

III.

FACTORES QUE SE
DEBEN CONSIDERAR
PARA SELECCIONAR EL
SISTEMA DE RIEGO MÁS
ADECUADO



FACTORES QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA SELECCIONAR EL SISTEMA DE RIEGO MÁS ADECUADO

1. Clasificación somera de los principales sistemas de riego

Según la energía requerida para la captación y distribución del agua, los sistemas de riego pueden ser clasificados en:

Gravedad: El agua es captada y distribuida contando con la energía generada por el diferencial de altura entre el punto de captación y el área de regadío.

Energía motriz: El nivel del agua está por debajo del nivel del área de regadío o a una altura insuficiente para distribuirse con la presión deseable. En estos casos el agua es captada y distribuida utilizando energía producida por un sistema de bombeo, impulsado por un motor a combustible o eléctrico, ariete, bomba eólica o manual.

Sistema mixto: Dependiendo de la ubicación de la fuente de agua y del área de regadío, es posible combinar los dos sistemas anteriores, de tal manera de captar y elevar el agua mediante energía motriz y distribuirla por gravedad o viceversa.

Según la forma de distribución del agua, los principales sistemas de riego pueden ser clasificados en:

Inundación: El agua es distribuida superficialmente sobre el terreno de regadío, inundándolo totalmente o en partes. Este sistema puede subdividirse en: a) Inundación en superficie total, cuando toda la superficie de regadío es inundada por el agua; y b) Inundación parcial o por surcos, cuando la superficie de regadío está conformada por surcos y camellones y el agua es distribuida a través de dichos surcos.



Aspersión: El agua es distribuida a través de aspersores, los cuales producen gotas de agua de diferentes tamaños, imitando una precipitación natural.

Micro aspersión: Es una modificación del sistema de aspersión tradicional que permite asperjar el agua a poca distancia de la planta y de manera localizada.

Goteo: El agua es distribuida de manera localizada, por gotas, a través de goteros instalados en mangueras de goteo, pequeños reservorios (galones, bambú, etc.) o tuberías de distribución.

2. Comparación entre los sistemas de riego más comunes

Una comparación entre los diferentes sistemas de riego, en relación a variables de carácter técnico-agronómico, social y económico, puede ayudar a la toma de decisión acerca de qué tipo de sistema implementar en un determinado proyecto.

En las páginas siguientes se presenta una serie de variables importantes y la adecuación de los principales sistemas de riego a las características y exigencias de los cultivos.



2.1 Adaptación a los cultivos

Inundación	Se adapta mejor a los cultivos que permiten la inundación total (por ejemplo: arroz) y a aquellos cuyo espaciamento entre hileras posibilita la construcción del camellón y el surco.
Aspersión	Se adapta mejor a aquellos cultivos que ocupan toda el área del terreno o que poseen espaciamento pequeño, cuyos sistemas radiculares ocupan todo el volumen de suelo sembrado. Ejemplo: pastos. Es poco eficiente para aquellos cultivos sembrados en espalderas o ramadas, porque estas estructuras no permiten la distribución uniforme del agua. No es un sistema adecuado para los cultivos altos y frondosos.
Micro aspersión	Se adapta mejor a aquellos cultivos de espaciamento amplio, cuyos sistemas radiculares no ocupan todo el volumen de suelo y, por lo tanto, el riego localizado es más eficiente. Ejemplo: frutales arbóreos o no arbóreos, güisquil, loroco, etc.
Goteo	Se adapta mejor a aquellos cultivos de espaciamento amplio, cuyos sistemas radiculares no ocupan todo el volumen de suelo y, por lo tanto, el riego localizado es más eficiente. La forma y tipo de crecimiento de los cultivos, sean altos y frondosos o bajos y de escaso follaje, no tiene importancia para el riego por goteo. Donde el agua es escasa y el diferencial de altura pequeño, es mejor que el sistema de micro-aspersión.

