

CARTILLA 3

USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA AGRICULTURA CON FINES DE CONSERVACIÓN



CONSERVACIÓN



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



ANA

Autoridad Nacional del Agua

EL PERÚ PRIMERO



Al servicio de las personas y las naciones

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO

VICEMINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA AGRARIA Y RIEGO

Ministro de Agricultura

Gustavo Eduardo Mostajo Ocola

Viceministro de Políticas Agrarias

William Alberto Arteaga Donayre

Viceministro de Desarrollo e Infraestructura Agraria y Riego

Pablo Edgar Aranibar Osorio

Jefe de la Autoridad Nacional del Agua

Ing. Walter Obando Licera

Dirección de Planificación y Desarrollo de Recursos Hídricos

Ing. Carlos Antonio Perleche Fuentes

Proyecto GIRHT ANA-SENAGUA-GEF/PNUD

Proyecto “Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas y Acuíferos Transfronterizos Puyango-Tumbes, Catamayo-Chira y Zarumilla”.

Calle Francisco Navarrete N° 111 -3er piso – Tumbes

Coordinador Nacional del Proyecto GIRHT

Ing. Néstor Fuertes Escudero

Equipo de Revisión/ Seguimiento

- * Ing. Hanny Quispe Guzmán
- * Ing. Antonio Tamariz Ortiz
- * Ing. José Luis Serna Farfán
- * Bach. Luiggi Ballardo Evangelista
- * Bach. Lourdes Laos Barrera
- * Lic. Adriana Lalich Li
- * Lic. Rolando Sosa Alzamora
- * Lic. Lisett Trelles Alburqueque

4

INTRODUCCIÓN

6

CONCEPTOS GENERALES

Cartilla N° 03

Uso Eficiente del Agua en la Agricultura con Fines de Conservación

Esta publicación ha sido posible gracias al Fondo por el Medio Ambiente Mundial (GEF) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Editor:

©Autoridad Nacional del Agua. Calle Diecisiete N° 355
Urb. El Palomar, San Isidro, Lima.
Telf. 01-226 0647 - Anexo 2400.
www.ana.gob.pe

Contenidos y Diseño: Caramba Comunicación Visual S.A.C.
Lima. Telf: 92722139

Tiraje: 1000 ejemplares.
Primera edición: Setiembre 2018

Se terminó de imprimir en Noviembre de 2018 por:

ARAL Editores E.I.R.L.,
R.U.C. 20398953313
Calle Juan José Farfán N° 326
Sullana - Piura.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú
N° 2018-14153

Se autoriza la reproducción parcial o total siempre y cuando se mencione la fuente.

Distribución gratuita. Prohibida su venta.

8

USO DEL AGUA
EN DIFERENTES
SECTORES

10

EFICIENCIA EN EL
CICLO DEL USO
DE AGUA

ÍNDICE

12

EFICIENCIA DEL
USO DEL AGUA
EN EL RIEGO

26

MEDIR PARA
MINIMIZAR
PÉRDIDAS

30

MANEJO DEL AGUA
DENTRO Y FUERA
DE LAS PARCELAS

34

TÉCNICAS DE
ALMACENAMIENTO
DE AGUA

18

MÉTODOS DE
RIEGO

28

MANEJO DE
CULTIVOS Y
PERÍODOS CRÍTICOS

32

DESAFÍOS
DEL CAMBIO
CLIMÁTICO

38

MARCO LEGAL

39

BIBLIOGRAFÍA

USO EFICIENTE DEL AGUA

PARA ASEGURAR SU CONSERVACIÓN

El uso del agua debe realizarse de una manera eficiente para que más personas puedan aprovechar este recurso y para que también las generaciones futuras puedan disfrutar de él. Alcanzar este objetivo exige no solo reducir la contaminación de las fuentes de agua, sino además cambiar las formas de trabajo en una de las actividades que más demanda de recursos hídricos: la agricultura.

Con esta cartilla se pretende fomentar la aplicación de técnicas eficientes y buenas prácticas para el adecuado uso del agua en agricultura. Por ello se contrastarán sus beneficios en las distintas fases del riego: el almacenamiento, la conducción, la distribución y la aplicación. Se presentarán los beneficios de cultivos alternativos en relación con la huella hídrica y se explicarán los principales métodos de riego y aquellas tecnologías que pueden contribuir a elevar la eficiencia en la agricultura.

Esta publicación está orientada a fortalecer las capacidades de las organizaciones de usuarios de agua, operadores, gobiernos locales y a los especialistas de las instituciones vinculadas a la gestión del agua, que tienen que realizar tareas de capacitación en gestión integrada de recursos hídricos y cultura del agua, en las cuencas transfronterizas.

Esta cartilla aborda:



Concepto e importancia de la eficiencia en el uso del agua

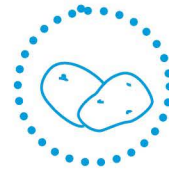


Prácticas eficientes en las distintas fases de riego:

- Almacenamiento
- Conducción
- Distribución
- Aplicación



Beneficios de cultivos alternativos en relación con la huella hídrica



Comparación del uso del agua en la agricultura y otros sectores



EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA: CONCEPTOS GENERALES



Comprender el significado y la importancia de este principio es el **primer paso para adoptar mejores prácticas** en el consumo de los recursos hídricos.

La eficiencia es uno de los principios en los que se basa la gestión integrada de los recursos hídricos. Por lo mismo, resulta clave comprender su significado y su importancia. En términos generales, consiste en alcanzar los objetivos trazados al menor costo posible. Ello supone utilizar la menor cantidad de recursos y combinarlos de la forma más efectiva para producir bienes y servicios.

Cuando hablamos de un uso eficiente del agua, nos referimos a

aquel uso en que se ha adoptado alguna medida que minimice las pérdidas por su utilización, lo que favorece su conservación y/o mejoras en su calidad. Esa es la definición que planteó la Autoridad Nacional del Agua (ANA) al aprobar los lineamientos con los que se definen los parámetros de eficiencia para el aprovechamiento de los recursos hídricos.

Dichos parámetros son los valores que se establecen para determinar de forma objetiva si se hace un uso eficiente del recurso hídrico.

Al contribuir a la conservación, la eficiencia favorece el desarrollo sostenible. Este permite satisfacer las necesidades de la población sin afectar a las futuras generaciones. Implica el equilibrio entre el progreso económico, el bienestar social y el cuidado del medioambiente.

La Ley de Recursos Hídricos contempla el **desarrollo de una cultura de uso eficiente** entre los usuarios del agua y los operadores de la infraestructura hídrica.



USO DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES

La agricultura es la actividad económica que utiliza más agua. Por ello, requiere de técnicas que permitan ahorrar este valioso recurso.

8

El sector agrícola tiene una gran responsabilidad que asumir en la conservación de las fuentes de agua. La agricultura representa alrededor del 70% de las extracciones de agua dulce en el mundo, de acuerdo con el informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos (Unesco, 2016).

La proporción es similar en el Perú. En nuestro país, el 76% de los recursos hídricos disponibles es consumido por la agricultura, de acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Si consideramos el sector agropecuario en su conjunto, incluyendo la crianza de ganado, la cifra alcanza el 90%, con una demanda total de 26,332 hm³/año.

Aunque la industria y la minería e hidrocarburos encabezan la lista de actividades que más aportan al PBI nacional, su peso en la demanda hídrica es reducido. Ambos sectores usan en conjunto apenas el 5% del agua disponible en el país.

