

MANUAL

MÉTODOS DE RIEGO



Jaime Lamo Jiménez

GENERALIDADES

El agua es un elemento esencial para los procesos fisiológicos de todo ser vivo. De hecho el agua hace parte de la estructura biológica del hombre y de su forma de vida, mediante las actividades que desarrolla en su entorno, entre las cuales está la práctica de la agricultura como un sistema productivo que le permite interactuar con la naturaleza y generar valor.

En esta relación dialéctica entre el hombre y la naturaleza, se desarrolló la **agricultura de regadío** que consiste en el suministro de importantes cantidades de agua a los cultivos mediante diversos métodos artificiales de riego. Como actividad productiva, la agricultura requiere inversiones de capital y una cuidada infraestructura hídrica: canales, acequias, aspersores, que exige, a su vez, un desarrollo técnico avanzado.

1. MÉTODOS DE RIEGO

La clasificación más común de los métodos de riego, se establece de acuerdo con la forma como el agua es esparcida o distribuida sobre el suelo, dependiendo de las características topográficas, los tipos de cultivo, la disponibilidad del recurso hídrico, los costos y la posibilidad de acceder a tecnologías con altos requerimientos de inversión, entre otros factores.

1.1 Métodos Superficiales

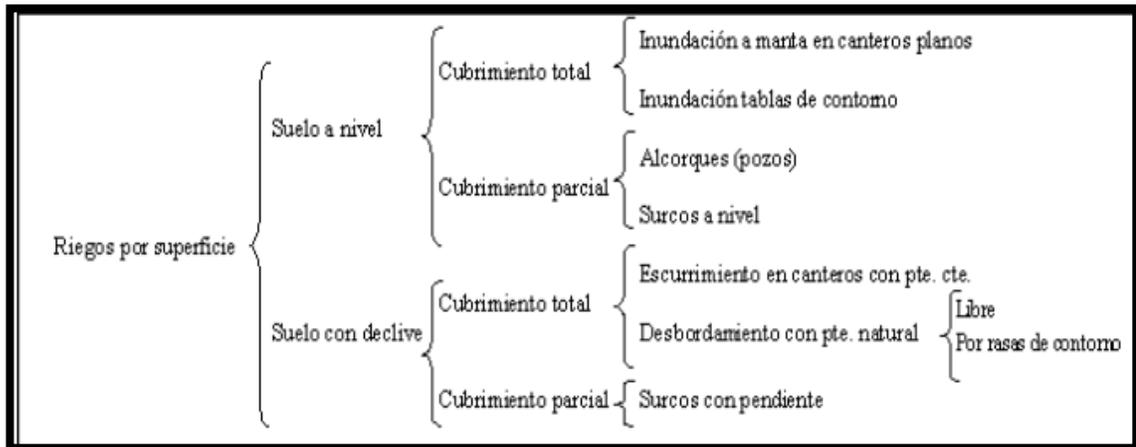
En esta modalidad de riego el agua penetra desde la superficie y se repone a intervalos de tiempo, generalmente de varios días, toda vez que la lámina de agua consumida alcanza un espesor adecuado para su manejo eficiente. De esta forma el agua penetra en el suelo a medida que escurre sobre el terreno.

En el riego por superficie desde una reguera ubicada en la cabecera de la parcela, se suministra un caudal que excede la capacidad de infiltración del área de la parcela, de manera que el sobrante superficial, resultante para cada posición de avance del frente de agua, permite llegar al final y completar el proceso de “mojado” de la parcela. Luego se continúa la aplicación del agua en su justo tiempo, se logra reponer el déficit de humedad en la zona radical.

En los métodos de riego por superficie, cabe hacer un distinguo entre aquellos en los cuales el agua escurre por pequeños cauces artificiales o surcos, y aquellos en los cuales el caudal fluye en forma

de un manto de agua de reducido espesor y ancho considerable: riego por manto o por inundación.

En el siguiente cuadro se resumen las diferentes variantes que tienen los métodos de riego por superficie.



1.1.1 Método por surcos

En esta modalidad, el perímetro mojado es generalmente inferior al espacio que existe entre los surcos; por lo tanto el área neta de infiltración es inferior al producto del espacio por la longitud del surco.

El relieve y la pendiente del terreno, entran en consideración para diferenciar las variantes que se presentan, tanto en riego por surco como en riego por inundación. En terrenos de relieve plano o de pendiente uniforme se trazan **surcos rectos**; mientras que en terrenos ondulados, los surcos deben seguir un recorrido que se aproxima a las curvas de nivel: **surcos en contorno** o **surcos en curvas de nivel**.

La orientación de las hileras de cultivos, impuesta en frutales por factores agronómicos, puede dar lugar al trazado de surcos muy pendientes y para evitar el efecto erosivo se sigue un recorrido zigzagueante de los mismos: **surcos en zigzag**. Otra variante empleada en terrenos de pendiente considerable lo constituye el método por corrugación, el que consiste en surcos pequeños con un espaciamiento reducido.

Este método se adapta especialmente a los cultivos en línea, dado que dicha disposición permita humedecer el volumen de suelo explorado por raíces y acercar o retirar la humedad, conforme al comportamiento y las exigencias del cultivo. Además, en la mayoría de los casos el surco de riego es una consecuencia de las labores culturales.

El riego por surco se adapta a todos los tipos de suelos, con buena velocidad de infiltración y baja erodabilidad. Dado el parcial humedecimiento de la superficie del terreno que caracteriza al riego por surco, este método se presta para los suelos que tienen tendencias a formar costra al secarse dañando las plantas que recién germinan.

En cuanto a la pendiente, si bien el riego por surco funciona más eficientemente en terrenos llanos, de menos del 0.2%, puede emplearse este sistema con pendientes mucho mayores: Hasta el 3% en cultivos en hileras rectas y hasta el 15% en el caso de surcos en contorno.

Dado el reducido caudal que requiere cada surco, se emplea el método cuando los recursos hidráulicos disponibles son escasos, y en tal caso se riegan simultáneamente más o menos surcos, según el caudal con que se cuenta. Se logra además un buen control del caudal, con elementos simples como sifones, tubos, etc.

