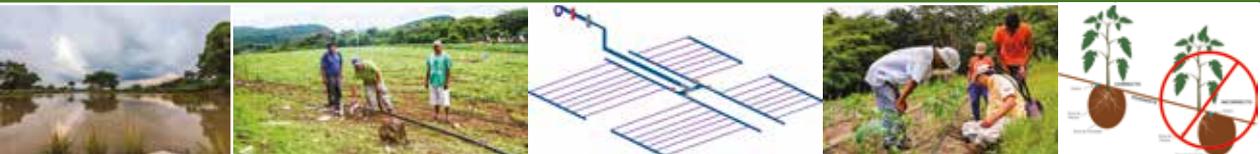


## Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias



La Guía 5 denominada ***Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias***, es un instrumento de consulta y orientación para técnicos y productores que describe, con bastante sencillez, el paso a paso necesario para usar el agua de escorrentía captada en el reservorio, en la agricultura a través del riego por goteo y de la ganadería en abrevaderos construidos para este fin.

El Proyecto *Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua* fue creado por el Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), y el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), con financiamiento de la Cooperación Suiza en América Central (COSUDE) y el apoyo técnico del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

© Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA)

© Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

© Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)

© Cooperación Suiza en América Central (COSUDE)

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Título: Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias

Autor: MEFCCA, COSUDE, CATIE

Edición: MEFCCA, CATIE

Fotografía e ilustraciones: CATIE

El contenido de esta guía técnica no necesariamente refleja los puntos de vista del MEFCCA, COSUDE y CATIE.

# **Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias**

MEFCCA  
COSUDE, CATIE

Nicaragua, 2018

# Contenido

Introducción	4
Glosario	6
Agua	8
El valor del agua para el ser humano	9
El valor del agua para los animales	9
El valor del agua para la agricultura	11
<b>¿Por qué se pierde el agua de los reservorios?</b>	<b>14</b>
Evaporación	14
Infiltración	14
Escapes	15
Aspectos de diseño	15
Medidas de mitigación para reducir la evaporación	16
Medidas de mitigación para reducir la infiltración	16
Medidas de mitigación para evitar escapes por fallas constructivas	17
Medidas de mitigación por fallas en el diseño	17
<b>Riego con agua del reservorio</b>	<b>18</b>
¿Cómo regar?	18
Partes del sistema de riego	20
Cantidad de agua disponible para riego	21
¿Cuánto regar?	23
¿Cuándo regar?	26
<b>Selección del sistema de riego</b>	<b>27</b>
Riego por goteo	28
Ventajas	29
Desventajas	29

Componentes del sistema de riego por goteo (FONTC –IICA, 2012)	29
Características de los goteros	31
Separadores de arena	32
Filtros de arena y gravas	32
Filtros de malla	32
Diseño del sistema de riego por goteo	33
¿Cómo se calcula el Pw?	33
Lámina de riego, I (mm)	35
Máxima Lámina Neta de Riego, Ix (mm)	36
Demanda de Agua	36
Lámina Neta de Riego, In (mm)	37
Lámina Bruta de Riego, Ig (mm)	37
Demanda de Volumen Bruto de Agua Diaria por Planta, G (lt/d)	38
Lámina Neta Anual de Riegos, IN (mm)	38
Eficiencia de Riegos de la Campaña de Cultivos, Es (%)	38
Selección de emisores y criterios de diseño	39
Sensibilidad al taponeo	40
<b>Instalación y aplicación del sistema de riego por goteo</b>	<b>41</b>
<b>Uso apropiado del agua en el abrevadero</b>	<b>44</b>
<b>Ventajas del sistema de riego por goteo</b>	<b>46</b>
<b>Ventajas agronómicas</b>	<b>46</b>
<b>Ventajas económicas</b>	<b>47</b>
<b>Ventajas ambientales</b>	<b>47</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>48</b>

# Introducción

Agua suficiente y de calidad es lo que se necesita para realizar cualquier actividad humana. El 95% del agua en el planeta es agua salada, inapropiada para el consumo de la mayoría de plantas, animales y del ser humano. Existen indicadores físicos, químicos y biológicos que describen la calidad del agua y determinan para qué puede ser utilizada. En la actualidad, un análisis para nada complejo de laboratorio, ayuda a determinar la calidad del agua con que se cuenta en la parcela o en el territorio.

De manera general, se considera que la escorrentía superficial que se capta en reservorios o lagunetas construidos por y para la agricultura de pequeña escala, no es la más apropiada para consumo humano. La razón de ello es que tanto el tratamiento de esa agua, como los cuidados diarios para mantenerla limpia, resultan muy complejas y demasiado costosas. Por esta razón, el uso del agua del reservorio está más enfocado al campo agropecuario, asociada a sistemas de riego apropiados y a estructuras más eficientes para abreviar al ganado.

Cuando la lluvia es la única fuente de agua en una cuenca, como sucede con más frecuencia en los territorios del trópico seco nicaragüense, es prioritario determinar cómo se utilizará apropiadamente el agua de escorrentía captada. En reservorios de pequeña y mediana escala (100 m<sup>3</sup> a 3,000 m<sup>3</sup>), que son la mayoría de las obras construidas por el Proyecto Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua, del MEFF-CA - COSUDE - CATIE, la mejor opción para usar y aprovechar eficientemente el agua en áreas de cultivo es el sistema de riego por goteo.

El sistema de riego por goteo minimiza las pérdidas de agua por infiltración profunda y reduce o elimina completamente el escurrimiento superficial del agua. Además, permite cultivar en suelos pedregosos o suelos salinos donde no se podría sembrar si se utilizaran otros sistemas de irrigación. El goteo solo humedece el área de las raíces de la planta, lo cual le da al sistema una serie de ventajas tanto agronómicas como económicas sobre cualquier otro sistema de irrigación.

El riego por goteo es una alternativa eficaz ante la pérdida de altísimos volúmenes de agua a causa de la infiltración y la evaporación. Si a estas pérdidas se

le suman las que provoca el mal manejo del riego tradicional por surco, inundación (tendido) y bordes, con el que se satura el terreno sin necesidad, se hace evidente la necesidad de adoptar sistemas que permitan ahorrar este preciado recurso.

Cuando en el trópico seco la ganadería se combina con la captación de escorrentía y el uso del riego para cultivar sus granos y forrajes, lo más deseable, antes que nada, es seleccionar especies que sean menos exigentes tanto al agua como a la disponibilidad de estos alimentos. Asimismo, el establecimiento de abrevaderos apropiados y eficientes contribuyen grandemente a optimizar el uso del agua captada en los reservorios.

En esta ***Guía para el uso del agua del reservorio en labores agropecuarias*** presentamos información que podrá ayudarle a tomar mejores decisiones en torno a la selección de tecnologías, métodos y prácticas de riego y de cultivo para sacar el mejor provecho del agua de escorrentía que se capta en reservorios en el trópico seco.

# Glosario

**Acuífero:** formación geológica natural que guarda agua.

**Área de recarga:** es la parte alta de una cuenca hidrográfica donde una gran parte de las precipitaciones se infiltran en el suelo y la otra parte se escurre por la superficie y es la que puede ser captada para aprovecharse en diversas labores agropecuarias o de uso humano.

**Aridez:** condición climática permanente en la que predomina una muy baja precipitación anual o estacional.

**Evaporación:** es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante (puede ser un lago, río, camino, suelo o vegetación mojada).

**Cambio climático:** es un cambio de clima atribuido, directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables, según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

**Corredor seco:** define un grupo de ecosistemas que se combinan en la ecoregión del bosque tropical seco de Centroamérica en la vertiente pacífica. Abarca gran parte de la región central pre-montaña de El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Guanacaste en Costa Rica y el Arco Seco de Panamá.

**Cosechar agua:** recolección del agua de lluvia que cae directamente sobre el reservorio y de la que escurre superficialmente hacia esta estructura para su uso posterior en labores agropecuarias y/o domésticas.

**Escorrentía:** en este documento se refiere a la lámina de agua proveniente de la lluvia que se desliza cuesta abajo sobre la superficie del suelo.

**Evapotranspiración:** es la combinación de dos procesos separados con los cuales se pierde agua. A través de la superficie del suelo, se pierde por evaporación y a través de los estomas de las hojas de la planta por la transpiración. Ambos procesos ocurren simultáneamente.

**Geomembranas:** son láminas geosintéticas impermeables que estancan los líquidos. Uno de sus principales usos es evitar la pérdida por infiltración en vertederos, balsas, canales, lagos ornamentales, reservorios, etc.

