

superficies abiertas con agua a la misma temperatura.

2. La cantidad de agua que se evapora depende de la temperatura, humedad relativa, movimiento del aire, presión atmosférica y textura del suelo.

3. El riego es una medida para satisfacer las necesidades de humedad de la planta cuando otras medidas no logran un balance entre la disponibilidad y la demanda.

4. Las necesidades de riego dependen del desequilibrio que existe entre el agua disponible y el agua que la planta consume, esto sucede cuando la disponibilidad del agua es menor que los requerimientos de la planta.

5. El drenaje de los campos sirve para evacuar excesos de agua de la zona de absorción, con el fin de evitar la saturación del suelo.

6. Las principales consecuencias adversas de un drenaje deficiente, incluyen lo siguiente:

- Un aumento de evaporación resta calor al suelo.
- Un suelo anegado necesita más tiempo para calentarse. En consecuencia, se retarda la siembra y se acorta la temporada de crecimiento del cultivo.
- La saturación y el encharcamiento dificultan la circulación del aire en el suelo, impidiendo el crecimiento del cultivo y la actividad bacteriana.

7. Los métodos de drenaje pueden ser de dos tipos:

- Drenaje abierto mediante canales abiertos.
- Drenaje subterráneo mediante canales cerrados bajo tierra, los cuales pueden ser revestidos con tubos permeables.

Bibliografía

- Gómez Pompa Pedro. Riego a presión, aspersión y goteo. Editorial Aedos, 1975.
- Manuales para la educación agropecuaria. Editorial Trillas, 1984
- Zimmerman Joseph D. El riego. CECSA, 1970.

2. SISTEMAS DE RIEGO

El sistema de riego es uno de los componentes más importantes en la producción de cultivos. Corresponde a un conjunto de obras y elementos que permiten captar, adecuar, impulsar, conducir, controlar, distribuir y aplicar el agua de riego para los cultivos.

El objetivo de un sistema de riego es proporcionar a las plantas el agua necesaria para lograr un normal desarrollo del cultivo. Se puede considerar como una práctica tecnológica que, de ser integrada con otras, permite aumentar la producción de una manera sostenible y competitiva, garantizando la seguridad alimentaria, la disminución de la pobreza y el mejoramiento de la calidad de vida de los productores. El uso de esta tecnología representa un aumento en los ingresos de los productores, siendo éste en las zonas irrigadas cuatro veces más alto que en las zonas sin riego.

El diseño y la construcción de las obras varía de acuerdo con las condiciones de la zona donde se realice el proyecto. En general comprende los siguientes elementos:

- **Fuente:** son las aguas superficiales y subterráneas destinadas al riego.
- **Captación:** son estructuras destinadas a captar o extraer una determinada cantidad de agua de una corriente.
- **Conducción:** recibe el agua de la captación y la conduce hasta la tubería secundaria o red de distribución.
- **Distribución:** toma el agua de la red de conducción y la reparte por las parcelas beneficiadas del proyecto.

Aplicación del riego

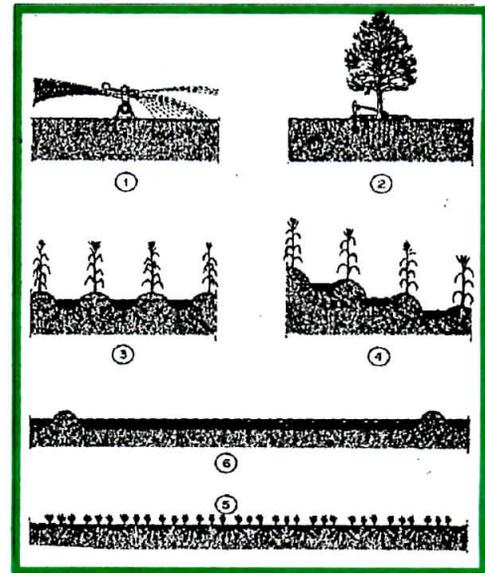
Existen diferentes formas para distribuir el agua en el terreno. De acuerdo con el tipo de distribución se distinguen los siguientes sistemas de riego:

- **Riego por gravedad:** Incluye el *riego por inundación* que consiste en la distribución de agua por gravedad sobre toda la superficie de un terreno encerrado por pequeños diques y el *riego por surcos y corrugaciones* que consiste en la distribución del agua por gravedad a lo largo y a través de surcos o corrugaciones en el terreno.
- **Riego por aspersión;** consiste en la distribución del agua en forma de lluvia.
- **Riego por goteo:** consiste en la aplicación local del agua al sistema radicular de la planta y del árbol.

