

Guía para  
implementar  
experiencias de  
**siembra y cosecha  
de agua para uso  
poblacional en el  
área rural**



water for people  
PERU





Guía para  
implementar  
experiencias de  
**siembra y cosecha  
de agua para uso  
poblacional en el  
área rural**



water for people  
PERU



---

## **Guía para implementar experiencias de siembra y cosecha de agua para uso poblacional en el área rural**

---

### **EDITOR**

#### **WATER FOR PEOPLE**

Mza. A Lt. 19 Urbanización Las Flores – Víctor Larco  
Trujillo – La Libertad  
(51 44) 407869  
[www.waterforpeople.org/peru](http://www.waterforpeople.org/peru)

### **DIRECTOR DE PAÍS**

Ing. Juan Francisco Soto Hoyos

### **EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE DE CONTENIDOS**

Ing. Miguel Renteria Ubillús  
Ing. Percy Rodríguez López

### **ILUSTRACIONES**

Johnny Becerra Becerra

### **CORRECCIÓN DE ESTILO**

Jorge Cornejo Calle

1ra. edición - Junio 2019

**HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ:  
2019-03941**

### **DIAGRAMACIÓN E IMPRESIÓN**

Matices's Arte y Publicidad EIRL  
Jr. Horacio Urteaga 442 Telf. (076) 362081

Cajamarca – Perú

No está permitida la reproducción total o parcial de esta guía, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito del titular del copyright.

# Presentación

Disponer de agua de manera permanente y en cantidad y calidad suficientes, que permita al ser humano satisfacer sus necesidades básicas, es una preocupación que merece cada vez mayor atención. Como se sabe, en Cajamarca y, en general en gran parte de la sierra del Perú, se distinguen dos épocas bien marcadas en cuanto a la disponibilidad de agua: una lluviosa, por lo general de octubre a abril, con fuentes de agua que muestran sus máximos rendimientos en caudales; y otra de estiaje, de mayo a setiembre, con fuentes de agua en su periodo más crítico y caudales insuficientes para cubrir las demandas de la población. Por ello, se han desarrollado diversas tecnologías de “siembra” y “cosecha” de agua, que permiten almacenar y regular el agua en la época de abundancia y hacerla disponible y de fácil acceso en la época de escasez, en beneficio de las familias campesinas para la producción de alimentos.

Por otro lado, existe preocupación en la población y las autoridades locales por la disminución de los caudales de las principales fuentes de

abastecimiento de agua para uso poblacional. Este proceso se viene acelerando probablemente como consecuencia de la desertificación de los espacios de recarga hídrica y el cambio climático.

Ante este panorama, Water For People toma la experiencia de siembra y cosecha de agua y le incorpora el tema de la calidad del agua, para de ese modo orientar el objetivo hacia la mejora de la disponibilidad de agua para los servicios de saneamiento.

En la primera parte de este documento, se presenta el ciclo del agua y su relación con la cuenca, para entender cómo se mueve el agua dentro de la cuenca. En la segunda parte, se muestra el contexto para la seguridad hídrica a partir de algunas variables geográficas y del clima. En la tercera parte, se presentan los enfoques para la gestión del agua en la cuenca: el convencional y el de siembra y cosecha de agua. La cuarta parte muestra cómo se presenta la oferta de agua a lo largo de la cuenca. En la quinta parte, se presentan los pasos para desarrollar experiencias de siembra y cosecha de agua para uso poblacional en el área rural. Por último, la sexta parte presenta algunas tecnologías de siembra y cosecha de agua.

# Índice

<b>1. El ciclo del agua en la cuenca</b> .....	5
<b>1.1</b> El ciclo del agua .....	5
<b>1.2</b> La cuenca hidrográfica .....	7
<b>1.3</b> Comportamiento del agua en la cuenca.....	8
<b>2. El contexto nacional y el contexto local para la seguridad hídrica</b> .....	9
<b>2.1</b> Relieve .....	9
<b>2.2</b> Variabilidad climática .....	11
<b>2.3</b> Desertificación .....	11
<b>2.4</b> Cambio climático .....	13
<b>2.5</b> Incremento de la demanda hídrica .....	14
<b>3. Enfoques para la gestión del agua en la cuenca</b> .....	17
<b>3.1</b> Enfoque convencional o gestión de caudales .....	17
<b>3.2</b> Enfoque de siembra y cosecha de agua.....	18
<b>4. Caracterización de la oferta de agua en las cuencas</b> .....	20
<b>5. Pasos para desarrollar experiencias de siembra y cosecha de agua para consumo doméstico rural</b> .....	21
<b>5.1</b> Identificación y caracterización de la fuente de agua.....	21
<b>5.2</b> Determinación de la calidad del agua de la fuente .....	24
<b>5.3</b> Delimitación del área de recarga de la fuente de agua .....	27
<b>5.4</b> Definición in situ del tipo de prácticas de siembra y cosecha de agua por implementar .....	28
<b>5.5</b> Organización del trabajo comunal.....	30
<b>5.6</b> Monitoreo de la fuente de agua .....	33
<b>6. Tecnologías de siembra y cosecha de agua</b> .....	34
<b>6.1</b> Zanjas de infiltración .....	34
<b>6.2</b> Mamanteo .....	37
<b>6.3</b> Clausura de pastos o praderas .....	38
<b>6.4</b> Terrazas.....	40
<b>7. Anexo</b> .....	43
<b>8. Bibliografía</b> .....	48