**Manto freático:** capa de agua subterránea libre, estancada o en circulación procedente de la infiltración de agua en terrenos permeables y porosos.

**Medios de vida:** son el sustento de una persona que le permiten asegurar sus necesidades vitales. Incluyen recursos materiales y sociales.

**Microrriego:** sistema caracterizado por aplicar riego mediante emisores con boquillas que disponen de una presión relativamente baja: microaspersores y goteros.

**Mitigación:** medidas estructurales y no estructurales adoptadas o previstas para limitar el impacto adverso de los riesgos.

**Reservorio:** depósito o estructura de tierra impermeabilizada que capta agua de lluvia directa y de escorrentía en un lugar determinado.

**Riego por goteo:** aplicación del agua por medio de orificios emisores o goteros, en los que la velocidad de salida del agua es muy pequeña, con gasto no superior a unos 16 L/h.

**Sequía:** rasgo recurrente del clima que se caracteriza por la escasez temporal del agua.

**Sequía hidrológica:** disminución en la alimentación a los sistemas hidrológicos superficiales y subterráneos.

**Talud:** en construcción es la diferencia que existe entre el grosor del sector inferior de la pared o muro y el sector superior y que como consecuencia crea una pendiente.

**Transpiración:** consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua a través de los estomas.

# El agua

La vida, en general, está asociada a la presencia del agua. El ser humano, los animales y las plantas la necesitan en la cantidad y calidad necesaria para cubrir sus necesidades.

Pero los cambios en el planeta, asociados entre otros factores al cambio climático, están volviendo este recurso cada vez más escaso y más caro. Cuidar el planeta y usar eficientemente la poca agua, tanto superficial como subterránea, es ahora mismo crucial. Basta recordar que más del 40% del agua destinada para riego se pierde antes que llegue a las raíces del cultivo por la mala selección del sistema, un diseño deficiente o problemas de infiltración, entre otros (PREDES 2000, p, 4).

En el campo de la producción de alimentos, el agua está asociada íntimamente al suelo, de tal manera que el desarrollo de técnicas y tecnologías para conservar y administrar ambos recursos en forma eficiente, se vuelve el pan de cada día.



## El valor del agua para el ser humano

El agua es fundamental para la vida humana. El cuerpo está formado por el 75% de agua al nacer y 65% de agua en la edad adulta. Para asegurar que el agua de consumo humano promueva su salud, se considera que una persona requiere aproximadamente 80 litros de agua/día, considerando diferentes usos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Necesidades de agua de las personas

Tipo de consumo	Cantidad de agua (litros/día)
Consumo por persona	80
Para cocina	15
Para aseo personal	45
Para labores sanitarias	20

Fuente: Gallardo M., V. 2002, p, 15.

## El valor del agua para los animales

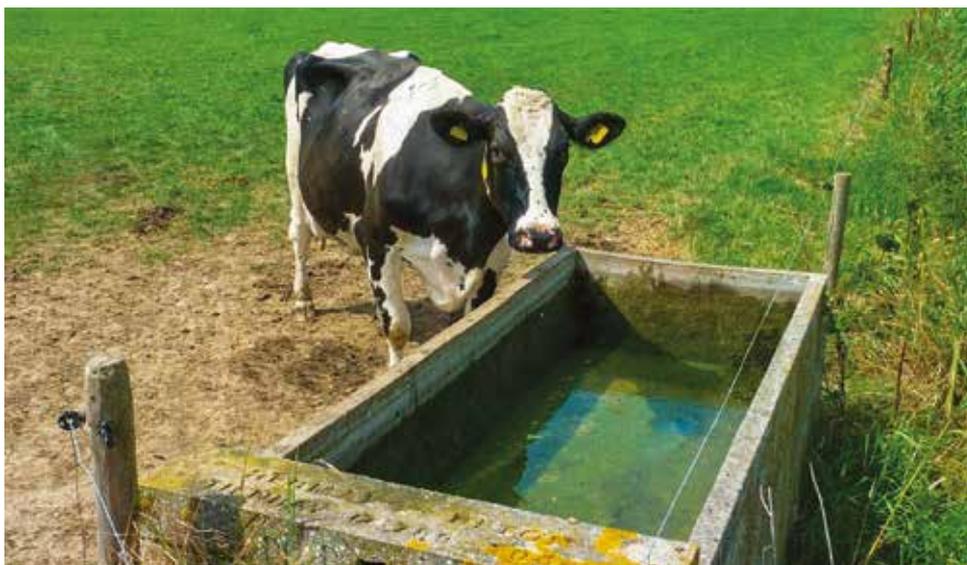
Los animales domésticos también requieren que la calidad del agua sea adecuada para su consumo. El contenido de minerales en el agua se considera un aporte en la dieta del ganado; pero si hay exceso de sales, el agua adquiere un mal gusto y será rechazada por los animales. Seguramente en escasez extrema la beberán, pero su salud se verá afectada, pudiendo llegar a provocar hasta la muerte.

En el Cuadro 2 se presentan valores referenciales sobre el contenido de sales presentes en el agua para el consumo animal. En general, los cerdos requieren menor concentración de sales en el agua respecto a los equinos y vacunos.

**Cuadro 2.** Cantidad de sales totales del agua para ganado

Tipo sales totales	(mg/L)
Equinos	6.5
Cerdos	6.0
Bovinos para leche	7.0
Bovinos para carne	13.0
Lanares	13.0

Fuente: Basan 2007, p, 71.



*El ganado bovino tiene un consumo promedio diario de 30 litros por cabeza. Foto: CATIE.*

La cantidad de agua que necesita consumir un animal, va a depender de su tamaño corporal, de las condiciones ambientales y de su actividad diaria. En el Cuadro 3, se muestran cantidades referenciales de agua para ganado adulto menor y mayor.

Hay que evitar que los animales beban agua estancada durante largos períodos de tiempo y estar atentos a su estado de salud cuando lo hacen, porque pueden ser afectados por elementos contaminantes.

### **Cuadro 3. Valores promedio de consumo diario de animales domésticos**

<b>Especie animal</b>	<b>Consumo promedio diario litros de agua por animal</b>
Bovinos	30
Equinos	25
Caprinos	6
Cerdos de 100 kilogramos de peso	10
Gallinas (10)	1.5
Chompipes (pavos) (10)	3

*Fuente FAO 2013, p. 28.*



*Las plantas no solo necesitan cantidad de agua, también que ésta sea la adecuada.  
Foto: CATIE.*

## El valor del agua para la agricultura

El agua es fundamental para las plantas. Gracias a ella, pueden realizar los procesos bioquímicos y la fotosíntesis. En la naturaleza, más del 90% del agua que las plantas absorben la transpiran por las hojas hacia la atmósfera.

Las plantas necesitan que la calidad del agua que absorben sea la adecuada, debido a que la mayoría de los nutrientes se combinan con el agua para entrar por las raíces. Así, cuando el contenido de sales en el agua es muy alto, es un indicador de su pobre calidad y de la necesidad de tratarla o sustituirla por otra de mejor calidad.

Aunque existen especies con mayor o menor tolerancia al contenido de sales en el agua y en el suelo, es necesario conocer los niveles de concentración de sales que tiene el agua que se va a utilizar en el riego de cultivos. La conductividad eléctrica es un indicador del nivel de salinidad del suelo.

La alta concentración de sales, afecta la absorción y provoca que las plantas consuman más energía para extraer el agua del suelo. La acumulación de sales en el suelo, es favorecida por la evapotranspiración, aspecto más relevante en zonas de clima árido o semiárido.

El riego por goteo permite utilizar aguas más salinas, porque al mantener húmeda la zona de las raíces se reduce la salinidad. Sin embargo, en zonas donde hay bastante lluvia, puede provocar la entrada brusca de sales a las raíces, al punto de dañar el cultivo. La acumulación excesiva de sales en las raíces, se puede prevenir aplicando una cantidad extra de agua en cada riego.

El manejo de suelos salinos requiere de diferentes prácticas. Por ejemplo, los abonos orgánicos contribuyen a la solubilización del carbonato de calcio, porque liberan dióxido de carbono y ácidos orgánicos. Las leguminosas incorporadas como abono verde, también provocan el mismo efecto que los abonos orgánicos.

Finalmente, cuando ninguna de estas alternativas funciona, se puede hacer una rotación con cultivos de mayor tolerancia a la salinidad.



