calidad del agua de riego

De forma general se recomienda que el tiempo total de riego del conjunto de la instalación sea inferior a 24 horas al día, pues deben quedar algunas horas libres dedicadas al mantenimiento de la instalación, recarga de abonos y reparación de las posibles averías. Se aconseja que el tiempo máximo de riego sea de 20 horas al día.

4.3 Diseño hidráulico

Con el diseño hidráulico se determinan los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico previamente realizado.



La aportación de agua por los emisores deberá ser lo más uniforme posible, es decir, **todos los emisores deberán aplicar aproximadamente la misma cantidad de agua**, por lo que la **uniformidad** constituye el punto de partida del diseño hidráulico de cualquier instalación de riego localizado. Para lograr una buena uniformidad será necesario:

- Que todos los emisores de la instalación sean de buena calidad, garantizados por el fabricante y que cumplan las normas de calidad.
- Que la presión del agua en todos los emisores sea lo más parecida posible, para lo que habrá que dimensionar la red correctamente.

El agua en su recorrido por la instalación **va perdiendo presión** como consecuencia de su paso por conexiones, rozamientos con las paredes de las tuberías, cambios bruscos de dirección a través de codos, té, etc. y cuando pasa por elementos como filtros o equipos de fertirrigación, por ejemplo. Esta pérdida de presión se conoce como **pérdidas de carga**. De igual manera, también se producirán pérdidas de presión cuando el recorrido del agua en la tubería sea ascendente, mientras que ganará presión cuando sea descendente.

EJEMPLO

Para un lateral de 20 milímetros de diámetro, emisores con un caudal de 4 litros/hora separados entre sí 1 metro, y una presión de 1.4 kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), la pendiente del terreno tiene una influencia en la máxima longitud aconsejable del lateral (para mantener una buena uniformidad.)

PENDIENTE DEL TERRENO	LONGITUD MÁXIMA DEL LATERAL
Ascendente al 2 %	100 metros
Sin pendiente	140 metros
Descendente al 2 %	170 metros

Del ejemplo anterior se deduce que la **longitud de las tuberías laterales está condicionada**, entre otros factores, **por la topografía del terreno**, siendo menor la longitud del lateral cuando la pendiente es ascendente pudiéndose aumentar a medida que la pendiente es menor y se hace descendente. Evidentemente, al variar los datos técnicos (diámetros de tuberías, caudales y presiones) y aún manteniendo las pendientes indicadas en el ejemplo, las longitudes máximas de los laterales serán distintas.

En aquellos terrenos que presenten una pendiente muy elevada, se aconseja seguir la norma de instalar las tuberías laterales siguiendo aproximadamente las **curvas de nivel**, y las tuberías terciarias siguiendo la pendiente, disponiendo reguladores de presión en aquellos lugares donde se requieran.





Figura 8. Cultivo en pendiente en el que los laterales de riego siguen las curvas de nivel del terreno.

En caso de que la pendiente sea muy acusada o irregular, habrá que **recurrir a utilizar goteros autocompensantes**, al objeto de mantener constante la presión de trabajo del emisor y el caudal suministrado. Así, usando emisores autocompensantes e independientemente de la topografía del terreno, se pueden ampliar las longitudes máximas de los laterales de riego.

EJEMPLO

Un agricultor ha instalado laterales en una de sus subunidades de riego, con diámetro de 16 milímetros, emisores con un caudal de 4 litros/hora separados 1 metro y una presión de 2 kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2). Si mantiene constante estas características, solamente el hecho de utilizar goteros autocompensantes le permite aumentar la longitud de la tubería lateral.

TIPO DE GOTERO	LONGITUD MÁXIMA DEL LATERAL
No autocompensante	95 metros
Autocompensante	210 metros

Siempre que sea posible, a la tubería terciaria debe suministrársele el agua en su punto más alto, de forma que las **pérdidas de carga se vean compensadas por la pendiente**.

Debido a las pérdidas de carga y a la pendiente del terreno, en cada una de las subunidades de riego se van a producir diferencias de presión entre los distintos emisores de las tuberías laterales. Por lo tanto, **la presión de entrada en la subunidad de riego debe ser tal que el emisor que está sometido a menor presión reciba la suficiente para suministrar el caudal adecuado**. Para que la presión de entrada en cada subunidad sea similar y no varíe durante el riego, es preciso instalar un **regulador de presión** al principio de cada tubería terciaria.



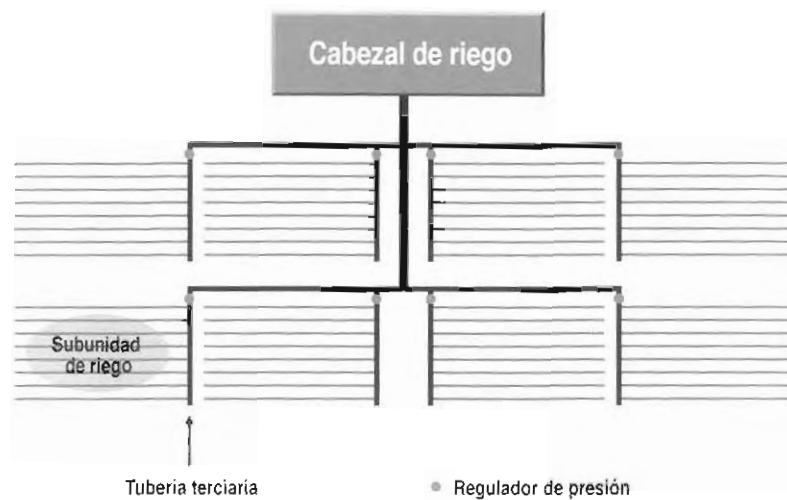


Figura 9. Es muy importante colocar reguladores de presión a la entrada de cada subunidad de riego.

Hay que tener cuenta que cuanto mayor sea el diámetro de las tuberías y menor su longitud, la diferencia de presión que exista entre los emisores más y menos favorables será menor (ya que hay menos pérdida de carga), y en consecuencia **se podrá conseguir una mayor uniformidad**. Esto conlleva un aumento del coste de la instalación, por lo que habrá que encontrar un equilibrio entre el dimensionamiento de las conducciones y la uniformidad perseguida.

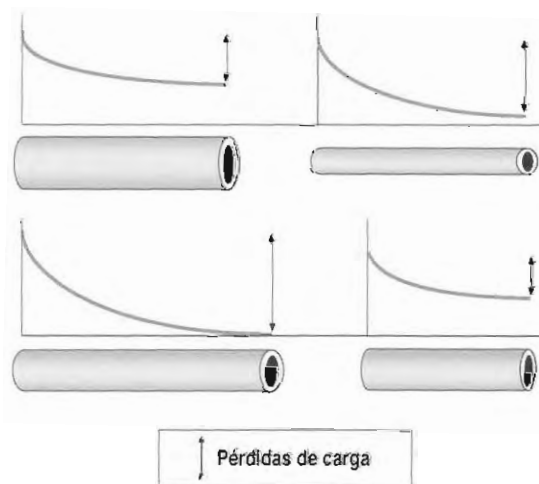


Figura 10. Relación entre las pérdidas de carga que se originan en una tubería de riego a presión y su diámetro o longitud.

Como resumen de lo anteriormente expuesto, el hecho de variar las características de alguno de los elementos, condiciona las de los demás. De una manera simplificada se puede deducir lo siguiente:

- A mayor diámetro de las tuberías se reducen las pérdidas de carga, por lo tanto se podría aumentar la longitud de los laterales, pero el coste de la instalación se elevaría.



EJEMPLO

En una subunidad de riego los emisores suministran un caudal de 2 litros a la hora (2 L/h), y están distanciados entre sí 1 metro. La longitud del lateral variará en función del diámetro de la tubería.

DIAMETRO DE TUBERÍA LATERAL	LONGITUD MÁXIMA DEL LATERAL
16 milímetros	150 metros
20 milímetros	200 metros

Como se puede observar, el hecho de variar el diámetro de la tubería lateral condiciona la longitud que se puede instalar.

- El caudal del emisor condiciona la longitud de la tubería lateral, de tal forma que cuanto mayor sea el caudal del emisor, menor será la longitud del lateral.

EJEMPLO

En una subunidad de riego se piensa instalar laterales cuyo diámetro es de 16 milímetros y en los que los emisores estarán distanciados entre sí 1 metro. El hecho de que los emisores suministren diferentes caudales, limitará en mayor o menor medida la longitud la tubería lateral.

CAUDAL DEL GOTERO	LONGITUD MÁXIMA DEL LATERAL
2 litros/hora	150 metros
4 litros/hora	95 metros

- La distancia entre emisores también condiciona la longitud del lateral, de tal manera que cuanto más distanciados estén los emisores, mayor longitud podrá tener la tubería lateral.

EJEMPLO

En una subunidad de riego, el diámetro de la tubería lateral es de 20 milímetros y el caudal de los emisores que se pretenden instalar es de 4 litros/hora. Al variar la distancia entre emisores, se condiciona la longitud de los laterales de riego.

DISTANCIA ENTRE EMISORES	LONGITUD MÁXIMA DEL LATERAL
50 centímetros	85 metros
100 centímetros	135 metros
150 centímetros	190 metros



No obstante, conviene recordar que la distancia entre emisores, el caudal que suministran y la distancia entre tuberías laterales, no es arbitraria sino que se determina en función del tipo de suelo, forma del bulbo húmedo que se desea conseguir y el marco de plantación o siembra del cultivo, y no se deben modificar por criterios hidráulicos aunque ello implique ahorro o comodidad.

Longitud aproximada de las tuberías laterales (metros) ⁽¹⁾											
Caudal del emisor 2 litros/hora						Caudal del emisor 4 litros/hora					
Diámetro lateral 16 milímetros			Diámetro lateral 20 milímetros			Diámetro lateral 16 milímetros			Diámetro lateral 20 milímetros		
Distancia emisores (metros)			Distancia emisores (metros)			Distancia emisores (metros)			Distancia emisores (metros)		
0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5
90	150	200	140	200	260	60	95	120	85	135	190

(1) Estos valores son meramente orientativos, para establecer una comparación entre diferentes características técnicas de los componentes. No deben tomarse estrictamente.

La presión recomendada en los emisores de riego localizado para un funcionamiento adecuado está en torno a 1 “kilo” (o entre 0.5 y 3 “kilos” si los emisores son autocompensantes). Así, la presión necesaria a la salida del *cabezal de riego* deberá ser la que requieren los emisores más las *pérdidas de carga* producidas en el paso del agua por las conducciones (tuberías y piezas especiales). Para determinar la presión necesaria al principio de la instalación hay que considerar las **pérdidas de carga producidas en el propio cabezal de riego**, ocasionadas por:

- La diferencia de presión máxima admitida que se produce **en los distintos filtros antes de su limpieza** (hidrociclón, filtros de arena, malla y de anillas):
 - En caso de instalar **hidrociclón**, hay que considerar que este elemento produce unas pérdidas de carga comprendidas entre 0.3 y 0.5 kilogramos por centímetro cuadrado (normalmente se utiliza el término “kilos”), que dependen del caudal a filtrar.
 - Las pérdidas de carga que se producen en los **filtros de arena cuando están limpios** no deben ser superiores a 0.3 “kilos”. Los filtros se eligen en función del caudal a filtrar, recomendándose instalar dos o más filtros en paralelo con objeto de que se pueda facilitar la operación de limpieza por contralavado.

La arena a utilizar en el filtro debe reunir unas buenas características de granulometría y resistencia a la fracturación (friabilidad), así como ser resistente al ataque de ácidos. El **tamaño de la arena debe ser igual al diámetro mínimo de paso del emisor**. Para calcular el diámetro del filtro de arena, hay que tener en cuenta que el flujo de agua debe ser como máximo de 1000 litros por minuto por cada metro cuadrado de superficie filtrante de arena.

- En cuanto a los filtros de mallas y anillas, las pérdidas de cargas que provocan pueden oscilar entre 0.1 y 0.3 “kilos”.

A efectos de cálculo hidráulico **se deben considerar las pérdidas de carga de filtros en situación de colmatación**, o sea, cuando originan una pérdida de carga que hace imprescindible su limpieza.



- Las pérdidas de carga que provocan los distintos **equipos de fertirrigación** (tanque fertilizante, Venturi e inyectoros).
- Las que se producen en los distintos **elementos de medida y control** (válvulas, manómetros, etc.).
- Pérdidas de carga producidas en las propias **conducciones del cabezal de riego**.

4.4 Programación de riegos. Cálculo del tiempo de riego

La programación de riegos está destinada a determinar el **momento más idóneo** para regar, estableciendo la **cantidad de agua a aplicar** de forma que se obtenga una *eficiencia de aplicación* aceptable y se consiga una buena producción y calidad del cultivo.

En los métodos de **riego por superficie y aspersión** es primordial conocer la relación existente entre el suelo, la planta y la cantidad de agua que extrae el cultivo para establecer el momento de riego, ya que a medida que transcurre el tiempo la humedad del suelo disminuye. En estos casos el suelo es similar a un almacén de agua que se llena con el riego y se va vaciando a medida que pasa el tiempo. El momento de regar queda a juicio del regante, teniendo en cuenta que **no debe permitir que la humedad del suelo sea inferior al nivel de agotamiento permisible**.

En **riego localizado**, la importancia del suelo como almacén o reserva de agua para el cultivo es mucho menor que en riego por superficie y aspersión. En este caso **se aporta el agua necesaria al cultivo en función de las necesidades diarias**, es decir, no se permite que el agua se almacene en el suelo y se vaya cediendo poco a poco al cultivo. Básicamente consiste en aportar el agua que se requiere diariamente, por lo que el agricultor **sólo tiene que establecer el tiempo de riego necesario** para aportar las *necesidades brutas de riego*.

Para calcular el tiempo de riego, se deben conocer los siguientes datos:

- Necesidades brutas de riego
- Distancia entre los emisores de una tubería lateral
- Distancia entre los laterales de riego
- Caudal de los emisores

A partir de estos datos, sólo es preciso aplicar la siguiente expresión:

$$\text{Tiempo de riego (minutos)} = \frac{\text{Necesidades brutas (litros/m}^2\text{)}}{\text{Caudal del emisor (litros/hora)}} \times \frac{1}{\text{N}^\circ \text{ de emisores por metro cuadrado}} \times 60$$



Al ser medidas indirectas del contenido de humedad del suelo han de usarse con precaución. Su uso sólo es completamente fiable en suelos homogéneos y arenosos. En cualquier caso pueden indicar aproximadamente cuando regar, pero no la cantidad de agua a aplicar.

EJEMPLO

Un agricultor se dedica al cultivo de tomate al aire libre y desea calcular las necesidades brutas a aplicar diariamente a su cultivo.

Los datos de los que dispone son los siguientes:

- Zona de cultivo: Vega de Granada
- Fecha de plantación: 1 de abril
- Fase del cultivo: Inicial
- Duración de la fase inicial: 30 días
- Fracción de lavado: 0.27
- Evapotranspiración de referencia (ET_r) en la Vega de Granada para el mes de abril: 3.5 milímetros/día
- Coeficiente de cultivo (K_c) en fase inicial: 0.45
- Eficiencia de aplicación del sistema de riego: 90%

1.- Se calcula la evapotranspiración ET:

$$ET = ET_r \times K_c$$

$$ET = 3.5 \times 0.45 = 1.58 \text{ milímetros/día}$$

Este dato representa las necesidades netas (N_n).

2.- Seguidamente se calculan las necesidades brutas (N_b), teniendo en cuenta que hay que destinar una cantidad de agua de riego para el lavado de sales.

$$N_b = \frac{N_n}{E_a \times (1 - FL)} \times 100 = \frac{1.58}{90 \times (1 - 0.27)} \times 100 = 2.4 \text{ milímetros/día ó 2.4 litros/metro cuadrado/día}$$

EJEMPLO

Un agricultor sabe que las necesidades de agua de su cultivo de tomate son 2.4 milímetros al día. Desea conocer qué tiempo ha de tener funcionando su instalación de riego localizado diariamente para poder aportar al cultivo las necesidades brutas.

Los datos de los que dispone son los siguientes:

- Marco de plantación: Distancia entre líneas de cultivo: 1.2 metros
Distancia entre plantas: 0.4 metros



- Sistema de riego: Localizado, con goteros interlínea
Un lateral de riego por cada línea de plantas
Separación entre emisores: 0.4 metros
Caudal del emisor: 3 litros/hora

Para calcular el tiempo de riego necesario para aplicar los 2.4 litros/metro cuadrado al día, es preciso conocer el número de emisores por metro cuadrado que hay en la instalación, utilizando la expresión:

$$\text{Nº de emisores/m}^2 = \frac{1}{\text{Distancia emisores (m)} \times \text{Distancia laterales (m)}} = \frac{1}{0.4 \times 1.2} = 2.08$$

Finalmente el tiempo de riego se calcula:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de riego (minutos)} &= \frac{\text{Necesidades brutas (litros/m}^2\text{)}}{\text{Caudal del emisor (litros/hora)}} \times \frac{1}{\text{Nº de emisores/m}^2} \times 60 = \\ &= \frac{2.4}{3} \times \frac{1}{2.08} \times 60 = 23 \text{ minutos} \end{aligned}$$



Resumen

El diseño de una instalación de riego localizado se basa en un diseño agronómico previo y el posterior diseño hidráulico. Para el primero se requiere información acerca de los cultivos a regar y las necesidades máximas de agua, así como de características del suelo y de la calidad del agua. El diseño hidráulico consiste en determinar las características de la red de riego (dimensionamiento en diámetro, longitud y espesor), así como las del equipo de filtrado, de fertirriego, etc.