La eficiencia de aplicación que se logra al regar por surco puede calificarse de buena, cuando se lo compara con otros métodos, teniendo en cuenta que es posible regar por surco en condiciones topográficas relativamente desfavorables. Si se proyecta y opera adecuadamente, la eficiencia de aplicación puede ser alta (entre el 70% y el 80%).

Los costos de instalación y de operación del riego por surco, no son elevados, ya que se le puede usar con escasos trabajos de acondicionamiento de tierras, especialmente cuando se trata de cultivos estacionales.

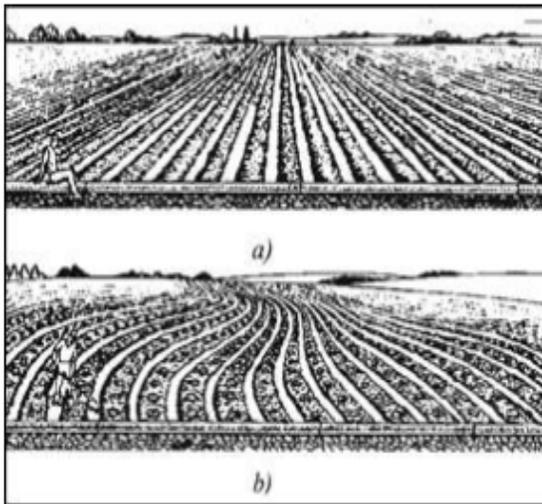
Se logra con el riego por surcos un buen control del agua por medio de tubos, sifones y compuertas disponibles a bajo costo.

El riego por surco es el habitual de los cultivos en línea, en el surco el agua discurre por su parte inferior y las plantas generalmente ocupan los lomos del mismo, como se muestra en la figura.

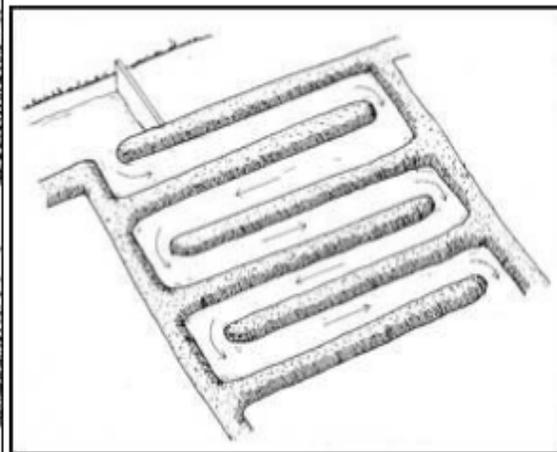


El número de surcos que se riegan simultáneamente puede ser ajustado al caudal disponible. El coste de inversión es muy bajo y la construcción del surco puede realizarla el propio agricultor. Esta modalidad de riego por superficie tiene limitaciones en cuanto al riesgo de erosión, alta escorrentía al final del surco y alta infiltración en suelos arenosos.

Los surcos lineales son los más frecuentes pero cuando hay fuerte pendiente, ésta se evita mediante los surcos de contorno como se muestra en la figura. En determinadas ocasiones para aumentar la longitud de los surcos se pueden diseñar estos en forma de zig-zag.



Tipos de surcos. a) Lineales; b) Contorno.



Surcos en zig-zag

1.1.2 Método por Inundación

Llamado también por desborde o anegamiento, consiste en dejar escurrir el agua desde canales, los cuales son trazados por los sectores más altos de los potreros. En el riego por inundación el

suelo se humedece al tiempo que el agua cubre la superficie en una delgada lamina. Dicha inundación puede ser natural cuando se aprovecha la elevación del nivel de los ríos.

En el riego por inundación, la separación entre camellones es mucho mayor que el ancho de los mismos, quedando una faja de terreno de ancho considerable, por lo cual el agua penetra verticalmente, por efecto conjunto, gravitacional y de ajuste capilar.

En cuanto al riego por inundación, diferencias en las características topográficas configuran las variables en el trazado y dimensiones de cada unidad denominada melga, la que consiste en una faja de terreno delimitada por camellones o bordos. En una topografía llana y/o cuando se realizan trabajos previos de nivelación, las melgas corresponden a figuras geométricas regulares: melgas rectangulares; estas se trazan paralelamente, formando una sucesión de fajas de terreno separadas por camellones.

También en el caso de relieve llano, se delimitan por medio de bordos altos, comportamientos que constituyen grandes segmentos de inundación, interconectadas de forma rectangular o cuadrada y de dimensiones variables. Es este un método empleado para riego de arroz que requiere inundación continua.

Otra variante del riego por inundación en condiciones de suave pendiente, es el caso de pequeñas melgas a nivel: tazas o pozas, que consisten en áreas rectangulares o cuadradas, uniformes en tamaño, delimitadas por bordos. Como cada compartimento constituye una terraza, el método al igual que el de grandes secciones de inundación se ajusta a las variaciones topográficas.

Cuando el relieve es plano pero algo irregular para melgas rectas o pozas, el trazado de camellones o bordos siguiendo curvas de nivel, vinculados dos a dos por medio de camellones transversales, delimitan áreas de inundación que reciben el nombre de **melgas en contorno o melgas de nivel.**

Si el relieve es suavemente ondulado u ondulado y la pendiente predominante no permite el trazado de melgas en contorno, una alternativa para incorporar humedad al suelo aunque sea irregularmente distribuida, es el riego por desbordamiento. En este método, el agua desborda desde una reguera que sigue la curva de nivel y fluye más o menos libre e irregularmente sobre la faja del terreno, delimitada por la reguera siguiente.



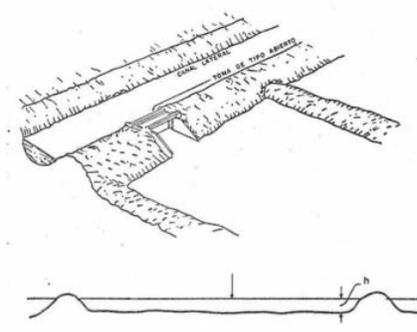
La inundación controlada como método de riego, puede ser continua, en el caso especial de cultivos como el arroz que requiere esas condiciones; puede ser intermitente, en los demás cultivos, en los cuales la humedad repone al suelo a intervalos.