*El riego por goteo permite utilizar aguas más salina, cosa que se complica con otros sistemas de riego convencional. Foto: CATIE.*

**Cuadro 4.** Clasificación de cultivos por sensibilidad o tolerancia a sales

Tolerancia de los cultivos a la salinidad	Conductividad eléctrica en el suelo (dS/m)*	(dS/m) Cultivos
Sensibles	Hasta 1.8	Frijoles, zanahoria, frutilla, cebolla, limones, mandarina, naranja, paltos
Moderadamente sensibles	Hasta 2.5	Lechuga, ají, haba, maíz, papa, apio, pepino, tomate, brócoli, repollo, vides, alfalfa, trébol
Moderadamente tolerantes	Hasta 5.0	Pastos en general, betarraga, zapallo italiano, trigo, sorgo, olivos
Tolerantes	Hasta 6.5	Cebada, esparrago, algodón

Fuente: FONTC-IICA 2015, p. 69. \*dS/m: decisiemens (unidad en la que se expresa la conductividad eléctrica del suelo)

El agua de lluvia captada en la cosecha o captación de escorrentía, a diferencia del agua que se extrae del subsuelo, contiene bajos niveles de sales, lo que favorece su utilización para riego agrícola.

El sistema de captación que MEFCCA, INTA, COSUDE, CATIE han trabajado en el Proyecto Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua, incluye labores y tecnologías que favorecen la infiltración del agua en el suelo y la captación en reservorios, desde los cuales se distribuye para su uso en labores agrícolas, pecuarios o domésticos.

# ¿Por qué se pierde el agua de los reservorios?

Cuando el reservorio no está bien manejado o no ha sido bien diseñado y construido, una parte importante o todo el volumen de agua se puede perder por evaporación o infiltración (FAO 2013).

## Evaporación

Cuando el reservorio no está protegido con la sombra de árboles, por ejemplo, o el espejo de agua es demasiado grande y poco profundo, el volumen de agua que se evapora aumenta. En zonas áridas y semiáridas del trópico seco, este volumen evaporado puede llegar a sumar alrededor de 10 mm diarios .

## Infiltración

Cuando el vaso del reservorio no está correctamente impermeabilizado, la pérdida del agua captada puede llegar a ser total en pocas horas o pocos días (ver información en guías 3 y 4).



*La falta de sombra, el gran tamaño de la lámina de agua y la poca profundidad del reservorio favorecen una mayor y rápida evaporación. Foto: CATIE.*



*Una mala selección del sitio, un mal diseño o una mala construcción provocan daños en el reservorio que pueden inutilizarlo completamente. En la foto, rotura del talud. Foto: CATIE.*



*Un diseño deficiente, como muestra la fotografía, convierte al vertedero o aliviadero en un canal de ingreso de agua al reservorio. Al fondo se observa la rotura de taludes. Foto: CATIE.*

## Escapes

Cuando hay fallas constructivas se producen problemas de porosidad en las paredes del vaso, perforaciones o fisuras por donde se escapa rápidamente el agua captada.

## Aspectos de diseño

Cuando se cuenta con un sistema de captación de escorrentía que excede la capacidad del reservorio, una gran parte del agua se pierde porque no puede ser captada.

Para conocer más detalles de las causas de pérdidas de agua en los reservorios, puede revisar las otras cuatro guías de la presente serie, elaboradas por el Proyecto Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua del MEFCCA, MAG, INTA, COSUDE y CATIE.

### Medidas de mitigación para reducir la evaporación

- Establecer y mantener mucha sombra alrededor de los reservorios.
- Construir reservorios más profundos que anchos; así se tendrá una lámina de agua más pequeña expuesta al sol y al viento.
- Construir reservorios en sitios donde el sol de la tarde afecte menos al espejo de agua.

### Medidas de mitigación para reducir la infiltración

- Seleccionar el sitio para el reservorio que tenga suelos arcillosos (se deben evitar los suelos porosos y permeables).
- Impermeabilizar completamente el vaso del reservorio, ya sea con lodo arcilloso, plástico negro o geomembrana.



*Suelos porosos y permeables, sumados a la deficiente impermeabilización en el vaso del reservorio, ocasionan altos niveles de infiltración del agua de esorrentía. Foto: CATIE.*

- Construir canales angostos y cortos de conducción de escorrentía hacia el reservorio para que la velocidad del agua no alcance niveles erosivos.

### **Medidas de mitigación para evitar escapes por fallas constructivas**

- Utilizar materiales de buena calidad para construir el reservorio.
- Extremar el cuidado del reservorio (de manera especial en zonas tropicales donde el vaso ha sido impermeabilizado con plástico).
- Las estructuras de mampostería u hormigón del reservorio no deben quedar completamente secas en verano, porque tienden a partirse por las altas temperaturas.

### **Medidas de mitigación por fallas en el diseño**

Las obras se diseñan siguiendo las especificaciones técnicas de construcción, la disponibilidad de lluvia y manteniendo una correcta relación entre captación y necesidad de almacenamiento. (FAO, 2013, p, 52).



*Fallas en la construcción del reservorio asociadas con la presencia de suelos arenosos o franco arenosos terminan por dañar rápidamente la obra. Foto: CATIE.*

# Riego con agua del reservorio

El desarrollo de la agricultura está directamente condicionado a la disponibilidad de agua. El crecimiento y desarrollo de las plantas, la productividad y la calidad de las cosechas están determinados, en gran medida, por la presencia o carencia de agua, particularmente en los momentos claves del ciclo del cultivo: germinación, floración, llenado o fructificación (Fondo de Cooperación Técnica 2012). Debido a lo anterior, cuando el agricultor analiza el tema del riego, se encuentra con tres grandes preguntas: cómo, cuándo y cuánto regar.

## ¿Cómo regar?

La correcta administración del agua de esorrentía captada en un reservorio, es crucial en las zonas áridas donde este recurso es más escaso. Existen muchos sistemas de riego para los cultivos que pueden ser por goteo, por aspersión, por surcos o por inundación. El tipo de riego que selecciona el agricultor debe estar relacionado directamente con las necesidades de agua de los cultivos y con la cantidad de agua disponible en su finca o parcela.

Para las zonas más secas, el más recomendado es el riego por goteo porque es el más eficiente en el manejo del agua. Sin embargo, es muy costoso por lo que se recomienda emplearlo en cultivos de alto valor en el mercado como las hortalizas o las frutas.

El riego por aspersión se utiliza mucho en el cultivo de cereales, hortalizas, maní, caña de azúcar, etc. Requiere de bombeo y de mayores fuentes de agua (subterránea y superficial). En zonas tropicales tiene altos niveles de evaporación tanto por la acción de los rayos solares como del viento.

El riego por surcos se usa cada vez menos, porque utiliza grandes volúmenes de agua que ya no hay. Puede ser muy ineficiente en terrenos arcillosos y en zonas tropicales donde la evaporación es mayor. De igual manera, el riego por inundación es muy ineficiente, aunque este sistema persista especialmente en el cultivo de arroz.

**Cuadro 5.** Eficiencia e inversión en los sistemas de riego

Sistema de riego	Eficiencia (%)	Inversión
Presurizado	80-95	Alta
Surcos	65-70	Media
Tendido o inundación	50	Baja

Fuente: FONTC-IICA 2000, p, 46.

Usualmente, el área de siembra debe ubicarse a un nivel más bajo que el reservorio, porque esa diferencia de altura permite que el agua almacenada baje por gravedad a través del sistema de riego instalado.

El diseño del sistema de riego debe considerar la topografía y extensión del terreno, el área y el tipo de cultivo. El diseño debe garantizar un abastecimiento satisfactorio del agua para todo el cultivo, a fin de que se pueda obtener la producción esperada.



(1) Sistema de riego presurizado, (2) riego por surcos (foto [www.sriegoblogspot.com](http://www.sriegoblogspot.com)), (3) riego por tendido o inundación.

## Partes del sistema de riego

### Captación de agua

En este caso, el sistema de riego está constituido por el reservorio, que constituirá la fuente para abastecer de agua a todo el sistema de riego.



### Línea de conducción

Puede ser un canal abierto de tierra o concreto, o bien la tubería de PVC que conecta el reservorio con el sistema de riego y que, al mismo tiempo, reduce el arrastre de sedimentos.

### Tanques de repartición

En algunos casos, estos tanques de repartición se construyen para distribuir el caudal del reservorio a varios caudales, en correspondencia con las áreas que se planea regar.

### Red de distribución

Son los canales o tubería principal que distribuye el caudal del sistema a los diferentes sectores que se planea regar. El diámetro de los canales y de la tubería están en correspondencia con el volumen de agua que transportan.