# 1. El ciclo del agua en la cuenca

Para comprender el comportamiento del agua en la cuenca es necesario tener conocimientos sobre los conceptos “ciclo del agua” y “cuenca hidrográfica”, y analizar el comportamiento del agua en este espacio.

## 1.1 El ciclo del agua

El **ciclo del agua** o **ciclo hidrológico** es el proceso de circulación del agua en la naturaleza (hidrosfera) mediante el cual el agua de los océanos, la superficie terrestre, los lagos y los ríos, se evapora por la

energía del sol y forma nubes que, al enfriarse (condensación), caen a la tierra en forma de lluvia, granizo o nieve, infiltrándose y dando origen a los manantiales, riachuelos, ríos, lagunas y lagos.

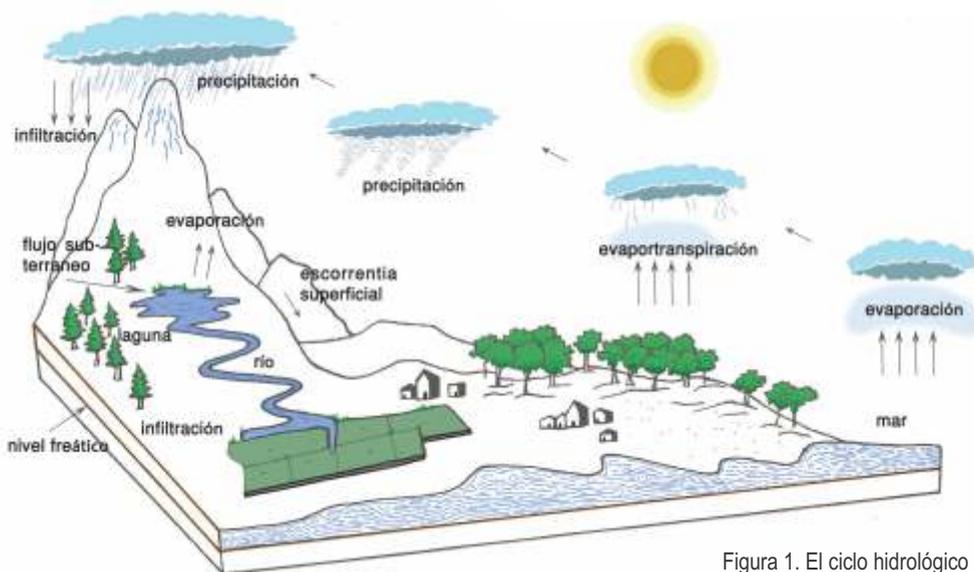


Figura 1. El ciclo hidrológico

Fuente: sistemas de riego predial regulados por microrreservorios (marzo de 2010).

Los principales procesos implicados en el ciclo del agua son los siguientes:

**1.º Evaporación:** consiste en el paso del agua del estado líquido al estado gaseoso. Se produce por efecto de la radiación solar y es influenciada por la velocidad del viento y otros factores climáticos. La evaporación se produce desde el mar y desde la superficie terrestre, a través de ríos, lagos, embalses, etc.

**2.º Transpiración:** es la pérdida de agua en forma de vapor desde los órganos aéreos de las plantas.

**3.º Evapotranspiración:** resulta de la combinación de la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de las plantas.

**4.º Condensación:** es el cambio de estado del agua de gaseoso a líquido. Ocurre cuando el vapor de agua se enfría y la humedad invisible se condensa hacia un estado de vapor (líquido microscópico), lo que forma las nubes.

**5.º Precipitación:** al enfriarse las nubes presentes en la atmósfera, el vapor se concentra en agua líquida, granizo o nieve que caen sobre la superficie terrestre y los océanos. La precipitación se mide utilizando pluviómetros y pluviógrafos.

Una vez en la superficie terrestre, en las cuencas, la precipitación puede tomar varios caminos: se evapora, se infiltra o se escurre en el suelo, y forma manantiales, arroyos, ríos, lagunas, etc.