La huella hídrica

Los datos por sectores, antes indicados, proceden de un estudio elaborado por el Ministerio de Agricultura y Riego y por la ANA, en el 2015, acerca de la huella hídrica en el Perú. Se trata de un indicador del uso de agua dulce, el cual comprende tanto el agua directamente consumida en la actividad, como aquella que interviene de forma indirecta a lo largo de la cadena de

HUELLA HÍDRICA

PRODUCTO	TOTAL (Litros por kilo)
Arroz	1.080
Café	10.348
Papa	348
Alfalfa	199
Caña de azúcar	101
Trigo	2.307
Espárragos	1.217
Algodón	2.892
Maíz amiláceo	3.055
Uva	581

Autoridad Nacional del Agua. (2015). Huella hídrica del Perú: sector agropecuario. Lima: ANA.



suministro. Incluye el agua evaporada y contaminada, además de la consumida.

Cabe precisar que la demanda de agua procede de dos clases de uso: el consumitivo –en el que el agua deja de estar disponible en el sistema- y el no consumi-

vo, en el que el recurso sigue disponible. El primero abarca la agricultura, la vivienda, la industria y la minería; el segundo corresponde a la generación de energía y a la pesca. La precisión es importante porque la huella hídrica se calcula solo para el uso consumitivo.

Agua azul, verde y gris

La huella hídrica abarca tres tipos de agua, que pueden expresarse en colores:

Agua azul: Esta clase de agua es extraída de una fuente natural, superficial o subterránea, y en ocasiones requiere instalaciones de almacenamiento y de distribución para ser entregada a los usuarios. Por ello, su suministro tiene un costo.

Agua verde: Es extraída del suelo no saturado mojado por la lluvia, no discurre hacia canales o reservorios, puede ser absorbida por las raíces de las plantas y prácticamente no implica costos de abastecimiento.

Agua gris: Se refiere a la cantidad de agua que hipotéticamente se requeriría para diluir o asimilar algún agente contaminante liberado en los procesos productivos. Para ello considera las concentraciones en el entorno natural y los estándares de calidad ambiental.

EFICIENCIA EN EL CICLO DEL USO DEL AGUA

Un consumo eficiente del agua en la agricultura exige optimizar distintas etapas, desde el almacenamiento hasta el uso por parte de la planta.

10

Para la agricultura, ser eficiente en el uso de agua significa producir más con menor cantidad de este recurso. Por eso se debe aplicar medidas que eviten las pérdidas y reduzcan la cantidad de agua utilizada, prestando atención a la adecuada operación y mantenimiento de la infraestructura de riego y a las necesidades de los cultivos.



El uso de agua por parte de la planta.

En el riego es un error tratar a todas las especies como si fueran iguales. Cada cultivo y en cada etapa de su desarrollo, tienen sus propios requerimientos de agua, que se debe atender en oportunidad y cantidad exacta.



La aplicación del agua.

El propósito de esta etapa es lograr la dosificación exacta del agua, para lo cual hay que considerar las características del suelo, el clima, el uso consuntivo del cultivo y la elección de cultivos de menor demanda de agua.



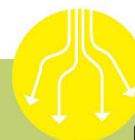
El almacenamiento del agua.

Para evitar pérdidas por infiltración, conviene sellar el fondo del embalse. Una opción es emplear geomembranas. Otra, impermeabilizar el suelo con una buena proporción de arcilla.



La conducción del agua de riego

Un buen diseño hidráulico resulta clave, porque si el canal tiene demasiadas curvas, el agua pierde energía. Los canales revestidos y los entubados, disminuyen las pérdidas por infiltración.



El sistema de distribución

Al repartir el agua en la parcela se debe seguir un orden de entrega en cada ramal (turno de riego). De esta manera se evitará las pérdidas por infiltración, ocasionadas por fugas en las compuertas, represaamiento y recorrido de agua de un lateral a otro. El uso de equipos de medición de caudales contribuye a asegurar una distribución uniforme.

¿Cómo medir la humedad del suelo?



Antes de regar

El método gravimétrico es el más conocido. Consiste en tomar una muestra del suelo, pesarla antes y después de su desecado y calcular, así, su contenido de humedad. También se puede medir la humedad del suelo con tensiómetros y sensores.



Al momento de regar

Se estima el volumen de agua que se va a aplicar usando canales diseñados para medir caudales y controlando el tiempo que se deja pasar el agua. Es necesario medir la humedad del suelo para saber cuando aplicar el siguiente riego.

Necesidades de agua de los cultivos

Cada especie requiere cierta dosis de agua para prosperar en función de la cantidad que pierde en el suelo y las hojas por evapotranspiración. Para estimar sus necesidades se aplica una tasa de referencia E_{To} (mm), que corresponde a la evapotranspiración medida en un cultivo de referencia (pasto verde) con un adecuado suministro de agua. El volumen que resulta debe multiplicarse por un coeficiente específico para el cultivo de acuerdo a su etapa de desarrollo (K_c). Estos coeficientes se consultan en tablas del sector Agricultura.

¿Qué pasa si eres ineficiente?

Como puede verse, la eficiencia depende de varios factores. Para poder entender su importancia, vamos a explicar el impacto del uso del agua en las siguientes condiciones:



Saturación

Es cuando todos los poros del suelo están llenos de agua. En esta condición no existe aire en los poros y las plantas pueden morir por asfixia. Por eso es importante regar en las cantidades adecuadas y usar canales de drenaje en la estación lluviosa. tiene control sobre la cantidad de agua que cae, por ello la saturación puede evitarse mediante canales de drenaje, para sacar el exceso de agua y evitar llegar al punto de saturación o de marchitez.



Capacidad de campo

Cuando se ha drenado el agua, en los poros queda cierta cantidad de agua que puede ser aprovechada por las plantas. En esta condición el suelo se encuentra en capacidad de campo y existe un balance adecuado de aire y agua. El tiempo de drenaje depende de la textura del suelo.



Punto permanente de marchitez

Cuando el suelo está en capacidad de campo y no se vuelve a regar ni llueve, las plantas usan el agua almacenada y la de la superficie se evapora. Los suelos se van secando hasta que las plantas no pueden extraer la humedad que queda y se marchitan.

EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN EL RIEGO

*Vale la pena
cambiar nuestra
forma habitual de
trabajo cuando esto
permite ahorrar
dinero, elevar la
productividad y
conservar los
recursos en beneficio
de todos los
usuarios de la
cuenca.*

Una práctica eficiente de riego aplica decisiones racionales a fin de asegurar que se utilice solamente la cantidad de agua justa para cubrir las necesidades del cultivo. De esa manera, contribuye a conservar los recursos hídricos y preservar su calidad.

Como hemos visto antes, el uso eficiente del agua en el riego abarca medidas en el almacenamiento, en la conducción, en la distribución y en la aplicación del agua a los cultivos. Un buen punto de partida es informarse y planificar.

Ello implica:

- Conocer el ciclo de desarrollo del cultivo en cuestión.
- Evaluar las necesidades hídricas del cultivo y su sensibilidad a la falta de agua.
- Definir las técnicas más apropiadas para el riego.

En las páginas siguientes detallaremos las principales prácticas que pueden implementarse para regar de manera eficiente. Su importancia radica en su impacto en la economía, en la capacidad de atender las necesidades de la población y en la protección del medio ambiente.