*Foto superior: línea de conducción. Sobre estas líneas, se muestra la tubería principal con la llave de paso. Al fondo, el área de cultivo con riego por goteo. Fotos: CATIE.*



*Red de distribución del agua con riego por goteo en hortalizas. Mozonte 2017. Foto: CATIE.*

## **Sectores de riego**

Son las unidades de riego (surcos o la tubería secundaria y los emisores o goteros en el caso del riego por goteo) que reciben el caudal continuo de agua para regar cada planta.

## **Cantidad de agua disponible para riego**

El método volumétrico es el mecanismo de medición del tiempo que demora en llenarse con agua de riego un recipiente de un volumen conocido. Este método permite conocer fácilmente la cantidad de agua que se dispone para regar una superficie determinada.

La operación matemática es sencilla. Se divide la capacidad del recipiente (litros) entre el tiempo empleado para llenarse (segundos) y se obtiene el caudal en litros por segundo (L/s).

Asimismo, para definir la superficie de riego, hay que calcular la demanda máxima del cultivo seleccionado.

Por ejemplo, asumiendo que tenemos un ETo de 5mm/día (evapotranspiración del cultivo de referencia) y planificamos la siembra de maíz, entonces utilizamos el siguiente cálculo:

$$Kc = (1 \times 1.15) = 1.15$$

$$ETc = 5\text{mm/día} \times 1.15 = 5.75 \text{ mm/día}$$

Kc: coeficiente de cultivo

ETc: evaporación de un cultivo específico en condiciones estándar

ETc es la demanda hídrica neta del cultivo, es decir, lo que la planta realmente necesita de agua. Este concepto hay que diferenciarlo de la cantidad de agua "bruta" que se aplica con el riego, la cual estará en dependencia de la eficiencia del riego. El riego en surcos tiene una eficiencia del 50%, el riego por aspersión 60%, el de microaspersión del 85% y el riego por goteo del 90% (FONTC-IICA 2000, p, 50).

Si se hace riego por goteo, el agua necesaria para regar será de

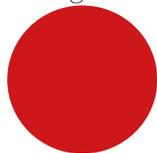
$$\text{Agua total} = \frac{5.75 \text{ mm/día (ETc)}}{0.9 \text{ (eficiencia riego/goteo)}} = 6.38 \text{ mm/día}$$

Esto equivale a



$$\text{Agua total} = 6.38 \frac{10,000 \text{ (Ha)}}{86,400} = 0.73 \text{ l/s/Ha}$$

Si, por ejemplo, el caudal que ingresa al reservorio es de 2 l/s, la superficie de riego sería la siguiente:



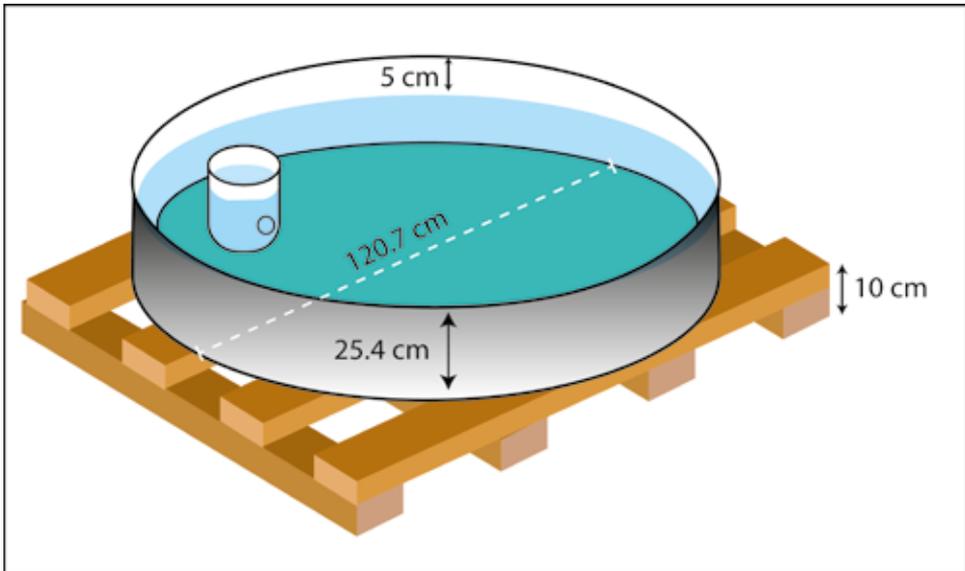
$$\text{Superficie regable} = \frac{2 \text{ l/s}}{0.73 \text{ l/s/Ha}} = 2.7 \text{ Ha}$$

## ¿Cuánto regar?

Cuando se llega a determinar el requerimiento de agua de un cultivo, se tiene la respuesta a la pregunta de ¿cuánta superficie de terreno puedo regar? Para ser precisos en el requerimiento hidrológico, hay que incluir en esta operación el proceso fisiológico de la transpiración, mediante el cual la planta transpira más del 90% del agua absorbida y deja menos del 10% para realizar otros procesos fisiológicos.

La variación del porcentaje de transpiración va a depender de condiciones ambientales específicas del territorio como la temperatura, humedad relativa, la radiación solar y el viento. En días calurosos, la transpiración aumenta, igual que cuando el aire está más seco. El mayor o menor nivel de radiación o luminosidad y la mayor o menor velocidad del viento también provocan una variación en el porcentaje de la evaporación y la transpiración.

Por eso, cuando se determina la cantidad de agua que requiere un cultivo, se evalúan todas estas condiciones ambientales, utilizando tecnologías modernas cuando se pueda, o herramientas caseras como la **bandeja de evaporación** promovida por FONTC-IICA 2012, p, 52.



**Figura 1.** Bandeja de evaporación. Fuente: Adaptado de FONTC-IICA 2012, p, 52.

Para medir el agua que se evapora en esta bandeja, se marca en el interior un nivel de agua y se coloca en un sitio al aire libre, en las condiciones naturales de la finca. La evaporación se mide todos los días, a la misma hora, preferiblemente por la misma persona. El nivel de agua de la bandeja mide la cantidad que se evapora, la cual equivale a la cantidad de agua máxima que puede perder una planta y que se conoce como evapotranspiración de referencia, ETO (FONTC-IICA 2012, p, 52).

La demanda de agua de la planta por los efectos ambientales o ETO, se expresa de la siguiente forma:

$$ETO = Eb \times 0,75$$

Donde **Eb** es la evaporación de bandeja, que se expresa en la altura del agua evaporada. Se debe medir diariamente. La cifra 0.75 es una constante.

Para determinar la cantidad de agua que se va a utilizar en el riego, se debe considerar el coeficiente del cultivo Kc, representado para algunos cultivos en el Cuadro 6. El Kc describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la cosecha.



*En el trópico seco, la evaporación del agua en los reservorios aumenta debido a las altas temperaturas y a la falta de protección de las estructuras de captación de escorrentía.  
Foto: CATIE.*

**Cuadro 6:** Valores de Kc (coeficiente de cultivo) para distintos cultivos

Cultivo	Fase del cultivo			
	Inicial	Desarrollo	Medio	Maduración
Arveja	0.45	0.75	1.15	1.00
Berenjena	0.45	0.75	1.15	0.80
Cebolla	0.45	0.70	1.05	0.75
Frijol				
Lechuga	0.45	0.60	1.00	0.90
Maíz	0.40	0.80	1.15	0.70
Melón	0.45	0.75	1.00	0.75
Papa	0.45	0.75	1.15	0.85
Pimentón (chiltoma)	0.35	0.70	1.05	0.90
Poroto verde (frijol)	0.35	0.70	1.10	0.90
Sandía	0.45	0.75	1.00	0.70
Tomate	0.45	0.75	1.15	0.80
Zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.90
Zapallo	0.45	0.70	1.00	0.70
Maravilla	0.35	0.75	1.15	0.55
Remolacha	0.40	0.80	1.15	0.80
Soja	0.35	0.75	1.10	0.60
Tabaco	0.35	0.75	1.10	0.90
Avena	0.35	0.75	1.10	0.40
Cebada	0.35	0.75	1.15	0.45
Sorgo	0.35	0.75	1.10	0.65
Trigo	0.35	0.75	1.15	0.45

Fuente: Allen et ál. 1998 citado por FAO (2005).

Para determinar la cantidad de agua que se aplicará por medio del riego para reponer el agua perdida por la evapotranspiración de cultivo (ETc), se utiliza la siguiente fórmula:

$$ETc = ET0 \times Kc$$

## ¿Cuándo regar?

La capacidad que tiene el suelo para retener la humedad es una de las principales características que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar el sistema de riego. Los suelos arenosos no son buenos retenedores de humedad, razón por la cual los riegos deben ser más frecuentes que en suelos francos o franco arcillosos (FONTC-IICA 2012, p, 81).