**6.º Escorrentía:** término que se

refiere a las diversas maneras en que el agua de las cuencas se desliza cuesta abajo por la superficie o bajo la superficie del terreno, hacia las quebradas, los ríos o el mar.

El agua de **escorrentía superficial** es aquella cantidad o porción de agua que se escurre en forma de corriente superficial, es decir, sobre los terrenos.

El agua de **escorrentía bajo los terrenos o subsuperficial** es la parte del agua que se infiltra y se escurre en paralelo a la superficie del suelo, para luego reaparecer aguas abajo en forma de manantiales y otros cuerpos de agua. En las cuencas de la sierra, los manantiales o puquios constituyen las fuentes de mayor importancia.

**7.º Infiltración:** sucede cuando el agua que llega al suelo penetra a través de sus poros y pasa a ser subsuperficial o subterránea. La proporción entre el agua que se infiltra y la que circula superficialmente (escorrentía) depende de la permeabilidad del suelo y de las rocas, de la pendiente superficial y de la cobertura vegetal.

**8.º Circulación subterránea:** es la escorrentía de agua por el interior de la corteza terrestre. Como en el caso de la escorrentía subsuperficial, las aguas de circulación subterránea profunda pueden aflorar hacia la superficie a través de manantiales, bofedales y otros cuerpos de agua.

## 1.2 La cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es el área de un territorio cuyas aguas se escurren o drenan a un mismo cauce o río. Este

drenaje puede ser a través de uno o más cursos de agua, todos los cuales confluyen en un río principal.

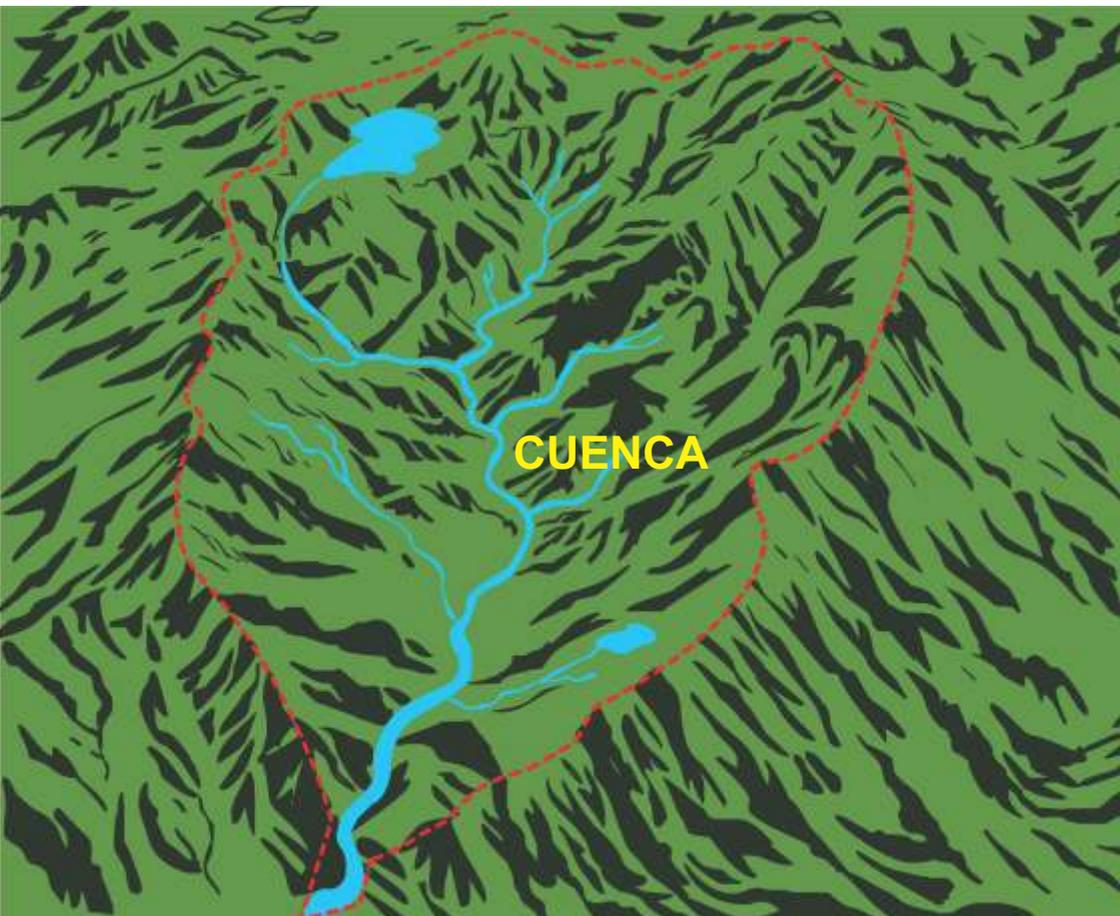


Figura 2. La cuenca hidrográfica

### 1.3 Comportamiento del agua en la cuenca

En la cuenca, una parte de la lluvia que cae se escurre superficialmente; otra la usan los seres vivos para su reproducción natural; otra parte penetra al suelo a través de la infiltración y forma las aguas subterráneas; y otra parte se evapora.