La programación de los riegos consiste en determinar el momento óptimo de efectuar el riego, calcular la cantidad de agua a aplicar y el tiempo que ha de estar funcionando la instalación. En riego localizado de alta frecuencia, lo ideal y más frecuente es aportar el agua en función de las necesidades diarias del cultivo, calculándose el tiempo necesario de riego dependiendo de las características de la instalación.

Autoevaluación

- Las necesidades de agua de un cultivo están determinadas por:
 - El estado de humedad del terreno.
 - Las altas temperaturas del medio ambiente.
 - La evapotranspiración.
 - La radiación solar y la frecuencia de lluvias.
- ¿Qué son las Necesidades de Lavado en un riego localizado?
 - Es el aporte de agua extra que se añade a las Necesidades Netas de riego, para lavar las sales a capas más profundas del suelo.
 - Es el aporte de agua necesario para limpiar las tuberías de riego y que no se produzcan obturaciones de los emisores.
 - Es el aporte de agua extra a añadir para mantener un buen porcentaje de suelo mojado.
 - Es la cantidad de agua necesaria para limpiar cada uno de los filtros de arena.
- Un tanque evaporímetro sirve para:
 - Medir la Evapotranspiración (ET)
 - Medir la Evapotranspiración de referencia (ETr)
 - Medir la Evapotranspiración de diseño (ETd)
 - Medir el porcentaje de suelo mojado
- Las necesidades brutas coinciden con las necesidades de riego y se obtienen:
 - Sumando las necesidades de lavado a las necesidades netas.
 - Incrementando a las pérdidas por filtración profunda las Necesidades Netas de riego.
 - Considerando las necesidades netas, la eficiencia del sistema de riego y las necesidades de lavado
 - Evaluando el sistema de riego
- Para diseñar una instalación de riego localizado hay que tener en cuenta dos procedimientos: el diseño agronómico del riego y diseño hidráulico de la instalación.
 - El diseño hidráulico estará en función del diseño agronómico
 - El diseño agronómico se realizará en función del diseño hidráulico
 - El orden es indiferente
 - Diseño agronómico e hidráulico no dependen entre sí
- El agua en su recorrido por la instalación va perdiendo presión debido a su paso por distintos elementos de la red, rozamientos o en tramos ascendentes. La diferencia de presión que se ocasiona entre dos puntos por alguno de estos motivos se denomina
 - Presión diferencial
 - Pérdidas de carga
 - Rozamiento
 - Presión puntual
- ¿En qué condiciones de diámetro y longitud de tubería se producen mayores pérdidas de carga?
 - A mayor diámetro y longitud
 - A menor diámetro y mayor longitud
 - A menor diámetro y menor longitud
 - A mayor diámetro y menor longitud
- Para mantener constante la presión a la entrada de la subunidad de riego, es aconsejable instalar al principio de la tubería terciaria:
 - Una válvula de pie
 - Un regulador de presión
 - Un programador de presión
 - Una válvula de presión
- Cuando la pendiente del terreno sea muy acusada y se puedan originar grandes diferencias de presión a lo largo de los laterales, se aconseja:
 - Colocar los laterales siguiendo la pendiente del terreno.
 - Utilizar goteros autocompensantes
 - Disponer las tuberías laterales siguiendo las curvas de nivel, las terciarias la pendiente y utilizar goteros autocompensantes
 - Colocar los laterales lo más espaciados posible entre sí



5.1 Introducción

Se define la **fertirrigación o fertirriego** como el procedimiento mediante el cual se aportan los fertilizantes a las plantas a través del agua de riego. Mediante esta práctica se consigue poner a disposición del cultivo, y de una forma controlada, los nutrientes necesarios en función del grado de desarrollo de las plantas, siendo precisamente **el riego localizado** el método mejor adaptado al fertirriego.

Con la fertirrigación en riego localizado se obtiene además una mayor **eficacia en la aplicación de los elementos nutritivos**, al distribuirlos en torno a las raíces y en el *bulbo húmedo*, lo cual facilita la asimilación por parte de la planta y evita las pérdidas de nutrientes.

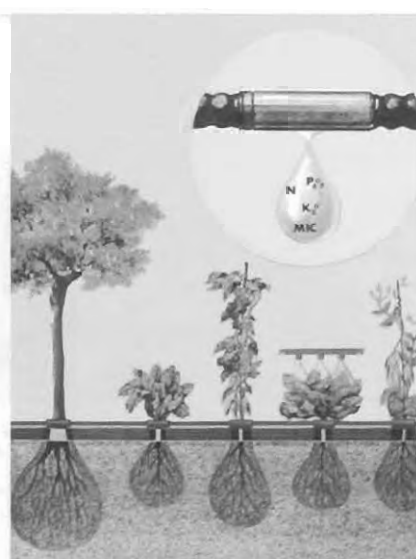


Figura 1. Los fertilizantes son aplicados directamente en la zona de acción de las raíces en el entorno del bulbo húmedo.

5.2 Ventajas e inconvenientes de la fertirrigación

A continuación se indican las **ventajas** que presenta la fertirrigación frente a los posibles **inconvenientes**, con respecto a los cuales es preciso comentar que son evitables en gran medida con un buen manejo del sistema.

VENTAJAS DE LA FERTIRRIGACIÓN

- Se produce un **ahorro de fertilizantes**, comparado con otros sistemas, debido a que su aplicación es localizada sobre la propia planta distribuyéndose el abono cerca de las raíces y además se produce una **menor pérdida por lavado o lixiviación**. El ahorro de los fertilizantes puede variar entre un 25 % y un 50 %.
- **La planta asimila mejor los elementos nutritivos** aportados ya que existe un alto grado de humedad en torno a las raíces, lo que facilita que el fertilizante se disuelva y pueda ser mejor absorbido.
- La cantidad y tipo de abono que se aporta está en función del estado de desarrollo de la planta, respetando las necesidades y equilibrio que cada fase de cultivo requiere.
- Se puede actuar con rapidez y eficacia ante situaciones en que las plantas requieran algún tipo de elemento nutritivo, denominadas **estados carenciales**.
- Posibilita el uso de la instalación para incorporar otros productos a las plantas, como puedan ser los insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc.



Figura 2. Aplicación de productos fitosanitarios a través de la instalación de riego localizado, haciendo uso de un inyector Venturi.

- Posibilita un **alto grado de automatización del proceso**, evitando además errores en los suministros ocasionados por el accionamiento manual, como desfases horarios e inexactitudes en la

dosificación, tanto por exceso (pudiendo ocasionar elevada salinidad) como por defecto (provocando carencias nutricionales o falta de agua).



Figura 3. Equipo de fertirrigación automático. Se pueden observar al fondo los depósitos de fertilizante.

- Reduce notablemente el impacto medioambiental negativo que supone el uso de los fertilizantes.

INCONVENIENTES

- **Obstrucciones** de los emisores de riego, ocasionadas principalmente por el *precipitado* de los fertilizantes, **mala disolución** y posibilidad de **reacción** de algunos elementos con el agua de riego, **incompatibilidades** entre algunos de ellos, e impurezas que a veces puedan llevar incluidas.
- **Aumenta la salinidad del agua de riego**, con riesgo de que también se produzca salinización del suelo.



Figura 4. Residuos de sales en torno a un emisor de riego, que provocan un aumento de salinidad del suelo y eleva el riesgo de obturación del gotero.

5.3 Elementos nutritivos (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, otros)

Los principales elementos nutritivos, necesarios para el desarrollo de las plantas, se pueden englobar en tres grupos:

- **Macroelementos** o elementos principales: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).
- **Elementos secundarios:** Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).
- **Microelementos:** Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cinc (Zn), Cobre (Cu), Boro (B), Molibdeno (Mo).

Las necesidades de uno u otro elemento, están en función del tipo de planta y estado de desarrollo, pero en general necesitan mayor cantidad de macroelementos que de elementos secundarios y microelementos. No obstante, en la aplicación del riego localizado es sumamente importante el aporte regular de todos los nutrientes necesarios, por desarrollarse la planta en menos volumen de suelo y estar sometido éste a lavado continuo.

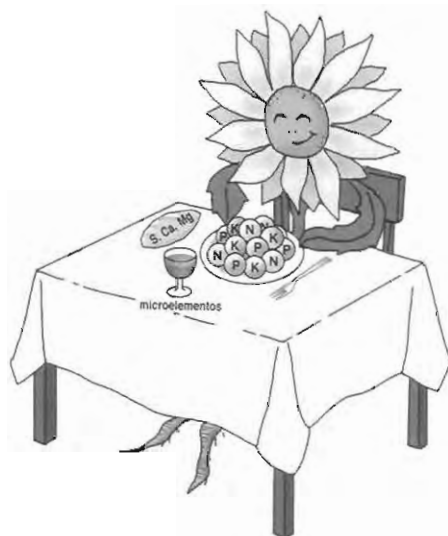


Figura 5. Las plantas, en lo que respecta a su nutrición, necesitan una mayor cantidad de Macroelementos, que de Elementos Secundarios y de Microelementos.

No por el hecho de que las plantas necesiten cantidades pequeñas de algunos de estos elementos implica que estos tengan poca importancia. En realidad, la falta de alguno de ellos **puede ocasionar estados carenciales graves**, lo que se reflejará posteriormente en la producción. Así, por ejemplo, un estado carencial en Hierro ocasiona principalmente clorosis internervial en la mayoría de los cultivos, y una falta en Magnesio produce una clorosis en las nerviaciones de las hojas, las cuales se abarquillan y se toman a colores claros, todo ello acompañado de una reducción en la producción directamente proporcional a la gravedad de la carencia.



Figura 6. Cultivo de Gerbera que presenta una deficiencia en Hierro.

En definitiva, cada uno de estos elementos actúa en una o varias funciones de la planta. Normalmente son suministrados a las plantas a través de abonos comerciales, que aportan uno o varios elementos nutritivos, llamándose **simples** cuando aportan solamente uno de los tres macroelementos, **binarios** cuando aportan cualquier combinación de ellos de dos en dos o **ternarios** cuando aportan los tres macroelementos juntos.

ACCIÓN DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS

➤ NITRÓGENO.

Es uno de los elementos más utilizados en la fertilización, provocando unos resultados rápidos y espectaculares, motivo por el cual se suele aportar en exceso en los abonados. **Actúa en procesos vitales de las plantas**, acentuándose sus necesidades y demandas sobre todo en la **fase de crecimiento** y durante la **formación de los órganos reproductores**.

Según el tipo de cultivo y su estado de desarrollo, **un exceso en nitrógeno** puede provocar en la planta los siguientes síntomas:

- Gran desarrollo de la masa foliar (respecto al desarrollo de las raíces), y coloración verde oscuro.
- Menor formación de flores y **mal cuajado** de las mismas.
- Posibilidad de **aborto de las flores**.
- La planta se enternece demasiado y **los entrenudos se alargan**.
- Debido al enternecimiento, presenta **menor resistencia a las heladas y mayor sensibilidad a las enfermedades**.
- Retraso en la maduración del fruto y **peor calidad** en los mismos.



Una deficiencia de nitrógeno provoca estados carenciales en la planta que se reflejan en un **menor crecimiento y debilidad**, así como una **clorosis generalizada** (amarilleamiento).

Según la forma en que se presenta el Nitrógeno, éste tendrá mayor o menor movilidad en el suelo. Así, las **formas nítricas** presentan una **gran movilidad**, la planta lo absorbe con facilidad y se lava o lixivia fácilmente en el terreno. En cambio, el nitrógeno en **forma de amonio tiene menor movilidad** y es retenido en el suelo, pero si se acumula, debido a que no se transforma en nitrato con facilidad, puede llegar a ser tóxico para las raíces.

Los fertilizantes nitrogenados más utilizados en fertirrigación son:

- ▷ Nitrato Amónico 33.5 % N (la mitad del nitrógeno está en forma nítrica y la otra mitad en forma amoniacal)
- ▷ Sulfato Amónico 21 % N (todo el nitrógeno en forma amoniacal)
- ▷ Nitrato Cálcico 15.5 % N (todo el nitrógeno en forma nítrica), 17 % CaO
- ▷ Urea 46 % N (todo el nitrógeno en forma amídica de lenta liberación)
- ▷ Soluciones Nitrogenadas, con distintas concentraciones y tipos de nitrógeno

► FÓSFORO.

Favorece **el desarrollo de las raíces**, sobre todo al principio del cultivo, así como la **floración y el cuajado de los frutos**. Aumenta la cantidad y calidad de la cosecha, dando mayor precocidad al cultivo y también proporciona **mayor resistencia a condiciones adversas** (como climatológicas o sanitarias).

La **movilidad** del Fósforo en el suelo es muy **reducida**, ya que se fija a las partículas del suelo y no se lava fácilmente. Además se disuelve muy mal en el agua (tiene baja solubilidad), y al ser aportado puede asociarse con el Calcio, **originar precipitados y provocar obturaciones** en los emisores de riego. Para evitar en cierta medida las precipitaciones ocasionadas por el Calcio y el Magnesio contenidos en el agua de riego, se debe de aportar ácido.

Dependiendo del tipo de cultivo y su estado de desarrollo, una **deficiencia en fósforo** puede originar, entre otros, los siguientes síntomas:

- **Coloración anormal**, tonos oscuros y tonalidades violáceas, principalmente en hojas viejas.
- Reducción considerable de la brotación lateral.
- Disminución de la **calidad y cantidad** de raíces y flores.

Los abonos más utilizados en fertirrigación que aportan Fósforo son:

- ▷ Fosfato Monoamónico: 12 % N, 61 % P_2O_5
- ▷ Fosfato Monopotásico: 53 % P_2O_5 , 34 % K_2O



▷ Acido Fosfórico: 40 % P_2O_5

Es importante **controlar la reacción del pH** de los abonos anteriormente indicados, debido a los precipitados que se puedan producir al entrar en contacto con otros elementos (especialmente con el Calcio).

➤ POTASIO.

Contribuye al **desarrollo de las raíces** y al aumento de la **calidad y tamaño** de los frutos. También condiciona el estado sanitario de la planta, haciéndola **más resistente a enfermedades provocadas por hongos**.

No todo el Potasio aplicado queda a disposición de la planta, sino que **una gran parte es retenido por el suelo**, mientras que otra se vuelve no soluble. La absorción no depende únicamente de la cantidad de Potasio que se aplique sino también de la cantidad de Calcio y de Magnesio que exista en el suelo.

En caso de existir **deficiencias de Potasio**, aunque puede variar según sea el cultivo y su estado de desarrollo, se pueden presentar los siguientes síntomas:

- **Amarilleamiento** de los bordes de las hojas y su muerte.
- Plantas con **poca resistencia y vigor**.
- Mayor sensibilidad frente a enfermedades provocadas por hongos.
- Retraso generalizado en el desarrollo de la planta.

Los fertilizantes que aportan Potasio más utilizados en fertirrigación son:

- ▷ Nitrato Potásico: 13 % N, 46 % K_2O .
- ▷ Sulfato Potásico: 50 % K_2O .

➤ CALCIO.

Es un elemento secundario que **mejora la calidad y conservación de los frutos**, dándoles mayor dureza y consistencia. Suele estar de forma abundante en el suelo, pero una **deficiencia** puede provocar la siguiente sintomatología en la planta:

- Se reduce el desarrollo de los nuevos tejidos, tornándose amarillos y deformados.
- Puede provocar muertes puntuales en algunos tejidos.
- Menor desarrollo de las raíces.

El abono más utilizado en fertirrigación que aporta este elemento es:

▷ Nitrato Cálcico: 15.5 % N, 17 % CaO

En caso de realizar el aporte de Calcio con el este abono, se aconseja hacerlo separado de los demás



fertilizantes con objeto de evitar incompatibilidades; en cualquier caso, es posible mezclarlo con Nitrato Potásico o bien con un complejo de microelementos.

➤ **MAGNESIO.**

Este elemento es **esencial para la realización de la fotosíntesis**. Se mueve fácilmente por el interior de la planta, pudiendo pasar de los tejidos más viejos a los más jóvenes que presentan deficiencias. Su **carencia** aparece en las plantas en forma de clorosis en las nerviaciones de las hojas, las cuales se **abarquillan** y tornan a una coloración **amarillo-verdosa**.

Los abonos que aportan este elemento más usados en fertirriego, son principalmente:

- ▷ Nitrato de Magnesio: 11 % N, 9 % MgO
- ▷ Sulfato de Magnesio: 10 % MgO

➤ **MICROELEMENTOS.**

Son **elementos fundamentales para el desarrollo de las plantas**, aunque se encuentren en proporciones muy pequeñas en sus tejidos. Estos elementos influyen en casi todas las funciones esenciales de las plantas, **floración, respiración, fotosíntesis**, etc., por lo que es muy importante que estén fácilmente disponibles.