Al igual que el riego por surcos el agua se infiltra a medida que fluye por la superficie, a lo largo de fajas de tierras delimitadas.

- Riego por melgas rectangulares

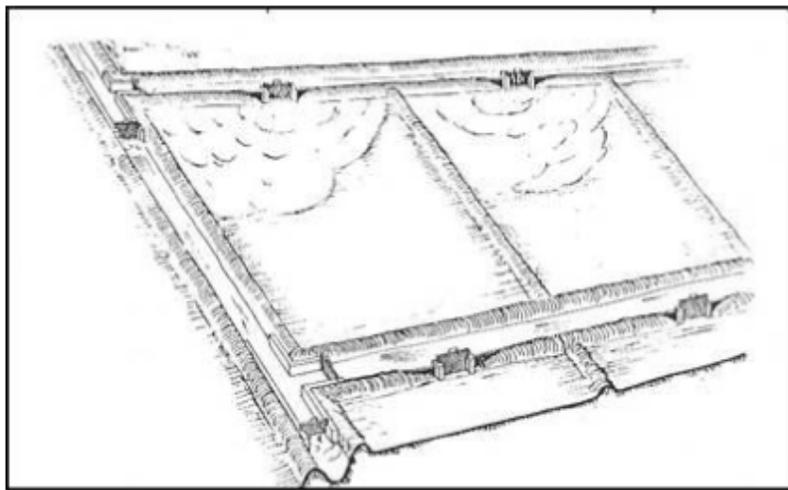
En este método el terreno se divide en franjas rectangulares estrechas, llamadas fajas o melgas, separadas unas de otras mediante caballones dispuestos longitudinalmente. Suelen realizarse acequias de abastecimiento en el exterior superior de las fajas, y canales de desagüe en el extremo inferior. El agua discurre a lo largo de las fajas formando una lámina delgada que se va infiltrando poco a poco al tiempo que avanza.

El ancho de estas fajas varía según pendiente entre 5 y 20 m y la longitud entre 100 y 200m. El agua fluye en las mismas, cubriendo íntegramente el área con una delgada lámina de agua (entre 5 y 10 cm).



- **Riego por tablares o canteros**

En este sistema de riego, el terreno se divide en compartimentos cerrados por medio de diques o caballones de unos 50 cm de altura. Estos canteros o tablares son de forma cuadrada o rectangular, dentro de ellos se vierte un volumen de agua que queda estancada y se va infiltrando en el suelo. Los caudales empleados al igual que en el riego por fajas ha de ser elevado aunque su magnitud dependerá de las dimensiones del tablar y el riesgo de erosión. Ver figura.



Lo ideal es que el terreno esté completamente nivelado, estando condicionadas las dimensiones del tablar dependiendo del caudal de agua disponible y el tipo de suelo. En este tipo de riego no hay escorrentía.

Esta modalidad de riego por superficie se aconseja para cultivos que resisten encharcamientos temporales. La eficiencia y uniformidad de este riego junto con el riego por faja, suele ser alta si se maneja de forma adecuada, pudiendo superar el 90 %.

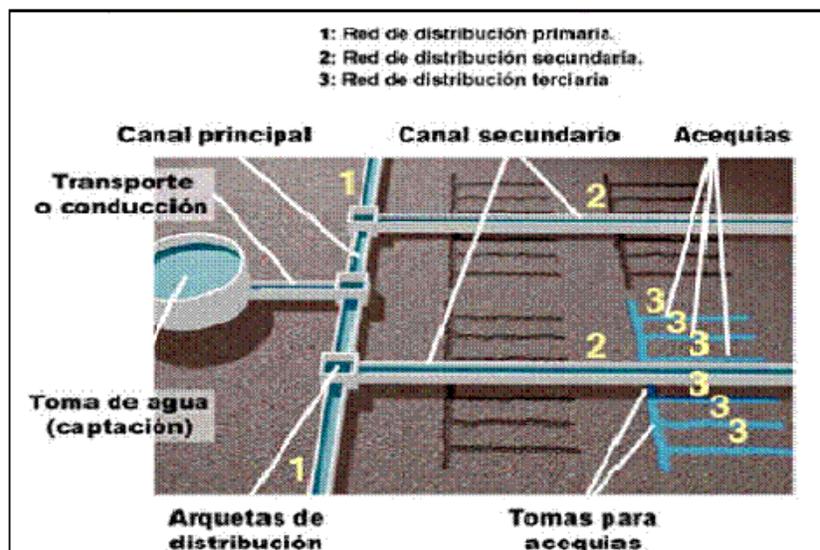
1.1.3 Elementos de un Sistema de Riego por Superficie

1.1.3.1 Distribución de Agua

El sistema de distribución está compuesto por un conjunto de obras e instalaciones que transportan el agua desde el punto de captación hasta la cabecera de los canteros o unidades de

riego por superficie y de un sistema de evacuación del exceso de agua de escorrentía y de percolación de los campos de cultivo. Un sistema de distribución en riego por superficie consta de los siguientes elementos:

- **Captación:** puede ser desde un embalse, azud de derivación desde un río, o un pozo para agua subterránea.
- **Red principal o de conducción:** transporta el agua desde el punto de captación hasta el inicio de la zona regable.
- **Red de distribución:** se encarga de distribuir el agua a cada uno de los campos de riego por superficie.
- **Red terciaria:** en el entorno de las parcelas de riego, son los ramales de último orden de la red de distribución y conducen el agua hasta la cabecera del cantero o unidad de riego.
- **Red de avenamiento y drenaje:** cumple el objetivo de evacuar el agua sobrante de los campos de cultivo y conducirla hasta la red de drenaje natural de forma que el exceso de humedad no perjudique el desarrollo del cultivo.