*Tensiómetro para medir la humedad del suelo.  
Foto: CATIE.*

Cuando se busca determinar con precisión el momento apropiado para regar, se puede recurrir a instrumentos como el tensiómetro, el cual mide la energía retenida en el suelo. Mientras más agua haya en el suelo, habrá menos energía de retención, lo que será indicado en el tensiómetro con una lectura igual o cercana a cero. Por el contrario, cuando el suelo pierde humedad, el agua es

retenida con mayor energía y el tensiómetro marca una mayor lectura. Esta energía es medida en centibares (cb).

El balance adecuado de un suelo entre agua y aire varía de 20 a 30 cb. Con este balance se produce un desarrollo normal de las plantas y la aireación de sus sistemas radiculares.

Para hacer la evaluación de humedad usando el tensiómetro, se recomienda instalar dos por cada área de riego, colocados a 30 y 60 cm de profundidad. El primero mide el área donde se localiza el 50% de las raíces activas del cultivo. El momento apropiado para regar es cuando este tensiómetro marca entre 40 y 50 cb. El segundo tensiómetro, colocado a 60 cm de profundidad, indica la llegada del agua a esa zona del suelo, pero no es necesario que marque cero, porque significaría saturación, pérdida de agua y posibles enfermedades.

## Selección del sistema de riego

La selección del sistema de riego es decisiva cuando se trata de sacar el mayor provecho del agua captada en un reservorio. Los sistemas más usados son el riego por goteo, el riego por aspersión y la microaspersión.

Para elegir la mejor opción y garantizar la inversión, es necesario consultar a personas capacitadas en diseño hidráulico, que conozcan y manejen los equipos que oferta el mercado, la capacidad de la tubería requerida para cada cultivo, la actividad productiva que se recomienda para el área de siembra y el volumen de agua disponible en la fuente de agua o reservorio.

Cuando se cuenta con reservorios de pequeña y mediana capacidad (máximo 3,000 m<sup>3</sup>), la opción más empleada es el riego por goteo, porque permite un mayor aprovechamiento del agua captada. En las siguientes páginas, presentamos en detalle las características técnicas más importantes de este sistema.



*Para reservorios medianos con volúmenes de agua menores a 3,000 m<sup>3</sup>, se recomienda utilizar el riego por goteo. Foto: CATIE.*

## Riego por goteo

Es el más recomendado para zonas secas y áridas, porque es el más eficiente en el aprovechamiento del agua y, porque al mismo tiempo que se riega también se fertiliza, en un proceso conocido como fertirrigación.

Los goteros colocados en las tuberías se instalan a la misma distancia de siembra del cultivo. De esta forma, se garantiza que el agua caiga directamente en la zona de las raíces de las plantas.

Cuando se aplica la fertirrigación, se mezcla el abono líquido o el plaguicida con el agua de riego para que caiga solamente en el área de las raíces y sea mejor aprovechado por la planta.

Para mantener limpio el sistema de tuberías, se mezcla el agua de riego con cloro o ácido sulfúrico y se aplica de forma periódica.

En las zonas áridas o de suelos arenosos donde el agua es muy escasa, el riego por goteo puede ayudar a mejorar la producción si se riega muy lentamente, por ejemplo un máximo de litro por hora.



Figura 2: Sistema de riego por goteo. Fuente: CATIE.

## Ventajas del riego por goteo

El sistema de riego por goteo es recomendado para cultivos hortícolas a cielo abierto o en invernaderos y para todos los rubros agrícolas que se cultivan en línea. Las siguientes son sus principales ventajas:

- Se usan pequeños volúmenes de agua.
- La evaporación del agua en el suelo se reduce considerablemente, porque el agua solo cae en el área de las raíces de la planta.
- El sistema de riego se puede automatizar, incorporando fertilización y aplicación de plaguicidas, con lo cual se ahorra mano de obra.
- Como la zona radical de la planta permanece más tiempo con humedad, permite usar aguas más salinas que no pueden usarse con la misma facilidad en el riego convencional.
- En las zonas donde no caen las gotas de agua, las malezas dejan de crecer por falta de humedad.

## Desventajas del riego por goteo

- El sistema de emisores, tuberías y otras partes más la instalación apropiada, vuelven bastante caro este sistema de riego para la pequeña y mediana producción agrícola, pero mucho más accesibles que otros sistemas de irrigación.
- El principal problema técnico del sistema de riego por goteo es el alto riesgo de que los emisores se taponen y afecten la uniformidad del riego. Ante esto, últimamente han aparecido goteros que permiten el paso de partículas de mayor tamaño.

## Componentes del sistema de riego por goteo

El sistema se compone del reservorio o fuente de agua, el sistema de filtrado, la tubería principal, las tuberías secundarias, las terciarias o laterales y los emisores o goteros.

**Fuente de agua:** es el agua captada y acumulada en el reservorio, que se distribuirá en el cultivo a través del sistema de riego.

**Cabezal de control:** son las válvulas que controlan la descarga y la presión de toda la red.

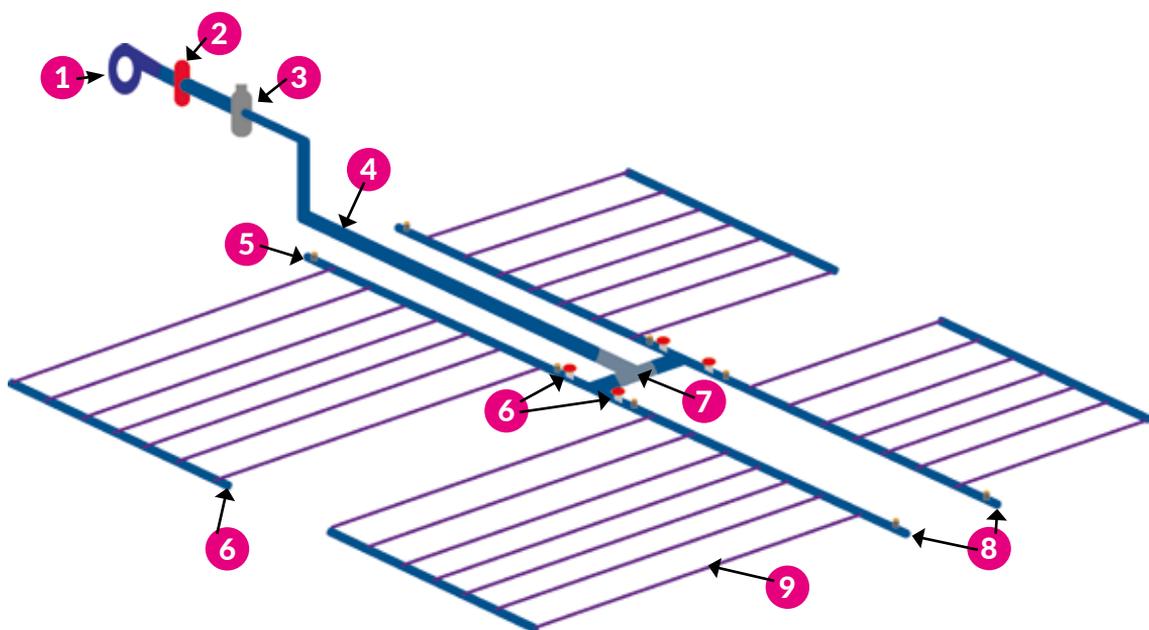
**Sistemas de filtros:** evitan que los goteros se obstruyan.

**Tuberías principales:** transportan el agua desde el cabezal hasta la tubería secundaria.

**Tuberías secundarias (manifold):** llevan el agua hacia las subunidades o tuberías laterales.

**Tuberías terciarias o laterales:** son las que llevan conectados los emisores.

**Emisores o goteros:** controlan la salida de agua en los puntos prefijados para que salga el agua gota a gota.



**Figura 3:** (1) Bomba, (2) inyector de fertilizantes, (3) filtro, (4) línea principal, (5) línea secundaria, (6) válvula, (7) tee roscada, (8) ventosas, (9) línea de goteros y (10) cierre de circuitos. Fuente: CATIE.

*Esquema de instalación de un sistema de riego por goteo en campo abierto, adaptado de [hidroequipos.com.co/](http://hidroequipos.com.co/).*



**Figura 4:** Diseño y fotografías del cabezal de riego por goteo. Fuente: [www.hidrequipos.com.co/](http://www.hidrequipos.com.co/)

### Características de los goteros

El mayor problema del sistema de riego por goteo es la obturación de los goteros. Este problema depende del diámetro de la sección mínima de paso del agua en el gotero y de la velocidad con la que pasa el agua a través de este gotero.