2.2 Adaptación a las características del terreno

Inundación	Se adapta mejor en caso de terrenos planos o semi planos, normalmente aluviones a las orillas de ríos y quebradas (vegas). En áreas altas y con más pendiente, las dificultades para conducir y distribuir adecuadamente el agua son muy grandes. Además, los riesgos de erosión son elevados.
Aspersión	Se adapta mejor a terrenos planos o semi planos. A medida que aumenta la pendiente, se incrementa el riesgo de erosión debido al desprendimiento de partículas de suelo que causa el impacto de las gotas. Además, a medida que aumenta la pendiente, la distribución del agua es cada vez más desigual, formando un círculo de menor rayo del lado superior del aspersor, donde se aplica más agua y con más presión. En áreas con pendiente se recomienda utilizar aspersores que producen gotas pequeñas y que requieren menos carga o presión.
Micro aspersión y goteo	Por igual, ambos sistemas se adaptan bien a terrenos de cualquier pendiente.

2.3 Consumo de agua

Inundación	Es el que más consume agua, por lo tanto, con excepción de las vegas de los ríos, donde no hay altura para instalar otros sistemas por gravedad, los sistemas por inundación deberían ser evitados, principalmente donde el agua es escasa.
Aspersión	Utiliza menos agua que el anterior, pero por lo menos el doble que el sistema de goteo.
Micro aspersión	Consume menos agua que el sistema por aspersión tradicional, principalmente si se trata de cultivos de espaciamiento amplio, en los cuales el riego localizado es mucho más eficiente.
Goteo	Es el más eficiente en el uso del agua, principalmente si se trata de cultivos de espaciamiento amplio; consume poco y por ofrecer una distribución lenta los cultivos suelen aprovecharla mejor.

2.4 Calidad del agua

Inundación	Puede trabajar con agua de mala calidad física (sedimentos, algas, detritos, etc.).
Aspersión	La presencia de detritos sólidos suele bajar la eficiencia del sistema, porque taponan los picos de los aspersores, cambiándoles el caudal de distribución. Además, partículas duras, como arena, desgastan las boquillas, afectando la uniformidad de distribución del agua a mediano plazo.
Micro aspersión y goteo	Ambos sistemas son muy susceptibles a la presencia de sólidos en suspensión, porque taponan los orificios de los micro aspersores o goteros. Inclusive, la presencia de algunas sales puede taponarlos, al precipitarse en las boquillas cuando cesa el riego.

2.5 Eficiencia de riego (relación del agua benéficamente utilizada en los cultivos y el agua total utilizada en la práctica del riego)

Inundación	40 - 65%
Aspersión	80 - 85%
Micro aspersión	85 - 90%
Goteo	90 - 95%

2.6 Control del agua aplicada

Inundación	Aunque es posible controlar la cantidad de agua aplicada a través del uso de compuertas o sifones, es muy difícil saber exactamente qué cantidad de agua se está aplicando en cada punto del terreno. Para que haya un humedecimiento uniforme del suelo es necesario que la superficie sea bien uniforme para que no se produzcan pozas y lugares secos.
Aspersión	Se puede controlar bien la cantidad de agua aplicada a través de pluviómetros sencillos o por la relación caudal/tiempo de los aspersores. Sin embargo, si la presión en los aspersores es baja o desigual entre ellos, la distribución del agua también es desigual dentro del perímetro regado; por lo tanto, se aplica más agua en algunas áreas que en otras.

Micro aspersión y goteo	En ambos sistemas se puede controlar bien la cantidad de agua aplicada a través de la relación caudal/tiempo de los micro aspersores o goteros o por el consumo en la estructura de almacenamiento (pila, barriles, etc.). Sin embargo, si los micro aspersores o goteros son improvisados o adaptados o la presión entre ellos es desigual, la distribución del agua en cada uno es diferente; por lo tanto, se aplica más agua en algunos puntos del área que en otros.
-------------------------------	---

2.7 Diferencial de altura (cota) para distribución del agua por gravedad

Inundación	Casi no necesita altura, solamente la suficiente para que el agua fluya de la fuente hasta la parte más elevada del terreno y de ésta a toda la superficie. Si la altura es reducida es mejor, porque es más fácil de manejar y causa menos deterioro.
Aspersión	Requiere bastante altura para funcionar bien por gravedad (más o menos unos 14 m. de cota por cada aspersor). Si no hay suficiente presión, el rayo de mojadura del aparato es más pequeño y la formación y distribución de las gotas muy desigual.
Micro aspersión	Requiere menos altura que la aspersión común, pero más altura que el goteo.
Goteo	Requiere de poca altura entre la fuente de agua y los puntos de distribución (2 m. son suficientes para lograr un buen goteo).