La cantidad de agua que se infiltra en el suelo y la que discurre dependen de la estructura, la pendiente y la cobertura vegetal del suelo.

Cuanto mayor cobertura vegetal estratificada tenga el suelo, mejor será su capacidad para captar, retener y regular el agua procedente

de las precipitaciones. En nuestro medio, en las partes altas se encuentran las jalcas, donde las precipitaciones son más intensas y se producen por mayor tiempo que en las partes bajas. Por ello, generan un mayor volumen de agua, lo que produce escurrimientos superficiales y subterráneos que alimentan arroyos y ríos, y mantienen la regularidad del caudal de los ríos. Asimismo, por lo general, en las jalcas la topografía es menos abrupta, lo que permite la presencia de lagunas y humedales, para la retención y regulación del agua.



Figura 3. El comportamiento del agua en la cuenca

## 2. El contexto nacional y el contexto local para la seguridad hídrica

### 2.1 Relieve

Fisiográficamente, de manera general el relieve del país muestra una costa y una selva planas, y una sierra montañosa. El relieve montañoso de la sierra presenta grandes elevaciones con diversidad de pendientes, lo que hace que el mayor volumen de agua procedente de las precipitaciones fluya por gravedad hacia las partes

bajas (costa y selva), lo cual dificulta su retención y almacenamiento natural.

En la sierra, las pendientes varían desde casi a nivel hasta extremadamente empinadas. En Cajamarca, por ejemplo, cerca del 90 por ciento de la superficie tiene pendientes mayores del 15 por ciento, según la **tabla 1**.

**Tabla 1. Superficie y porcentaje de los rangos de pendiente, Departamento de Cajamarca<sup>1</sup>**

Tipo de pendiente	Rango (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Nula o casi a nivel	00-04	75,465.99	2.29
Ligeramente inclinada	04-08	67,000.25	2.03
De ligeramente inclinada a moderadamente empinada	08-15	172,222.97	5.23
Moderadamente empinada	15-25	507,731.85	15.41
Empinada	25-50	1,579,182.65	47.92
Muy empinada	50-75	782,805.75	23.76
Extremadamente empinada	> 75	110,854.38	3.36
<b>TOTAL</b>		<b>3,295,263.84</b>	<b>100.00</b>

El relieve es una característica que influye en el comportamiento de la escorrentía superficial. Por lo general, la escorrentía es mayor en áreas con

mayor pendiente, lo que agrava la erosión de los suelos y reduce la capacidad de retención de humedad.

<sup>1</sup>Alcántara Boñón, Germán H. *Pendiente de los suelos del Departamento de Cajamarca*.

Figura 4. Regiones naturales del Perú (J. Pulgar Vidal)