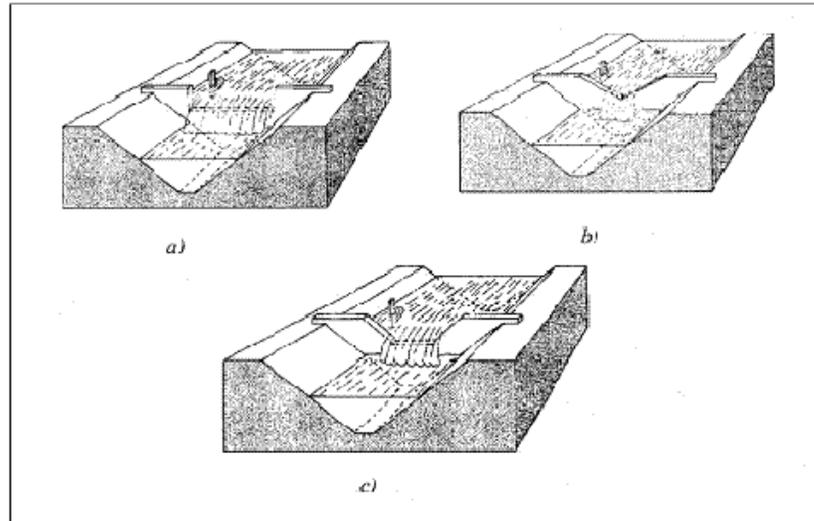


Esquema de una red de distribución típico en un riego por superficie

1.1.3.2 Sistemas de aforo

Este tipo de elementos es de gran importancia ya que permiten el control exacto del caudal de agua que hay que aplicar en el cantero de riego, además favorecen la tarificación del agua en función del volumen de agua consumido y no en función de la superficie regada. Existen diversos

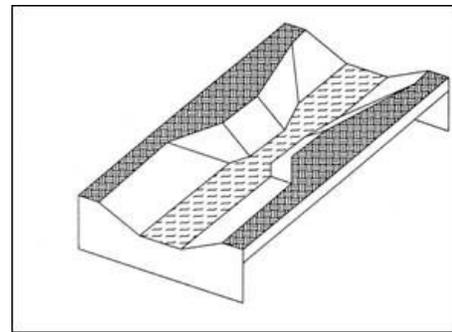
dispositivos que permiten el aforo, entre ellos podemos destacar los vertederos, aforadores tipo Parshal y RBC, y aforadores modulares de estrechamiento largo.



Vertederos. a) Rectangular; b) Triangular; c) Trapecial



Aforador RBC o de "cresta"

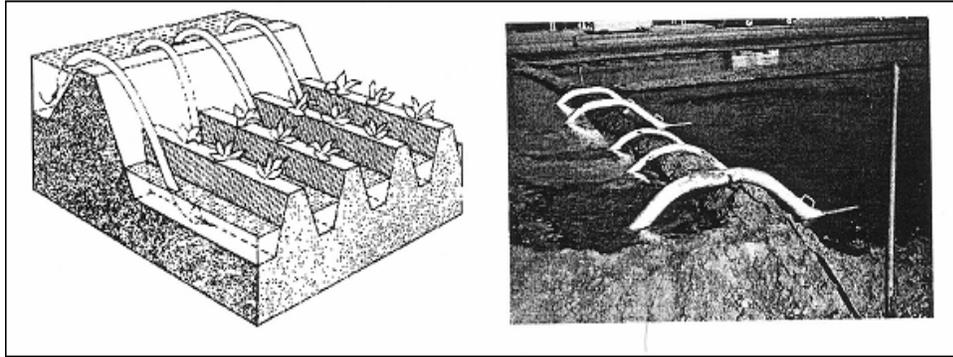


Aforador modular de estrechamiento

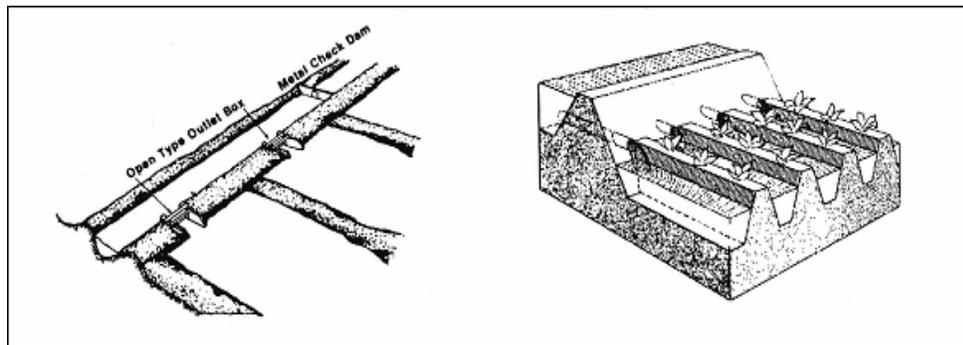
1.1.3.3 Sistemas de aplicación

Para que se produzca un buen reparto de los caudales aplicados a los canteros o surcos, es decir, para que exista una buena modulación, se pueden utilizar los siguientes métodos:

- **Sifonillos:** el agua se modula mediante unas mangueras en las que se origina un sifón a través del cual el agua pasa al cantero sobre el lomo del surco. Si se mantienen constante el nivel del agua en la acequia de servicio (ver figura).



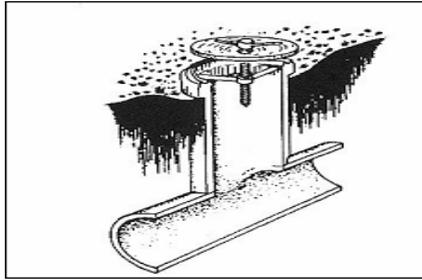
- **Caños:** Pequeñas tuberías que atraviesan el los del surco.



- **Compuertas en acequias revestidas:** suelen existir una serie de compuertas en la hijuela para mantener el nivel del agua y unas compuertas laterales que dan servicio a las canteras (figura 8.15). En el caso de acequias de tierra, el agua pasa de unas acequias a otras o bien a parcela mediante unas barreras de tierra llamadas torna.



- **Válvulas de alfalfa:** Tubería que asoma al exterior con la capacidad de regular el caudal a verter con la ayuda de una válvula manual.