Forma de distribución del agua y su infiltración en el suelo

1. Distribución del agua por aspersión. La velocidad de la infiltración es mayor que el suministro.

2. Riego por goteo. La distribución se efectúa localmente en la zona de mayor absorción de la planta o árbol.
3. Riego por surcos. El agua se distribuye a lo largo de los surcos.
4. Riego por surcos según curvas de nivel en una pendiente. El agua penetra en forma lateral y vertical.
5. Riego por corrugaciones. El agua penetra en forma vertical y lateral.
6. Riego por inundación en charcos o melgas. El agua penetra en forma vertical.



La aplicación de un cierto sistema de riego depende de los siguientes factores:

- Topografía del terreno
- Tipo de cultivo
- Rendimiento del cultivo
- Disponibilidad de agua
- Inversión y costo de mantenimiento del sistema
- Disponibilidad de mano de obra.

Objetivos

- Brindar a los estudiantes los conocimientos básicos e información de los sistemas de riego, de acuerdo con las técnicas modernas y manejo eficiente del agua.
- Dar a conocer los factores que se deben tomar en cuenta al momento de decidir sobre la aplicación de un cierto sistema de riego.
- Conocer los componentes principales y algunas estructuras necesarias en el establecimiento de un sistema de riego.
- Proporcionar información de las ventajas y desventajas que presenta cada sistema de riego.

Actividades del docente

- Desarrollar dos temas por clase como mínimo.
- Ilustrar los temas con láminas, mapas, dibujos y/o bosquejos.
- Hacer, después de la explicación teórica, un examen corto de los temas tratados en clase, para obligar al alumno a memorizar y retener las definiciones y conceptos nuevos.
- Reforzar los tópicos en que se denote debilidad en los alumnos, volviendo sobre el tema con mayor énfasis e ilustración y evaluar nuevamente los conceptos teóricos.

- Evaluar el grado de asimilación que el alumno haya adquirido de los manuales de mantenimiento que traen los aparatos desde la casa que los fabrica.

Actividades de los alumnos

- Manejar el lenguaje técnico por medio de la memorización de las definiciones teóricas.
- Elaborar un archivo de todo el material entregado por el docente, así como de las evaluaciones y trabajos de investigación que propongan.

2.1 Riego por gravedad

Objetivos

- Dar a conocer los factores que se deben tomar en cuenta al momento de decidir sobre la aplicación del sistema de riego por gravedad.
- Conocer los componentes principales y algunas estructuras necesarias en el establecimiento del sistema de riego por gravedad.
- Proporcionar información de las ventajas y desventajas que presenta el sistema de riego por gravedad.

Riego por inundación

Este sistema se aplica en terrenos planos y en aquellos que permiten su nivelación; requiere un suministro relativamente grande de agua y un subsuelo menos permeable. El riego por inundación se usa principalmente para cultivos de arroz y, en menor grado, para ciertos pastos.

El terreno se divide en compartimientos encerrados por pequeños diques, cuya forma puede ser cuadrada o rectangular. A los cuadrados se les da el nombre de charcos y a los rectangulares melgas y su tamaño dependerá de la pendiente y del tipo de suelo. La longitud de la melga depende el tipo de suelo, en suelos arcillosos el agua penetra más lentamente que en suelos arenosos, por esto la longitud de la melga puede ser más grande en el caso de suelos arcillosos.

Riego por surcos y corrugaciones

Este sistema es frecuentemente usado debido a la gran cantidad de cultivos que se siembran en hileras. Se emplea en cultivos como caña de azúcar, papas, maíz, algodón, tomate, tabaco y otros.

El agua en el campo se distribuye en este tipo de riego mediante surcos o corrugaciones de una profundidad de 20 a 30 cms; en terrenos nivelados los surcos son rectos, en terrenos ondulados se siguen las curvas a nivel.