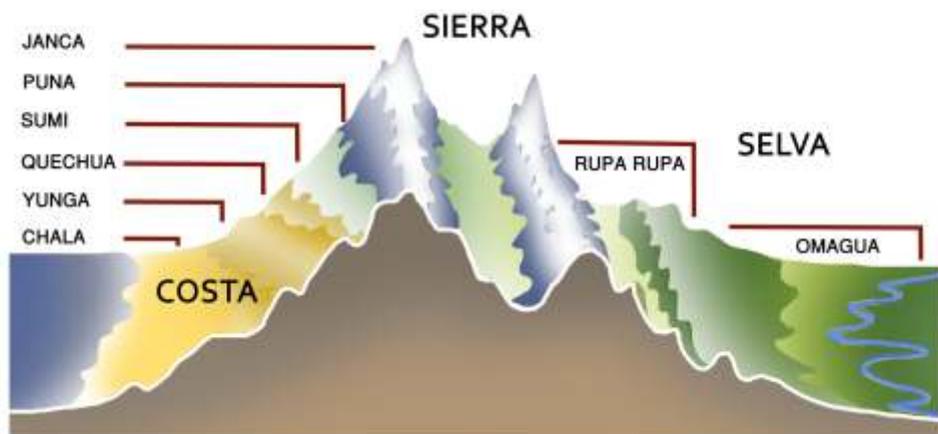
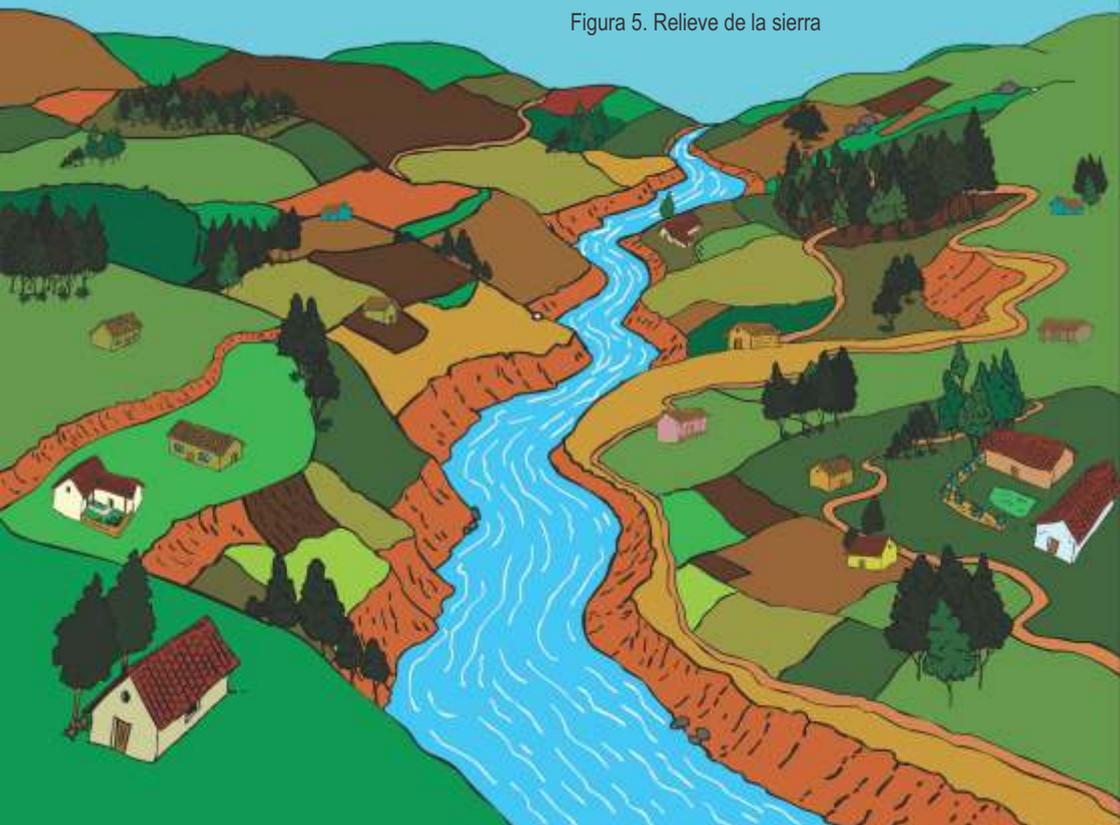


Figura 5. Relieve de la sierra



## 2.2 Variabilidad climática

En términos climáticos, el Perú tiene una costa árida, una sierra semiárida y una selva húmeda. En la sierra, la presencia de sequías, heladas, inundaciones y granizadas, la convierten en una zona de alto riesgo para el desarrollo de actividades agropecuarias. La concentración de las precipitaciones en pocos meses del año (octubre-abril) y las fuertes

pendientes de su relieve generan meses de extrema escasez de agua (mayo-setiembre). Estas características naturales generan la necesidad de desarrollar un conjunto de tecnologías e infraestructura para retener el agua en los meses de abundancia, para disponer de ella en los meses de escasez.

## 2.3 Desertificación

La desertificación se define como la **“degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y actividades humanas”**<sup>2</sup>, que ocasiona la reducción o pérdida de productividad biológica o económica de las tierras.

Esto sucede por lo siguiente:

- La destrucción de la cubierta vegetal.
- La erosión de los suelos.
- Prácticas agrícolas inadecuadas.
- La escasez de agua.

Los seres humanos favorecemos este proceso al realizar las siguientes prácticas:

- Deforestación.
- Sobrepastoreo.
- Trabajo en suelos en ladera sin medidas conservacionistas.
- Quema indiscriminada de pastos y bosques.
- Utilización de fertilizantes químicos.

En la sierra, las cuencas hidrográficas, debido a la actividad humana y por la

semiaridez de su clima, se encuentran en proceso de deterioro, lo que afecta los servicios de los ecosistemas en todas sus categorías, tales como el aprovisionamiento de agua, la producción de alimentos, la provisión de madera y leña, y la regulación del microclima y el mesoclima. Este proceso de desertificación se puede dar por la intervención del ser humano o puede ser natural; también es llamado “desertización”.