Al adoptar prácticas eficientes en el riego, los agricultores disminuyen el monto de dinero que pagan por el agua utilizada. Además mejora la productividad de los cultivos. Y lo que es más importante: al ahorrar agua y reducir las pérdidas y la emisión de aguas residuales, ayudan a conservar las fuentes de agua para que estén disponible para otros usuarios.

Prácticas de este tipo también contribuyen a cuidar el medio ambiente porque evitan la degradación de tierras. De ese modo, se reduce el deterioro de los recursos naturales.



EFICIENCIA EN EL ALMACENAMIENTO

Un elemento indispensable para el desarrollo de la actividad agrícola es el acceso seguro y constante a una fuente limpia de agua. Es esencial aportar agua al suelo para que los cultivos puedan crecer. Sin embargo, algunos suministros naturales no siempre son los más adecuados para el riego.

Generalmente, el agua para riego se capta de ríos y arroyos y, en menor medida, de aguas estancadas o subterráneas. No obstante, también puede obtenerse de la lluvia y almacenarse en embalses para su posterior aprovechamiento.

Se puede elevar la eficiencia en el almacenamiento de las aguas para riego creando pozas o reservorios en los que se pueda guardar agua para riego que no dependa de las condiciones naturales de acceso del agua.

Esta clase de infraestructura exige un desarrollo técnico avanzado que implica inversiones de capital. Algunos componentes que pueden incluir los sistemas de riego son los pozos y las acequias para transportar el agua, obras de toma, embalses o reservorios, y sistemas de distribución de riego como canales, entubamiento y redes de distribución presurizada.

Al hablar de eficiencia en el almacenamiento, tenemos que tener en cuenta, también, la capacidad de almacenamiento de agua según el tipo de suelo. Los suelos arcillosos almacenan más agua útil para las plantas que los arenosos. El riego será más distanciado en los suelos que almacenan más agua. Por esa razón es importante evaluar la textura del suelo.



Crear pozos o reservorios donde se pueda guardar agua de lluvia para utilizarla al regar es un ejemplo de un uso eficiente en el almacenamiento.

Lograr una mayor eficiencia de riego ayuda a ahorrar una mayor cantidad de agua, lo que implica un menor pago por el agua utilizada, además mejora la productividad de los cultivos.



EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN



Los canales que conducen el agua para riego tienen que ser revisados constantemente y revestidos para evitar fugas que ocasionen pérdidas económicas.

14

Al evaluar la eficiencia de conducción se estima la pérdida de agua en el canal principal desde la bocatoma hasta el punto final del canal principal.

En ciertos casos no es posible tener cerradas las compuertas de los canales laterales de distribución. De ser así, dichos canales serán considerados al calcular la eficiencia de conducción con la siguiente fórmula:

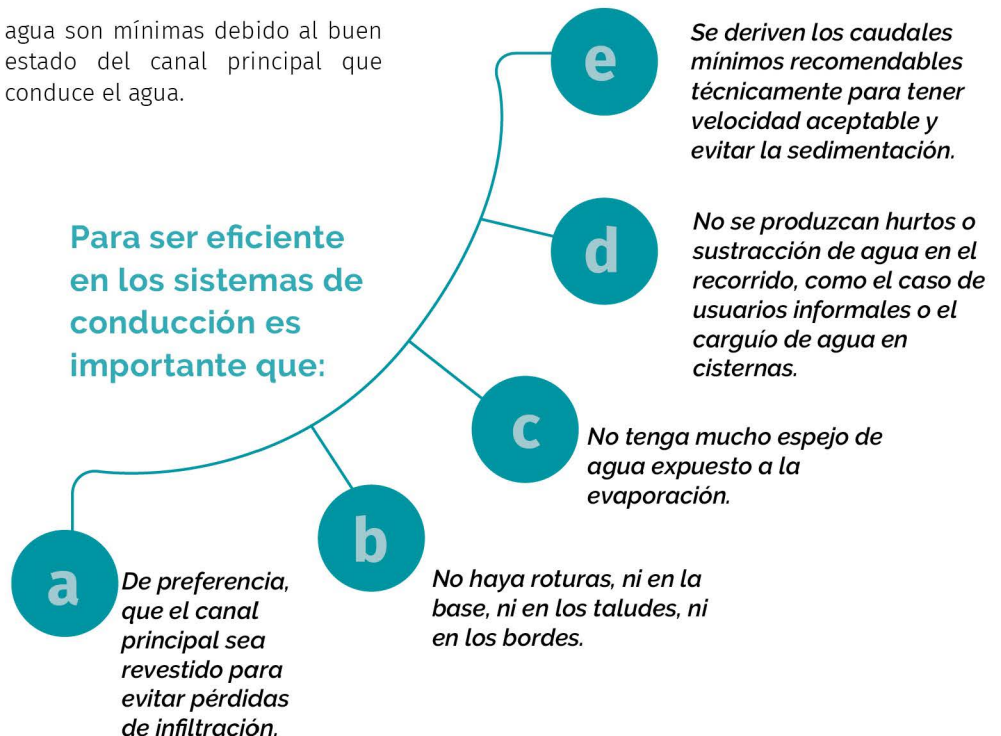
$$Efc = \frac{\text{Caudal que sale} + (\sum \text{caudales de distribución})}{\text{Caudal que ingresa}} \times 100$$

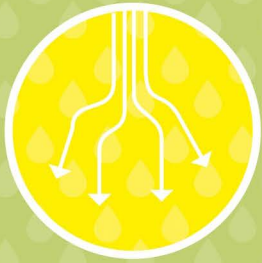
** La sumatoria de caudales en canales de distribución se asume cero, en caso de que las compuertas se encuentren cerradas.

Si el porcentaje de eficiencia es alto, significa que las pérdidas de

agua son mínimas debido al buen estado del canal principal que conduce el agua.

Para ser eficiente en los sistemas de conducción es importante que:





EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

La eficiencia de la aplicación o eficiencia de riego se calcula para todos los canales de primer, segundo y tercer orden con los que se distribuye el agua hacia las parcelas o chacras de los usuarios. Para medirla se calcula la pérdida que se produce entre la toma lateral del canal principal hasta la entrega a los usuarios de una zona de riego.

Esta es la ecuación para determinar la eficiencia de un canal de distribución:

$$E_{fd} = \frac{\text{Caudal que llega al final del canal de distribución} + \sum \text{caudales de los laterales}}{\text{Caudal de agua que entra al canal de distribución}} \times 100$$

De igual modo, en un sistema de riego que contiene varios canales de distribución, la eficiencia se determina mediante la siguiente ecuación:

$$E_{fd} = \frac{\text{Sumatoria de eficiencias de distribución de 1er, 2do, 3er, 4to, "n" orden}}{\text{Número total de canales de distribución}}$$

Al igual que en el canal de conducción, la distribución deberá presentar una alta eficiencia cuando las pérdidas de filtración son mínimas. Esto quiere decir que no haya fugas en la toma, en las estructuras de

retención, en partidores ni en otros elementos debido al deterioro o a daños causados a veces por los mismos usuarios.

Se recomienda programar uno o algunos pocos canales por turno de riego con un caudal suficiente, y no todos los canales al mismo tiempo con caudales muy bajos, los cuales originan velocidades muy reducidas.

El valor de eficiencia será mayor cuanto mejor sea el estado de los canales y de las estructuras de distribución.