2.8 Riesgo ambiental

Inundación	Normalmente, las cantidades de agua aplicadas por inundación son excesivas y contribuyen a lixiviar los nutrientes más solubles, principalmente en suelos de textura leve, de francos a más arenosos. Como en las zonas de riego por inundación normalmente la capa freática está cerca de la superficie o por encima de la misma, el riesgo de contaminación por iones, como nitratos y sulfatos, es relativamente alto, principalmente si se utilizan elevadas dosis de fertilizantes en los cultivos. Por otro lado, si el agua es de mala calidad, salina o contaminada con metales pesados, los problemas pueden ser graves para el suelo, por la cantidad de agua utilizada. La construcción de surcos y camellones produce transporte de suelo, lo cual favorece el proceso erosivo. Por las dificultades y riesgos en el manejo del suelo y agua, el riego por inundación debe ser evitado en zonas de laderas.
Aspersión	La aspersión funciona como si fuera una lluvia natural. Las gotas aspergidas chocando contra la superficie del suelo pueden producir erosión. De ser posible, el riego por aspersión debe ser evitado en zonas de laderas o utilizado con mucho cuidado, protegiéndose bien el suelo con cobertura vegetal y utilizando aspersores de baja energía, que producen gotas más pequeñas (Tipo Bowler), bien regulados y mantenidos.

Micro aspersión	Como las gotas producidas son pequeñas, no hay riesgos de deterioro por erosión, principalmente si el suelo en el perímetro mojado está cubierto. Como la mojadura es relativamente lenta y localizada es más difícil que se lixivien los nutrientes solubles. Si el agua utilizada está contaminada, el volumen mojado y contaminado es reducido.
Goteo	El goteo aparentemente no produce ningún proceso de deterioro. La energía del agua que llega al suelo es insuficiente para producir erosión. Como la mojadura es muy lenta y controlada es más difícil que se lixivien los nutrientes solubles. Si el agua utilizada está contaminada, el volumen mojado y contaminado es mínimo.

2.9. Dispersión de plagas y enfermedades

Inundación	El agua corriendo a través del surco puede transportar diferentes patógenos o semillas de malezas. Es reconocido el efecto de la dispersión de patógenos tales como Rhizoctonia, Pythium y Fusarium en surcos de riego, causando "muerte caminante" de las plantas. Los nemátodos igualmente pueden ser dispersados a través del agua que inunda el terreno. De la misma manera, si el suelo permanece saturado de agua por demasiado tiempo puede ser fatal para ciertos cultivos susceptibles a hongos del suelo.
Aspersión	La salpicadura de las gotas de agua contra el suelo y su depósito sobre los tallos y hojas de los cultivos pueden transportar ciertos patógenos, así como desde plantas enfermas hacia otras sanas.
Micro aspersión y goteo	Como el riego es localizado y el agua no entra en contacto con la parte aérea de las plantas, el peligro de dispersión de plagas o enfermedades por el área de mojadura es menor. Además, la cantidad de agua puede ser controlada y evitarse así el exceso de humedad en el suelo.

2.10 Utilización de mano de obra

Inundación	Los requerimientos de mano de obra para la construcción y mantenimiento de canales suelen ser altos. Igualmente, en la preparación del terreno y la construcción de camellones y surcos, aunque esta labor puede ser realizada con la ayuda de tracción animal. En la operación del riego, se requiere de mano de obra permanente para las operaciones de distribución y control del agua.
Aspersión	El mayor uso de mano de obra está en la operación del sistema y, más específicamente, en la rotación de los equipos en el terreno en cada turno de riego. En todo caso, esta labor es menos ardua que la requerida para el manejo de los sistemas de inundación, principalmente por surcos.
Micro aspersión y goteo	Como se trata de sistemas fijos, gran parte de la mano de obra es utilizada en la instalación del equipo. La operación consiste en una visita diaria para inspeccionar el sistema y, en particular, el funcionamiento de los micro aspersores o goteros.