### ¿Cuál es el efecto de la desertificación en la disponibilidad de agua?

La desertificación se relaciona directamente con la capacidad de regulación hídrica de los ecosistemas (cuencas). Dado que los espacios tienen menor cobertura vegetal natural y suelos degradados, pierden su capacidad de regulación hídrica, lo que disminuye la disponibilidad de agua para la recarga de los acuíferos.

Así, prácticas como la quema de la cobertura vegetal natural (ichu) para intensificar el sobrepastoreo en las cabeceras de cuenca impactan en la disminución de la regulación hídrica y en la recarga de acuíferos en condiciones naturales.

<sup>2</sup>Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por la sequía grave o la desertificación, en particular en África, art. 1.



Figura 6.  
Comportamiento  
de la fuente de  
agua con  
cuenca natural

**Cuenca natural con cobertura vegetal no explotada, suelos fértiles con buenas características para infiltrar el agua y presencia de manantiales permanentes**

Figura 7.  
Comportamiento  
de la fuente de  
agua con cuenca  
desertificada.

**Cuenca desertificada con escasa cobertura vegetal natural (explotada o extinguida), suelos erosionados e infértiles y manantiales que han desaparecido o han reducido sus caudales**





Figura 8.  
Quema de ichu en  
cabeceras de cuenca

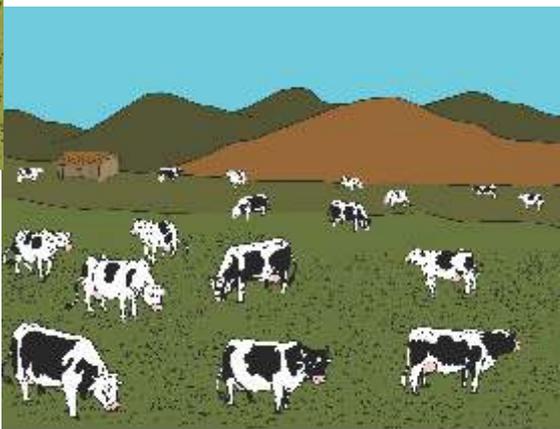


Figura 9.  
Sobrepastoreo en zonas altas

## 2.4 Cambio climático

El cambio climático es una modificación local o global del clima, por lo general debida a causas naturales como variaciones de la energía que viene del sol, circulación oceánica, procesos biológicos, etc. Sin embargo, actualmente se lo asocia con causas antropogénicas, como emisiones de  $\text{CO}_2$  y otros gases que atrapan calor, y cambios en el uso del suelo en grandes extensiones, que ocasionan un calentamiento global.

Como se sabe, las emisiones de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, etc.) debidas principalmente al uso de combustibles fósiles como gasolina, petróleo y gas, además de los incendios forestales, se concentran en la atmósfera e impiden

la salida de los rayos ultravioletas hacia el exterior de la superficie terrestre. Ello produce un aumento de la temperatura, que genera cambios en el clima terrestre y hace más extremos fenómenos naturales como sequías, heladas, granizadas e inundaciones, lo que exige que las poblaciones se adapten a estos nuevos escenarios.

En la sierra peruana, el aumento de la temperatura cambiaría el clima de las regiones naturales. Por ejemplo, en la jalca se podrían cultivar especies que antes de las manifestaciones del cambio climático solo se producían en la quechua; la quechua se volvería yunga; la yunga se volvería chala; y la chala se volvería desértica.

## Efecto del cambio climático en la cuenca

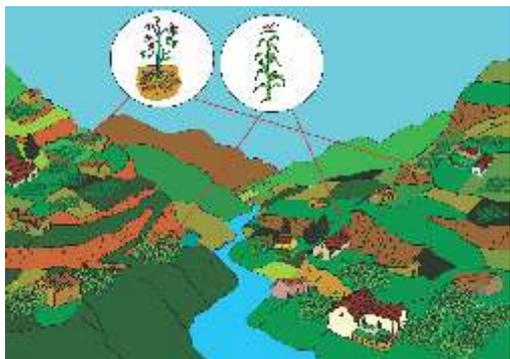


Figura 10. Cuenca antes de los efectos del cambio climático: el maíz se cultiva en zonas bajas

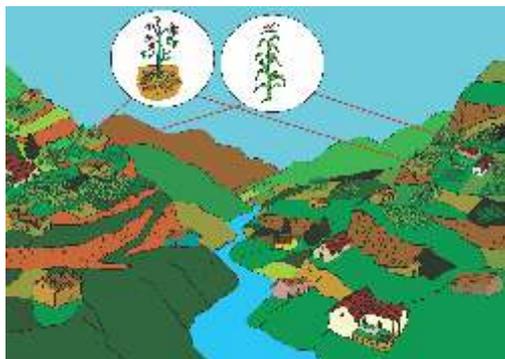


Figura 11. Cuenca con efectos del cambio climático: el maíz se cultiva en zonas más altas