EFICIENCIA EN LA APLICACIÓN



Esta clase de eficiencia se refiere a la cantidad de agua útil que queda en el suelo después del riego. Corregir las fallas en el drenaje contribuye a incrementarla.

La eficiencia en la aplicación o eficiencia de riego se entiende como la cantidad de agua útil para el cultivo que queda en el suelo después del riego, en relación al total del agua que se aplicó. Usualmente se mide en porcentaje o en litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados.

mejor producción en cantidad y calidad, usando el volumen de agua necesario.

Esto significa que, para calcular la eficiencia en un proyecto agrícola con varias parcelas, se multiplica el área de cada parcela por su eficiencia, se suma los resultados y se divide esto por el área conjunta de los terrenos.

El valor de la eficiencia se verá afectada por la superficie de la parcela, con la cual tendrá una relación de proporcionalidad. Teniendo esto en cuenta, se empleará la siguiente ecuación en caso de tener varias parcelas:

$$(E f r E a) = \frac{A_1 \times E r_1 + A_2 \times E r_2 + \dots + A_n \times E r_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Al mejorar la eficiencia de aplicación de riego se busca obtener la

Para mejorar la eficiencia se recomienda:





EFICIENCIA DE APLICACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE RIEGO

La eficiencia de aplicación tiene una amplia variación según el método de riego utilizado. Los valores de referencia son los siguientes:

VALORES DE REFERENCIA

<i>Método de riego</i>	<i>Rango de eficiencia de aplicación en porcentaje (%)</i>
SUPERFICIAL	
<i>Riego tradicional o tendido</i>	10-30
<i>Riego en curvas de nivel</i>	30-60
<i>Riego por bordes</i>	40-80
<i>Riego por surcos</i>	40-85
PRESURIZACIÓN	
<i>Riego por aspersión</i>	50-90
<i>Riego por microjet</i>	60-95
<i>Riego por goteo</i>	65-95

Fuente: UDEC, Chile

MÉTODOS DE RIEGO

Entre los métodos de riego más eficientes tenemos: el riego por aspersión y el riego por goteo. Su comparación ayudará a elegir el que mejor se adecúe a su cultivo.

18

RIEGO POR ASPERSIÓN

Este método de riego implica que caiga sobre el terreno una lluvia más o menos intensa y uniforme, con el objetivo de que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae.

El riego por aspersión es un método mecanizado o presurizado, ya que necesita de mecanis-

mos que generan presión para mover el agua. Con este método de riego no es necesario nivelar el suelo, y se puede regar un terreno recién sembrado sin causar problemas de erosión o de corrimiento de las semillas, si se usa la presión y el aspersor adecuados.

Recomendaciones y precisiones sobre el riego por aspersión



Cuando se riega por aspersión, es mejor hacerlo en las horas con menor viento. Incluso es preferible hacerlo de noche, ya que aún vientos suaves alteran la distribución del agua en el suelo.



Para lograr una buena eficiencia con el riego por aspersión se necesita de un buen diseño del equipo y condiciones de manejo y operación adecuados.



Además, es importante escoger el equipo de riego o bomba apropiados para las condiciones de su campo, con la finalidad de evitar pérdidas, problemas y malas inversiones.



Los aspersores utilizados en este método de riego eficiente pueden llevar una o dos boquillas, cuyos chorros forman ángulos de 25° a 28° con la horizontal para tener un buen alcance. Los aspersores de dos boquillas logran una aplicación más uniforme.



Los aspersores se clasifican según su velocidad. Los de giro rápido (más de 6 vueltas por minuto) se usan en viveros; los de giro lento (de ¼ a 3 vueltas por minuto), en agricultura.

VENTAJOSO:

El riego por aspersión no requiere la nivelación del suelo.



Desventajas del riego por aspersión

los inconvenientes que se pueden presentar en el uso del riego por aspersión son los siguientes:



Idealmente, requiere acceso a un reservorio, o por lo menos un turno de riego adecuado, para poder aplicar efectivamente el agua en pequeñas cantidades con frecuencia.



Existe también riesgo de caída de flores en frutales y que los granos en cultivos sensibles se pudran.



Se necesita una alta inversión inicial. También, se pueden presentar problemas de sanidad en el follaje de los cultivos.



La presión tiene que ser adecuada para el funcionamiento óptimo de los aspersores, y así lograr una alta uniformidad de riego. No hay uniformidad del riego cuando existen fuertes vientos.

RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo es un método de riego localizado, donde el agua es aplicada en forma de gotas a través de emisores comúnmente denominados "goteros". La descarga de los emisores fluctúa en el rango de 2 a 4 litros por hora por gotero.

El sistema de riego por goteo ha sido utilizado en la agricultura peruana desde los años noventa debido a su alto grado de eficiencia, ya que logra minimizar las pérdidas por infiltración profunda y reduce el escurrimiento de agua superficial. Este método suministra, a intervalos frecuentes, pequeñas cantidades de humedad a la raíz de cada planta por medio de delgados tubos de plástico. Este tipo de riego es utilizado con gran éxito en muchos países,

debido a que garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, y es válido para casi todo tipo de cultivos.

Con el sistema de riego por goteo solo se humedece una parte del suelo, aquella de donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita. Así, el agua aplicada es solamente la que el cultivo requiere para su crecimiento y producción.

Con este sistema de riego se puede hacer producir mejor los suelos o terrenos pedregosos o con contenido salino, lo que tal vez no sería factible de lograr con otro tipo de sistemas. Al mismo tiempo se consigue un ahorro significativo de agua debido a que se reduce la evotranspiración.

Además, esta técnica implica riegos más continuos. Estas características del riego por goteo nos ofrecen una serie de ventajas tanto agronómicas como económicas.

Ventajas del riego por goteo

1

Hay un gran ahorro de agua.

La cantidad de agua que se aplica se ajusta en cantidad y oportunidad a la evapotranspiración de los cultivos. Se eliminan las pérdidas por conducción, ya que el agua es transportada por tuberías hasta la planta y se reducen las pérdidas por infiltración profunda y de escurrimiento superficial, lo cual es muy común en el riego por gravedad. La eficiencia de riego es muy alta. Hablamos de un 90% a 95% de nivel de eficiencia de aplicación, lo cual no se alcanza con otro sistema de riego.

2

Se adapta a cualquier suelo y a condiciones topográficas diversas.

Es posible incrementar la superficie con la misma disponibilidad de agua en un 30% a 35%. Esto se debe al incremento de la eficiencia de uso.

3

Evita el desarrollo de maleza y la presencia de plagas y enfermedades. Este método de riego contribuye a facilitar el control de las malezas al humedecer el suelo en forma localizada, ya que el agua se entrega directamente al lado de las plantas y a lo largo de la hilera del cultivo, quedando seca gran parte de la superficie entre las líneas. Además, la población de malezas disminuye porque el agua se aplica filtrada y libre de semillas.

4

Permite aplicar agua y fertilizante cuando la planta lo requiere, lo cual favorece significativamente el desarrollo de las plantas y la producción. Esto permite fertilizar continuamente y cuando se desee a través del sistema, lo cual constituye una ventaja, pues se aumenta la eficiencia de fertilización y se economiza en fertilizantes.

La eficiencia en el riego por goteo es muy alta, casi un 90 a 95%. Además, evita la formación de malezas y algas al humedecer el suelo de forma localizada.