En función del tipo de cultivo y microelemento, los síntomas de deficiencia son muy diversos y en numerosas ocasiones no son fáciles de determinar, por lo que se recurre a análisis de las hojas. Sin embargo, algunos síntomas que pueden presentar los cultivos por deficiencia de microelementos son:

- **Cinc:** su carencia se manifiesta principalmente en las zonas de crecimiento terminal; la longitud del tallo se reduce y las hojas adquieren forma de roseta. Provoca **clorosis entre los nervios de las hojas** y reducción de las yemas florales.
- **Hierro:** es fundamental en la **fotosíntesis**. Las plantas manifiestan su carencia mediante **clorosis entre las nerviaciones**, quedando éstas de color verde.
- **Manganeso:** junto con el Hierro, es muy importante en la fotosíntesis. Su deficiencia provoca síntomas parecidos a los del Hierro, con una coloración verde pálido que oscurece los nervios de las hojas, pero sin una distinción tan marcada como la que produce el Hierro.
- **Boro:** su deficiencia aparece principalmente en los tejidos jóvenes en forma de clorosis y ondulaciones de las hojas, muerte de frutos o tubérculos, reducción de la floración y polinización deficiente.
- **Molibdeno:** es esencial para transformar el Nitrógeno que se aporta en forma nítrica en sustancias que son directamente asimilables por las plantas. Su deficiencia provoca síntomas de falta de vigor, enrollamiento de hojas y quemaduras.
- **Cobre:** una carencia en este elemento puede originar una paralización del crecimiento, falta de coloración, marchitez de hojas y muerte de los brotes terminales.



SÍNTOMAS DE EXCESOS Y DEFICIENCIAS			
CLASIFICACIÓN	ELEMENTO	EXCESOS	DEFICIENCIAS
ELEMENTOS PRIMARIOS	NITRÓGENO	Desequilibrio de desarrollo entre raíces y parte aérea. Deficiente floración, mal cuaje y abortos. Planta tierna y entrenudos largos. Menor resistencia y mayor sensibilidad a plagas y enfermedades. Retraso en maduración y peor calidad de frutos.	Menor crecimiento y debilidad en la planta. Clorosis generalizada.
	FÓSFORO		Coloración anormal: tonos oscuros y violetas Reducción de la brotación lateral. Disminución la cantidad de raíces. Disminución de la floración. Deseccación de los bordes de las hojas.
	POTASIO		Bordes de hojas amarillentas con posterior muerte Plantas con poca resistencia y vigor. Sensibilización a enfermedades. Retraso general en el desarrollo.
ELEMENTOS SECUNDARIOS	CALCIO	Presenta antagonismo con el potasio	Se reduce la formación de nuevos tejidos. Se deforman los tejidos y tornan a amarillentos. Se observan muertes puntuales. Se reduce el sistema radicular.
	MAGNESIO		Clorosis en las nerviaciones de las hojas. Abarquillamiento de hojas. Cambio de coloración de la planta a amarillo-verdosa.
MICROELEMENTOS	CINC		Reducción de crecimiento del tallo. Las hojas adquieren forma de roseta. Clorosis entre los nervios de las hojas. Menor número de yemas florales.
	HIERRO		Clorosis entre nerviaciones.
	MANGANESO	Bloquea al Hierro	Síntomas parecidos al hierro.
	BORO	Toxicidad	Tejidos jóvenes con clorosis y deformaciones en hojas. Reducción de la floración y defectuosa polinización. Muerte en frutos y tubérculos.
	MOLIBDENO		Falta de vigor generalizada. Deformación de hojas con posibilidad de muerte.
	COBRE		Paralización del crecimiento. Falta de pigmentación. Marchitez de hojas. Muerte de brotes terminales.



ACCIÓN DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS SOBRE LA PLANTA			
CLASIFICACIÓN	ELEMENTO	FUNCIONES PRINCIPALES	FERTILIZANTES MAS USUALES
ELEMENTOS PRIMARIOS	NITRÓGENO	Es esencial en el crecimiento del cultivo, provocando un crecimiento rápido de la planta. Actúa en la formación de los órganos reproductores. Es necesario para la formación de la clorofila.	Nitrato Amónico 33.5 % N Sulfato Amónico 21 % N Nitrato Cálcico 15.5 % N 17 % CaO Urea 46 % N
	FÓSFORO	Favorece emisión de raíces, floración y cuajado de los frutos. Actúa sobre la cantidad, calidad y precocidad del cultivo. Da una mayor resistencia frente a condiciones adversas.	Fosfato Monoamónico 12-61-00 Fosfato Monopotásico 00-53-34 Acido Fosfórico 40 % P ₂ O ₅
	POTASIO	Favorece el desarrollo de las raíces. Mejora la calidad y tamaño de los frutos. Hace a la planta más resistente frente a enfermedades provocadas por hongos.	Nitrato Potásico 13-00-46 Sulfato Potásico 50 % K ₂ O
ELEMENTOS SECUNDARIOS	CALCIO	Es esencial para la formación de las nuevas células. Mejora la calidad y conservación de los frutos, presentando mayor dureza y consistencia.	Nitrato Cálcico 15.5 % N 17 % CaO
	MAGNESIO	Es fundamental en la realización de la fotosíntesis. Al tener movilidad en la planta, pasa de tejidos viejos a tejidos jóvenes.	Nitrato de Magnesio 11 % N 9 % MgO Sulfato de magnesio 10 % MgO
	MICROELEMENTOS	Aunque las plantas los necesitan en pequeñas cantidades son esenciales en su desarrollo. Participan en la formación y transformación de muchas sustancias.	Complejos de Microelementos

FERTILIZANTES MÁS UTILIZADOS EN FERTIRRIGACIÓN

Los abonos que se utilizan en fertirrigación **deben de poseer un alto grado de pureza**, para que no incorporen al suelo sustancias nocivas o peligrosas para la planta. Además deben ser muy solubles en el agua (tener una alta *solubilidad*), con el fin de reducir el riesgo de obturación de los emisores.

Los fertilizantes comerciales se han obtenido mediante formulaciones químicas, los cuales incluyen en su composición uno o varios elementos nutritivos según se trate de abonos simples, binarios, etc.





Figura 7. Distintos tipos de abonos comerciales en los que se observan los diferentes elementos que aportan y sus riquezas respectivas.

EJEMPLO

Nitrato amónico 33.5 % N:	Aporta Nitrógeno
Acido fosfórico 40 % P_2O_5 :	Aporta Fósforo
Nitrato Potásico 13-00-46:	Aporta Nitrógeno y Potasio
Nitrato de Calcio 15.5-00-00 17 CaO	Aporta Nitrógeno y Calcio

De los abonos comerciales utilizados se deben conocer los siguientes aspectos:

- ▷ **Elementos nutritivos que aporta.** Este dato es fundamental para establecer un plan adecuado de fertirrigación.
- ▷ **Asimilación** por parte de la planta, es decir, conocer si el elemento en cuestión lo asimila la planta fácilmente o ha de sufrir un proceso de **transformación previo**.

EJEMPLO

El fertilizante Nitrato Amónico aporta nitrógeno pero una parte viene en forma nítrica, que es fácilmente asimilable por la planta, y otra en forma amoniacal que queda retenida en el suelo, transformándose poco a poco a nitratos y pasando de esta manera a forma asimilable para la planta.

En cambio, el Sulfato Amónico aporta todo el nitrógeno en forma amoniacal, por lo que la planta no podrá asimilar este nitrógeno hasta que no se haya transformado a forma nítrica.

- ▷ **Solubilidad** del fertilizante. Es la cantidad de fertilizante que se disuelve en un litro de agua para una temperatura de 20°C. De forma general al aumentar la temperatura del agua se puede disolver más cantidad de abono. La solubilidad hace alusión a los abonos sólidos, puesto que en caso de fertilizantes líquidos la solubilidad es absoluta.



FERTILIZANTE	SOLUBILIDAD (gramos/litro)
Nitrato de Calcio	1.220
Nitrato Amónico	1.920
Sulfato Amónico	730
Nitrato Potásico	316
Nitrato de Magnesio	279
Sulfato Potásico	110
Fosfato Monopotásico	230
Fosfato Monoamónico	661
Fosfato Biamónico	400
Sulfato de Magnesio	710

EJEMPLO

Nitrato de Magnesio: solubilidad = 279 gramos/litro.

Esto quiere decir que en un litro de agua que se encuentra a 20°C de temperatura se pueden disolver 279 gramos de Nitrato de Magnesio. Hay que tener en cuenta que al aumentar la temperatura aumenta la solubilidad del fertilizante. Sin embargo, lo que suele ocurrir es que la temperatura del agua sea menor, o bien que la solubilidad del fertilizante disminuya por la incorporación de otros; por estos motivos se aconseja no apurar al máximo los valores de solubilidad de la tabla adjunta.

- ▷ **Aumento de la salinidad** en el agua de riego. La salinidad se mide por la **Conductividad Eléctrica (CE)** en milimhos por centímetro (mmho/cm) o deciSiemens por metro (dS/m). Es necesario saber cuánto aumenta la conductividad eléctrica al incorporar los fertilizantes en el agua de riego, para poder establecer la máxima cantidad permisible a disolver según el tipo de cultivo y fase de desarrollo del mismo.

AUMENTO DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO (milimhos/centímetro)			
FERTILIZANTE	Concentración		
	0.5 gramos/litro	1 gramos/litro	2 gramos/litro
Nitrato Amónico	0.78	0.94	2.78
Nitrato Potásico	0.64	1.27	2.44
Nitrato de Calcio	0.78	1.11	2.78
Nitrato de Magnesio	0.462	0.86	1.61
Sulfato de Potasio	0.765	1.415	2.58
Sulfato de Amonio	1.04	2.14	3.45
Fosfato Monoamónico	0.42	0.80	1.57
Sulfato de Magnesio	0.765	1.415	2.58
Acido Fosfórico	0.959	1.672	2.59



EJEMPLO

Si se aporta Nitrato Potásico a una concentración de 1 gramo/litro, éste incrementa la Conductividad Eléctrica del agua de riego en 1. 27 mmhos/cm.

- **Variación del pH.** Cada elemento fertilizante puede variar el pH del agua de riego. Hay abonos que lo reducen (ácidos) y otros que lo elevan (básicos o alcalinos). Por ello es necesario conocer cómo reacciona cada uno de los fertilizantes empleados en fertirrigación, para poder corregir la posible variación de pH.

REACCIÓN DE pH DE FERTILIZANTES UTILIZADOS EN FERTIRRIGACIÓN (Valor de referencia de pH: 7)			
FERTILIZANTE	Concentración		
	0.5 gramos/litro	1 gramos/litro	2 gramos/litro
Nitrato Amónico	5.59	5.56	5.38
Nitrato Potásico	6.56	7.02	7.53
Nitrato de Calcio	5.91	5.87	5.80
Nitrato de Magnesio	5.52	5.53	5.37
Sulfato de Potasio	6.60	7.10	7.47
Sulfato Amónico	5.50	5.50	5.50
Fosfato Monoamónico	5.00	4.90	4.70
Sulfato de Magnesio	6.60	7.10	7.47
Acido Fosfórico	2.81	2.62	2.09

EJEMPLO

Si se aporta Fosfato Monoamónico a una concentración de 0.5 gramos/litro, suponiendo que el pH del agua es de valor 7.0, es decir neutro, lo baja hasta valor de pH 5.0.

- **Riqueza del abono.** Conocer la riqueza de un fertilizante es fundamental para poder establecer un plan de fertirrigación, pudiendo elegir el abono más adecuado según la concentración del elemento nutritivo en cuestión. La riqueza garantizada en elementos nutritivos de los fertilizantes, se expresa de la siguiente forma:



% N	para todas las formas de	Nitrógeno
% P ₂ O ₅	“ “ “ “ “	Fósforo
% K ₂ O	“ “ “ “ “	Potasio
% CaO	“ “ “ “ “	Calcio
% MgO	“ “ “ “ “	Magnesio
% SO ₃	“ “ “ “ “	Azufre

El resto de los elementos nutritivos se expresan como elemento:

% Fe	para todas las formas de	Hierro
% Mn	“ “ “ “ “	Manganeso
% Zn	“ “ “ “ “	Cinc
% Cu	“ “ “ “ “	Cobre
% B	“ “ “ “ “	Boro
% Mo	“ “ “ “ “	Molibdeno

EJEMPLO

Fosfato Monoamónico 12 % N; 61 % P₂O₅

Esto quiere decir que de cada 100 Kg de Fosfato Monoamónico, 12 Kg son de Nitrógeno y 61 Kg son de P₂O₅.

Otra forma muy común de expresar la riqueza de un abono es mediante la **relación N-P-K**, que indica la riqueza del abono expresada en tanto por ciento. En caso que el fertilizante aporte otros elementos nutritivos, se indican a continuación de la relación anterior.

EJEMPLO

Nitrato Potásico 13 % N; 46% K₂O

La riqueza de este fertilizante expresada por la relación anterior es 13-00-46, y como se puede observar, se respeta el orden de los macroelementos anteriormente indicado. Todo ello quiere decir que de cada 100 kilogramos de Nitrato Potásico, 13 son de Nitrógeno, 0 de P₂O₅ y 46 son de K₂O.

Nitrato Cálcico 15.5 % N; 17% CaO

La riqueza de este abono sería 15.5-00-00-17 CaO, lo que significa que cada 100 kilogramos de este fertilizante aporta 15.5 kilogramos de N, 0 de P₂O₅, 0 kilogramos de K₂O y 17 kilogramos de CaO



- o **Unidades Fertilizantes.** Las necesidades de elementos nutritivos de los cultivos se expresan en Unidades Fertilizantes. Una Unidad Fertilizante equivale a un kilogramo de elemento puro, N, P₂O₅, K₂O, etc.

EJEMPLO

- 1) Calcular cuántas Unidades Fertilizantes hay en 20 kilogramos de Nitrato Amónico con una riqueza en Nitrógeno del 33.5 %.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Si en 100 kilogramos de Nitrato Amónico 33.5 % N hay 33.5 Unidades Fertilizantes de N, en 20 kilogramos habrá:

$$\frac{20}{100} \times 33.5 = 6.7 \text{ Unidades Fertilizantes de N}$$

- 2) Calcular cuántos kilogramos de Nitrato Amónico 33.5 % N, hacen falta para poder aportar 50 Unidades Fertilizantes de Nitrógeno.

El procedimiento a seguir es:

Si en 100 kilogramos de Nitrato Amónico 33.5 % N hay 33.5 Unidades Fertilizantes en Nitrógeno, la cantidad de abono que hace falta para aportar 50 Unidades Fertilizantes de N es:

$$\frac{50}{33.5} \times 100 = 149.25 \text{ Kilogramos de Nitrato Amónico 33.5 \% N}$$

- o **Equilibrio** de un abono, es decir, la **relación existente entre los elementos nutritivos** que componen dicho abono. Se trata de saber cuántas veces se está aportando un elemento más que otro. Este concepto es necesario puesto que según el estado de desarrollo de la planta la proporción de los elementos nutritivos debe variar.

Para saber el equilibrio del abono, simplemente basta dividir las distintas concentraciones del abono por la cantidad más pequeña.

EJEMPLO

En un saco de fertilizante se observa que su composición y riqueza es 25-5-50; para conocer el equilibrio de abonado, habría que dividir todos los valores por el más pequeño, que en este caso es 5.

El equilibrio de dicho abonado sería 5-1-10; es decir se aportan cinco veces más de Nitrógeno que de Fósforo, diez veces más de Potasio que de Fósforo, y dos veces más de Potasio que de Nitrógeno.



- ▷ Capacidad de **corrosión** del fertilizante. Determinados fertilizantes pueden presentar acción corrosiva frente a algunos materiales metálicos utilizados en la instalación de riego, tales como filtros, agitadores de depósitos, etc.
- **Peligrosidad** en su manejo. La utilización de algunos productos fertilizantes, principalmente el ácido nítrico, ácido sulfúrico y ácido fosfórico, puede entrañar algún riesgo en su manipulación.

Los accidentes más usuales son los causados por salpicaduras, provocando quemaduras más o menos graves en función de la zona afectada, aunque también se pueden producir vapores que pueden ser inhalados. Por ello, en su manipulación, se deben de emplear material de protección adecuada: gafas, mascarillas, pantallas, guantes, ropa, etc.



Figura 8. Para manipular productos ácidos o peligrosos es indispensable estar protegido con gafas, guantes y otros elementos.

5.4 Preparación del abono

Los abonos se incorporan a la red de riego previa preparación de la **solución nutritiva o solución madre**. Esta solución se obtiene tras disolver los fertilizantes que contienen los distintos elementos en proporciones equilibradas, según necesidades nutritivas de las plantas.

La **solución nutritiva** se puede obtener adquiriéndola directamente en forma de abono líquido con los elementos ya proporcionados y equilibrados, o bien preparándola a partir de abonos sólidos solubles.



Figura 9. Preparación de una solución nutritiva a partir de abonos sólidos solubles.