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2014), uno de los casos más preocupantes es el de los Andes. Desde la segunda mitad del siglo pasado, el aumento de la temperatura en los espacios altoandinos ha alcanzado un ritmo de 0.2 a 0.3 °C por década, muy por encima del promedio del planeta. Los pronósticos indican que de continuar la magnitud actual de emisiones de CO<sub>2</sub>, hacia finales del siglo XXI la temperatura en los Andes podría elevarse entre 5 y 6 °C. Por otro lado, en el valle de Cajamarca, según Alva (2011), en los últimos 30 años la temperatura mínima se ha incrementado en 0.26 °C, la temperatura media se ha incrementado en 0.44 °C y la temperatura máxima se ha incrementado en 0.60 °C. En cuanto a las precipitaciones, en los últimos 22

años estas se han incrementado en 0.15 mm/día (54.75 mm/año).

Estos resultados demuestran que en Cajamarca el clima está cambiando. Existen incrementos en la temperatura y las precipitaciones, y en los próximos años continuará esta tendencia.

### **¿Cómo afecta el cambio climático la disponibilidad de agua en nuestra localidad?**

Se presentan eventos climáticos extremos: lluvias más intensas y de menor duración, que generan mayor escorrentía superficial y menor infiltración; y sequías más frecuentes y prolongadas, que generan mayor evaporación y transpiración, y que demandan una mayor cantidad de agua para satisfacer las mismas necesidades.

## 2.5 Incremento de la demanda hídrica

Los gestores, tanto del sector público como del privado, se enfrentan cada vez con mayor frecuencia a una

demanda creciente frente a una disponibilidad hídrica cada vez menor.

El incremento de la población, el incremento de las actividades económicas que necesitan agua, la contaminación de las aguas, el aumento de la temperatura y el uso ineficiente del recurso hídrico, son procesos que se están incrementando, y debido a ello la disponibilidad de

agua es cada vez menor, tanto en cantidad como en calidad. Hasta ahora, el ser humano no ha encontrado ningún proceso químico ni físico que le permita crear agua: es la misma cantidad desde que la Tierra se enfrió, liberó vapor de agua y se originaron las precipitaciones.

**Tabla 2. Crecimiento de la población mundial, nacional y regional**

Año	Mundial	Perú	Cajamarca
500		-	-
1950		7,632,460.00	-
2007		28,220,764.00	1,387,809.00
2016		31,931,146.00	1,529,755.00
2050		42,811,226.00	1,700,000.00

Fuente: elaboración propia sobre la base de publicaciones del INEI.

Como se puede ver en la **tabla 2**, cada año hay más personas en el mundo que necesitan agua para consumo humano y para el desarrollo de actividades como la agricultura, la ganadería, la industria, la minería, la recreación, etc. Esta presión creciente

sobre el recurso hídrico existente en el planeta, el cual no aumenta, solo circula cambiando de forma (ciclo hidrológico), hace más crítica su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad.

**Tabla 3. Dotación mínima de agua (l/hab./día) recomendada por la OMS**

Año	Dotación
Bebida	5.00
Servicios de saneamiento	25.00
Higiene personal	15.00
Cocina	5.00
<b>Total</b>	<b>50.00</b>

Nota: esta dotación diaria equivale a 18.25 m<sup>3</sup>/año.

Fuente: *Guía de diseño: sistemas de cosecha de agua lluvia para consumo humano* (2013).

Se puede analizar el incremento de la demanda y la oferta hídrica a partir de un ejemplo. Para ello, se utiliza el dato de la tabla 3 y se le agregan otros como el caudal de la fuente, que es de

1 l/s en el caserío San Ramón. Se puede ver entonces la oferta y la demanda para una situación actual y la de unos 50 años atrás.

- a) Cincuenta años atrás, el caudal de la fuente solo era utilizado para uso poblacional y pecuario. La oferta era suficiente para satisfacer las necesidades de la población.

Las cinco familias, constituían una población total 25 personas en promedio. Si consideramos la dotación mínima diaria de agua por habitante (50 litros), la demanda diaria es de 1,250 l/día, inferior a la oferta de 86,400 l/día que ofrece la fuente. Por las condiciones productivas del territorio, su producción era solo de secano.