- **Tuberías con compuertas:** en el caso de que la distribución del agua sea mediante tuberías a baja presión o exista un desnivel entre la toma de la red de distribución, este método constituye una forma ideal de modular el caudal en surcos: si existe una carga de agua uniforme en la hijuela.



- **Mangueras de polietileno con orificios:** con una función similar a la tubería con compuertas, suele ser un método menos eficaz, aunque más barato.



1.2 Métodos por Aspersión

Este método de riego implica la aplicación del recurso hídrico, en forma de lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae. Al igual que en el método por superficie, en el de aspersión, el agua penetra desde la superficie y se repone a intervalos de tiempo. Sin embargo, en esta modalidad el agua se aplica asperjada, o sea fraccionando el caudal en innumerable pequeñas gotas de agua que penetran el suelo, al tiempo que se aplica.

En el método por aspersión el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar. En esta modalidad de riego no se requiere mojado previo de la parcela, dada la simultaneidad en la aplicación de agua en el primero y el último aspersor sobre el lateral.

Los sistemas de riego por aspersión tradicionales se pueden clasificar según el tipo de red de tuberías en:

- Sistemas Portátiles
- Sistemas Semiportátiles
- Sistemas Fijos

1.2.1 Sistemas Portátiles

Se caracterizan porque las tuberías y la unidad de bombeo, se pueden mover dentro del área a regar, es decir, todos sus componentes se transportan de un sitio a otro. Los más comunes son los siguientes:

- **Los Cañones**

Son grandes aspersores, de construcción robusta, para soportar el caudal y la presión.

Funcionan de forma sectorial, abarcando de 200 a 220°.



Pueden ser:

➤ **De brazo oscilante**

- Tardan 2 a 5 minutos por revolución.
- Regresan rápidamente a su posición inicial. Algunos giran a igual velocidad en ambos sentidos, utilizando dos brazos alternativos.

➤ **De Turbina**

- Giran a igual velocidad en ambos sentidos.
- El chorro principal (o uno secundario) inciden en una pequeña turbina que transmite su giro al aspersor por medio de un mecanismo de cremallera y piñón.
- La reversibilidad del giro se produce porque se hace oscilar la turbina y el chorro incide originando el giro en sentido contrario.
- Se emplean cada vez menos.

1.2.2 Sistemas Semiportátiles

Se caracterizan porque las tuberías laterales son móviles y portátiles, mientras que la unidad de bombeo permanece en un sitio determinado; las tuberías principales y secundarias (de conducción) pueden ser móviles o no.

- **El Pivote Central:** recibe su nombre por su movimiento circular alrededor de un punto central, sobre el que pivota. Es uno de los sistemas más eficientes para *regar* y para inyectar fertilizantes líquidos. Su capacidad para regar tanto en terrenos ondulados como

llanos, convierten al Pivote central en el sistema más significativo en la agricultura, desde la invención del tractor.



1.2.3 Sistemas Fijos

Los sistemas fijos se caracterizan porque tanto la unidad de bombeo como las tuberías (Laterales, Principales y Secundarias) están localizadas en los sitios determinados por el diseño. En Colombia este sistema es el más utilizado.

1.2.4 Componentes de un Sistema de Riego por Aspersión

Un sistema de riego por aspersión se compone de las siguientes partes:

- **Fuente de Energía:** Para operar un sistema de aspersión se necesita una fuente de energía que garantice la presión necesaria para mover los aspersores. Generalmente se utilizan bombas movidas por un motor (Motobombas), como también la diferencia de nivel que puede existir entre la fuente de agua y el área a regar, con el fin de obtener la energía necesaria para operar el sistema.
- **Tuberías:** es la encargada de entregar el agua a los aspersores es conocida como lateral o ramal de aspersión, la cual debe garantizar una aplicación lo más uniforme posible a lo largo de él.
- **Accesorios:** En un sistema de riego por aspersión se pueden necesitar una serie de elementos que facilitan las derivaciones, conexiones, reducciones, control de presión, etc. Dentro de los accesorios se encuentran los codos, tes, reducciones, válvulas, crucetas, etc.

- **Elevadores:** son tubos rectos que conectan la tubería lateral y el aspersor. Se utiliza para romper la turbulencia que se presenta cuando el agua pasa de la tubería (Lateral) al aspersor. Esta se presenta porque hay un cambio brusco en la dirección del agua. Si la turbulencia no es disipada se puede presentar un rompimiento del chorro del agua en el aspersor, lo que ocasiona que el alcance del mismo se disminuya.

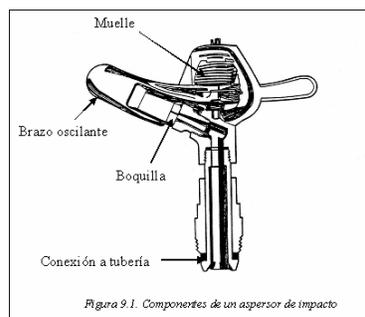


Aspersor a 1.80 mts de altura.

Para determinar la longitud mínima del elevador según el caudal, se aplica la siguiente tabla:

CAUDAL (Lts/s)	ALTURA MINIMA ELEVADOR (Mts)
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 7.60	0.92

- **Aspersores:** Son los responsables de entregar o rociar el agua en el área a servir. Se pueden clasificar de acuerdo con la presión de trabajo. Pueden llevar una o dos boquillas cuyos chorros forman ángulos de 25° a 28° con la horizontal para tener un buen alcance y que el viento no los distorsione en exceso.