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

El sistema de riego por goteo requiere de una fuerte inversión que se justifica si los cultivos son rentables en el tiempo.

*1 a 2 litros por hora.
Es la emisión del
caudal que permite
este sistema de
riego por goteo.*

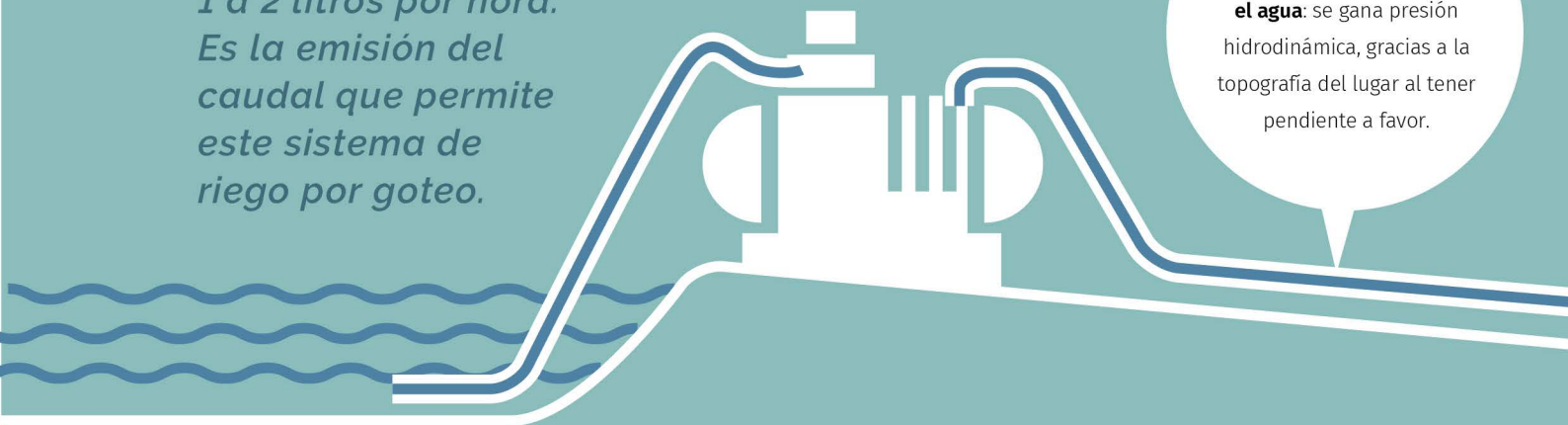
Fuente de presión

La fuente de presión puede ser una bomba, un estanque que se encuentre ubicado por lo menos a 10 metros sobre el nivel del terreno a regar, o una red comunitaria de agua presurizada.

Línea de presión

Está constituido por una tubería de PVC, cuyo **diámetro depende del tamaño de la parcela a la que se le aplica este tipo de riego**, y que permite conducir las aguas desde los pozos existentes o desde la bomba, hacia los cabezales.

En su recorrido, **se presuriza el agua**: se gana presión hidrodinámica, gracias a la topografía del lugar al tener pendiente a favor.



Cabezal de riego

Está constituido por accesorios destinados a impulsar, filtrar y controlar el suministro de agua a la red de distribución. Además puede incluir accesorios para añadir fertilizantes al agua de riego.

Si bien reduce las horas de trabajo al automatizarse el riego, demanda personal calificado para operar todo el sistema de goteros.

Regantes

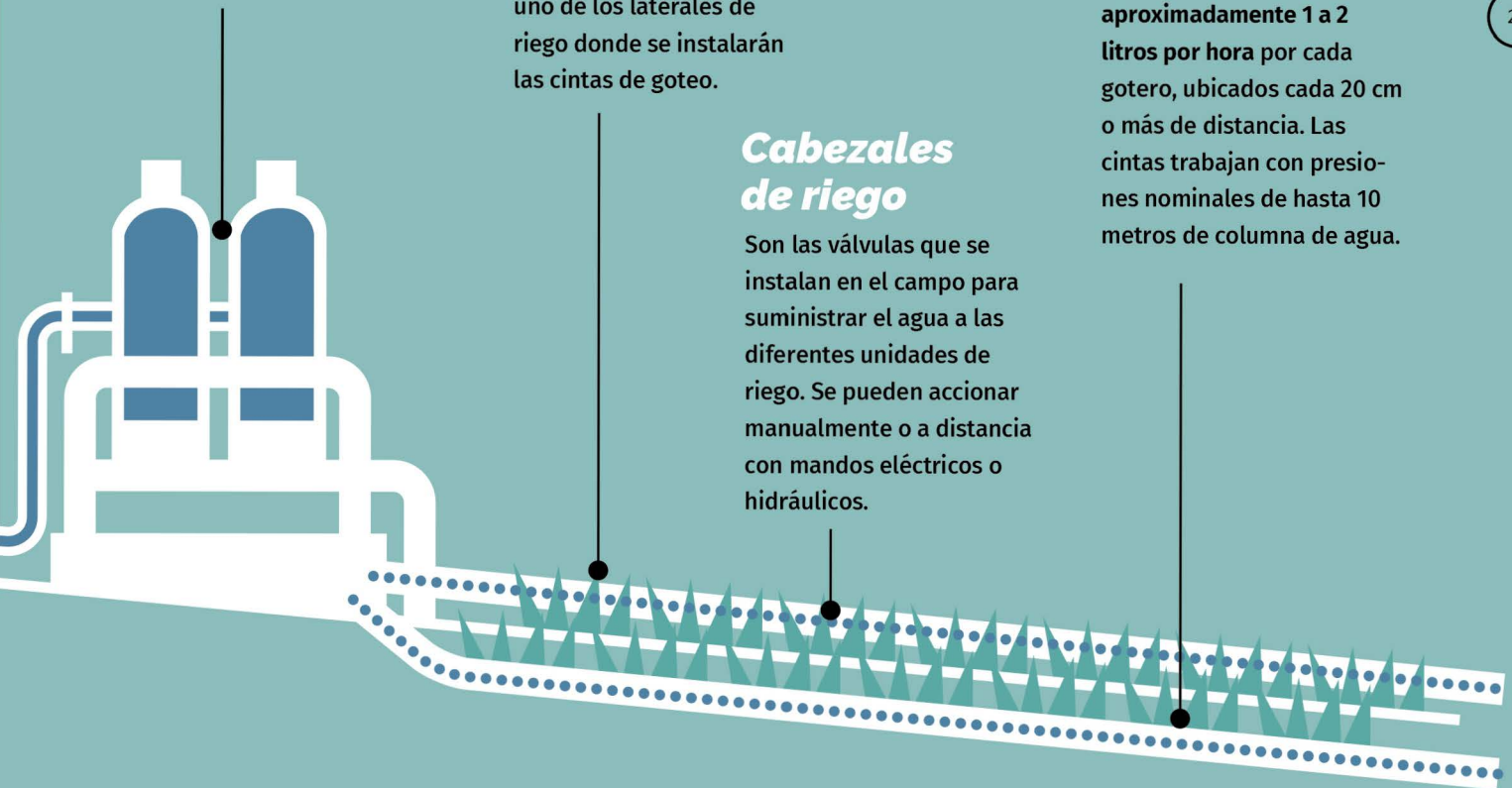
Vienen a ser tubería de PVC que permite conducir el agua hacia cada uno de los laterales de riego donde se instalarán las cintas de goteo.