La distancia entre surcos depende también de los cultivos. En la práctica se emplean distancias entre surcos de 75 a 150 cms, según el cultivo y tipo de suelo.

Los canales para la distribución del agua en el terreno son una extensión de los canales de conducción del agua desde la fuente. Se diferencian de los canales de conducción por su tamaño, principalmente.

La distribución de agua en el terreno se puede realizar también por tubería, o sea, canales cerrados.

La toma de agua de este sistema puede localizarse en un canal principal de conducción. En el caso que se lleve el agua desde la fuente por tubería, el sistema se conectará a la tubería principal. Muchas de las estructuras que se emplean en los canales y en la tubería principal se usan también en los canales secundarios y terciarios y en la tubería de distribución.

Se puede esquematizar el sistema de extracción, conducción, distribución en el terreno y distribución por gravedad del agua en campos, como sigue.

Tabla 2. Esquema de alternativas de la extracción, conducción y distribución del agua en el campo.

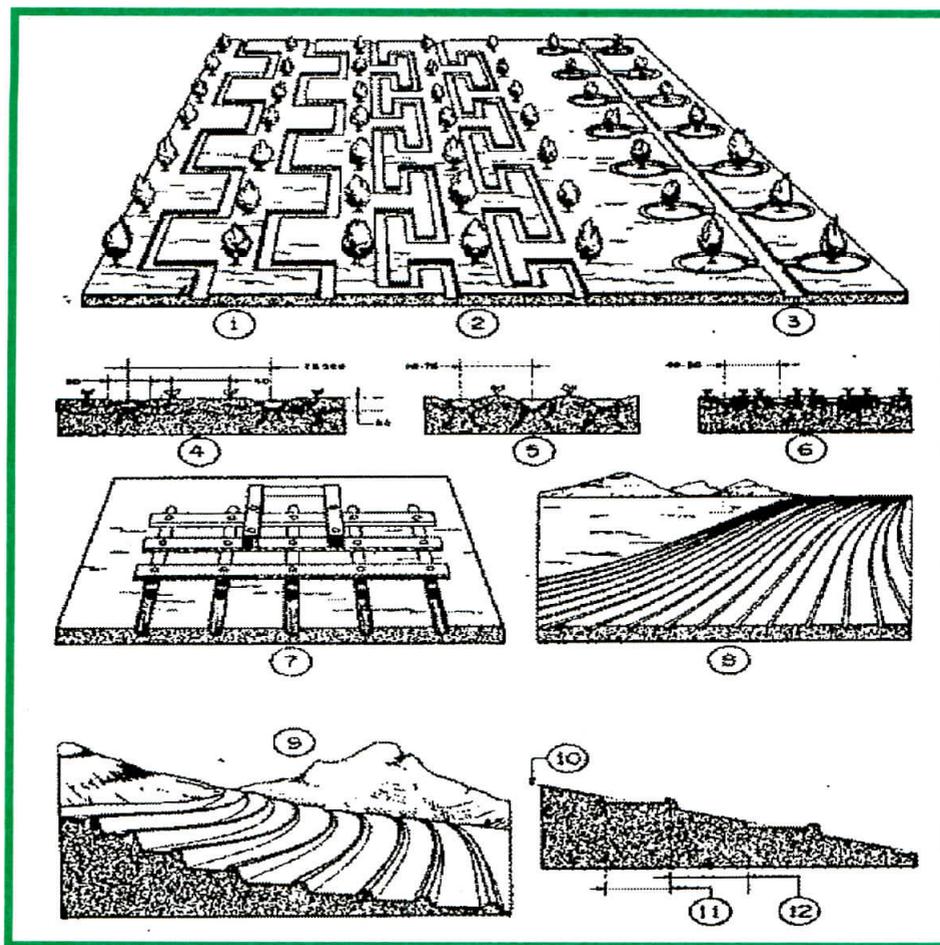
Extracción de la fuente mediante	Conducción hacia el terreno mediante	Distribución en el terreno mediante	Distribución en el campo mediante
1 Toma de agua	3 Canal principal	5 Canales de riego	7 Inundación
2 Motobomba	4 Tubo principal	6 Tubería de riego	8 Surcos

Según las condiciones, se encuentran diferentes combinaciones de las alternativas de extracción, conducción, distribución en el terreno y distribución del agua por gravedad en el campo.