En caso de tener que preparar la solución nutritiva, es necesario conocer la **solubilidad** de los abonos utilizados y la **compatibilidad** de los mismos, ya que pueden reaccionar entre sí y formar **productos insolubles**. En el siguiente cuadro se muestra la compatibilidad de las principales sales fertilizantes utilizadas en fertirrigación:

CUADRO DE COMPATIBILIDAD DE FERTILIZANTES								
	Nitrato Amónico	Sulfato Amónico	Nitrato Cálcico	Fosfato Monopotásico	Fosfato Monoamónico	Sulfato Potásico	Sulfato de Magnesio	Nitrato Potásico
Nitrato Amónico		X	Incompatible	X	X	X	X	X
Sulfato Amónico	X		Incompatible	X	X	X	X	X
Nitrato Cálcico	Incompatible	Incompatible		Incompatible	Incompatible	Incompatible	Incompatible	X
Fosfato Monopotásico	X	X	Incompatible		X	X	X	X
Fosfato Monoamónico	X	X	Incompatible	X		X	X	X
Sulfato potásico	X	X	Incompatible	X	X		X	X
Sulfato de magnesio	X	X	Incompatible	X	X	X		X
Nitrato Potásico	X	X	X	X	X	X	X	

X: Compatible

Para preparar la solución nutritiva se aconsejan seguir los siguientes pasos:

- Se calcula la cantidad de agua necesaria para disolver todos los abonos, sumando las cantidades que hacen falta para disolver cada uno de ellos por separado.
- Se aporta agua al depósito en el que se vaya a preparar la solución nutritiva hasta un 40 % de su volumen aproximadamente.
- Utilizando el agua restante se hace una disolución previa de cada uno de los abonos, comenzando por el de menor solubilidad, y se vierten al depósito.
- En caso de que el depósito esté provisto de agitador, ponerlo en marcha.



Figura 10. Tanque fertilizante. Se observa el agitador, accionado por un motor eléctrico, usado para homogeneizar la solución nutritiva.



- Una vez concluida esta operación, se añade el agua restante hasta completar la cantidad calculada en el primer paso.
- Se procede a comprobar el pH de la solución y se ajusta en torno a 5.5-6 con ácido nítrico, evitando de esta manera la formación de productos insolubles.
- En caso de tener que aportar ácido, éste debe incorporarse en primer lugar y lentamente para evitar posibles accidentes a la persona que lo manipula.
- En caso de no utilizar la solución de forma inmediata se protegerá de la luz, y como máximo deberá utilizarse en un plazo entre 5-7 días.

EJEMPLO

Supóngase que una solución nutritiva va a estar formada por los siguientes fertilizantes.

- Nitrato Amónico 33.5 % N
- Nitrato Potásico 13-00-46
- Fosfato Monoamónico 12-61-00
- Acido Nítrico (Para corregir el pH)

El orden a seguir en la preparación de la solución nutritiva sería el siguiente:

- 1º. Acido Nítrico. Se aporta lentamente evitando salpicaduras, ya que hay que tener presente que se trata de un producto ácido. Hay que considerar las Unidades Fertilizantes de Nitrógeno aportadas con el Acido Nítrico.
- 2º. Nitrato Potásico. Por ser el fertilizante menos soluble.
- 3º. Fosfato Monoamónico. Por ser el siguiente fertilizante menos soluble.
- 4º. Nitrato Amónico. Se aporta en último lugar, por ser el fertilizante más soluble.

5.5 Frecuencia de la fertirrigación

Teniendo en cuenta la frecuencia en la incorporación del abono en el agua de riego, se pueden distinguir la **fertilización fraccionada** y la **fertilización continua**.

La **fertilización fraccionada** se aproxima más a la realidad tradicional de aportar los fertilizantes, ya que **los incorpora en distintas fases del ciclo del cultivo**. Se aprovecha así la capacidad que tiene el suelo en cada instante para retener e intercambiar los nutrientes con las plantas, aunque en riego localizado la capacidad de retención de nutrientes se ve muy reducida por los lavados continuos a los que está sometido el bulbo.

La **fertilización continua** incorpora los fertilizantes en la misma frecuencia que el riego, realizando los aportes de nutrientes en función de la demanda de la planta.



FERTILIZACIÓN FRACCIONADA

Los elementos a aportar deben calcularse en función del estado de desarrollo de la planta. Debido a que la concentración del abono en el agua de riego **no ha de ser rigurosamente constante**, se puede utilizar cualquier dispositivo para aportar la solución nutritiva (tanque fertilizante, venturi o bombas inyectoras), si bien la eficiencia en la aplicación del abono es diferente entre ellos.

La *solución nutritiva* se prepara teniendo en cuenta la **solubilidad** de cada fertilizante, **compatibilidades** y posibles **reacciones**, y se introduce en el dispositivo de fertilización. Los abonos que son **menos solubles** indican el volumen de solución necesaria a utilizar, es decir, en caso de tener que preparar una solución nutritiva con varios abonos, se calcula el volumen en función del abono menos soluble pero no apurando al máximo los valores de solubilidad del fertilizante.

Para determinar la concentración de los abonos en el agua, **hay que tener en cuenta la salinidad del agua de riego**. De forma general y orientativa, y en función del cultivo y fase de desarrollo en que se encuentre, **no se deben sobrepasar los 2 gramos por cada litro de agua**. De todas formas, después de realizar el abonado se debe aportar agua sin fertilizante con objeto de limpiar todas las conducciones y lavar el exceso de sales acumuladas en el bulbo húmedo. Se recomienda que al menos un 20 % del tiempo total previsto para el riego esté dedicado a esta función.

EJEMPLO

Se quiere abonar de forma fraccionada un cultivo que ocupa una superficie de 1 hectárea. Actualmente se encuentra en fase de floración, fase que dura 5 semanas. En dicha fase, además de las cantidades correspondientes de microelementos, las necesidades totales de unidades fertilizantes son:

- 50 de Nitrógeno (N)
- 20 de Fósforo (P_2O_5)
- 120 de Potasio (K_2O)

La frecuencia de fertilización es cada 5 días y se dispone de los siguientes abonos:

- Nitrato Amónico 33.5 % N
- Nitrato Potásico 13-00-46
- Acido Fosfórico 40 % P_2O_5

Se pretende conocer la cantidad que habría de emplearse de cada uno de los tres abonos en la preparación de cada solución nutritiva. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1°. Se calcula la cantidad total de abonos a utilizar para poder aplicar la totalidad de las Unidades Fertilizantes:

- En función de las necesidades de Potasio, se calcula la cantidad de Nitrato Potásico. Si en 100 Kilogramos de Nitrato Potásico hay 46 Unidades Fertilizantes de potasio (K_2O), para obtener 300 Unidades Fertilizantes de Potasio, hacen falta:



$$\frac{100}{46} \times 120 = 260.86 \text{ Kilogramos de Nitrato Potásico 13-00-46}$$

En esta cantidad de Nitrato Potásico hay un 13 % de Nitrógeno, por lo que se calcula cuanto Nitrógeno hay en la cantidad de Nitrato Potásico a aportar:

si en 100 kilogramos de Nitrato Potásico hay 13 Unidades Fertilizantes de Nitrógeno, en 260.86 Kilogramos de Nitrato Potásico habrá:

$$\frac{260.86}{100} \times 13 = 33.91 \text{ Unidades fertilizantes de Nitrógeno N}$$

- Se calcula la cantidad de Nitrato Amónico que hace falta para cubrir las necesidades de Nitrógeno, teniendo en cuenta las que ya se aportan con el Nitrato Potásico:

si se han de aportar 50 unidades Fertilizantes de Nitrógeno, y con el Nitrato Potásico se aportan 33.91 Unidades Fertilizantes, todavía han de añadirse $50 - 33.91 = 16.09$ Unidades Fertilizantes de N, para lo cual se utiliza el Nitrato Amónico 33.5 % N.

$$\frac{16.09}{33.5} \times 100 = 48.03 \text{ kilogramos de Nitrato Amónico 33.5 \% N}$$

- Se calcula la cantidad de Acido Fosfórico 40 % P_2O_5 necesario para aportar 20 Unidades Fertilizantes de Fósforo (P_2O_5):

si en 100 kilogramos de Acido Fosfórico 40 % en P_2O_5 , hay 40 Unidades Fertilizantes, y se necesitan 20 Unidades Fertilizantes de Fósforo P_2O_5 :

$$\frac{20}{40} \times 100 = 50 \text{ kilogramos de Acido Fosfórico;}$$

pero hay que considerar que este fertilizante viene formulado en forma líquida, por lo que para expresar esta cantidad en litros habría que dividirlo por la densidad del producto, que en este caso es de 1.6 gramos por cada centímetro cúbico.

$$\frac{50}{1.6} = 31.25 \text{ litros de Acido Fosfórico}$$

- 2º. Se calcula la cantidad de los fertilizantes anteriormente calculados a aportar en cada una de las soluciones nutritivas.

- Hay que tener presente que la fase de desarrollo del cultivo dura 5 semanas y que se pretende incorporar abono cada cinco días. Por lo tanto habrá de aportarlos en siete aplicaciones separadas entre sí cinco días.
- Las cantidades calculadas anteriormente se dividen por el número de aplicaciones, siete, y se obtiene:

6.86 kilogramos de Nitrato Amónico 33.5 % N

4.47 litros de Acido Fosfórico 40 % P_2O_5

37.27 kilogramos de Nitrato Potásico 13-00-46

- 3º. El volumen de agua necesario para disolver estos fertilizantes y preparar la solución nutritiva está determinado por la suma de las cantidades de agua necesarias para disolver los abonos sólidos, es decir, el Nitrato Amónico, y el Nitrato Potásico. Según tabla de solubilidad de ferti-

zantes, sus solubilidades son respectivamente 1920 y 316 gramos por litro de agua.

6.86 kilogramos de Nitrato Amónico $\times 1000 = 6.860$ gramos de Nitrato Amónico. La cantidad de agua necesaria es:

$$\frac{6.860}{1.920} = 3.57 \text{ litros de agua.}$$

37.27 kilogramos de Nitrato Potásico $\times 1000 = 37.270$ gramos de Nitrato Potásico. La cantidad de agua necesaria es:

$$\frac{37.270}{316} = 117.94 \text{ litros de agua.}$$

La cantidad de agua total necesaria es de: $3.57 + 117.94 = 121.51$ litros de agua.

Pero se ha de tener presente que no se debe de apurar al máximo la solubilidad del fertilizante, por lo que para disolver a todos los abonos se puede utilizar un volumen de agua de **125 litros**.

4°. Para preparar la solución nutritiva, se siguen los pasos siguientes:

- Se añade al depósito un volumen de agua equivalente a un 40 % de su capacidad aproximadamente. En este caso se dispone de un depósito de 150 litros, por lo que se añaden unos 60 litros de agua.
- Se incorpora el Acido Fosfórico, lentamente, evitando salpicaduras.
- Con parte del agua restante se hace una disolución previa de cada uno de los abonos, comenzando por el Nitrato Potásico, por ser el menos soluble. Estas disoluciones previas se añaden al depósito.
- Se aporta el volumen de agua restante para completar los 125 litros.
- Se agita la solución, hasta su perfecta disolución.

FERTILIZACIÓN CONTINUA

Mediante este procedimiento de fertilización **el agua de riego está permanentemente fertilizada**, e incluso si se aplica muy frecuentemente, la composición del agua del suelo se aproxima a la del agua de riego.

En caso de **cultivos sin suelo o cultivos hidropónicos**, la absorción de fertilizantes por parte de la planta se controla mediante análisis periódicos del agua que infiltra y no la absorben las raíces. Estos análisis ayudan a establecer criterios para modificar la concentración y el equilibrio de la solución nutritiva.

De forma general, no se conocen las formulas idóneas de las soluciones nutritivas para cada cultivo, sino que se utilizan unas soluciones estándar que se van modificando en función de la analítica efectuada al agua de drenaje. En la actualidad se avanza cada vez más en determinar las necesidades del cultivo en cada nutriente y efectuar su aporte en partes por millón (ppm), o miliequivalentes por litro (meq/L) en una solución madre para los distintos estados vegetativos.



Resumen

La fertirrigación es la técnica por la cual se aportan los fertilizantes a las plantas mediante el sistema de riego, siendo el riego localizado el método que mejor se adapta a esta función.

Los elementos nutritivos que las plantas necesitan se clasifican en Macroelementos, Elementos Secundarios y Microelementos, los cuales son asimilados por la planta según sus necesidades. Pueden presentarse problemas tanto por exceso como por deficiencias, por lo que es fundamental establecer, según la fase de desarrollo del cultivo, una concentración y equilibrio determinado.

Los elementos nutritivos son aportados mediante los distintos formulados fertilizantes que incluyen una determinada cantidad de Unidades Fertilizantes, en función de la riqueza que presente el abono. Es fundamental conocer la composición y riqueza de los fertilizantes, con objeto de establecer un plan de fertirrigación atendiendo a la concentración y equilibrio del abono en función del desarrollo del cultivo. Además de estas características es necesario conocer otras, tales como solubilidad, pH, aumento de salinidad y compatibilidad de mezclas, datos que son necesarios para la preparación de la solución nutritiva utilizada en la fertirrigación.

En función de la frecuencia en la incorporación del abono en el riego, se distinguen la fertilización fraccionada y continua como sistemas de aporte de fertilizantes en el tiempo.

Autoevaluación

- El procedimiento mediante el cual se incorporan los fertilizantes con el sistema de riego se denomina:
 - Lixiviación
 - Fertirrigación
 - Homogeneización
 - Nitrificación
- Cuando se aportan los fertilizantes mediante el riego localizado, uno de los principales inconvenientes puede ser:
 - Que los nutrientes se lavan o lixivian con suma facilidad
 - El riesgo de producir obturaciones de los emisores de riego
 - Que los nutrientes se aplican lejos de las raíces
 - Ninguna de las respuestas anteriores
- La riqueza de un abono indica:
 - La concentración de los elementos nutritivos, generalmente expresados en %
 - El precio de una Unidad Fertilizante
 - Los distintos elementos nutritivos que aporta el fertilizante
 - La compatibilidad entre los componentes del abono
- Los Macroelementos o Elementos principales son:
 - Calcio, Fósforo y Potasio
 - Boro, Hierro, Cobre y Molibdeno
 - Calcio, Hierro y Nitrógeno
 - Nitrógeno, Fósforo y Potasio
- Si en un saco de abono se observan los números 08-05-15, ello indica...
 - Las Unidades Fertilizantes que tiene el abono
 - La riqueza del abono, indicando el % en N, P_2O_5 y K_2O
 - La riqueza del abono, indicando el % en Ca, P_2O_5 y K_2O
 - La riqueza del abono, indicando el % en B, Fe, Cu y Mo
- Cuando se prepara la solución nutritiva, se ha de tener en cuenta que:
 - Si se aporta ácido, éste se aporta en primer lugar
 - Se comienzan a diluir los abonos que presenten mayor solubilidad
 - El volumen de agua a utilizar en la solución nutritiva nunca debe ser inferior a 150 litros
 - Debe aportarse la cantidad de agua exacta que se haya calculado según la solubilidad de los abonos
- Para evitar la formación de productos insolubles, es conveniente ajustar el pH de la solución nutritiva a valores en torno a:
 - 5.5 - 6
 - 7.5 - 9
 - 4.3 - 12
 - Es indiferente
- En función de la frecuencia de fertirrigación, se distinguen:
 - Fertilización fraccionada y discontinua
 - Fertilización controlada e incontrolada
 - Fertilización fraccionada y fertilización continua
 - Fertilización superficial y fertilización subterránea



6.1 Introducción

La **evaluación** de una instalación de riego localizado es un **procedimiento por el que se puede comprobar su correcto funcionamiento** de forma que se pueda cumplir el objetivo primordial del riego, **satisfacer las necesidades de agua del cultivo**. También permitirá valorar si los materiales, sus características de diseño, mantenimiento y manejo son adecuados, así como comprobar si todo el cultivo recibe la misma cantidad de agua o en su caso determinar las diferencias.

Es muy importante que personal técnico cualificado de la empresa instaladora del sistema de riego realice **una evaluación completa una vez que se hayan terminado las obras**, de forma que se garantice al agricultor el funcionamiento adecuado de la instalación según los requerimientos para los que se ha diseñado. Además se debe exigir a la empresa que en dicha evaluación se obtenga, como mínimo, **la uniformidad de aplicación que el agricultor y los técnicos hayan estimado adecuada** durante el proceso de diseño.

Como complemento a esa primera evaluación, se recomienda que el agricultor haga **al menos dos evaluaciones durante la campaña de riego**, una al inicio y otra a mediados, para realizar un control de la uniformidad del volumen de agua aplicada. También deberá evaluar la instalación **cada vez que sospeche que pueda haber algún problema en la instalación** (obturaciones, fugas, mal dimensionado, etc.). Si se cree que dicho problema puede ser de gran envergadura, es necesario recurrir a personal especializado para efectuar una evaluación completa.

Los principales puntos a tener en cuenta a la hora de realizar una evaluación son los siguientes:

- Comprobar el estado de los diferentes componentes de la instalación y si el manejo de los mismos es el adecuado.
- Determinar la uniformidad en la distribución del agua de riego.
- Analizar los criterios seguidos por el usuario del riego para decidir la lámina de agua a aplicar.
- Detectar y analizar los problemas de funcionamiento de la instalación y plantear las soluciones más sencillas y económicas.