1.2.5 Condiciones que favorecen la instalación del método

El riego por aspersión se emplea en una gran diversidad de cultivos y condiciones naturales y en determinados casos compite incluso con ventaja con el riego de superficie, en las condiciones que hacen aconsejable este método. Sin embargo, es insustituible en las siguientes condiciones:

- Terrenos de topografía irregular, ondulados y de pendiente fuerte, en cuyo caso la conducción del agua por tuberías, resuelve los inconvenientes del trazado de acequias en terrenos irregulares.
- Suelos pocos profundos en los cuales no pueden realizarse trabajos de nivelación y deben aplicarse reducidas láminas de agua en cada riego. También en los suelos de alta velocidad de infiltración con grandes pérdidas por percolación de agua en la cabecera.
- Suelos de alta erodabilidad, donde el escurrimiento de agua en superficie puede acarrear efectos perjudiciales para su conservación.
- Disponibilidad de agua en caudales pequeños y largos horarios de riego, ya que un diseño económico se logra con un equipo que permanezca en actividad durante un elevado número de horas al año.
- Se puede instalar en buenas condiciones, cuando la fuente de provisión de agua depende del propietario; tal es el caso de la utilización de aguas subterráneas o de manantiales propios, o de los predios donde resulta factible regular el caudal recibido mediante embalses.
- Este método se presta para cultivos sembrados “al voleo”, tales como forrajeras y cereales y cultivos hortícolas. No es factible en cultivos permanentes como la caña de azúcar y frutales por el patrón de humedecimiento del suelo en algunos casos; y por la altura y característica del cultivo que dificultan notablemente los trabajos de movimiento de las tuberías en otras.
- La eficiencia que se logra regando por aspersión es alta en relación a los sistemas de riego por superficie. Además no se requieren mayores habilidades por parte del regante de su utilización eficiente.

1.3 Métodos por goteo

Otro método que comienza a difundirse es el **riego por goteo**, que consiste en aplicar un caudal mínimo, en gotas, directamente en el área de utilización de la planta. El agua se infiltra al mismo tiempo que se aplica en forma continua, o con intervalos de dos o tres días.

El riego por goteo es uno de los más novedosos métodos de aplicación del agua. Se describe como la aplicación frecuente y en bajos volúmenes de agua a través de dispositivos llamados emisores o goteros. El desarrollo de la industria del plástico manufacturó tubería económica e hizo práctico el uso del riego por goteo. Hoy en día, millares de hectáreas son regadas por goteo a nivel comercial en todo el mundo.

Este es un método bastante eficiente de distribución del recurso hídrico, ya que su aplicación se realiza racionalmente, dependiendo de las necesidades de los cultivos. Sin embargo, su utilización depende de inversiones en tecnología, que permiten determinar la frecuencia y cantidad de agua que se debe aplicar en forma gradual.

La utilización de este método tiene las siguientes ventajas:

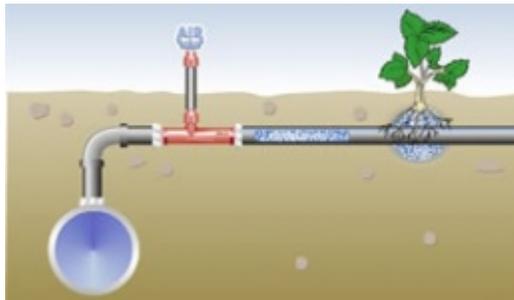
- Economía de agua, dada la elevada eficiencia de aplicación
- Mejor control de la cantidad de agua aplicada
- Mayores rendimientos y mejor calidad de las cosechas
- Ahorro de mano de obra
- Menor infestación de malezas
- Posibilidad de utilizar aguas que contienen sales
- Posibilidad de aplicar fertilizantes con el agua de riego

1.4 Métodos Sub-superficiales

El riego por goteo sub-superficial es un método cada vez más utilizado en agricultura y paisajismo, debido a sus múltiples ventajas entre ellas, el ahorro de agua por la reducción de la evaporación. La gran diferencia entre este método y el riego por goteo superficial, es que, en este caso, el desagüe del emisor puede verse afectado por las características hidrofísicas del suelo, lo que influiría en el caudal de los goteros y en la uniformidad del riego.

Para poderlo desarrollar es necesario determinar la presión en el suelo en los puntos de desagüe de los emisores, considerando la variabilidad espacial de las propiedades del suelo. De esta manera se logra determinar la cantidad de ramales, de unidades de riego y de los emisores aislados en riego ^{1/}.

Este método de riego ha tomado una importancia muy grande, en los últimos años especialmente en Estados Unidos, Israel, Australia y Europa. En Israel, se usa este sistema en cultivos extensivos anuales sembrados en línea (algodón, maíz, tomate, berenjenas, melón, sandía), cultivos perennes (alfalfa), arboles (frutales).



1/ Fuente: "Caracterización hidráulica y simulación del riego por goteo sub-superficial. Tesis doctoral." Gil Rodríguez, M.; directora tesis: Rodríguez Sinobas, L. Tomado de plataforma de conocimiento para el medio Rural y pesquero, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, España, 2010.

2. CRITERIOS DE SELECCIÓN

La selección del método de riego se basa en criterios que tienen relación con el cultivo, el suelo, la topografía, la economía, el clima, la disponibilidad de mano de obra, así como las labores vinculadas al desarrollo físico, manejo del riego y administración de la parcela en general.

Seleccionar el método de riego, implica al mismo tiempo tomar decisiones con respecto al planeamiento integral del predio y grado de sistematización del terreno. Por ejemplo, si se decide regar un determinado cultivo por melgas rectangulares, aun cuando se trate de un terreno plano, significa que se están considerando posibles inversiones en nivelación de tierras. Si se decide regar por melgas en contorno, el costo de acondicionamiento de tierras se reducirá a un simple emparejamiento del terreno y al trazado y construcción de los camellones. La adopción del método de riego por aspersión en cambio, implica altos costos de instalación el equipo y costos mínimos de desarrollo físico de las tierras.

Dado que existen cultivos que pueden regarse por un solo método y otros por varios, el tipo de cultivo es el primer criterio a considerar. En caso de varias alternativas, la consideración de los demás criterios permite descartar sucesivamente algunos métodos, para reducir el número de alternativas y finalmente seleccionar el más conveniente.