**Goteros y emisores**

Como el agua utilizada en el riego generalmente contiene muchos sólidos o impurezas en suspensión, los sistemas de riego por goteo deben contar con algún equipo de filtrado. Esta recomendación debe ser mayormente atendida cuando se utiliza el agua de escorrentía captada en reservorios, pues

esta contiene abundantes impurezas orgánicas e inorgánicas que fácilmente pueden obstruir los emisores o goteros.

El tamaño y el tipo de impurezas es, al final, lo que determina el filtro que se necesita instalar en un sistema de riego por goteo.

La descarga de emisores fluctúa entre 2 a 4 litros por hora por gotero.

En el Cuadro 7 se enlistan diferentes filtros que puede utilizar en su sistema de riego según las impurezas que requiera retener.

**Cuadro 7. Selección del filtro con base en las impurezas presentes**

Contaminante	Separador de arenas	Filtro de arena y grava	Filtro de malla	Otros
Arena	X	-	X	Sedimentos
Limo y arcillas	-	X	X	Sedimentación y floculación
Sustancias orgánicas	-	X	X	Tratamientos químicos

Fuente: INTA-Argentina, *Manual de riego por goteo 2015*, p. 14).

### Separadores de arena

El reservorio sirve como separador de arenas. Las partículas de arena que son arrastradas por la escorrentía se asientan y detienen en el fondo del reservorio y allí se mantienen hasta que se realiza una limpieza del mismo.

### Filtros de arena y grava

En El Salvador, el Proyecto DAUAS-USAID (2006) desarrolló un filtro de arena para eliminar partículas orgánicas (algas, bacterias, otros). Consiste en un depósito de plástico relleno con arena que tiene un grosor igual al espacio del emisor o gotero del sistema de riego. Cuando el agua entra a este depósito por la parte superior, las partículas quedan atrapadas en la arena y el agua más limpia sale por la parte inferior.

### Filtros de malla

Los filtros de malla son muy eficientes para filtrar el agua de riego. El mayor o menor nivel de eficiencia depende del tamaño de los orificios de la malla, porque puede llegar a filtrar arena muy fina y algas diminutas. Su eficiencia aumenta cuando estos filtros se instalan en serie, con tamices que reducen gradualmente el paso de los sedimentos y algas. Los filtros se deben limpiar manualmente.

## Diseño del sistema de riego por goteo

El riego por goteo solo humedece una parte del suelo. Esa parte se denomina porcentaje del área húmeda, el cual se representa con la sigla **Pw**.

El área humedecida por cada emisor se representa con  $A_w$  ( $m^2$ ), a una profundidad aproximada de 30 cm por debajo de la superficie.

### ¿Cómo se calcula el Pw (porcentaje del área húmeda)?

$$Pw = 100 (e Se Sw) / (Sp Sr)$$

El Pw se obtiene a partir de los siguientes parámetros:

- Espaciamiento entre emisores, **Se** (m) a lo largo de un lateral.
- **Espaciamiento óptimo entre emisores, Se' (m)**. Corresponde al 80% del **Se**.
- **Ancho humedecido, Sw (m)**. Es el ancho de la franja humedecida por una fila de emisores espaciados **Se'** a lo largo de un lateral. **Sw** es también igual al diámetro del área humedecida por un emisor aislado.



*El riego por goteo fue diseñado para que solo humedezca una parte del suelo, la que está más cerca de las raíces del cultivo. Foto: CATIE.*

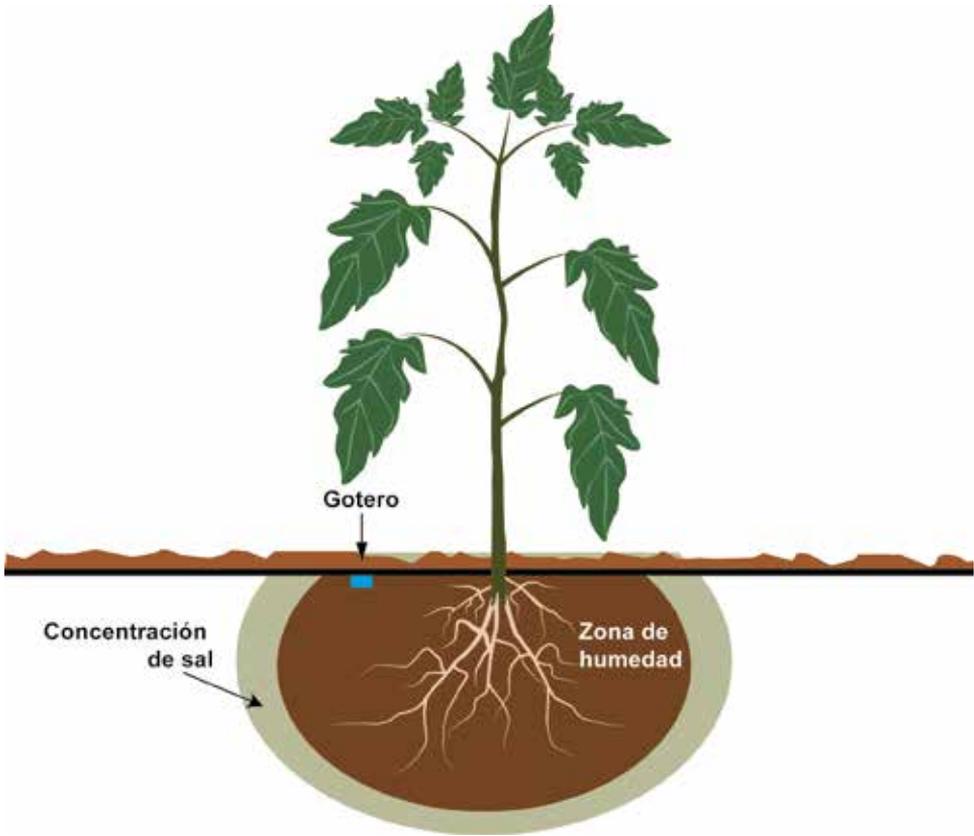


Figura 5: Ubicación del gotero para garantizar una correcta zona de humedad en terrenos sin pendientes. Adaptado de [www.hidroequipos.com.co/](http://www.hidroequipos.com.co/)

- Espaciamiento entre laterales, **Sl** (m).
- Espaciamiento entre plantas, **Sp** (m).
- Espaciamiento entre surcos, **Sr** (m).
- Número de emisores por planta, **e**.
- Laterales sencillos, donde  $Se < = Se'$ . El porcentaje de área mojada **Pw** puede calcularse con la siguiente formula:

$$Pw = 100 (e Se Sw) / (Sp Sr)$$

Si  $Se > Se'$  entonces **Se** debe ser sustituido por **Se'**.

- **Laterales dobles.** Cuando se tienen dos laterales (un sencillo a cada lado del cultivo), la distancia entre ellos deberá ser igual a **Se'** para maximizar el área humedecida.

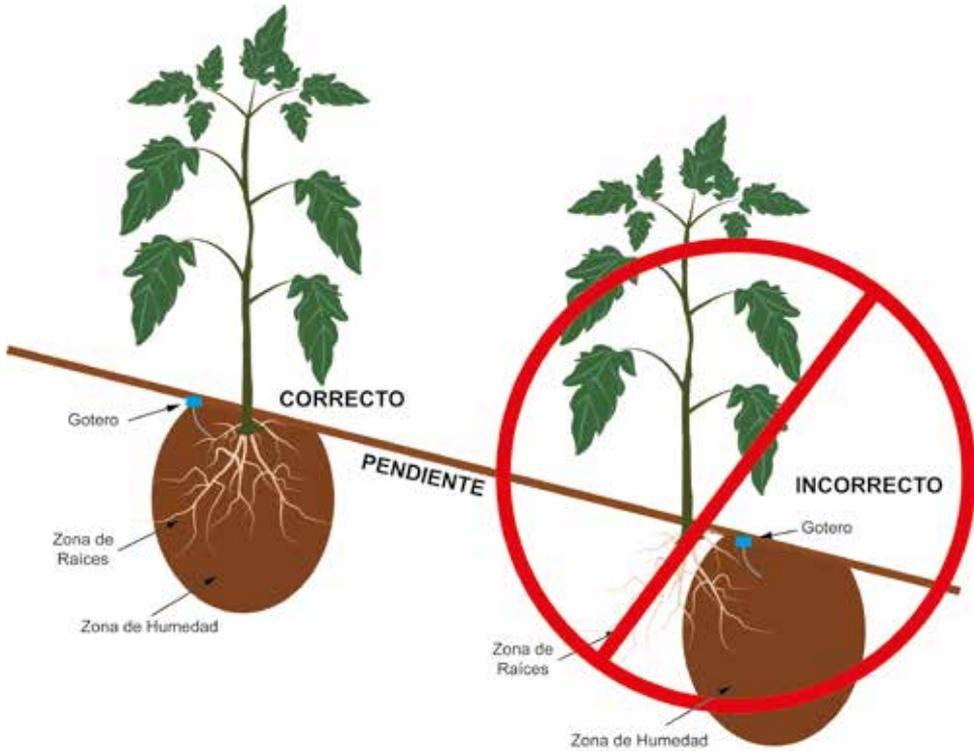


Figura 5: Ubicación del gotero en terreno con pendiente, para garantizar una correcta zona de humedad. Adaptado de [www.hidroequipos.com.co/](http://www.hidroequipos.com.co/)

### Lámina de riego, I (mm)

$$W_a = FC - WP \quad (20)$$

Se calcula en base a los siguientes parámetros:

**Capacidad de campo, FC (mm).** Es la humedad remanente en el suelo después del humedecimiento y posterior drenaje libre.