Canales de riego

Los canales de riego o acequias se emplean para llevar el agua del terreno hacia los campos, compartimientos o surcos. La construcción de los canales de riego es similar a la de los canales principales. Sin embargo, su tamaño es más reducido.

La construcción de acequias es relativamente fácil, por lo que constituye el sistema más empleado de distribución del agua en el terreno.



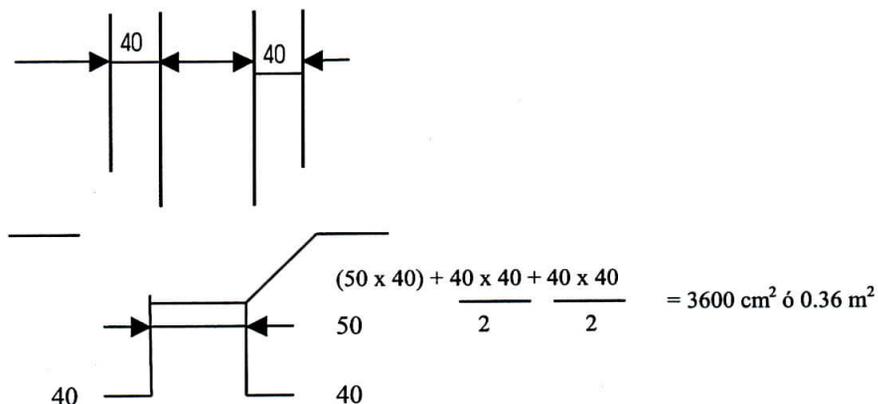
- 1- 2. Surcos en forma de zigzag.
3. Sistema de riego en compartimientos circulares alrededor de cada árbol.

Infiltración:

4. En suelos arcillosos el agua se mueve más lateralmente.
5. En suelos arenosos el agua penetra más rápidamente hacia abajo.
6. Corrugaciones o surcos pequeños. Se utilizan en casos de cereales, alfalfa y pastos.
7. Equipo para trazar corrugaciones.
8. Terreno con corrugaciones.
9. Bancales o terrazas según curvas de nivel.
10. Línea de declive original.
11. Bancal o contorno a nivel.
12. Derrame o zona suplementaria, según el declive original.

El volumen de agua por hora que pasa por una acequia depende del área de la sección transversal de la corriente de agua y de la velocidad de la misma.

Por ejemplo, si el ancho del fondo de una acequia es de 50 cm con taludes de 1:1 y la profundidad de la corriente del agua es de 40 cm, el área de la sección transversal será igual a:



Si la velocidad promedio de la corriente de agua es de 0.40m/seg, la acequia conduce un caudal de agua de:

$$0.36 \times 0.40 = 0.144 \text{ m}^3/\text{seg} = 144 \text{ litros por segundo}$$

Cuando el agua proviene de un canal principal, se emplea una compuerta desviadora o una compuerta de rebosamiento para regular la cantidad de agua que entra en ese canal de riego.

El caudal de agua que entra en los compartimientos y tablares depende principalmente de:

- La carga hidráulica, o sea, la diferencia entre el nivel del agua en la acequia y el nivel de agua en el campo.
- La superficie de la sección de entrada del agua a través de tubos, compuertas o sifones.

EVALUACIÓN

Preguntas del tema

1. ¿En qué terrenos se aplica principalmente el riego por inundación?
2. Mencione cultivos en los que se emplea el riego por surcos y corrugaciones.
3. ¿Cuál es la función de los canales de riego o acequias?
4. Mencione los dos factores de los que depende el caudal de agua que entra en los compartimientos.

Respuestas

1. Este sistema de riego se aplica en terrenos planos y en aquellos que permitan su nivelación; requiere un suministro relativamente grande de agua y un subsuelo menos permeable.
2. El sistema de riego por surcos se emplea en cultivos como caña de azúcar,

Papas, maíz, algodón, tomate, tabaco y otros.

3. Los canales de riego o acequias se emplean para llevar el agua del terreno hacia los campos, compartimientos o surcos. La construcción de los canales de riego es similar a la de los canales principales.