Emisores

Están constituidos por las cintas de goteo, que permiten emitir caudales de aproximadamente 1 a 2 litros por hora por cada gotero, ubicados cada 20 cm o más de distancia. Las cintas trabajan con presiones nominales de hasta 10 metros de columna de agua.

Cabezales de riego

Son las válvulas que se instalan en el campo para suministrar el agua a las diferentes unidades de riego. Se pueden accionar manualmente o a distancia con mandos eléctricos o hidráulicos.



RIEGO POR GRAVEDAD

Ampliamente usada en la agricultura andina, esta forma de regar también puede ganar eficiencia si se aplican ciertas recomendaciones.

El riego por surcos se adapta a cultivos sembrados en hileras como papas, remolacha, cebollas, ajos, hortalizas y frutales en general.

La eficiencia promedio del método de riego por surcos alcanza al 50%, es decir de 100 L que se aplican, sólo 50 L. quedan disponibles para las plantas. Para usar este método con alta eficiencia se requiere tener el suelo parejo sin desniveles, de lo contrario se reventarán los surcos o bien se empozará el agua. Para lograr una buena eficiencia se deben determinar los siguientes factores:

Largo de surcos

El largo de los surcos va a depender del tipo de suelo, de la pendiente del terreno y de la cantidad de agua a aplicar:

- **En los suelos arcillosos** los surcos pueden ser más largos que en los suelos arenosos.
- **En los terrenos más parejos** los surcos pueden ser más largos que en los que poseen mayor desnivel.
- **Si la cantidad de agua** a aplicar es alta, los surcos pueden ser más largos.





La eficiencia en el riego por goteo es muy alta, casi de 90 a 95%. Además, evita la formación de malezas y algas al humedecer el suelo de forma localizada.



MEDIR PARA MINIMIZAR PÉRDIDAS

La medición del caudal de agua permite optimizar el uso de este recurso. Existen distintas maneras de calcularlo.

Diversas tecnologías nos permiten optimizar el uso del agua y minimizar las pérdidas tanto del recurso como económicas. Entre ellas, se tiene que tener en cuenta las técnicas de medición y registro de consumo de agua, las cuales vamos a explicar a continuación.

Medición y registro del consumo de agua

Existen distintas maneras de medir el caudal de agua de un arroyo o canal. El método que se emplee dependerá de la exactitud del resultado que se necesite, la cantidad de agua existente

en el arroyo o canal que se vaya a medir, y el material que se puede usar.

Fórmula para medir el caudal de riego

Caudal del agua en litros por segundo (l/s) o en metros cúbicos por segundo (m³/s).

Velocidad media del agua.

$$Q = A \times V$$

Área de la sección transversal del flujo de agua.

Método de velocidad y sección

Este método es el más usado y requiere medir el área de la sección transversal del flujo de agua y la velocidad media del flujo para poder hacer el cálculo del caudal.

El problema principal al usar este tipo de medición es medir la velocidad media del agua en los canales, ya que la velocidad varía en los diferentes puntos de la sección del canal. La velocidad media se puede medir directamente con un correntómetro o por el método del flotador.

Método del flotador

En este método se utiliza un flotador

para poder medir la velocidad del agua de la superficie. Se puede utilizar como flotador cualquier cuerpo pequeño que flote como un corcho o un pedazo de madera. Se siguen los siguientes pasos:

- Se selecciona un tramo recto del cauce. Si el canal es corto, la longitud puede ser de 5 a 10 metros; si es más largo, de 15 a 20 metros.
- Se señala un punto al inicio del tramo; otro, a la mitad; y un tercer punto al final. Se mide el ancho del cauce y la profundidad en esos tres puntos. Se deja caer el flotador al inicio del

tramo y se mide el tiempo que le toma llegar al centro y al final.

- Sabiendo la distancia recorrida y el tiempo, se calcula la velocidad del agua.
- Para determinar el caudal, basta con multiplicar la velocidad por el área de la sección respectiva del canal. Como se recuerda, el área se calcula multiplicando el ancho de la sección por la profundidad.
- Para un cálculo más preciso se recomienda realizar el procedimiento tres veces y luego sacar el promedio.

Para medir la velocidad media, se secciona el canal y se mide la velocidad en cada sección, con un correntómetro, luego se calcula el caudal para cada sección ($Q=A \times V$) y finalmente se toma el promedio de los caudales medidos.



MANEJO DE CULTIVOS Y PERÍODOS CRÍTICOS

La falta de agua ocasionada por períodos críticos pone en riesgo la producción agrícola y genera cambios difíciles de reparar. Para ello existen medidas a tomar que permitirán disminuir pérdidas y aprovechar más los suelos.

En la actividad agropecuaria existen ciertos períodos críticos que afectan a los cultivos causando daños irreparables. La falta de agua en el suelo es uno de los problemas que impactan en las cosechas reduciendo de forma significativa su rendimiento y producción. Esta falta de agua, en ciertos perío-

dos, puede causar daños tan graves que será imposible repararlos aun cuando se pueda regar bien en el futuro. Por ello se recomienda aplicar determinadas medidas especialmente para los años de escasez de agua y en cultivos anuales, praderas y frutales.

En primer lugar, se tiene que calcular la cantidad de agua que necesitan los cultivos para una producción sin dificultades, sobre todo durante los meses en los que llega menos agua al campo. **En segundo lugar**, se debe comparar el agua que llega al campo con la cantidad de agua requerida. **Asimismo**, solamente se debe sembrar la superficie que se pueda regar en el mes que recibe menos agua. El resto del campo debe dedicarse a cultivos que necesitan más agua en

otros meses. Una alternativa es destinar la superficie que no se puede regar a cultivos de secano.

Para disminuir las pérdidas de agua en la preparación de suelos, es conveniente usar el arado cincel; y no abusar del movimiento del suelo. Además, para asegurar una buena germinación se tiene que hacer un riego profundo y abundante antes de sembrar. En el caso de los frutales, se recomienda un riego profundo y abundante cuando empiecen a aparecer los brotes.

Respecto a los cultivos anuales, siempre se debe **sembrar las variedades más rápidas lo más pronto posible**, dentro de las fechas recomendadas. Durante la siembra, **se debe aplicar todo el nitrógeno, además del salitre**. Asimismo, hay que **eliminar las malezas en los bordes de canales** y cultivos desde la siembra hasta la cosecha. Para disminuir la evaporación desde el suelo se sugiere **colocar una capa de aserrín, viruta o paja** bajo la copa de los árboles y, en general, en los cultivos permanentes plantados en hileras. Asegure, también, el **riego durante los períodos críticos de los cultivos**.

MÉTODO DE RIEGO, PROFUNDIDAD RADICULAR Y PERÍODOS CRÍTICOS PARA EL RIEGO DE ALGUNOS CULTIVOS

Cultivo	Método de riego	Profundidad de la raíz (cm)	Períodos críticos
 Maíz	Surcos	80	Inicio de floración y llenado de grano
 Papas	Surcos	60	Periodo inicial de formación y crecimiento de tubérculos
 Tomate	Surcos	70	Transplante, antes y durante la floración y periodo de crecimiento rápido del fruto
 Vid	Surcos	100	Desde inicio de brotación a pinta del grano
 Sandía	Surcos	60	Desarrollo de guías, periodo de floración y crecimiento del fruto
 Cebolla	Surcos	30	Transplante, periodo de rápido desarrollo del bulbo
 Hortalizas	Surcos	20-50	Hortalizas de tubérculos o bulbos (rabanito, zanahoria, camote), etapa de formación y crecimiento de tubérculos o bulbos



MANEJO DEL AGUA DENTRO Y FUERA DE LAS PARCELAS



El agua de riego debe ser supervisada por todos los regantes del cultivo y se tiene que mantener una vigilancia permanente del canal para evitar los hurtos de agua.