Primera evaluación	Evaluaciones periódicas
Número de filtros	Presión a la entrada y salida del filtro
Localización de los filtros	Frecuencia de limpieza de los filtros
Capacidad de filtrado	Fecha de la última limpieza
Filtros con limpieza automática o manual	Características y estado del elemento filtrante
Presión a la entrada y salida del filtro	Estado general de los filtros
Características y estado del elemento filtrante	
Estado general de los filtros	

En cualquier caso, en todas las evaluaciones periódicas es muy conveniente observar y tener en cuenta los datos técnicos tomados en la primera evaluación.

EQUIPO DE FERTIRRIGACIÓN

La **fertirrigación** es un proceso por el que se **incorporan los nutrientes junto con el agua de riego**, que hace de vehículo conductor hasta las raíces de las plantas.



Figura 3. Tanque de fertilización.

Como en el caso de los equipos de filtrado, será necesario **evaluar el equipo de fertirrigación al menos dos veces por campaña** de riego para asegurar la correcta incorporación de nutrientes al cultivo, además de la evaluación completa al recibir la obra.

Si el equipo de fertirrigación está instalado en el cabezal de riego, es imprescindible colocar un filtro de malla o de anillas a continuación de éste para **eliminar las impurezas del abono y evitar posibles obturaciones** en otros puntos de la red de riego. También será necesario comprobar el tipo de equipo del que se dispone, su capacidad, la dosis de fertilizante y el *pH* del agua de riego en los últimos goteros, para ver si se adecua a las necesidades del cultivo en riego y al establecido para el control de las obturaciones.

Asimismo, se debe comprobar que los *inyectores* (en caso de haberlos) funcionan correctamente y el estado del tanque fertilizante, que deberá limpiarse cada 15 días con agua a presión.

ELEMENTOS DE CONTROL, AUTOMATISMOS Y PIEZAS ESPECIALES

La evaluación de este tipo de dispositivos consiste principalmente en tomar nota de la cantidad que existe de cada uno de ellos en la instalación y de su situación dentro del sistema de riego, así como del diámetro y demás características que sean necesarias para comprobar su correcto funcionamiento.

Los **elementos de control**, reguladores, válvulas, limitadores, etc., permiten controlar el caudal a aplicar y el paso del agua por un determinado punto de la red. En ellos pueden producirse fugas cuya detección será imprescindible para que la aplicación del agua de riego sea lo más uniforme posible en todos los emisores. Para evitar esto, será necesario **comprobar el estado de todas las juntas** del sistema de riego.

Los sistemas de riego localizado, por sus características de diseño y manejo, **se pueden programar de forma automática** bien por tiempos, si el riego finaliza tras un determinado periodo de tiempo, o por volúmenes, en el caso de que el riego se suspenda de forma automática cuando se ha aplicado un volumen determinado de agua. La evaluación del funcionamiento de los distintos automatismos es fundamental para conseguir una **dosis y frecuencia de riego adecuada**. También se observará el **estado de todas las conexiones eléctricas** con el fin de prevenir desgastes, corrosiones, etc. y determinar el momento de su limpieza.

UNIDADES DE RIEGO

Se denomina **unidad de riego** al conjunto de subunidades que se riegan de forma simultánea desde un mismo punto, que se sitúa normalmente al inicio de una *tubería secundaria*. Se llama **subunidad de riego** a la superficie regada por un conjunto de *laterales* que toman el agua de una *tubería terciaria* común.

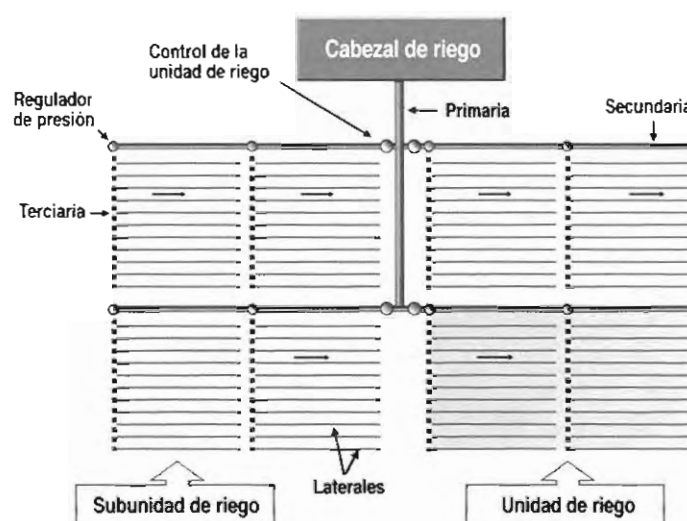


Figura 4. Representación esquemática de las unidades y subunidades de un sistema de riego localizado.

Para evaluar las unidades de riego se tomará nota del número de unidades, la superficie de cada una de ellas y el número de subunidades que la componen. También es conveniente realizar un croquis de la parcela en el que se señale la disposición de las distintas unidades y subunidades de riego.



Por último, habrá que señalar si al comienzo de la unidad y/o subunidad **hay instalado algún contador** del volumen de agua aplicada, además del **tipo de control de riego** que se realiza, por tiempo o por volumen.

LATERALES Y EMISORES

Los últimos componentes que se consideran en la evaluación de una instalación de riego localizado son los laterales y los emisores. De los laterales se deben señalar los diámetros y su posición respecto a las plantas, que quedará recogida en un croquis. En dicho croquis también debe quedar reflejada la disposición de los emisores en cada lateral.

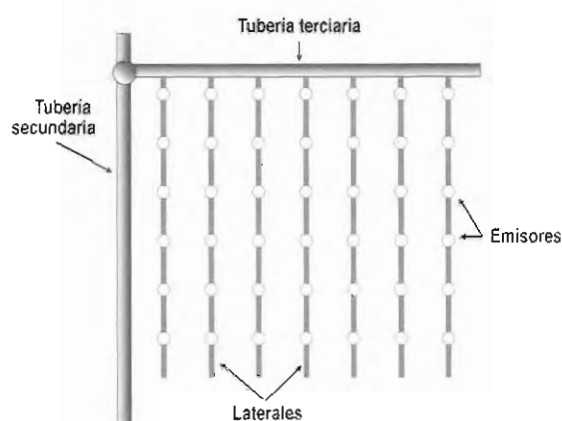


Figura 5. Representación esquemática de los laterales y emisores de una subunidad de riego localizado.

La evaluación de los emisores consistirá en la toma de datos acerca de su **tipo y caudal nominal**, del **diámetro mínimo** de paso de agua y por último de los distintos tratamientos que se realizan para prevenir las obturaciones. Es importante prevenir al agricultor/a sobre el uso de emisores sin marca o con un alto coeficiente de variación de fabricación, por lo que es conveniente controlar la existencia o no de este tipo de emisores.



Figura 6. Emisores de riego localizado.

La detección de fugas y roturas tanto en laterales como en emisores es fundamental. De igual forma la **detección y eliminación de obturaciones** en los emisores ayudará a conseguir una mayor uniformidad del agua aplicada y por tanto una **mayor homogeneidad y rendimiento del cultivo**.



6.3 Evaluación de la uniformidad del riego

En un sistema de riego localizado es muy importante conocer si el agua de riego, los fertilizantes y demás productos fitosanitarios que se incorporen a ella se están aplicando de manera uniforme. Los problemas derivados de una baja uniformidad se traducen en **plantas con un exceso de agua y otras con déficit hídrico**. Además habrá **un mal reparto de abono**, produciéndose un derroche de nutrientes por una parte y una carencia de ellos por otra, lo que supondrá una **alteración del desarrollo del cultivo y por tanto de la producción**.

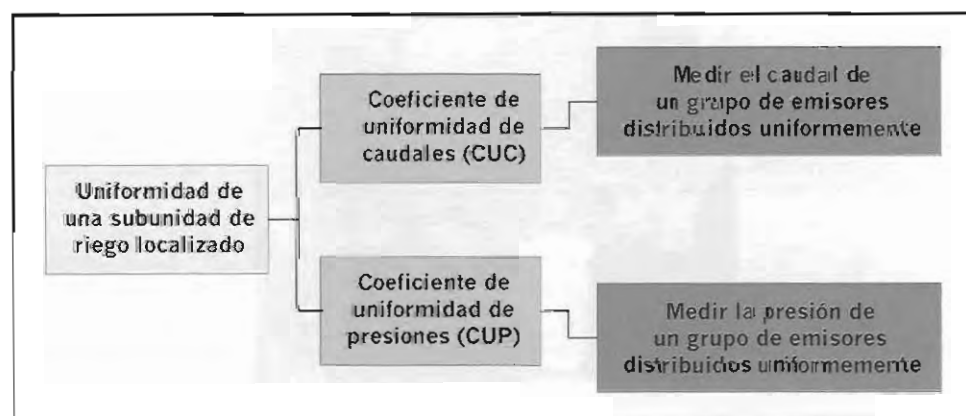
Para evaluar la uniformidad de un sistema de riego localizado **se elegirá la unidad de riego más representativa de la instalación**. Una unidad representativa será aquella de tamaño medio, con una pendiente que represente la media de la instalación, que esté situada a ser posible en una zona central y cuyos laterales tengan una longitud media. Si se considera necesario, se tomará también **la unidad que presente las condiciones más desfavorables**, es decir, la unidad más alejada o cercana al cabezal de riego según la pendiente, con laterales o tuberías terciarias más largas y con pendientes mayores.

Una vez que se ha elegido la unidad de riego representativa de la instalación, se elegirá una de sus subunidades (también la más representativa) a la que se hará la evaluación. En primer lugar se determina el **coeficiente de uniformidad de la subunidad elegida y posteriormente el de la unidad de riego**.

Si las unidades son poco uniformes en superficie y/o forma, la evaluación se deberá hacer en todas y cada una de ellas y con el mismo criterio se deberá operar en las subunidades de riego. En cualquier caso, cuando se termine la instalación del sistema de riego deberá medirse la uniformidad en todas las unidades.

UNIFORMIDAD DE LA SUBUNIDAD DE RIEGO

Para evaluar la uniformidad se utilizan dos coeficientes: el **coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)** y el **coeficiente de uniformidad debido a presiones (CUP)**. Con estos valores se podrán detectar faltas de eficiencia y solucionar pequeños problemas que mejorarán el funcionamiento de la instalación.



EJEMPLO

Con los datos de los caudales de la tabla anterior, el agricultor quiere calcular la media de los caudales de todos los emisores:

$$\text{Caudal medio} = \frac{4.3 + 4.0 + 3.8 + 4.1 + 4.1 + 3.7 + 3.9 + 4.0 + 4.0 + 4.1 + 3.9 + 3.8 + 4.1 + 4.0 + 3.9 + 4.0}{16}$$

$$\text{Caudal medio } (q_m) = 3.98 \text{ litros/hora}$$

- **Tercero:** una vez que se conoce la media de los caudales de los emisores que representan la cuarta parte de más bajo caudal y la media de todos los caudales medidos ($q_{25\%}$ y q_m) se calcula el coeficiente de uniformidad mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)} = 100 \times \frac{\text{media de la cuarta parte con menor caudal}}{\text{caudal medio en todos los emisores}}$$

EJEMPLO

De una subunidad de riego localizado se han seleccionado dieciséis emisores. Un agricultor conoce la media de los caudales de los dieciséis emisores elegidos ($q_m = 3.98$ litros/hora) y la media de los caudales de los cuatro que suministran menor caudal ($q_{25\%} = 3.8$ litros/hora).

Con estos datos quiere calcular el coeficiente de uniformidad de esta subunidad.

Solución:

$$\text{Coeficiente de uniformidad de caudales} = 100 \times \frac{\text{media de la cuarta parte con menor caudal}}{\text{caudal medio en todos los emisores}}$$

$$\text{Coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)} = 100 \times \frac{3.8}{3.98} = 95.5\%$$

Para concluir el estudio de la uniformidad de la subunidad de riego, se calcula el **coeficiente de uniformidad debido a presiones (CUP)**, que determina cómo de homogénea es una subunidad de riego localizado en cuanto a las presiones medidas en los emisores. Para calcular este coeficiente se medirán las presiones en cada uno de los emisores siempre que sus características o forma de inserción en el lateral lo permitan.





Figura 9. Medida de la presión del agua (utilizando un manómetro) en un tubo de inserción de un gotero.

El coeficiente de uniformidad debido a presiones **se calcula igual que el de caudales**, es decir, seleccionando un número determinado de emisores representativos de la subunidad de riego elegida, normalmente 16. Como en el caso anterior, se medirá la **presión en cada uno de los emisores con la ayuda de un manómetro**. Con los datos de presión obtenidos:

- **Primero:** se calcula la media de las presiones medidas en los emisores que representan la cuarta parte de más baja presión, $p_{25\%}$.

EJEMPLO

Un agricultor ha medido las presiones (kilos/cm²) que aparecen en la siguiente tabla, en una subunidad de riego localizado de olivar. Con estas desea calcular la media de las presiones de los emisores que representan la cuarta parte de más baja presión.

	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Último emisor
Primer lateral	1.6	1.5	1.4	1.6
Lateral 1/3	1.4	1.2	1.5	1.5
Lateral 2/3	1.3	1.1	1.6	1.6
Último lateral	1.5	1.4	1.3	1.7

Solución:

Este agricultor ha seleccionado 16 emisores de una subunidad para hacer una evaluación, por ello en primer lugar selecciona los cuatro emisores de menor presión (señalados en rojo) y calcula la media de dichas presiones:

$$\text{Presión media de los cuatro emisores de menor presión } (p_{25\%}) = \frac{1.3 + 1.2 + 1.1 + 1.3}{4} = 1.22 \text{ kilos/centímetro cuadrado}$$



$$fc = 100 \times \left[\frac{\text{media de las presiones de las tuberías terciarias que representan la cuarta parte de más baja presión}}{\text{media de todas las presiones medidas en la unidad}} \right]^x$$

teniendo en cuenta que x es el coeficiente de descarga, el mismo que se ha utilizado para calcular la uniformidad debida a presiones en la subunidad.

Finalmente, la **uniformidad de la instalación** será igual a la uniformidad calculada para la unidad elegida como representativa de la instalación. Es preciso recordar que para que esto se pueda considerar válido, las subunidades y unidades de riego deben ser relativamente homogéneas en cuanto a superficie y forma. No debe caerse, por tanto, en la rutina de hacer la evaluación en una subunidad cualquiera y dar por buena o mala la uniformidad de toda la instalación.



Coeficiente de uniformidad (instalación) = Coeficiente de uniformidad (unidad)

Dependiendo del valor del coeficiente de uniformidad obtenido, la calificación de la instalación será la siguiente:

Valor del coeficiente de uniformidad	Calificación
Mayor de 94%	Excelente
De 86-94%	Buena
De 80-86%	Aceptable
De 70-80%	Pobre
Menor de 70%	Inaceptable

EJEMPLOS

1.- Un agricultor quiere calcular el coeficiente de uniformidad de su instalación de riego localizado en olivar. Para ello ha calculado previamente el coeficiente de uniformidad de caudales de una subunidad de riego, siendo del 90.5 %. Además, el agricultor conoce el valor del coeficiente de descarga de sus emisores (dato del fabricante, $x = 0.65$) y ha medido las presiones más desfavorables de las cinco subunidades que tiene su instalación. Estas presiones son las que aparecen en la siguiente tabla:

Subunidad	Presión (kilos/centímetro cuadrado)
1	1.1
2	1.0
3	0.95
4	0.9
5	1.2



Figura 10. Riego localizado en olivar.

Solución:

Como existen cinco medidas de presión, la cuarta parte es aproximadamente 1. Por lo tanto, para determinar la presión media de las tuberías terciarias que representan la cuarta parte de más baja presión se tomará solamente una de ellas, la que tiene menor presión, es decir, 0.9 "kilos".

$$\text{Media de todas las presiones medidas en las tuberías terciarias} = \frac{1.1 + 1.0 + 0.95 + 0.9 + 1.2}{5} = 1.02 \text{ Kilos/cm}^2$$

$$fc = \left[\frac{\text{media de las presiones de las terciarias que forman la cuarta parte de más bajo caudal}}{\text{media de todas las presiones medidas en las subunidades de la unidad}} \right]^x = \left[\frac{0.9}{1.02} \right]^{0.65} = 0.92$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de uniformidad (unidad)} &= fc \times \text{Coeficiente de uniformidad de caudales (subunidad)} = \\ &= 0.92 \times 90.5 = 83.2 \% \end{aligned}$$



EJEMPLO 1

Un agricultor tiene dos unidades de riego localizado con el mismo cultivo. Con un manómetro mide la presión a la entrada de cada unidad en el gotero más próximo a dicha entrada. Los resultados que obtiene son los siguientes:

Presión a la entrada de la unidad 1 = 3.2 "kilos"

Presión a la entrada de la unidad 2 = 2.6 "kilos"

$$\text{Media de ambas presiones} = \frac{3.2 + 2.6}{2} = 2.9 \text{ Kilos/cm}^2$$

$$\text{Diferencia de ambas presiones con respecto a la media} = 100 \times \frac{3.2 - 2.6}{2.9} = \frac{0.6}{2.9} = 20.6\%$$

Al ser la diferencia de las presiones medidas a la entrada de cada unidad con respecto a la media superior a un 15% este agricultor debería instalar un regulador de presión a la entrada de cada unidad de riego. Con esto se conseguirían presiones y caudales más homogéneos en cada unidad, lo que se traduciría en un aumento de la uniformidad de la instalación.