4. El caudal de agua que entra en los compartimientos y tablares depende principalmente de lo siguiente:

- La carga hidráulica, o sea, la diferencia entre el nivel del agua en la acequia y el nivel de agua en el campo.
- La superficie de la sección de entrada del agua a través de tubos, compuertas o sifones.

Glosario

- *Acequia*: Zanja por donde se conduce el agua para regar y para otros fines.
- *Declive*: Pendiente, cuesta o inclinación del terreno o de la superficie de otra cosa.
- *Melga*: Amelga, faja de tierra que se marca para sembrar.

Bibliografía

Berlijn, D. J., et al., 1984. Manual para educación agropecuaria. Riego y drenaje. Editorial Trillas. México. 100 p.

2.2 Riego por aspersión

Objetivos:

- Dar a conocer los factores que se deben tomar en cuenta al momento de decidir sobre la aplicación del sistema de riego por aspersión.
- Conocer los componentes principales y algunas estructuras necesarias para el establecimiento del sistema de riego por aspersión.
- Proporcionar información de las ventajas y desventajas que presenta este sistema de riego.

A diferencia de los sistemas de riego por inundación y surcos, el riego por aspersión no incluye un acondicionamiento del terreno, sólo requiere la eliminación de las irregularidades del terreno. La máxima pendiente tolerable para aplicar el riego por aspersión será hasta de 20%.

El sistema de riego por aspersión es relativamente nuevo si se compara con los métodos superficiales. Su desarrollo acelerado empezó después de la segunda guerra mundial, cuando se abarató el aluminio, elemento constituyente del sistema de conducción de agua en cañerías.

El riego por aspersión consiste en la aplicación de agua por encima de la superficie del suelo, simulando la lluvia. El agua se conduce a través de tuberías y finalmente pasa con cierta presión por orificios o boquillas. La presión es suministrada generalmente a través de una bomba; sin embargo, también puede ser obtenida usando la fuerza de la gravedad si la fuente de agua está localizada por encima del área a regar.



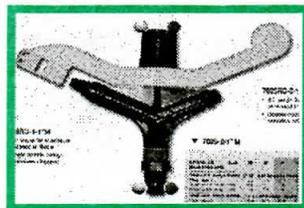
Cultivo con riego por aspersión.

Componentes de un sistema de riego por aspersión

El sistema consta de las siguientes partes básicas:

- Bomba, que succiona el agua del canal de conducción u otra fuente, y lo transporta bajo una cierta presión por un sistema de tubería.
- Tuberías laterales o ramales de aspersión y las tuberías de conducción.
- Un número indeterminado de elevadores.
- Un número indeterminado de aspersores para distribuir el agua en forma de gotas.

El riego por aspersión se adapta a la mayoría de los cultivos, con excepción del arroz, que normalmente se cultiva en compartimientos bajo inundación. Es el sistema adecuado para ser usado en un amplio rango de condiciones topográficas.



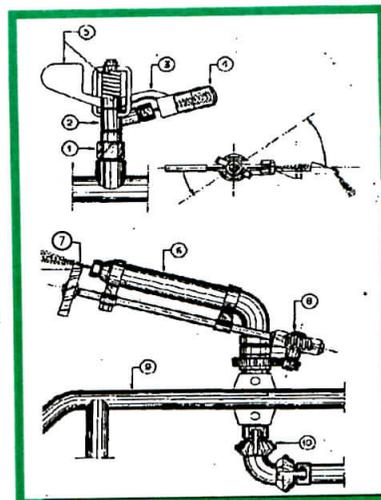
Modelo de aspersor.

Aspersores

Estos elementos entregan el agua en el área a servir. Los aspersores en general se pueden clasificar de acuerdo con la presión de trabajo.

En general, las presiones bajas de 20 a 40 libras por pulgada cuadrada (psi) están asociadas con diámetros pequeños de las boquillas del aspersor, con pequeñas superficies cubiertas en cada posición del dispositivo y con una baja descarga.

1. Conexión del aspersor a la lateral.
2. Parte giratoria del aspersor con la boquilla.
3. Brazo oscilante del aspersor.
4. Canjilón del brazo oscilante.
5. Contrapeso y resorte.
6. Aspersor de gran alcance de alta presión.
7. Turbina. El chorro de agua hace girar la rueda de la turbina.
8. Sistemas de engranajes, mediante el cual la turbina hace rotar el aspersor.
9. Soporte del aspersor.
10. Conexión de la tubería.