30

Entre las tecnologías más efectivas destacan el riego mediante la construcción de labranza en surco o zanja, las acequias de retención e infiltración de agua y la captación de agua con camellones de piedra siguiendo las curvas de nivel. También podemos mencionar la captación y retención de agua en terrazas amplias e individuales para árboles frutales o forestales, la reforestación o regeneración natural de recargas hídricas, la agroforestería o el sembrado de árboles dentro de la parcela para brindar cobertura en el suelo, el uso de cercos vivos y el uso de cultivos de cobertura como las leguminosas.

Manejo del agua fuera de la parcela

Existen varias sugerencias que se pueden aplicar en la red de canales y en otras infraestructuras de riego para mejorar la disponibilidad de agua desde fuera de la parcela. En primer lugar, todos los trabajos de mantenimiento y reparación de las bocatomas deben efectuarse con anticipación. Ello incluye limpiar y sellar los canales en los lugares con filtraciones visibles, eliminando cuevas de camarones y grietas. En segundo lugar, se deben revisar periódicamente las estructuras hidráulicas. Hacer las reparaciones necesarias evitará pérdidas

de agua. En tercer lugar, los regantes deben organizarse y designar responsables por ramales. Se sugiere aumentar el número de vigilantes durante la temporada de riego para evitar hurtos de agua. Es importante que los regantes establezcan un sistema de vigilancia eficiente y permanente del canal, especialmente en aquellos tramos donde existan agricultores sin acceso directo al canal.

Manejo del agua dentro de la parcela

Las medidas que se proponen a continuación están orientadas a facilitar el manejo y la disponibilidad de agua dentro de la parcela.

- 1** Construir marcos partidores en los canales donde se reciba o entregue agua, ya sea propia o de los vecinos.
- 2** Medir la cantidad de agua que llega a la parcela. Instale o repare las estructuras que faciliten la distribución de agua en la parcela,

como compuertas, cajas de distribución o acequias niveladas con tubos rectos.

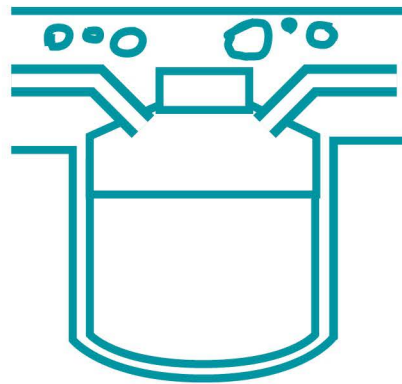
- 3** Desarrollar un programa de emparejamiento y nivelación de suelos con la ayuda de algún profesional asesor. El objetivo es avanzar en la instalación de riego tecnificado.
- 4** Revisar las estructuras de entrada y salida para eliminar obstáculos. Se deben remover sedimentos u objetos que bloqueen el paso del agua.
- 5** Trazar los canales lo más rectos y cortos posibles. Se deben evitar las curvas muy pronunciadas.
- 6** Regar bien un sector del campo en un turno y el resto, en el siguiente. Esta recomendación se aplica cuando existan turnos poco distanciados.
- 7** Determinar la cantidad de agua que llega al campo en los diferentes meses de la temporada de riego, identificando los períodos con menos agua.



TÉCNICAS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA



Distintas clases de estructuras permiten seguir disponiendo de agua cuando este recurso escasea y tanto la producción agrícola como el ganado lo necesitan.



CISTERNA APOYADA O ENTERRADA

La cisterna es una estructura en forma de cilindro enterrada en el suelo que almacena agua. Esta se utiliza principalmente para el riego y alivio en sequías prolon-

gadas y para el riego en cultivos de verano, incluyendo frutales, huertos familiares y cultivos de parras.

Entre sus ventajas se encuentran su fácil construcción con apoyo de personas locales y el hecho de que no ocupa mucho espacio debido a estar enterrada. Además, se puede llenar con agua de distintas fuentes como agua de techo, de río y aguas conducidas por bombas y por escorrentías. Una desventaja es que, dependiendo de su tamaño y del uso, su capacidad es limitada.

No se recomienda para suelos muy arcillosos o arenosos, pues

los costos de construcción serían muy elevados. Por último, requiere de una inversión inicial significativa.



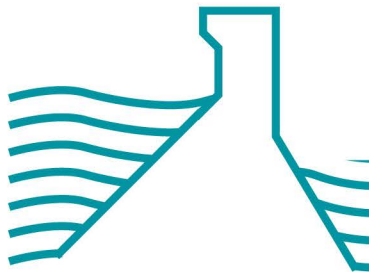
LAGUNAS O EMBALSES

Los embalses son un tipo de excavación que tiene como objetivo coleccionar y almacenar agua de lluvia o de fuentes superficiales, para disponerla para el riego o para el consumo de animales, especialmente en lugares con deficiencia hídrica. Su volumen unitario puede variar entre 180 a 500 m³.

Tiene como ventaja el hecho de que es una obra permanente y de mayor durabilidad. Además, es de fácil construcción y emplea materiales loca-

les como tierra, piedra y arcilla. Asimismo, logra un mayor aprovechamiento del agua por gravedad, ahorrando costos en adquisición y mantenimiento de equipos de bombeo y en energía.

Entre sus desventajas encontramos que necesita contar con una fuente de agua permanente y de un mantenimiento constante para evitar fisuras. Además, no es apropiado para terrenos con fuertes pendientes, ni para suelos muy arcillosos o muy arenosos.



DIQUES

Los diques, presas o represas son paredes que bloquean una corriente natural para almacenar parte del caudal. Son

diseñados de forma que puedan soportar las fuerzas generadas por la presión del agua y, además, se eviten filtraciones. Los diques requieren obras complementarias para permitir el paso del agua que no se embalsa y para entregar el agua almacenada a los usuarios.

Las presas más comunes son las de tierra, cuyo volumen de relleno está compuesto en su mayor parte por suelos finos. El requisito es que el material sea resistente, suficientemente impermeable y que no sea soluble. El talud que entra en contacto con el agua puede reforzarse con enrocado.

Otras presas, llamadas de escollera, se construyen con rocas volcadas o en capas, e incluyen una pantalla impermeable (de arcilla, concreto, asfalto o metal). Para evitar daños por desbordamientos, se debe construir aliviaderos, que permitan la salida de las aguas sobrantes. En los países desarrollados, los diques suelen construirse de hormigón, material que permite estructuras más duraderas.

LOS DESAFÍOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La necesidad de aplicar prácticas eficientes para el manejo del agua en la agricultura se eleva ante la amenaza del calentamiento global.

El cambio climático genera una serie de desafíos en las demandas de agua para la producción agropecuaria, los cuales tienen que ser tratados con prácticas y tecnologías para ser más eficientes al usar este recurso. En la zona costera de nuestro país, por ejemplo, las lluvias se dan de manera escasa e irregular, entre los meses de diciembre a marzo, y en el resto del año es casi nula. La Evapotranspiración en estas zonas áridas es alta; es decir, la tierra, los pastos y los árboles transpiran y evaporan mucha más agua.