EJEMPLO 2

Un agricultor riega cada tres días un cultivo de algodón repartido en dos unidades de riego. Sabe que, según las necesidades del cultivo y la disposición de los goteros en campo, cada gotero debe aplicar 14.2 litros por riego. Además, este agricultor ha medido en cada unidad el caudal de 16 goteros y ha calculado la media de los caudales medidos en cada unidad.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los caudales medidos (litros/hora):

UNIDAD 1	UNIDAD 2
4.2	3.6
4.0	3.2
4.5	3.5
4.4	3.4
3.8	3.7
3.9	3.3
4.1	3.8
4.1	3.8
4.3	3.7
4.2	4.0
4.0	3.5
4.4	3.7
3.7	3.9
3.9	3.4
4.1	3.6
4.3	3.5



Los caudales medios en cada una de las unidades son los siguientes:

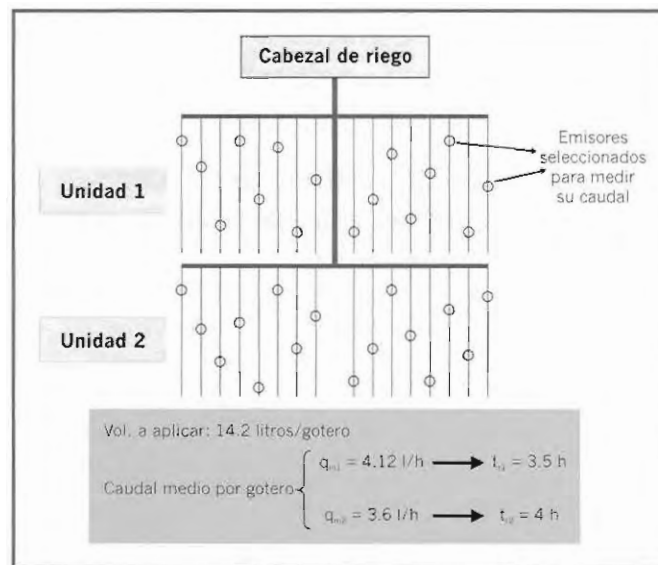
$$q_{m1} = \frac{4.2 + 4.0 + 4.5 + 4.4 + 3.8 + 3.9 + 4.1 + 4.1 + 4.3 + 4.2 + 4.0 + 4.4 + 3.7 + 3.9 + 4.1 + 4.3}{16} = 4.12 \text{ litros/hora}$$

$$q_{m2} = \frac{3.6 + 3.2 + 3.5 + 3.4 + 3.7 + 3.3 + 3.8 + 3.8 + 3.7 + 4.0 + 3.5 + 3.7 + 3.9 + 3.4 + 3.6 + 3.5}{16} = 3.6 \text{ litros/hora}$$

Con estos datos, el tiempo de riego en cada unidad se obtiene de dividir los litros que debe aplicar cada gotero por el caudal medio de los emisores de cada unidad:

$$\text{Tiempo de riego para la unidad 1} = \frac{14.2 \text{ litros/gotero}}{4.12 \text{ litros/hora}} = 3 \text{ horas y media}$$

$$\text{Tiempo de riego para la unidad 2} = \frac{14.2 \text{ litros/gotero}}{3.6 \text{ litros/hora}} = 4 \text{ horas}$$



Así, regando cada tres días durante tres horas y media en la unidad 1 y cuatro horas en la 2, se estará aplicando el mismo volumen de agua en las dos unidades de riego.

La falta de uniformidad en una instalación de riego localizado se deberá principalmente a:

- Variaciones en el caudal de los emisores.** Estas variaciones pueden ser causadas por distintos motivos como la variabilidad que se produce en el proceso de fabricación, defectos a la hora del montaje de los emisores, obturaciones, etc. Un indicador de la calidad de los emisores y de su estado de conservación es la diferencia entre el coeficiente de uniformidad de caudales y el de presiones dentro de la misma subunidad.



2. **Diferencias de presión dentro de la subunidad**, debidas a pérdidas de presión a lo largo de la tubería terciaria y de los laterales y también a factores topográficos. El coeficiente de uniformidad debido a presiones es un buen indicador de las diferencias de presión en la subunidad.
3. **Diferencias de presión entre diferentes subunidades**. Estas diferencias se deberán a la ausencia de reguladores de presión a la entrada de cada subunidad, o a su mal funcionamiento y/o mal manejo o mal cálculo de la red secundaria. La importancia de estas diferencias de presión se estima mediante la diferencia entre el coeficiente de uniformidad de la unidad y el coeficiente de uniformidad de la subunidad.
4. **Diferencias de presión entre diferentes unidades**, debidas a la ausencia de reguladores de presión a la entrada de cada unidad de riego, al mal funcionamiento y/o mal manejo de los mismos en caso de haberlos, o al mal diseño hidráulico de la red primaria o de la secundaria.

6.4 Evaluación del manejo del riego

Para completar la evaluación de una instalación de riego localizado, será necesario comprobar si el manejo que se está haciendo del riego es correcto, una vez analizados los componentes de la instalación y la uniformidad del riego. Para ello será necesario **conocer la frecuencia y la duración de los riegos**, así como el método utilizado para controlar la cantidad de agua aplicada y los perfiles humedecidos en cada riego (medidas y formas del *bulbo húmedo*).

La persona encargada de hacer la evaluación estimará las necesidades de agua netas y brutas en los días anteriores a la evaluación y **comprobará si la cantidad de agua aplicada en los últimos riegos coincide o no con las necesidades brutas**.



Resumen

La evaluación de una instalación de riego localizado tiene por objeto comprobar si se aplica al cultivo el agua que éste requiere para su correcto desarrollo y producción. Además, se valoran las características de diseño, manejo y mantenimiento de la instalación, para lo cual se evalúan los distintos componentes que forman parte de la misma. Es imprescindible realizar una evaluación completa de toda la instalación en su recepción, y evaluaciones periódicas para verificar el correcto funcionamiento.

La evaluación de los componentes de la instalación consistirá en el análisis del estado general y funcionamiento del equipo de filtrado, el de fertirrigación, los elementos de control, automatismos, las piezas especiales, las unidades de riego y por último los laterales y emisores.

El coeficiente de uniformidad de la unidad, $CU(\text{unidad})$, es el indicador que se utiliza para evaluar la uniformidad del riego. Cuando las unidades son homogéneas en forma y dimensiones, se considera que la uniformidad de la instalación es la misma que la de la unidad evaluada. Un riego uniforme conlleva un correcto reparto del agua de riego y de los fertilizantes y productos fitosanitarios que se apliquen con ella lo que influirá en el desarrollo del cultivo y por tanto en la producción.

La evaluación de una instalación de riego localizado se completa con el estudio del manejo del riego, que indicará si la cantidad de agua aplicada coincide o no con las necesidades de agua del cultivo.



Autoevaluación

1. Uno de los objetivos de la evaluación de un riego localizado es comprobar que la cantidad de agua que se aplica con los riegos coincide con las necesidades del cultivo.

Verdadero / Falso

2. Se recomienda realizar la evaluación de un riego localizado:
- a) Una vez al año.
 - b) Al menos dos veces al año.
 - c) Cinco veces al año.
 - d) Cuando el agricultor quiera.

3. La obturación de los emisores de riego localizado no se evita manteniendo los filtros limpios.

Verdadero / Falso

4. Los filtros de arena, malla y anillas deben limpiarse cuando la diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro sea de 0.5 - 0.6 kilos/centímetro cuadrado.

Verdadero / Falso

5. La evaluación de los distintos componentes que forman parte de la instalación de riego localizado permitirá detectar problemas en éstos y solucionarlos para conseguir una mayor uniformidad del agua aplicada.

Verdadero / Falso

6. Para evaluar un sistema de riego localizado se seleccionará:

- a) Una unidad de riego cualquiera.
- b) Una unidad de riego representativa de la instalación.
- c) Una unidad de riego de una de las esquinas.
- d) Tres unidades de riego de la instalación.

7. Para calcular el coeficiente de uniformidad de una instalación se calcula en primer lugar el coeficiente de uniformidad de una subunidad y a continuación el de una unidad de riego, que corresponderá con el de la instalación.

Verdadero / Falso

8. Tras realizar una evaluación de su instalación de riego localizado, un agricultor obtiene un coeficiente de uniformidad del 75 %. Según el resultado, la instalación puede clasificarse como:

- a) Excelente.
- b) Buena.
- c) Pobre.
- d) Inaceptable.



7.1 Introducción

Una instalación de riego localizado debe funcionar correctamente a lo largo del tiempo. El mantenimiento de una instalación se hace necesario para que la **duración de los componentes** que forman parte de ella sea la **máxima** posible y para que la **uniformidad** y **eficiencia del agua aplicada no disminuyan** con el paso del tiempo.

Un buen mantenimiento implicará la **puesta a punto** de todos los componentes de la instalación antes del inicio de la temporada de riego, así como la **revisión y evaluación** de los mismos durante la campaña y cuando ésta finalice.

Uno de los principales problemas del riego localizado es la **obturación** de los emisores, lo que ocasiona una pérdida de uniformidad y en consecuencia un desarrollo poco homogéneo del cultivo, que se traduce finalmente en una disminución de la producción. Por esto, además de un buen mantenimiento del sistema de riego, es muy importante **prevenir las obturaciones de los emisores y de los demás elementos** con secciones de paso del agua muy pequeñas, como filtros de malla y de anillas, ya que existe el peligro de que se produzcan depósitos de partículas orgánicas, minerales, sales, etc., que impidan el paso del agua.

7.2 El problema de las obturaciones

La **obturación** de los elementos de un sistema de riego localizado es el principal y más delicado problema que se presenta en este tipo de instalaciones, ya que su solución no es nada fácil. Cuando se producen obturaciones, el **caudal de los emisores disminuirá** en función del grado de obturación, por lo que las necesidades de agua del cultivo pueden quedar en algunos casos sin cubrir. Además, el grado de obturación no afectará de forma homogénea a todos los emisores de la ins-



talación, lo que originará diferencias en los caudales emitidos. Esta variación de caudales producirá una **disminución de la uniformidad y eficiencia de riego, que afectará de forma negativa a un desarrollo homogéneo de todo el cultivo y con ello a su rendimiento.**

La mejor lucha contra la obturación de los componentes de una instalación es la **prevención**, ya que normalmente se detecta cuando el grado de obturación es bastante avanzado. En estos casos una limpieza de emisores y conducciones puede resultar muy cara y a veces el daño en el cultivo puede ser irreversible.

La **sensibilidad de los emisores** a las obturaciones es muy importante para su selección y prevención de futuras obturaciones. El riesgo de obstrucción de un emisor depende de factores como el **diámetro mínimo de paso, la velocidad del agua y el propio diseño del emisor**, entre otros. Además, la **aplicación de fertilizantes con el agua de riego también aumenta el riesgo de obturaciones**, por ello, el equipo de filtrado debe estar **bien dimensionado** para impedir el paso de partículas cuyo diámetro sea tal que pueda provocar la obturación y su elección se debe hacer en función de la calidad del agua de riego. Es necesario que exista al menos un filtro de malla o anillas entre la salida del equipo de fertirriego y la conducción general.

Cuando un emisor se obstruye es mejor cambiarlo por uno nuevo antes que intentar desatascarlo con la ayuda de un alambre o algún objeto similar, ya que el emisor puede quedar seriamente dañado. Si es autocompensante, nunca se debe introducir un alambre por el agujero de salida del agua porque se corre un elevado riesgo de perforar la membrana o dispositivo que produce el efecto autocompensante y romper definitivamente el emisor.



Figura 1. Siempre debe evitarse manipular los emisores (especialmente si son autocompensantes) para limpiar las obturaciones.

Los **emisores de bajo caudal**, es decir, aquellos con un caudal menor de 16 litros/hora, presentan **mayor riesgo de taponamiento** por tener diámetros de paso del agua más pequeños. Según el diámetro mínimo, la sensibilidad a obturaciones en los emisores será la que aparece en el siguiente cuadro:



Díámetro mínimo (milímetros)	Sensibilidad a las obturaciones
Menor de 0.7	Alta
Entre 0.7 y 1.5	Media
Mayor de 1.5	Baja

TIPOS DE OBTURACIONES

Según el tipo de material o elemento que provoque las obturaciones, éstas pueden clasificarse en:



- ◆ **Físicas:** producidas bien por **materias minerales** (arenas, limos, arcillas) u **orgánicas** (algas, bacterias, fitoplacton) que lleva el agua de riego en suspensión, denominadas obturaciones **internas**, o bien por materiales que acceden al interior de los emisores desde el exterior, llamadas obturaciones **externas**.



Figura 2. Gotero obstruido como consecuencia de partículas externas.

- ◆ **Químicas:** provocadas por la *precipitación* en el interior de la instalación **de sustancias que traspasan los filtros disueltas en el agua de riego**, o de sustancias fertilizantes que se incorporan a ella.
- ◆ **Biológicas:** debidas a **organismos**, como algas, raíces de malas hierbas, insectos, microorganismos, etc., que se encuentran en el agua de riego o que acceden desde el exterior y que se desarrollan dentro de la instalación hasta ocasionar los problemas.

PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE OBTURACIONES DE TIPO FÍSICO

Las obturaciones provocadas por **partículas gruesas** se pueden evitar con la instalación en el cabezal de riego localizado de un **equipo de filtrado adecuado al tipo de agua y a la cantidad de sustancias en suspensión** que tenga. Si el agua lleva gran cantidad de sólidos en suspensión será necesario instalar también un **equipo de prefiltrado** para eliminar parte de los contaminantes antes de su paso por los filtros.



Figura 3. Limpieza de un filtro de anillas.

Las obturaciones también pueden producirse por **partículas muy finas** que atraviesan los filtros y se van depositando en las conducciones y paso de los emisores formando partículas de mayor tamaño. Para **prevenir** esto, los filtros deben dimensionarse adecuadamente procurando que el **diámetro de paso sea el adecuado**. Si las obturaciones se producen por la **entrada de partículas sólidas desde el exterior**, la mejor prevención es evitar el contacto de la salida de los emisores con el suelo utilizando pinzas u otros elementos adecuados, instalando las tuberías con los orificios hacia arriba, colocando las tuberías y los emisores a una determinada altura del suelo, etc.





Figura 4. Tuberías y emisores separados del suelo para evitar obturaciones externas.

Un posible tratamiento a este tipo de obturaciones es la limpieza de la instalación con agua a presión, siempre que el diseño y las características del sistema de riego lo permitan. Además, deberá realizarse un mantenimiento periódico de limpieza en el sistema de filtrado para impedir el paso de partículas sólidas a la red de riego.

En las instalaciones que cuentan con emisores enterrados, se puede prevenir la entrada de raíces con la aplicación de herbicidas usando la propia red de riego. El uso de esta técnica debe ser controlado por personal especializado para determinar el tipo de herbicida, la dosis del mismo y las condiciones y método de aplicación. También existen en el mercado emisores impregnados de herbicida que van liberando la sustancia activa a lo largo del tiempo. En este mismo tipo de instalaciones, uno de los problemas más importantes es la succión de suciedad por los emisores al dejar de regar. Para que esto no ocurra, la instalación debe dotarse de sistemas de inyección de aire a presión, que se activan en el momento de dejar de regar, o elegir emisores que dispongan de dispositivos antisucción.

PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE OBTURACIONES QUÍMICAS

Precipitados de calcio

Se producen sobre todo en forma de carbonatos y en aquellos puntos donde el agua queda en reposo entre un riego y otro, o en la salida de los emisores, donde la concentración de sales aumenta como consecuencia de la *evaporación*.



Figura 5. Gotero obstruido como consecuencia de sales de calcio.

El **tratamiento preventivo** que suele hacerse para evitar la aparición de este tipo de precipitados, es la **adición de ácido** al agua de riego en la dosis adecuada para que la precipitación de las sales no tenga lugar. La dosis de ácido que se aplique dependerá de las **características del agua**, por lo que habrá que determinarla en un laboratorio tras un análisis químico. Puesto que la dosis de ácido variará para cada caso, es necesario consultar con personal cualificado.

El ácido, **convenientemente diluido**, puede aplicarse desde el equipo de fertirrigación durante **todo el riego o en la última parte de éste** (unos quince minutos) cuando el volumen de ácido a aplicar no sea muy elevado. Así se consigue que el agua que queda al final en el interior de la red de riego no produzca precipitaciones.

El **volumen de agua que se necesita** para que el ácido llegue a todos los emisores de la red de riego puede calcularse de una manera fácil, midiendo el volumen de la instalación y multiplicando el resultado por dos o tres como garantía. La cantidad de ácido que se añada al agua para los tratamientos preventivos o de limpieza de la instalación, estará en función del volumen de agua a tratar. Como **dosis orientativas**, se recomienda **un cuarto de litro por metro cúbico** de agua de riego en caso de tratamientos de **prevención**, y unos **tres litros por metro cúbico** para tratamientos de **limpieza**.