2.11 Conocimiento y sencillez para la instalación y operación del sistema

Inundación	Es un sistema fácilmente comprensible y aceptado por los productores porque se aproxima al concepto de “ <i> echar agua al suelo</i> ”. Sin embargo, manejar bien el agua, con criterio de “ <i> riego</i> ”, en un sistema por inundación no es una tarea fácil, pues requiere de estructuras (compuertas, canales de distribución y desagüe, etc.) y mano de obra constante. Además, requiere que la superficie esté bien nivelada o bien preparada con surcos y camellones cuidadosamente desnivelados para que el agua pueda fluir despacio, sin causar daño. Ello requiere tiempo y trabajo.
Aspersión	Similar al anterior, es fácilmente comprensible y aceptado por los productores porque imita la lluvia y se aproxima al concepto de “ <i> echar agua al suelo</i> ”. La operación no es difícil: requiere de cierta mano de obra para rotar los equipos y controlar el funcionamiento de la tubería y aspersores.
Micro aspersión y goteo	En ambos casos, la instalación requiere de ciertos conocimientos debido a que estos sistemas se alejan del concepto tradicional de “ <i> echar agua al suelo</i> ”. Sin embargo, su construcción no es mayormente complicada y su operación es sencilla. Lo que sí requieren es que los cultivos estén sembrados de tal manera que permitan el establecimiento de sectores o ramales de riego a nivel, para evitar diferencias de presión en los diferentes micro aspersores o goteros.

Cuadro 2: Análisis aproximado del comportamiento de diferentes sistemas de riego según algunos indicadores relacionados a los atributos de sostenibilidad del sistema de producción.

Indicadores de sostenibilidad	Sistema de Riego		
	Inundación por surcos	Aspersión	Goteo
Inversión inicial	Baja	Mediana	Alta
Utilización de mano de obra en la operación	Alta	Mediana	Baja
Riesgo de erosión en zonas de laderas	Alto	Mediano	Bajo
Necesidad de energía para distribuir el agua	Baja	Alta	Mediana
Consumo de agua	Alto	Mediano	Bajo
Control de consumo de agua	Alto	Bajo	Bajo
Transmisión de enfermedades	Alta	Alta	Baja
Posibilidades de generar conflicto por el agua	Alto	Mediano	Bajo
Riesgo de ineficiencia energética	Alto	Mediano	Bajo
Posibilidades de consumo de plaguicidas	Alta	Alta	Baja

En los casos en que se utiliza riego por inundación en laderas es de vital importancia lograr la transición al uso del riego por goteo, como primera opción, o a aspersión, como segunda alternativa, si se logran presiones suficientes para el funcionamiento de los aspersores o los goteros.

3. Riego por goteo combinado con plasticultura

El riego por goteo asociado a la *plasticultura* es una tecnología que merece ser mencionada como una opción para incrementar los rendimientos y mejorar la calidad de la producción. La *plasticultura* o *agroplasticultura*, como su nombre lo indica, es una tecnología basada en el uso de plástico aplicado a la producción agrícola.