El clima ha variado mucho en los últimos años, la temperatura ha aumentado y seguirá aumentando. Asimismo, las heladas que se producen en la zona andina ahora se presentan fuera de época, a veces, en plena floración y con mayor intensidad, dañando la

ADAPTACIÓN
La adopción de tecnologías para captar aguas y el cultivo de especies tolerantes a la sequía son algunas acciones orientadas a la adaptación al cambio climático en la agricultura.

producción. Antes sólo sucedían en los meses más fríos, ahora aparecen heladas en diferentes meses del año, afectando completamente las cosechas de la población.

Múltiples impactos

Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Este se debe a causas naturales y también a la acción del hombre. El cambio se produce a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc.

Con el cambio climático existe escasez en la disponibilidad de agua para la producción agropecuaria y los rendimientos de los cultivos son bajos. También, están apareciendo y aumentando las plagas y enfermedades en cultivos y ganado. Incluso, algunos cultivos de valle ahora se pueden cosechar en el altiplano, lo que demanda más cantidad de agua.

Efecto invernadero

El cambio climático guarda relación con el llamado efecto invernadero: la retención del calor del sol en la atmósfera de la Tierra por parte de una capa de gases. Sin ellos la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que el planeta sería demasiado frío. Entre estos gases se encuentran el dióxido de carbono, el óxido nítrico y el metano, que son liberados por la industria, la

agricultura y la combustión de combustibles fósiles.

En la actualidad existe un consenso científico, casi generalizado, en torno a la idea de que nuestro modo de produc-

ción y consumo energético está generando una alteración climática global, que provocará, a su vez, serios impactos tanto sobre la tierra como sobre los sistemas socioeconómicos.

El mundo industrializado ha causado que **la concentración de los gases de efecto invernadero haya aumentado en un 30%** desde el siglo pasado, cuando, sin la actuación humana, la naturaleza se encargaba de equilibrar las emisiones.



En nuestras manos.

La protección del medio ambiente exige un uso eficiente de los recursos hídricos en las diversas actividades humanas.

“ Con técnicas eficientes
de riego **gana el
agricultor y gana la
naturaleza.** ”

MARCO INSTITUCIONAL VIGENTE

La eficiencia es uno de los principios que rigen en la gestión del agua en el Perú, de acuerdo con la Ley de Recursos Hídricos (Ley Nº 29338). *“La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos se sustenta en el aprovechamiento eficiente y su conservación, incentivando el desarrollo de una cultura de uso eficiente entre los usuarios y operadores”*, señala la ley.



Políticas y estrategias

Este mismo principio guía la **Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos**. Esta apunta a lograr la gestión integrada de los recursos hídricos que permita satisfacer las demandas presentes y futuras, así como garantizar la conservación, la calidad y la disponibilidad del recurso hídrico. En el documento, el Eje de Política 1 gira en torno a la gestión de la cantidad. Y la tercera de sus estrategias de intervención consiste en fomentar el uso eficiente y sostenible del agua. Estos son los lineamientos establecidos en dicha estrategia:

- Evaluar y establecer los parámetros de eficiencia, aplicable al aprovechamiento de los recursos hídricos por tipo de uso.
- Promover y fomentar la investigación y la aplicación de tecnologías para el uso eficiente del agua, con énfasis en los sectores menos eficientes.
- Implementar estructuras y mecanismos de medición y control con la participación de los usuarios. Mantener y desarrollar la infraestructura hidráulica destinada a la atención de la demanda hídrica.



Eficiencia en el agro

El Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) es el órgano rector de la agricultura en el Perú. Le corresponde diseñar, ejecutar y supervisar las políticas nacionales y sectoriales en materia agraria. En el 2016 este ministerio aprobó, a través de un decreto supremo, la **Política Nacional Agraria**, en la cual la eficiencia en el uso del agua tiene una presencia importante.

Su **Eje de Política 1 es el “Manejo sostenible de aguas y suelos”**. Dentro de este punto, plantea promover la formalización de derechos de uso de agua en bloque, en función a la disponibilidad hídrica; así como la distribución, medición, supervisión y control de uso del agua para una mejor gestión. También considera promover una cultura del agua para una gestión eficiente.

El **Eje de Política 4 es “Infraestructura y tecnificación del riego”**. En este eje se han definido los siguientes lineamientos:

- Ejecutar los programas y proyectos de riego, impulsando la capacitación y los servicios complementarios hacia los agricultores.
- Priorizar la inversión conjunta y co-financiada con gobiernos regionales y locales en proyectos de riego de pequeña y mediana escala, asegurando su calidad técnica y el apoyo en capacitación y asistencia técnica al productor.
- Promover la tecnificación del riego en parcelas a través de la inversión y la capacitación de los pequeños y los medianos agricultores.
- Generar condiciones para la inversión pública y privada en el mejoramiento, la rehabilitación, y la expansión de la infraestructura de riego y de drenaje a escala nacional.



Instituciones claves

Uno de los organismos especializados adscritos al MINAGRI es la **Autoridad Nacional del Agua (ANA)**, que encabeza el Sistema Nacional de Recursos Hídricos. La ANA fue creada en el 2008 para administrar conservar, proteger y aprovechar los recursos hídricos de las diferentes cuencas de manera sostenible.

A esta entidad le corresponde administrar y vigilar las fuentes naturales de agua. Además autoriza los volúmenes de agua que utilizan o distribuyen las entidades prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) y las juntas de regantes. Asimismo, otorga derechos de uso de agua, autorizaciones de vertimiento y reúso de agua residual tratada, entre otras tareas.

La ANA opera de forma descentralizada. Está organizada en 14 Autoridades Administrativas de Agua (AAA), 71 Administraciones Locales de Agua (ALA) y 8 Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC).

Otro organismo público adscrito al MINAGRI que desempeña un rol importante para la productividad agraria, incluyendo la eficiencia en el manejo del agua, es el **Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)**. El INIA desarrolla investigaciones para elevar el rendimiento de los cultivos y transfiere conocimiento a los agricultores. Algunos de sus proyectos se orientan a optimizar el uso de los recursos hídricos en el campo.

BIBLIOGRAFÍA



Córdova, J. (2015). Diseño de embalse teniendo en consideración los impactos ambientales. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Piura, Perú.

Global Water Partnership-Caribbean. (2011). Training Manual for Water Use Efficiency in The Agriculture Sector. Atenas: GWP.

Global Water Partnership-Mediterranean. (2017). Technical Guide on Technologies for Non Conventional Water Resources Management. Atenas: GWP-M.

Mandri-Perrot, C. & Bisbey, J. (2016). How to Develop Sustainable Irrigation Projects with Privat Sector Participation. Washington, DC: World Bank Group.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). Manual del Cálculo de Eficiencia para Sistemas de Riego. Lima: MINAGRI.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia. (2016). Uso eficiente del agua en agricultura.

Sheierling, S., Bartone, C., Mara, D. & Drechsel, P. (2010). Improving Wastewater Use in Agriculture: An Emerging Priority. The World Bank.



Autoridad Nacional del Agua

Calle Diecisiete No. 355, Urb. El Palomar,

San Isidro - Lima, Perú

Telf: 511-2243298

www.ana.gob.pe

www.minagri.gob.pe