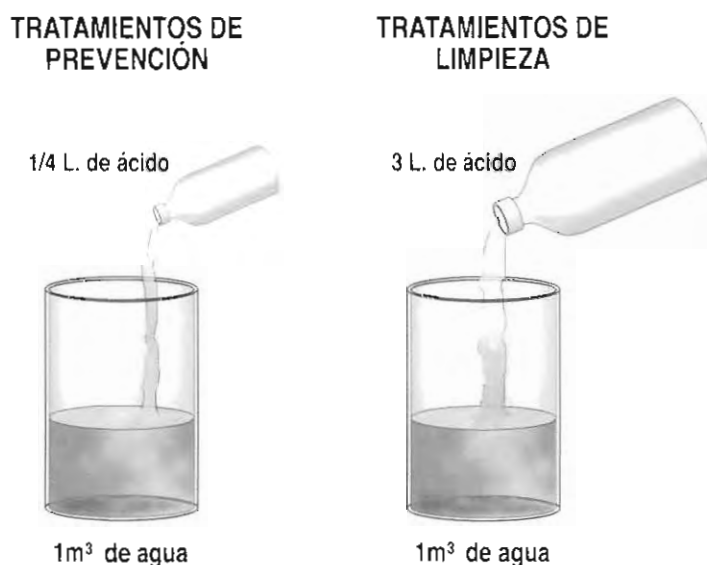


Figura 4: Dosis de ácido recomendada en obturaciones provocadas por precipitados de calcio.

En el tratamiento preventivo contra la formación de precipitados de calcio se pueden utilizar varios ácidos, sulfúrico, clorhídrico o nítrico, siendo el **ácido nítrico el más utilizado**.

Una vez que se ha producido la precipitación de sales de calcio, **los tratamientos correctores son de eficacia muy variable** según el grado de obturación y el tipo de emisor. Normalmente se consiguen despegar las incrustaciones, pero es frecuente que queden pequeñas partículas en el agua y formen de nuevo precipitados que den lugar a nuevas obturaciones. Estos tratamientos consisten en

la **aplicación de ácido a altas concentraciones**, hasta que el porcentaje de ácido en el agua de riego oscile entre el 1 y el 4%.

En algunas ocasiones, cuando el **grado de obturación es muy elevado**, los emisores se deben limpiar individualmente, sumergiéndolos en ácido al 1-2% durante unos quince minutos. Este tratamiento puede ser eficaz en el caso de tener emisores desmontables, pero supone un importante gasto en mano de obra, por lo que en algunas ocasiones es más rentable limpiar las tuberías y poner emisores nuevos que realizar este tipo de limpieza. Además, una vez obturados los emisores, la limpieza no suele resultar efectiva ya que el ácido no disuelve del todo las incrustaciones sino que las desagra, quedando pequeñas partículas de calcio circulando por el emisor que pueden volver a causar obturaciones.

El tratamiento de limpieza de obturaciones implica la utilización de **altas concentraciones de ácido**, lo que lo hace un proceso muy delicado que **debe realizarse por personal especializado**. Es importante resaltar que los ácidos son productos **corrosivos y extremadamente peligrosos**, por lo que es preciso **manejarlos con especial cuidado**, es decir, utilizando guantes, gafas, etc., incluso cuando se encuentren diluidos.



Precipitados de hierro

Se producen en aguas ácidas que llevan hierro disuelto, que al oxidarse precipita y forma depósitos color marrón en filtros y goteros. Con menor frecuencia pueden aparecer problemas similares con el manganeso. La **prevención** de estos precipitados consiste en evitar la entrada de hierro en la red de riego, para lo que generalmente se realiza una agitación mecánica que provoca la **oxidación y precipitación del hierro antes de su paso por los filtros** de arena, que retendrán las partículas de precipitado.

Si la aireación del agua de riego no es posible, por ejemplo porque se bombea directamente desde un pozo a la red de tuberías, se puede aplicar un **agente oxidante** como **hipoclorito sódico**, que provoque la oxidación del hierro y su precipitación. En el caso de que el problema esté causado por



presencia de manganeso, se debe tener cuidado al aplicar el hipoclorito porque el manganeso se oxida más lentamente que el hierro y su precipitación puede producirse después del filtro de arena. En cualquier caso, se debe realizar un análisis del agua para determinar la dosis de oxidante a aportar.

El **tratamiento** para eliminar precipitados de hierro en la red de riego se realiza con ácido. El procedimiento es el mismo que en el caso de los precipitados de calcio pero en este caso se utilizará **ácido sulfúrico**. Éste disolverá los sedimentos que se hayan formado por la precipitación del hierro y al mismo tiempo, mantendrá en solución el que vaya en el agua para que no precipite. Como en otros casos en los que se utilice ácido, por la peligrosidad de su manejo es aconsejable **confiar este tratamiento a personal especializado**.

Precipitados procedentes de fertilizantes

En las instalaciones de riego localizado, riego y fertilización suele hacerse de forma conjunta. El principal inconveniente de esta práctica es la **obturación de los emisores** por la **precipitación** de los fertilizantes, una **mala disolución o incompatibilidad** de estos al preparar la solución nutritiva, o **reacciones** con algún elemento propio del agua de riego. Para evitar esto se deben seguir algunas **normas en la preparación de las soluciones fertilizantes y en su aplicación** (ver Unidad Didáctica 5 de este Módulo “Riego Localizado”). Además, se debe instalar un filtro de malla o anillas siempre después del equipo de fertirriego.

Los tres principales puntos a tener en cuenta para evitar obturaciones en la instalación son:

- **Utilización de abonos totalmente solubles.**
- **Mezcla de abonos adecuados.** Es importante conocer los fertilizantes que se van a mezclar ya que no todas las combinaciones son compatibles.
- **Manejo apropiado de la fertirrigación.** En este punto se incluye el seguimiento de las recomendaciones dadas sobre la preparación de las soluciones madre y el **inicio y finalización del riego solo con agua**.

Cuando las medidas preventivas no son suficientes y aparecen **obturaciones** por precipitación de los fertilizantes, el tratamiento para eliminarlos será, como en los casos anteriores a base de **ácido**. El tipo de ácido que se utilice dependerá de la naturaleza del precipitado que se forme, es decir, se aplicará ácido nítrico, fosfórico o sulfúrico, según el caso.

PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE OBTURACIONES BIOLÓGICAS

Las obturaciones biológicas están causadas principalmente por la acumulación de algas, bacterias, o algún resto vegetal en la red de riego.

Si el agua de riego **permanece estancada en albercas, balsas o depósitos** antes de pasar a la red de riego, **se desarrollarán algas** con facilidad gracias a las condiciones de reposo, iluminación, temperatura, etc. Para **prevenir la aparición** de estas algas es conveniente cubrir el depósito con una malla de sombreado o tratar con algún alguicida si lo anterior no fuera posible. El **sulfato de cobre, hipoclorito sódico o permanganato potásico** se recomiendan para este fin, frente a otros



alguicidas que darán el mismo resultado aunque a mayor precio. Además, el permanganato potásico no deja residuos tóxicos en el agua de riego. El tratamiento preventivo con alguicida deberá hacerse cada vez que se renueve el agua, al menos una vez a la semana en verano y una vez al mes en invierno. Las dosis de alguicidas recomendadas son las que aparecen en la siguiente tabla:

	Sulfato de cobre	Hipoclorito sódico (100 g de cloro activo/litro)	Permanganato potásico
Prevención	2-3 g/m ³	0.015-0.02 L/m ³	1-3 g/m ³
Limpieza	4-5 g/m ³	0.1-0.2 L/m ³	2-4 g/m ³

El cloro disuelto en agua actúa como un potente **agente oxidante**, que ataca vigorosamente a microorganismos como bacterias o algas, **destruyendo la materia orgánica**. Así, la cloración es una solución efectiva y económica al problema de obstrucción de los componentes de la instalación por acumulación de microorganismos.

La mejor medida de prevención de la aparición de algas y bacterias en la red de riego es la **cloración del agua con hipoclorito sódico**. Este tratamiento puede ser continuo o intermitente según el fin que se proponga. Si el objetivo es **controlar el crecimiento biológico** en filtros, tuberías y emisores, **tratamientos intermitentes** serán suficientes, pero **si el agua es además rica en hierro, la cloración deberá ser continua**. Los tratamientos preventivos con hipoclorito sódico se deben hacer siempre antes de la entrada de los filtros, para evitar el desarrollo de algas en el interior de los mismos. Habrá que tener especial precaución cuando el aporte de cloro se realice al regar cultivos sensibles a este elemento.

Las dosis recomendadas para el control de algas y bacterias en la red de riego con hipoclorito sódico son las siguientes:

	Hipoclorito sódico (100 gramos de cloro activo/litro)
Prevención	0.1-0.15 litros/m ³
Limpieza	1-3 litros/m ³

Si se detectan **obstrucciones en la red** de riego por el desarrollo de microorganismos, el tratamiento con hipoclorito sódico será más intenso, en cuyo caso se recomienda realizarlo **cuando no haya cultivo**. Si esto no fuera posible, tras el tratamiento es necesario realizar una **aplicación importante de agua** para diluir el cloro en el *bulbo húmedo*.

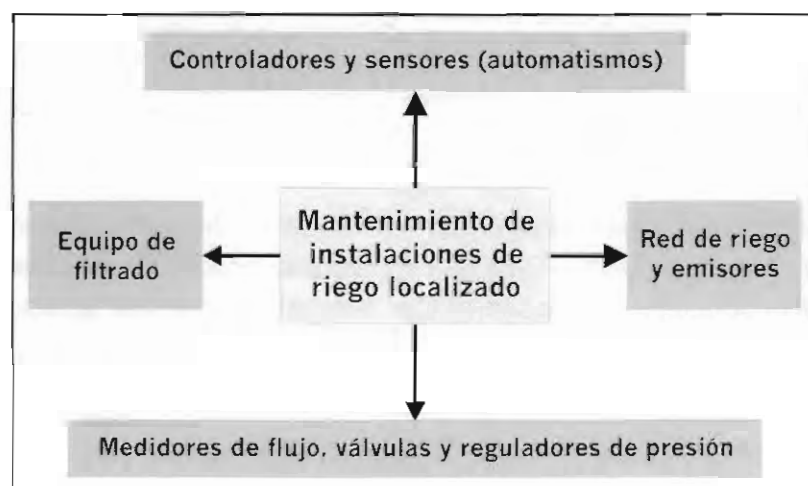
Es **muy importante** tener en cuenta que **no pueden mezclarse** los tratamientos con hipoclorito sódico con tratamientos con ácidos, porque el cloro se desprendería como gas, resultando **muy venenoso**.





7.3 Mantenimiento

Mantener un **buen estado de conservación** en todos los elementos que forman parte de una instalación de riego localizado es imprescindible para su buen funcionamiento a lo largo del tiempo. Esto implica la **preparación** de todos los componentes de la red de riego **antes** de que comience la temporada de riego, así como la **realización de revisiones** periódicas de todos ellos **durante** el tiempo que estén en funcionamiento y al **finalizar** el periodo de riego.



Antes de iniciar el primer riego **se hace imprescindible una limpieza concienzuda**, haciendo que circule el agua por la red con algo más de presión de la habitual. Deberán dejarse abiertos los finales de las tuberías (incluidas las laterales), lo que permitirá evacuar los restos de plástico generados por el montaje y la suciedad acumulada en el interior de la red.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE FILTRADO

ANTES DE LA TEMPORADA DE RIEGO (1)	DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO	DESPUÉS DE LA TEMPORADA DE RIEGO
<p>Revisar los componentes internos: arena, mallas y anillas, para comprobar su estado de conservación y cambiarlos si fuera necesario. También se pintará el exterior de los filtros si se requiere.</p> <p>Verificar el sistema de filtrado, incluyendo el sistema de control automático, si existe.</p> <p>En filtros de arena comprobar el nivel de arena y el grado de suciedad.</p> <p>En filtros de anillas comprobar que todas son del mismo color.</p> <p>Comprobar que el circuito de filtrado está en posición de filtrado y no de limpieza.</p> <p>FILTROS CON SISTEMA DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA:</p> <p>Asegurar que la conexiones eléctricas están limpias y apretadas.</p> <p>Verificar que los contactos eléctricos están libres de corrosión, tierra, polvo y no están desgastados.</p>	<p>CADA DOS DÍAS:</p> <p>Asegurar que el equipo de filtrado y las válvulas de control operan correctamente.</p> <p>Comprobar si es necesario limpiar los filtros, incluso los de limpieza automática, mediante lectura de los manómetros de la entrada y salida de éstos.</p> <p>MENSUALMENTE:</p> <p>Quitar la cubierta de los filtros de arena para inspeccionar el nivel de arena y su suciedad. Si la limpieza de la arena es muy frecuente, se debe cambiar.</p> <p>Comprobar que las válvulas que regulan los circuitos de limpieza están correctamente ajustadas.</p> <p>Revisar que no haya fugas en las conexiones del sistema.</p> <p>Mantenimiento de las válvulas según recomendaciones del fabricante.</p> <p>Revisar los componentes de sistema de control automático, si existe.</p>	<p>Lavar y drenar el equipo de filtrado.</p> <p>Examinar el interior de filtros e hidrociclones para comprobar síntomas de deterioro (corrosiones, desgastes, etc.).</p> <p>Mantenimiento adecuado de válvulas.</p> <p>FILTROS CON SISTEMA DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA:</p> <p>Desconectar los equipos.</p> <p>Comprobar el estado de los cables y contactos eléctricos.</p>

(1) Con la suficiente antelación para poder comprar y sustituir los elementos en mal estado



MANTENIMIENTO DE MEDIDORES DE FLUJO, VÁLVULAS Y REGULADORES DE PRESIÓN

ANTES DE LA TEMPORADA DE RIEGO (1)	DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO	DESPUÉS DE LA TEMPORADA DE RIEGO
<p>Inspeccionar las carcasas.</p> <p>Abrir y limpiar las electroválvulas.</p> <p>Verificar que los aparatos operan correctamente.</p>	<p>Inspeccionar semanalmente para asegurar que no haya fugas y que los aparatos operan correctamente.</p> <p>Lubricar las válvulas según las recomendaciones de los fabricantes.</p> <p>Verificar que las válvulas funcionan correctamente.</p>	<p>Inspeccionar las carcasas.</p> <p>Drenar completamente las válvulas.</p> <p>Lubricar las válvulas.</p> <p>Limpiar corrosión, tierra y otros materiales ajenos a los aparatos.</p> <p>Asegurar que las válvulas estén abiertas.</p>

(1) Con la suficiente antelación para poder comprar y sustituir los elementos en mal estado.

MANTENIMIENTO DE CONTROLADORES Y SENSORES (AUTOMATISMOS)

ANTES DE LA TEMPORADA DE RIEGO (1)	DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO	DESPUÉS DE LA TEMPORADA DE RIEGO
<p>Comprobar que las conexiones eléctricas están limpias y apretadas.</p> <p>Asegurar que los contactos eléctricos están libres de corrosión, tierra, etc. y no se ha desgastado excesivamente.</p> <p>Asegurar que no hay fugas en sistemas de control neumáticos y/o hidráulicos.</p> <p>Verificar que todos los accesorios y sensores están operando correctamente.</p>	<p>Revisar visualmente todos los componentes una vez por semana.</p> <p>Desconectar líneas eléctricas durante tormentas con aparato eléctrico.</p> <p>Desconectar las baterías eléctricas si van a estar fuera de servicio periodos mayores a una semana.</p>	<p>Limpiar el controlador y los sensores.</p> <p>Revisar los sellos del panel de control.</p> <p>Quitar y guardar baterías.</p> <p>Drenar todos los conductos del control hidráulico.</p> <p>Revisar que no haya conductores eléctricos en malas condiciones.</p> <p>Desconectar las líneas eléctricas al campo.</p>

(1) Con la suficiente antelación para poder comprar y sustituir los elementos en mal estado.



MANTENIMIENTO DE LA RED DE RIEGO

ANTES DE LA TEMPORADA DE RIEGO (1)	DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO	DESPUÉS DE LA TEMPORADA DE RIEGO
<p>Abrir el final de las tuberías y hacer circular el agua para eliminar cualquier elemento que pueda causar obturaciones.</p> <p>Poner la red de riego en funcionamiento normal para comprobar la existencia de alguna fuga.</p> <p>Medir el coeficiente de uniformidad.</p>	<p>Revisar con frecuencia que no haya fugas y repararlas si se presentan.</p> <p>Realizar aproximadamente una vez al mes una medida de la uniformidad (al menos de los caudales).</p> <p>Revisar visualmente la instalación buscando signos de deterioro o daños causados por animales o vandalismo.</p>	<p>Sustituir las juntas, elementos o trozos de tubería que hayan presentado problemas frecuentes de fugas o roturas durante la campaña de riego.</p> <p>Drenar la red de tuberías incluyendo los laterales.</p> <p>Abrir todas las válvulas.</p> <p>Revisar si hay corrosión y consultar con el técnico las posibles medidas a tomar.</p>

(1) Con la suficiente antelación para poder comprar y sustituir los elementos en mal estado.