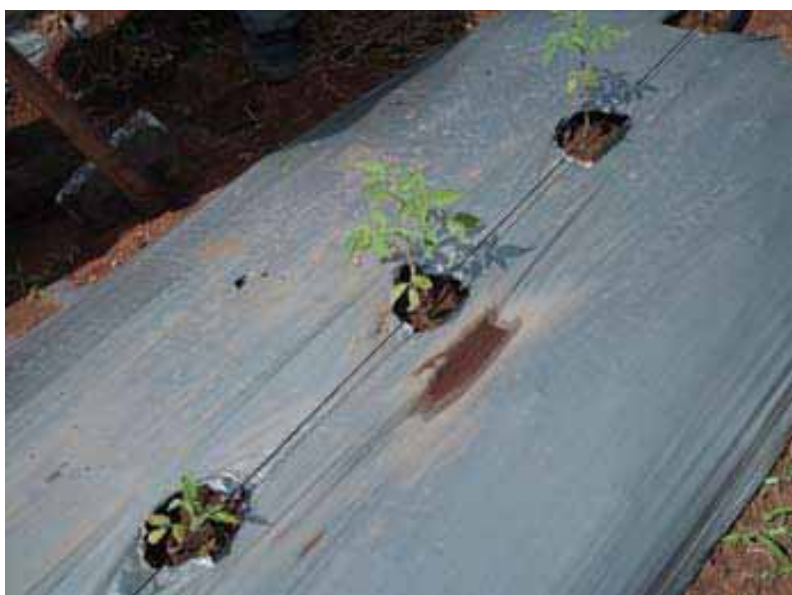
Las principales ventajas de la plasticultura son las siguientes:

- El cubrimiento de las plantas con plástico controla el clima del suelo (temperatura, humedad), lo cual crea mejores condiciones para el desarrollo de las plantas y previene el crecimiento de malezas.
- La irrigación por goteo, complementada con el uso de plástico, permite un control efectivo y un mejor aprovechamiento de la humedad del suelo, además de una óptima fertilización del cultivo, cuando se utiliza fertirriego.
- Permite la reducción potencial de enfermedades y un mejor manejo de plagas.
- Reduce los requerimientos de mano de obra en el manejo del cultivo.

Aunque no muy aplicada en la agricultura familiar de Centroamérica, la plasticultura, combinada con el riego por goteo, es una práctica de manejo de los cultivos, principalmente las hortalizas, muy

prometedora ya que permite un incremento significativo de los rendimientos y un ahorro de agua para el riego estimado en un 50 por ciento, permitiendo consecuentemente elevar los beneficios económicos para los pequeños productores.

Dado que el sistema de manejo del cultivo con cobertura de plástico requiere de una preparación del terreno que implica la formación de camas de cultivo con remoción del suelo, se recomienda en terrenos planos o ligeramente inclinados.



En Nicaragua, para citar una experiencia, la agroplasticultura se practicó en los años 70 en cultivos de flores. Actualmente, se utiliza en zonas de escasa precipitación pluvial, donde hay problemas de vientos, malezas, insectos-plagas y escasez de agua. Es una alternativa muy conveniente para la producción de alimentos frescos (vegetales), especialmente si se encuentra cercana a las ciudades.

En El Salvador, el uso de plástico asociado al riego por goteo presenta resultados alentadores a nivel de pequeños productores dedicados al cultivo de hortalizas. En los meses de febrero, marzo y abril, la población de insectos, especialmente mosca blanca, es muy alta, al igual que la transmisión de enfermedades, lo que incide negativamente en los rendimientos de los cultivos, como tomate y chile. Para encarar el problema, se ha usado el goteo más el "agril" o microtúnel (estructura de alambre y cobertura de plástico), lo que permite controlar las plagas. El cultivo se destapa al inicio de la floración.

El costo de instalación de un cultivo bajo plástico, incluyendo el sistema de riego por goteo, se calcula en unos EE.UU. \$360.00/500 m², a los cuales hay que agregar los insumos necesarios para la producción del propio cultivo. Estos costos pueden ser prohibitivos para gran parte de los pequeños productores de Centroamérica, dada su escasa capacidad de inversión. Sin embargo, el uso del plástico, combinado con el riego por goteo, permite reducir los costos derivados del control de plagas y malezas (productos y mano de obra) y mejorar considerablemente los rendimientos del cultivo. Pequeños productores salvadoreños que han utilizado esta tecnología han obtenido hasta 150 cajas de tomate por tarea (437 m²).

En el Anexo 2 se incluye información sobre los costos de producción e ingresos de una parcela de tomate de 500 m², al igual que los costos de la tecnología de cultivo bajo plástico con riego por goteo.