Arreglo de los aspersores

El aspersor no proporciona una superficie uniformemente mojada. En general, la parte más alejada del aspersor alcanza menos humedad. Además, el área cubierta tiene una forma circular que no permite un arreglo sin la superposición de la superficie que riegan los aspersores adyacentes. Por esto existen tres tipos de arreglos básicos de los aspersores:

1. *Arreglo en cuadrado.* La distancia entre aspersores es igual a la distancia a la que se mueve la lateral. Esta distancia es igual a 1.4 veces el radio del círculo de aspersión. Por ejemplo, el diámetro de este círculo es de 24 m, el espacio entre los aspersores en la lateral será de 1.4×12 , o sea, de 16.8 m.
2. *Arreglo en rectángulo:* El espacio entre los aspersores es menor que la distancia a la cual se mueve la lateral. Por ejemplo, cuando el diámetro del círculo de aspersión es de 24 m, se colocan los aspersores a 12 m, y se mueve la lateral a una distancia de 1.7×12 , o sea, aproximadamente 20 m.
3. *Arreglo en triángulo:* La distancia entre los aspersores es igual a 1.7 veces el radio del círculo de aspersión. La lateral se mueve cada vez a una distancia de 1.5 veces el radio del círculo de aspersión. En el caso de que el diámetro del círculo de aspersión sea de 24 m, los aspersores se colocan a una distancia de 20 m y la lateral se mueve cada vez a una distancia de 18m, o sea 1.5×12 m.

Elevadores

Son los tubos rectos que conectan la tubería lateral con el aspersor. Su presencia en el sistema permite romper la turbulencia que se presenta cuando el agua pasa de la tubería lateral al aspersor. Hay unos valores mínimos de la longitud recomendados para el elevador de acuerdo al caudal de descarga del aspersor.

Tabla 3. Longitud mínima del elevador según el caudal

Caudal (lt / s)	Altura mínima del elevador (m)
Menor de 0.63	0.15
0.63-1.57	0.23
1.57-3.15	0.31
3.15-7.60	0.46
mayor de 7.6	0.92

Tuberías

La entrega del agua a los aspersores se realiza a través de la tubería conocida como lateral o ramal de aspersión; es necesario que la entrega del agua a cada aspersor a lo largo de esta tubería garantice una aplicación lo más uniforme posible, por lo que se sugiere que la variación del caudal entre el primero y el último aspersor no sobrepase el 10% del caudal del primero, que en términos de la presión significa que la presión del primero sea máximo de un 20% más que la del último.

Ventajas del riego por aspersión

- El adecuado diseño y uso de un sistema de riego por aspersión disminuye la escorrentía superficial y con ello el peligro de erosión del suelo.
- Puede usarse apropiadamente en suelos con cualquier textura: desde suelos arenosos hasta bastante arcillosos.
- Los suelos muy superficiales (capa arable de poco espesor) son regados óptimamente con este sistema.
- Pueden regarse suelos con fuertes pendientes.
- Riegos frecuentes y con poca cantidad de agua pueden ser aplicados eficientemente.
- Se utiliza con gran éxito en la germinación de cultivos que, posteriormente, se riegan por superficie.
- Se puede utilizar el sistema para aplicar fertilizantes (fertirrigación).
- Se puede utilizar para lavar sales del suelo.
- Permite obtener altas eficiencias en el uso del agua.
- En algunos casos hay economía de mano de obra (equipos fijos o de gran radio o área de acción).
- Facilita el control de heladas.

Desventajas del riego por aspersión

- Generalmente se debe realizar una alta inversión inicial.
- El viento puede distorsionar por completo la distribución del agua en el suelo.
- Algunas veces se pueden crear condiciones favorables para el desarrollo de patógenos.
- El impacto de las gotas sobre las flores puede causar su caída.

Los sistemas portátiles y semiportátiles son los que más se utilizan en el sistema de riego por aspersión. Los sistemas fijos tienen un uso restringido debido a su alto costo inicial.