MANTENIMIENTO DE LOS EMISORES

ANTES DE LA TEMPORADA DE RIEGO (1)	DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO	DESPUÉS DE LA TEMPORADA DE RIEGO
<p>Revisar la existencia de emisores dañados o deteriorados y hacer prueba de uniformidad de emisión.</p> <p>Con el sistema regando verificar visualmente que los emisores operan correctamente.</p> <p>Tratar con la dosis requerida de ácido, cloro, o algún limpiador para prevenir o tratar problemas de obturaciones.</p>	<p>Revisar el sistema para verificar que no hay emisores dañados o deteriorados.</p> <p>Verificar el correcto funcionamiento de los emisores.</p> <p>Tratar con la dosis requerida de ácido, cloro, o algún limpiador para prevenir o tratar problemas de obturaciones.</p> <p>Cuando se esté fertirregando, terminar siempre los riegos con agua limpia, nunca con agua y abono.</p>	<p>Inyectar una dosis fuerte de ácido, cloro, o algún limpiador, si existen problemas de taponamiento químico o biológico.</p> <p>Si es posible, recoger las líneas portaemisores, enrollarlas y guardarlas hasta la próxima campaña.</p>

(1) Con la suficiente antelación para poder comprar y sustituir los elementos en mal estado.



Resumen

La obturación de los componentes de un sistema de riego localizado es uno de los principales problemas de este tipo de instalaciones, ya que no tienen fácil solución. Si aparece este problema, la uniformidad y eficiencia **de riego** se verá mermada por la diferencia en los **caudales** emitidos. La mejor forma **de luchar** contra las obturaciones es la **prevención**, porque normalmente se detectan cuando su estado es muy avanzado y un tratamiento eficaz puede resultar muy caro y las pérdidas en el cultivo irrecuperables.

Según el tipo de material que provoque las obturaciones, éstas se pueden clasificar en físicas, químicas o biológicas. El tratamiento preventivo para todas ellas consiste en un buen mantenimiento del equipo de filtrado y de la red de riego, que deberán limpiarse con frecuencia. En la mayoría de los casos el tratamiento preventivo o el de limpieza de las obturaciones, se realiza con ácido, nítrico o sulfúrico, según el tipo de obturación. En otras ocasiones el problema se solucionará clorando el agua.

Así, además de ser un procedimiento útil para prevenir las obturaciones, es importante realizar un buen mantenimiento de toda la instalación de riego localizado para que la duración de los componentes sea la máxima posible, y para que la uniformidad y la eficiencia de riego no disminuyan.

Autoevaluación

1. Cuando aparecen obturaciones en la red de riego, el caudal de los emisores disminuye, produciendo variaciones afectarán a la uniformidad y eficiencia del agua aplicada.

Verdadero / Falso

2. La aplicación de fertilizantes con el agua de riego:

- a) Disminuye el riesgo de obturaciones.
- b) No afecta a la posible aparición de obturaciones.
- c) Aumenta el riesgo de obturaciones.
- d) Es independiente del sistema de filtrado.

3. El mejor método de lucha contra las obturaciones de los componentes de una instalación de riego localizado es:

- a) Esperar a que aparezcan y luego aplicar un tratamiento para eliminarlas.
- b) Aplicar tratamientos preventivos.
- c) No aplicar fertilizantes con el agua de riego.
- d) No existe ningún método de lucha.

4. Para prevenir las obturaciones de tipo físico se debe:

- a) Instalar en cabecera un equipo de filtrado adecuado.
- b) Instalar en cabecera un equipo de prefiltrado, para aguas con muchos sólidos en suspensión.

- c) Controlar que el diámetro de paso de los filtros sea unas diez veces menor que el de los emisores.

- d) Todas las respuestas anteriores son verdaderas.

5. Los tratamientos con ácido no presentan ningún peligro para la persona que los realiza, por tanto no será necesario tomar ninguna medida de protección al realizarlos.

Verdadero / Falso

6. La aplicación de un agente oxidante como es el hipoclorito sódico, sirve para prevenir obturaciones biológicas y aquellas causadas por precipitados de hierro.

Verdadero / Falso

7. Realizar un buen mantenimiento de una instalación de riego consiste en:

- a) Revisar el equipo de filtrado
- b) Analizar el estado de los componentes antes, durante y al finalizar la temporada de riego.
- c) Dar una vuelta por la instalación cuando el agricultor/a tenga algo de tiempo.
- d) No es necesario hacer nada para mantener los equipos en buen estado.





UNIDAD DIDÁCTICA 1

1. c
2. Verdadero
3. a
4. Verdadero
5. c
6. a
7. b
8. c
9. b

UNIDAD DIDÁCTICA 2

1. d
2. b
3. Falso
4. c
5. b
6. c
7. b
8. Verdadero
9. d
10. Verdadero

UNIDAD DIDÁCTICA 3

1. c
2. d
3. Falso
4. d
5. a
6. b
7. c
8. Falso
9. d

UNIDAD DIDÁCTICA 4

1. c
2. a
3. b
4. c
5. a
6. b
7. b
8. b
9. c

UNIDAD DIDÁCTICA 5

1. b
2. b
3. a
4. d
5. b
6. a
7. a
8. c

UNIDAD DIDÁCTICA 6

1. Verdadero
2. b
3. Falso
4. Verdadero
5. Verdadero
6. b
7. Verdadero
8. d

UNIDAD DIDÁCTICA 7

1. Verdadero
2. c
3. b
4. d
5. Falso
6. Verdadero
7. b



Bulbo húmedo: Zona del suelo que se humedece con el agua que suministra un emisor de riego localizado.

Cabezal de riego: Conjunto de dispositivos instalados al inicio de la instalación de riego localizado destinados a filtrar, tratar, fertilizar, y medir el agua de riego.

Caudal nominal: Es el caudal que suministra el emisor de riego localizado a la presión para la que se ha diseñado. Normalmente está comprendido entre 2 y 16 litros/hora para los goteros y puede llegar hasta 200 litros/hora en el caso de microaspersores o difusores.

Clorosis: Síntoma que aparece en las plantas como consecuencia de una deficiencia de hierro. Suele manifestarse por un amarilleamiento general de las plantas.

Coefficiente de cultivo: Coeficiente que describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que éstas se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección. Se utiliza en el cálculo de la evapotranspiración del cultivo.

Conductividad eléctrica (CE): Parámetro utilizado para medir la salinidad del agua de riego. Las unidades más utilizadas son mmhos/cm (milimhos/centímetro) o dS/m (deciSiemens por metro), siendo ambas equivalentes.

Corrosivo: Se dice de una sustancia que tiene mucha facilidad para deteriorar y desgastar a otra cuando está en contacto con ella. Los ácidos usados en riego localizado tienen alto poder corrosivo de los elementos de la instalación que los contienen o por los que circulan.

Curva de nivel: Línea imaginaria sobre la superficie del terreno que no tiene pendiente.

Diámetro mínimo: Es la dimensión o tamaño del paso más estrecho que encuentra el agua en su recorrido dentro de un emisor de riego localizado.

Difusor: Emisor de riego localizado que distribuye el agua en forma lluvia formando pequeñas gotas o chorros y que no dispone de elementos móviles.

Eficiencia de aplicación: Es la relación entre la cantidad de agua que queda en la zona ocupada por las raíces y la cantidad de agua que se aplica con el riego.

Elementos de control: Aquellos que permiten regular el caudal o la presión en la instalación de forma que se pueda establecer un cierto control del sistema.

Elementos singulares: Piezas para adaptar la red de tuberías a la forma o configuración de la parcela a regar, como codos, manguitos, tes, juntas, etc.

Emisor: Elemento destinado a aplicar el agua al suelo en un sistema de riego localizado.

Escorrentía: Es el agua aplicada con un determinado método de riego que no se infiltra en el suelo, escurriendo sobre su superficie y por lo tanto perdiéndose.

Evaporación: Proceso por el cual el agua que existe en las capas más superficiales del suelo, y principalmente la que está en contacto directo con el aire exterior, pasa a la atmósfera en forma de vapor.

Evapotranspiración (ET): Es el término con el que se cuantifican, de forma conjunta, los procesos de evaporación directa de agua desde la superficie del suelo y la transpiración del vapor de agua desde la superficie de las hojas.

Evapotranspiración de diseño (ETd): Evapotranspiración usada a la hora de diseñar el sistema de riego. Es la máxima evapotranspiración de referencia en la campaña de riegos multiplicada por 1.2.

Evapotranspiración de referencia (ETr): Es la evapotranspiración que produce una superficie extensa de hierba que cubre totalmente el suelo, con una altura de unos 10-15 centímetros, sin falta de agua y en pleno crecimiento. Con ella se evalúan las condiciones climáticas de la zona a la hora de calcular la evapotranspiración de un cultivo.

Fertilización continua: Sistema de fertilización que consiste en la aplicación del fertilizante con el equipo de fertiriego cada vez que se realiza un riego.



Fertilización fraccionada: Sistema de fertilización que consiste en la aplicación del fertilizante con el agua de riego en determinados momentos de la campaña de riegos, según el estado de desarrollo del cultivo y sus necesidades nutricionales.

Fertilizante: Compuestos que aportan los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas.

Fertirrigación: Procedimiento mediante el cual se aportan los fertilizantes a las plantas a través del agua de riego.

Filtración profunda o percolación: Cantidad de agua que, después de haberse infiltrado en el suelo, no puede ser retenida por éste y pasa hasta zonas situadas bajo la zona de raíces. Es, por tanto, agua perdida.

Fotosíntesis: Proceso vital que ocurre en las plantas por el que las sustancias inorgánicas que extraen del suelo disueltas en agua (nutrientes minerales) pasan a ser sustancias orgánicas directamente aprovechables, contribuyendo así sus procesos de crecimiento y formando parte de su estructura.

Fracción de lavado: Es el tanto por uno de las necesidades de lavado, es decir, el porcentaje que representan las necesidades dividido por 100.

Gotero: Emisor de riego localizado que suministra un caudal no superior a 16 litros/hora. En ellos se produce una disipación de la presión del agua, por lo que el agua sale gota a gota o en forma de pequeños chorros.

Gotero autocompensante: Gotero que lleva incluido un elemento flexible, normalmente una membrana elástica, que se deforma según la presión del agua a la entrada al gotero. Dentro de un determinado intervalo de presiones mantiene el caudal aproximadamente constante.

Inyectores: Dispositivos encargados de la inyección o dosificación de los diferentes productos químicos en la conducción general de riego. Suelen estar accionados por una bomba eléctrica o hidráulica.

Juntas: Conjuntos de piezas utilizados para la unión de tubos entre sí o de éstos con las demás piezas de la conducción. Deben tener, como mínimo, las mismas características de resistencia a las presiones interiores que los tubos que unen.

Lámina aplicada: Cantidad de agua correspondiente a las necesidades brutas de riego, expresada en altura de la lámina de agua por metro cuadrado de superficie.

Lavado de sales: Operación con la cual se aporta con el riego una cantidad de agua extra para disolver las sales en exceso. Se genera con ello filtración profunda que permite

que las sales pasen a capas más profundas del suelo, evitando que afecten negativamente al cultivo.

Lixiviación o lavado de sales: Proceso por el cual las sales del suelo se mueven con el agua de riego hacia capas profundas, quedando fuera del alcance de las raíces.

Manómetro: Medidor de presión. Es esencial colocarlos en distintos puntos de la instalación de riego.

Microaspersor: Emisor de riego localizado que distribuye el agua en forma de fina lluvia con gotas o pequeños chorros y que disponen de uno o varios elementos giratorios.

Necesidades brutas de riego (Nb): Cantidad de agua que realmente ha de aplicarse en un riego como consecuencia de tener en cuenta la eficiencia de aplicación del riego y, en su caso, las necesidades de lavado.

Necesidades de lavado (NL): Cantidad de agua extra que ha de aplicarse con el riego para realizar un lavado adecuado de las sales del suelo que se encuentran en exceso. Se expresa como un porcentaje del agua total aplicada con el riego.

Necesidades netas de riego (Nn): Cantidad de agua que necesita el cultivo como consecuencia de la diferencia entre el agua que éste evapotranspira y la cantidad de agua aportada por la lluvia.

Nivel de agotamiento permisible: Es un nivel de humedad del suelo con el que cada tipo de cultivo no sufre disminución en la fotosíntesis y por lo tanto no afecta negativamente a la producción. Normalmente se expresa como un porcentaje del intervalo de humedad disponible.

Número de mesh: Parámetro utilizado para medir la capacidad de retención de un filtro de malla y de anillas. Se define como el número de orificios de la malla por pulgada lineal o el número de ranuras de las anillas por pulgada.

Nutrientes: Elementos o compuestos químicos presentes en el suelo o aplicados por el hombre, que las plantas absorben disueltos en agua formando parte de su "alimentación".

Obturación: Efecto que se produce al taponarse un orificio o conducto por donde debe pasar el agua de riego.

Pérdidas de carga: Pérdidas de presión en el agua que circula en una conducción a presión, debido a rozamientos con las paredes de las tuberías, paso por conexiones, piezas singulares, etc. También se producen pérdidas de carga en conducciones ascendentes.

pH: Índice que mide la acidez o alcalinidad de un medio. En el caso que aquí se trata, del agua de riego.



Polietileno (PE): Material plástico utilizado en la fabricación de tuberías de riego.

Precipitación: Acción por la que determinados elementos o compuestos químicos se depositan en el líquido en que se encuentran disueltos tras formar los precipitados.

Precipitado: Acumulación en forma de pequeño grumo que ciertos elementos o compuestos químicos forman en el líquido en el que se encuentran disueltos.

Pureza: En relación con un fertilizante, mayor o menor cantidad de elementos extraños que pueda presentar.

Salas: Formas en que se encuentran en el suelo los compuestos nutritivos para las plantas. En contacto con el agua tienden a disolverse, quedando así disponibles para ser absorbidas.

Solución nutritiva: Disolución de los distintos elementos nutritivos necesarios para el crecimiento de las plantas, que se aplica con el agua de riego.

Solubilidad: Mayor o menor capacidad que presenta un fertilizante para disolverse en el agua de riego.

Tensiómetro: Dispositivo para medir la humedad del suelo. Consta de un tubo poroso, que se introduce a una determinada profundidad en el suelo, conectado a un manómetro que señala mayor o menor succión según la humedad sea menor o mayor respectivamente.

Textura: Propiedad física del suelo con la que se refleja la proporción de partículas minerales de arena, limo y arcilla que existen en su fracción sólida.

Transpiración: Proceso por el cual gran parte del agua que la planta extrae del suelo pasa a la atmósfera en forma de vapor a través de los estomas.

Tubería exudante: Emisor de riego localizado consistente en un tubo poroso que origina la salida del agua lentamente a través de sus microporos. Normalmente funcionan a baja presión.

Tubería goteadora: Emisor de riego localizado formado por un tubo que conduce el agua y un laberinto que disipa la presión, produciendo la salida del agua gota a gota a distancias separadas uniformemente.

Tuberías Laterales o laterales: Son las tuberías que parten de las tuberías terciarias y llevan conectados los emisores de riego localizado.

Tubería secundaria: Son las que, dentro de una unidad de riego, llevan el agua a las distintas subunidades.

Tubería terciaria: Dentro de la subunidad de riego, son las que alimentan a las tuberías laterales.

Umbral de tolerancia: Cantidad de sales por encima de la cual el cultivo sufre reducciones en su crecimiento y producción con respecto a condiciones no salinas.

Unidad de riego: Superficie de la parcela de cultivo que se riega de una sola vez.

Uniformidad de aplicación: Índice que permite estimar la forma en que el agua se infiltra en el suelo. Cuanto más parecida sea la cantidad de agua que se ha infiltrado en todos los puntos de la parcela, mayor será la uniformidad en la distribución del agua infiltrada.

Velocidad de infiltración: Mayor o menor rapidez del agua en infiltrarse en el suelo.



- Ávila, R.; Cabello, A.; Ortiz, F.; Lirola, J.; Martín, A. (1996). **Agua, Riego y Fertirrigación**. Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.
- Garrido Valero, M^a Soledad (1996). **Prácticas agrarias compatibles con el medio natural: El agua**. Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Manejo del olivar con riego por goteo**. (1996). Informaciones Técnicas N° 41/96. Dirección General de Investigación Agraria. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Oyonarte N.; Fernández R.; Mateos L. (1998). (CD-Rom). **Curso de Riego Localizado**. Federación de Comunidades de Regantes de la Cuenca del Guadalquivir. Sevilla.
- Pizarro Cabello, F. (1987). **Riegos Localizados de Alta Frecuencia**. Mundi Prensa. Madrid.
- Reche Marmol, J. (1993). **Limpieza y Mantenimiento de las Instalaciones de Riego por Goteo**. Hoja Divulgadora 8-9/93 HD. Secretaría General de Estructuras Agrarias. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.
- Rodrigo López, J; Hernández Abreu, J.M.; Pérez Regalado, A.; González Hernández, J.F. (1987). **Curso Internacional de Riego Localizado**. Monografía INIA n° 62. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. MAPA.
- Rodrigo López, J; Hernández Abreu, J.M.; Pérez Regalado, A.; González Hernández, J.F. (1992). **Riego Localizado**. MAPA-IRYDA. Mundi-Prensa. Madrid.



AGRICULTURA

GANADERÍA

PESCA Y ACUICULTURA

POLÍTICA, ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA AGRARIA

FORMACIÓN AGRARIA

CONGRESOS Y JORNADAS

R.A.E.A.

ISBN 84-8474-026-9



9 788484 740261

IPVP 2.325 PTAS
13,97 €



JUNTA DE ANDALUCÍA

Consejería de Agricultura y Pesca