**Punto de marchitez permanente, WP (mm).** Es la humedad que permanece en la zona radicular después que las plantas ya no pueden extraer humedad para su supervivencia.

**Capacidad de humedad disponible,  $W_a$  (mm).** Es la humedad que mantiene la zona radicular entre la capacidad de campo (FC) y el punto de marchitez permanente (WP).

**Humedad disponible, Sma (mm).** Es la diferencia entre el contenido de humedad en el suelo y el punto de marchitez permanente (**WP**).

**Deficiencia de humedad en el suelo, Smd (mm).** Es la diferencia entre la capacidad de campo (**FC**), y el contenido de humedad en la zona radicular; es decir, la cantidad de agua necesaria para llegar a capacidad de campo (**FC**).

$$\text{Smd} = \text{FC} - \text{Sma} \text{ (21)}$$

**Agotamiento permisible, Mad (%).** Es el porcentaje máximo de humedad de  $W_a$  que se planea aplicar.

**Máxima lámina neta de riego, Ix (mm).** Es la lámina de riego que remplazará la **Smd** cuando  $\text{Smd} = \text{Mad} * \text{FC}$ . La **Ix** se calcula como lámina de agua sobre toda el área del cultivo y no solo sobre el área humedecida. El factor **Pw** se debe considerar de la siguiente manera:

$$\text{Ix} = (\text{Mad}/100) (\text{Pw}/100) W_a Z$$

Dónde: **Z** es la profundidad radicular (m).

## Demanda de Agua

**Tasa promedio diaria de transpiración, Td (mm).** Este factor está en función de la tasa promedio del mes pico y un parámetro sobre follaje del cultivo. La siguiente ecuación nos permite estimar **Td**:

$$\text{Td} = \text{ETd} (\text{Ps}/100 + 0.15 (1.0 - \text{Ps}/100))$$

Donde: **ETd** (mm) es la tasa promedio diaria de evapotranspiración durante el mes pico. **Ps** (%) es el porcentaje de área que cubre la sombra del cultivo en relación al área total del cultivo. Este debe ser medido en el campo.

**Transpiración de toda la campaña de cultivo, Ts (mm).** Se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$\text{Ts} = \text{ETs} (\text{Ps}/100 + 0.15 (1.0 - \text{Ps}/100))$$

### Lámina neta de riego, $I_n$ (mm)

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_n = T_d F_i$$

Donde:  $F_i$  es la frecuencia del riego (días)

Para el diseño y dimensionamiento de la red de riego, se debe usar el  $T_d$  para cultivos adultos (máximo  $P_s$ ).

### Lámina bruta de riego, $I_g$ (mm)

Considera las ineficiencias del sistema cuando las pérdidas de agua son mayores que la lámina para el lavado de sales:

$$TR \Rightarrow 1/(1.0 - LRT) \text{ o } LRT \leq 0.1$$

$$I_g = I_n Tr / (EU/100)$$

Y cuando:

$$Tr < 1/(1.0 - LRT) \text{ y } LRT > 0.1$$

$$I_g = I_n / (EU/100 (1.0 - LRT))$$

Donde:  $Tr$ : (fracción) es el agua extra que debe aplicarse durante el período de uso pico para contrarrestar las pérdidas inevitables por percolación profunda.

$EU$ : (%) es el porcentaje de uniformidad de emisión.

$LRT$ : (fracción) es el requerimiento de agua para el lavado de sales (radio).

**Cuadro 8.** Valores para la relación Tr

Profundidad radicular (m)	Textura del suelo			
	Gravoso	Arenoso	Medio	Fino
Superficial < 0.80 m	1.10	1.10	1.05	1.00
Medio 0.8 m a 1.5 m	1.10	1.05	1.00	1.00
Profundo > 1.5 m	1.05	1.00	1.00	1.00

Fuente: INTA-Argentina. Manual de riego por goteo 2015.

### Demanda de volumen bruto de agua diaria por planta, G (lt/d)

**G**, que equivale a litros por día, es un parámetro útil para seleccionar la tasa de descarga de los emisores:

$$G = Sp Sr Ig / Fi$$

### Lámina neta anual de riegos, IN (mm)

Considera la humedad remanente del riego anterior y la precipitación efectiva durante la campaña de cultivos. Puede ser estimada por medio de la siguiente expresión:

$$IN = (ETs - Re - Ws) (Ps/100 + 0.15 (1.0 - Ps/100))$$

Donde: **Re** es la precipitación efectiva (mm).

**Ws** es la humedad residual anterior (mm).

### Eficiencia de riegos de la campaña de cultivos, Es (%)

Está en función de las pérdidas y la relación de transpiración de la campaña de cultivos, **TRs** (fracción).

Puede estimarse por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Cuando } TRs \leq 1/(1.0 - LRt)$$

$$Es (1.0 - LRt) = EU (1.0 - LRt)$$

$$\text{y } Es = EU$$

Cuando  $TRs > 1/(1.0 - LRT)$

$$Es (1.0 - LRT) = EU/TRS$$

Como parte de las pérdidas debido a **TRs** son necesarias para satisfacer el lavado de sales:

$$Es = EU / (TRs (1.0-LRt))$$

Donde: **TRs** es la relación de transpiración de la campaña de cultivos. En el Cuadro 9 se presentan los valores de transpiración de la campaña de los cultivos en diferentes texturas de suelos.

**Cuadro 9.** Valores de la relación TRs\* (relación de transpiración de la campaña de cultivos)

Clima y profundidad de suelos		Textura de los suelos			
		Gravosos	Arenosos	Medios	Finos
Árido	< 0.75 m	1.15	1.10	1.05	1.05
	0.75 a 1.50 m	1.10	1.10	1.05	1.00
	> 1.50 m	1.05	1.05	1.00	1.00
Húmedo	< 0.75 m	1.35	1.25	1.15	1.10
	0.75 a 1.50 m	1.25	1.20	1.10	1.05
	> 1.50 m	1.20	1.10	1.05	1.00

\* Los valores dados son para emisores tipo gotero. Fuente INTA-Argentina 2015.

**Lámina de riegos para toda la campaña de cultivos, IG (mm).** Esta puede calcularse de la siguiente manera:

$$IG. = 100 IN. / (Es (1.0 - LRT))$$

**Volumen de riegos para toda la campaña de cultivos, VG (m³).**

$$VG. = 1000 IN. A / (Es (1.0 - LRT))$$

Donde: **A** = área en hectáreas.

### Selección de emisores y criterios de diseño

La eficiencia de un sistema de riego por goteo depende, en gran medida, de la selección de los emisores, de su diseño para establecer el porcentaje de área humedecida y de la calidad contra el taponeo y mal funcionamiento.

El sistema requiere diseñarse para que disponga de una cantidad suficiente de puntos de emisión de agua, con el fin de humedecer al menos la mitad de la sección transversal de la zona radicular potencial.



Los emisores de orificio son los más utilizados. De estos, los emisores de salida única tienen mayor demanda, ya que se pueden acomodar alrededor de árboles o plantas grandes, de tal

manera que tienen varios puntos de salida de agua.

Su tasa de descarga puede estimarse por medio de la siguiente ecuación:

$$q = 15.94 a Cq h^{0.5}$$

Dónde: **a** es el área del orificio (mm<sup>2</sup>). **Cq** es el coeficiente de descarga del orificio. Su valor fluctúa entre 0.6 y 1.0. **q** es la descarga del emisor (lph).