Tipos de sistemas de riego por aspersión

Se clasifican según el tipo de red de tuberías en:

- Sistemas portátiles: Su característica principal es el acceso para movilizar las tuberías y la unidad de bombeo (si existe) dentro del área a regar.
- Sistemas semiportátiles: Las tuberías laterales principales y secundarias (de conducción) son móviles y portátiles, mientras que la unidad de bombeo está fija en un sitio determinado.

En suelos con textura gruesa y grava, el agua puede penetrar hasta un metro de profundidad. Si el suelo es de arcilla pesada con bajo índice de absorción, el agua puede formar charcos y dañar las raíces.

Componentes de un sistema de riego por goteo

- El cabezal: es un conjunto de accesorios para suministrar agua a un nivel adecuado de limpieza, caudal y presión.
- Tubería de distribución: tubos instalados en forma perpendicular a los surcos y que suministran agua a los laterales. Sobre las tuberías de distribución se encuentran salidas, reguladores de presión y conectores para los laterales.
- Laterales de goteo: tuberías de plástico con goteros insertados a distancias fijas, instaladas paralelamente a los surcos.

Las grandes variaciones en la humedad del suelo le ocasionan estrés a las plantas y afectan el crecimiento y producción. El riego por goteo es una herramienta de manejo, que cuando se opera correctamente, minimiza el estrés a las plantas.



Factores que influyen en la eficiencia del riego por goteo

1. Factor operativo

- El elevado número de goteros por hectárea asegura, en principio, una amplia y exacta distribución del agua, incluso cuando existen problemas de obstrucción parcial.
- La frecuencia del riego evita que el agua llegue a una elevada tensión en el suelo y previene fluctuaciones extremas entre humedad y sequía.
- Algunas veces se mezclan fertilizantes con el agua de riego (fertiriego), lo que provee una nutrición perfecta.

2. Factor medio ambiente

- Ya que el agua casi no entra en contacto con el aire, el viento no tiene influencia alguna sobre la eficiencia del riego.
- La humedad relativa del aire influye, en general, sobre el consumo del agua por la planta.
- La temperatura causa pérdidas por evaporación del agua del suelo.

3. Factor dimensional

- La relación entre el movimiento lateral y el vertical del agua en el suelo es

un factor limitante que influye negativamente sobre la eficiencia del riego por goteo. Desde el momento en el cual la gota sale del gotero, depende totalmente de la fuerza de atracción capilar del suelo y de la fuerza de gravedad.

- El movimiento lateral depende en gran parte del porcentaje de arcilla en el suelo. En suelos pesados la expansión lateral es más pronunciada.
- El movimiento vertical depende del porcentaje de arena en el suelo. Suelos arenosos facilitan el drenaje, lo cual conduce a pérdidas de agua por debajo de la zona radicular.

Ventajas del riego por goteo

Al humedecer solamente la parte del terreno ocupada por la planta:

- Forzamos a la planta a desarrollar sus raíces en esa masa de tierra.
- No perdemos agua mojando otros espacios del terreno, que se mantienen secos durante todo el período de cultivo.
- Las malas hierbas que podrían crecer en esos espacios no nos roban agua, contribuyendo a su evapotranspiración a la atmósfera.

Otras ventajas que encontramos son:

- Incremento en la producción.
- Cultivo con mayor calidad.
- Ahorro en el consumo de agua y energía.
- Reducción en el lavado de suelo y drenaje.
- Menor incidencia de malezas, menor compactación y surcos secos.
- El goteo se practica esencialmente con equipos fijos, lo cual garantiza un dominio perfecto sobre el cronograma de riego y una economía de mano de obra.
- Flexibilidad de aplicación debido a que se puede variar el intervalo de riego, su duración, la presión de trabajo y aumentar el número de goteros.
- Posibilidad de regar durante las horas con más viento.

Desventajas del riego por goteo

- La inversión inicial es muy alta y requiere un análisis económico del cultivo.
- El riego por goteo no funciona bien con agua sin filtrar y dependiendo de la calidad del agua de riego, las exigencias del sistema de filtración deben ser sumamente estrictas.
- El lavado de suelos para eliminar las sales requiere un movimiento uniforme del agua hacia abajo. El goteo no puede cumplir con esa exigencia y la aspersión es el método de preferencia.
- Si la calidad del agua no es buena, se pueden acumular materias nocivas en la zona radicular.