Se discuten a continuación varios criterios de selección de métodos de riego:

2.1 Cultivos

Sin duda es este un criterio importante, ya que en algunos casos el cultivo prácticamente determina el método de riego. Por ejemplo, el arroz se riega en la casi generalidad de los casos por melgas en contorno o por grandes secciones de inundación. En cultivos en hileras como la papa, las labores mecanizadas de aporque dejan el surco conformado para regar por dicho método, aun cuando también puede emplearse la aspersión. Otros cultivos como los frutales no soportan la inundación y por lo tanto deben ser regados por surco o por aspersión. Contrariamente los pastos y cereales sembrados densamente, pueden ser regados por inundación y por aspersión, pero no por surco.

El riego por aspersión puede afectar en algún caso la calidad de algunos frutos. También se ha mencionado el posible incremento de enfermedades criptogámicas en determinado ambiente climático. Asimismo, dadas las dificultades operativas en el traslado de las tuberías, no resulta muy factible el empleo del riego por aspersión en los cultivos de caña de azúcar.

2.2 Topografía

Si tenemos en cuenta la gran subdivisión al tratar los métodos de riego, diríamos que el riego por superficie puede realizarse con relieve plano a ondulado; el riego sub-superficial solo en terrenos muy planos; y la aspersión en terrenos desde llanos hasta fuertemente ondulados.

El riego por aspersión se adapta a una amplia gama de condiciones topográficas. Si bien puede emplearse exitosamente en terrenos llanos, constituye generalmente la única posibilidad de riego eficiente en terrenos fuertemente ondulados, en cuyo caso no hay alternativas. La aspersión posibilita el riego de tierras clasificadas incluso como no aptas para la agricultura por sus condiciones topográficas.

Entre los métodos por superficie, la topografía y el valor de la pendiente, permite una mayor especificación del método de riego. Así una topografía llana, con pendiente de 0,2% en la dirección del riego y pendiente nula en dirección normal a la del riego, es ideal para el método por melgas rectangulares.

Una topografía medianamente irregular, cuando por condiciones edáficas y/o económicas no se pueden realizar trabajos de nivelación, determina la posibilidad de riego por melgas en contorno. Si la topografía es manifiestamente irregular, el riego por desbordamiento y los surcos en contorno según los cultivos, constituye la única posibilidad en materia de riego por superficie.

Sin duda el criterio topográfico está íntimamente unido a las posibilidades de nivelación. Aunque es este un factor que puede modificarse, se presentan limitaciones en el perfil del suelo y/o derivadas del costo de los movimientos de tierra que hacen inconveniente tal modificación, en determinadas condiciones.

2.3 Suelo

Comprende las características internas del perfil del suelo: profundidad, textura y estructura, drenabilidad, contenido de fragmentos gruesos y en particular, los aspectos de relación agua-suelo vinculados al riego, tales como la capacidad de almacenaje de agua y la velocidad en penetración del agua en el suelo.

Suelos poco profundos y/o con excesiva capacidad de infiltración se riegan muy ineficientemente con métodos por superficie. La aplicación de láminas delgadas de agua y/o el riego de suelos muy permeables, solo puede lograrse con buenas eficiencias en parcelas de escasa longitud. Esto conduce a un elevado fraccionamiento de la propiedad y dificulta el tráfico y las labores agrícolas mecanizadas. Al igual que en el caso de una topografía muy irregular, este criterio puede determinar que el riego por aspersion constituye la única posibilidad en tales condiciones.

Los métodos de riego por melgas en contorno se adaptan mejor a suelos de textura media a pesada, con baja velocidad de infiltración, que a suelos arenosos y erosionables. El riego sub-superficial en cambio requiere suelos livianos de elevada velocidad del movimiento capilar, pero con un subsuelo impermeable, que permita formar una barrera para mantener un plano freático controlable.

Si existe un problema de salinidad en el suelo o en el agua de riego, se requiere mantener el balance salino mediante la lixiviación de sales en una profundidad de suelo no inferior a un metro. Para que dicha labor sea eficiente, se aplica agua en exceso en lámina uniforme sobre el terreno. Esto se logra con los métodos por inundación que retienen el agua en compartimientos, tales como el agua por pozas, aunque existen también otras alternativas.

2.4 Disponibilidad de Agua

El recurso de agua a disposición del predio, en cuanto a caudal, tiempo e intervalo de entregas, es sin duda un criterio de peso tal, que puede prácticamente determinar el método de riego a utilizar. La disponibilidad en el predio de un gran caudal en tiempo reducido y con grandes intervalos entre entregas sucesivas, señala la conveniencia de un método que se ajuste a tales condiciones, como ocurre con todas las variantes de riego por inundación; salvo que

económicamente sea posible la construcción de un reservorio regulador, en cuyo caso se pueden considerar otras alternativas.

Contrariamente, un caudal reducido en horarios largos y entregas más frecuentes, puede emplearse eficientemente en el riego del número de surcos que permite dicho caudal. Finalmente, si el caudal es muy reducido pero más o menos constante, como ocurre con el aprovechamiento de los manantiales, o está disponible un elevado número de horas al día, como ocurre con el bombeo de agua del subsuelo, es posible que el riego por aspersión resulte una alternativa digna de consideración, frente al riego por superficie abastecido por recursos de agua regulados en un reservorio de almacenamiento.

2.5 Costos

Con respecto a los costos, debemos subdividir su incidencia en: (i) costos de construcción y operación de las obras generales del sistema; (ii) costos de desarrollo y de operación del riego en el predio.

El costo de construcción y operación se atiende mediante un canon de amortización de obras y un canon de operación y conservación de las mismas. Ya sea que estos servicios la administración de riegos los perciba por volumen de agua entregado al predio, por unidad de superficie servida, o por sistema mixto, el costo de los mismos debe incidir en los criterios de selección del método de riego y en los trabajos a realizar para acondicionar las tierras.

Si el agua es cara, ello obliga a su uso más eficiente y al empleo de métodos de riego que garanticen el logro de altas eficiencias, ya sea mediante fuertes trabajos de nivelación y empleo de estructuras y elementos de control y de distribución o por la instalación de riego por aspersión. Contrariamente, agua abundante y barata no resulta un incentivo para lograr un mayor rendimiento del recurso, mediante el empleo de buenas prácticas de riego.