### Sensibilidad al taponeo

El gotero es susceptible al taponeo y es necesario poner mucha atención a (1) el tamaño del orificio de paso del agua y (2) la velocidad con que pasa el agua a través de ese agujero.

La siguiente es la relación de susceptibilidad al taponeo:

1. Muy sensible: menos de 0.7 mm.
2. Sensible: de 0.7 mm a 1.5 mm.
3. Relativamente insensible: mayor a 1.5 mm.

En nuestro caso, los goteros seleccionados se encuentran dentro de la clasificación de sensibles.

# Instalación y aplicación del sistema de riego por goteo

Este sistema de riego, utilizado con gran éxito en muchos países, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración y es válido para casi todo tipo de cultivos.

Los materiales más utilizados son los tubos pvc de 2 pulgadas para las líneas primarias y secundarias, más las cintas de riego con sus respectivos conectores. En climas de trópico seco es necesario proteger del sol el material pvc para evitar que lo destruya.

Muchas veces, la instalación del riego por goteo en parcelas de pequeños productores presenta la desventaja de que debe establecerse en terrenos de ladera. Esta situación origina problemas de diferencias de presión en la parte más alta de las laderas con respecto a la más baja (José Luis Vaquero 2013). Es



*Instalación de la línea secundaria de riego por goteo en la finca de Leonor Robleto en Comalapa, departamento de Chontales. Foto: CATIE.*

importante que se tenga en cuenta este detalle, porque un cambio de presión del 20% equivale a un cambio de caudal del 10%, lo que provoca un riego no uniforme.

En los terrenos de ladera siempre habrán diferencias de presión, por lo que se recomienda mantener un rango de presión no mayor de 3 a 4 PSI (libras por pulgada cuadrada) del primer lateral de riego con el último.

Si la diferencia es mayor, la opción será reducir el diámetro de la tubería en los tramos de la línea de conducción más baja de la instalación, para que se reduzca la presión en esa parte.

El sistema de riego por goteo sirve para casi cualquier cultivo. Sin embargo, en donde más se utiliza por su relación beneficio-costos, es en el cultivo de hortalizas. En estos casos, la distancia más utilizada para la instalación de cintas se mueve entre 120 a 150 cm, con un espaciado de goteros de 20 a 30 cm (José Luis Vaquero 2013).



*Por su relación beneficio-costos, el sistema de riego por goteo es el más apropiado para el cultivo de hortalizas en áreas pequeñas. Foto: CATIE.*

La mayoría de hortalizas consume alrededor de 1.5 litros de agua por planta al día. En el Cuadro 10 se presenta el cálculo de las necesidades de riego por ha.

**Cuadro 10.** Cálculo de necesidades de riego según densidad por ha

Cultivo	Densidad de plantas por ha (D)	Litros de agua por día (D x 1.5 l/día/planta)
Tomate	20,000	30,000
Chile	20,000	30,000
Papa	25,000	37,500
Brócoli	25,000	37,500
Repollo	30,000	45,000
Pepino	20,000	30,000
Melón	8,500	12,750
Sandía	3,400	5,100

Fuente: José Luis Vaquero 2013, p. 14.

# Uso apropiado del agua en el abrevadero

En dependencia de la cantidad de animales que se cuenta en la finca, se recomienda la construcción de reservorios de menor capacidad que para uso agrícola. Sin embargo, es fundamental conocer la cantidad de agua que tomarán los animales en el momento más crítico para poder adecuar el abrevadero.

Un animal necesita recuperar el agua que pierde en las heces y orina, la sudoración, en el agua secretada en la leche, etc. Estas cantidades varían en función de la temperatura ambiental, la humedad, la lluvia, el viento, el esfuerzo físico, como puede verse en el cuadro 11.

**Cuadro 11.** Consumo de agua en litros, según peso, estado fisiológico y temperatura de los animales

Temperatura Grados °C	Vacas lactando	Vacas secas	Animales en crecimiento		Animales en terminación	
			108 kg	273 kg	364 kg	454 kg
4	43	25	15	20	28	33
10	48	27	16	22	30	36
14	55	31	19	25	34	41
21	64	37	22	30	41	48
27	61	-	25	34	47	55
32	61	-	36	48	66	78

Fuente: Winchester y Morris, citado por NRC, 1996.

Para fijar el tamaño del abrevadero, primero hay que establecer el consumo potencial de todos los animales en el período de tiempo determinado cuando hay carencia de agua en las fuentes naturales.

También, hay que tener presente la frecuencia con la que los animales toman el agua, de manera voluntaria, durante el día. Por ejemplo, una vaca toma agua de 3 a 4 veces al día. Si no puede cumplir con esta necesidad, el animal se verá afectado.



*La llave de paso o grifo es necesaria para controlar el volumen de agua en el reservorio. Abrevadero construido por el Proyecto Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua. Fotos: CATIE.*

Debido al comportamiento animal, especialmente de los animales dominantes, los abrevaderos deben brindar condiciones de acceso fácil y apropiado para que cada uno pueda satisfacer sus necesidades de agua sin que tenga que esperar por mucho tiempo.

El volumen de agua y la capacidad de reposición de la misma, también es otro factor que se debe tomar en cuenta al diseñar los abrevaderos. Por eso es importante que puedan contar con una llave de paso o grifo para llenar el abrevadero y cerrarlo para que no se derrame y desperdicie el agua.

# Ventajas del sistema de riego por goteo

## Ventajas agronómicas

Ahorra de forma considerable el volumen de agua que se evapora, porque la humedad está dirigida solo a una parte del suelo donde están ubicadas las raíces del cultivo. Esa uniformidad del riego, ayuda a que las plantas se desarrollen iguales, puesto que reciben la misma cantidad de agua.

Como se trata de un riego controlado, se puede mantener el nivel de humedad en el suelo, evitando los encharcamientos que dañan las raíces y promueven el desarrollo de enfermedades.

Permite utilizar aguas ligeramente salinas, porque al tratarse de un riego frecuente, el agua diluye las sales y mantiene lavada el área húmeda.

Las malas hierbas se limitan a crecer en el área húmeda, lo cual facilita el trabajo para controlarlas.



*Instalación del sistema de riego por goteo usando curvas a nivel en la finca del agricultor Concepción López, Mozonte, Nueva Segovia. Foto: CATIE.*



*El consumo de agua con el sistema de riego por goteo se reduce considerablemente, y se puede combinar con la fertilización. Foto: CATIE.*

## **Ventajas económicas**

El sistema de riego por goteo consume aproximadamente un 60% menos agua que los sistemas de irrigación por surco o inundación (PREDES 2005, p, 19).

La cantidad de mano de obra necesaria para el manejo del riego y la aplicación de los fertilizantes se reduce considerablemente. Este sistema permite aplicar fertilizantes a través del riego, solamente disolviéndolos en el agua. Además, esta mezcla se dosifica, lo que permite lograr mejores cosechas.

## **Ventajas ambientales**

El riego por goteo no anega los suelos, por tanto no los satura de humedad, con lo cual evita su salinización. Como es un riego controlado, evita el desperdicio de agua.

## Bibliografía

FAO. Allen R., Pereira L., Raes D., Smith M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia.

FAO (2005): Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Santiago, Chile.

FAO (2013). Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y El Caribe. Santiago, Chile

FONTC – IICA (2012). Tecnologías de cosecha, almacenamiento y uso de agua para la agricultura familiar de El Chaco de Argentina, Bolivia y Paraguay. Buenos Aires, Argentina

Gallardo M., V. 2002. Cosecha y almacenamiento de aguas lluvia, Chile.

IICA-MEXICO (1998). Manual técnico: Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y El Caribe. México.

Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica – MAG. (2010). Compendio con información de las opciones técnicas de cosecha de agua aplicables a nuestro medio. San José, Costa Rica.

PREDES, ECHO, OXFAM (2005). Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo. Lima, Perú.

UNESCO (2006). Varios autores. Evaluación de los recursos hídricos. Elaboración del balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas. Montevideo, Uruguay.

USAID (2005). Proyecto de desviación, almacenamiento y uso de aguas lluvias en El Salvador. El Salvador.

Vaquero, J. L. (2013). Principios básicos para la instalación de riego por goteo a pequeña escala. Honduras.

Winchester y Morris, citado por NRC, (1996). Uso de sombra y agua en establecimientos agropecuarios. Uruguay.





# RIEGO POR GOTEO

Efcaz

Reduce la infiltración

Reduce la evaporación

Reduce la salinidad

Proyecto Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático  
a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua

MEFCCA, INTA, MAG, COSUDE, CATIE

2018