Los costos de desarrollo y operación del riego a nivel predial afectan también en forma directa la escogencia del método de riego. En general una inversión mayor en el desarrollo físico de las tierras, se traduce posteriormente en menores costos de operación y conservación. Por ejemplo, en tierras bien niveladas, sistematizadas en melgas rectangulares con un buen sistema de tuberías

de concreto y válvulas de salida que permitan regular la distribución del agua, un regador puede manejar un caudal considerable, en ocasiones de más de 100 a 200 l/seg.

Cuando por el contrario no se pueden realizar mayores inversiones en el desarrollo físico de las tierras a regar, los costos de operación resultarán más elevados y la eficiencia de riego más baja. Sin embargo, en casos de una agricultura de riego en las primeras etapas del desarrollo que no produce mayores ingresos y con mano de obra abundante, el empleo de métodos de riego por surcos y melgas en contorno o por desbordamiento desde regaderas a nivel, puede ser una alternativa digna de consideración.

2.6 Otros criterios

En determinados casos, un solo factor adicional puede tener una importancia decisiva en la selección del método de riego. Un clima con vientos predominantes de alta velocidad puede ser suficiente para proscribir el riego por aspersión. Las labores mecanizadas y el empleo de determinado equipo agrícola resulta un factor tan importante, como para cambiar ideas preconcebidas con respecto a un determinado método.

El agricultor, en cuanto a sus conocimientos y habilidades para manejar el riego, constituye otro elemento de gran importancia en la selección del método. La automatización del riego como ocurre con la aspersión, o con el riego por superficie a base de tuberías de concreto con válvulas de distribución, constituye una forma de reducir el peso de las decisiones que debe tomar al respecto el agricultor regante, y por lo tanto se adapta a los casos de introducción del riego en una zona.

3. MANEJO DEL RIEGO A NIVEL PREDIAL EN DISTRITOS DE PEQUEÑA ESCALA

En la mayoría de zonas del país el riego se ha venido realizando en una forma empírica con base en la tradición, la experiencia y el criterio de los agricultores, con tendencia a aplicar mayores cantidades de las necesarias. Esta forma de regar es perjudicial para el suelo y para el cultivo. Así mismo regar insuficientemente disminuye los rendimientos y la calidad de las cosechas.

El manejo del riego se refiere a las decisiones que debe tomar el agricultor beneficiario que utiliza con referencia a **COMO, CUANTO y CUANDO** regar.

Para lograr una mejor comprensión de la relación existente entre el agua, el suelo y la planta se deben precisar algunos conceptos básicos.

Las necesidades de agua de los cultivos (Evapotranspiración), se define como la cantidad de agua usada por el cultivo, que se utiliza en la formación de tejidos y se pierde por las hojas en los procesos de transpiración y evaporación. Entonces, es evidente que estas necesidades dependen en buena parte de las condiciones atmosféricas (radiación, viento, humedad relativa, temperatura, luminosidad), del suelo (condición de humedad, color, cobertura vegetal, etc.) y de la vegetación (extensión y morfología de la superficie foliar, tipo de raíces, etc.).

3.1 Cuanto Regar

Para saber cuánta agua aplicar al suelo, es necesario conocer el volumen de agua expresado en la lámina que el suelo puede almacenar entre los puntos de capacidad de campo (momento en que el suelo está totalmente saturado de agua) y punto de marchitez permanente (momento en el que las raíces no pueden extraer agua, porque esta no existe). Es recomendable que esta última situación no se presente.

Como es obvio suponer, la cantidad de agua que se aplica debe ser una fracción del volumen total que puede almacenar el suelo. En otras palabras, el manejo del riego debe ser tal, que solamente se deje consumir por la planta la mitad (50%) del total disponible. A esta cantidad se llama "**Agua Fácilmente Disponible**".

El volumen de suelo al que se le aplica el agua está referenciado a la profundidad de raíces efectiva.

3.2 Cuando Regar

El riego se debe aplicar cuando la humedad del suelo ha descendido al nivel límite del agua fácilmente aprovechable. Esta pérdida de humedad se debe al consumo hecho por la planta por evapotranspiración.

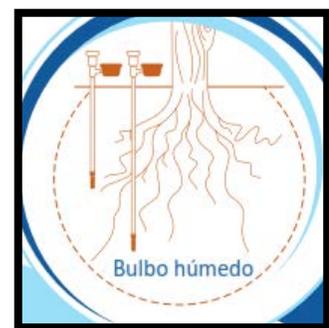
Como se observa se trata de realizar un balance hídrico del sistema suelo-planta-atmosfera, en el cual los déficits de agua son los requerimientos de riego, los cuales deben ser almacenados en el suelo a la profundidad determinada por las raíces del cultivo.

Existen en el mercado ingeniosos dispositivos para determinar la humedad del suelo en campo, que basan su funcionamiento en la medición de algunas propiedades del agua como son la conductividad eléctrica, resonancia electromagnética, atenuación de neutrones o tensión del agua del suelo.

El tensiómetro es el aparato más indicado en nuestro medio para conocer como cambia la humedad del suelo con el tiempo.

Las mediciones con tensiómetros se realizan a fin de conocer el estado energético del agua en el suelo (Retención de agua), estas mediciones se relacionan con el contenido de humedad de agua en suelo.

Existen otros instrumentos de medida del contenido de humedad del suelo tales como la sonda de capacitancia, que mide el contenido de humedad volumétrico del suelo a diferentes profundidades y permite colocar sensores en distintas profundidades en el mismo tubo de acceso y realizar medidas en todas las profundidades, como también, realizar medidas continuas del contenido de agua en el suelo en el mismo punto de medición.



3.3 Como Regar

La forma de aplicar el agua depende del sistema de riego. Este se relaciona a su vez con la tasa básica de infiltración del agua en el suelo, la cual indica para riego por aspersión el límite máximo de la descarga que suministran los aspersores, que permite su uso en suelos con pendientes hasta del 25%, de acuerdo con los estudios de infiltración y la característica del aspersor se debe saturar el suelo del área del perímetro húmedo del aspersor y luego hacer un cambio en la posición del ala regadora y así sucesivamente hasta alcanzar el riego del predio.