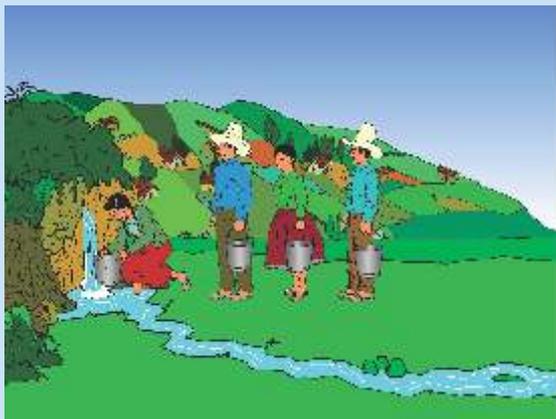


Figura 12. Demanda de agua en el caserío San Ramón hace 50 años

- b) En el contexto actual, la población ha crecido y también se ha incrementado la degradación de los recursos naturales como el agua, el suelo y la flora y fauna. Actualmente la población ya no es de cinco familias sino de 20, que en total constituyen una población de 100 habitantes, los cuales necesitan producir un mayor cantidad de alimentos y no solo mediante cultivos de secano sino con riego. Sin embargo, la fuente de agua no aumenta de caudal; al contrario, ante la degradación del ecosistema, esta disminuye.

Entonces, la demanda poblacional del caserío San Ramón ya no es de 1,250 l/día, sino de 5,000 l/día (750 m<sup>3</sup> para cinco meses de estiaje). Además, para 4 ha de cultivo con riego presurizado se necesitan 20,000 m<sup>3</sup> de agua en promedio, que dan un total de 20,750 m<sup>3</sup> de agua que se necesita en cinco meses para satisfacer las necesidades de la población.

Como ahora el caudal de la fuente ya no es de 1 l/s sino que se ha reducido a 0.75 l/s, se tiene una oferta de agua de 9,720 m<sup>3</sup> en cinco meses de estiaje, insuficiente para cubrir la demanda de la población.



Figura 13. Demanda actual de agua en el caserío San Ramón

### 3. Enfoques para la gestión del agua en la cuenca

El tradicional enfoque fragmentado y sectorizado ya no es una receta que pueda aplicarse en todos los ámbitos de nuestro territorio para la gestión sostenible del agua. Para la gestión del agua en la sierra se han identificado dos enfoques, que se presentan a continuación:

#### 3.1 Enfoque convencional o de gestión de caudales

Es un enfoque basado en el uso de fuentes de agua de flujo permanente, con mediciones de caudales para los proyectos hidráulicos en la época de máximo estiaje (agosto-setiembre) o caudal mínimo y/o regulación mediante grandes embalses de agua,

orientados principalmente al abastecimiento de grandes ciudades y a la agricultura comercial e industrial.

Las fuentes principales pueden ser arroyos, ríos, manantiales, aguas subterráneas, lagunas o reservorios.



Figura 14. Determinación de la oferta de agua con el enfoque convencional

Este enfoque no aprovecha el potencial del caudal de la fuente en todo su ciclo hidrológico, sino considera el caudal del momento más

crítico de la fuente; sin embargo, en la mayoría de las fuentes de agua el caudal es muy variable durante el año, tal como se puede ver en la **tabla 4**.

**Tabla 4. Ejemplo del comportamiento del caudal de un manantial durante un año**

Manantial	Caudal (l/s)											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>El Aliso</b>	1.50	1.50	1.60	1.60	1.50	1.40	1.20	1.10	<b>1.00</b>	1.10	1.30	1.40

Fuente: elaboración propia.

## 3.2 Enfoque de siembra y cosecha de agua

Este enfoque parte de la premisa de que la fuente primaria de agua en las montañas son las precipitaciones, las cuales generan todas las formas de agua presentes en el ciclo hidrológico de una cuenca (escorrentía superficial, arroyos, manantiales, granizo, nieves, neblinas, lagunas, pantanos). En nuestra región son la principal fuente de agua para la sostenibilidad de la

población y para la recarga de las fuentes de agua permanente como los manantiales, ríos y lagunas.

La cosecha de agua se basa en la captación, el almacenamiento y la regulación del agua en el suelo y en embalses de diferente tamaño, para el aprovechamiento de fuentes temporales y permanentes durante todo el año.

**Tabla 5. Distribución de los recursos hídricos en el Departamento de Cajamarca**

Recursos hídricos	Millones de m <sup>3</sup>	%
Producción hídrica en las cuencas de Cajamarca	10,460.00	100.00
Recursos hídricos aprovechados	2,113.00	20.20
Recursos hídricos no aprovechados	8,347.00	79.80

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2011.

En la **tabla 5**, se ve que no se aprovecha el 79.80% de los recursos hídricos en el Departamento de Cajamarca, probablemente debido a que en dicha región existen dos épocas ya definidas: una lluviosa, que varía entre 4 y 7 meses; y una seca, que varía entre 8 y 5 meses. Durante la época lluviosa hay más agua y las

fuentes naturales aumentan, pero estas no son aprovechadas y el agua se pierde mediante los sistemas de drenaje natural (quebradas, ríos, hasta llegar a los océanos). Durante la época de estiaje, en tanto, el recurso disponible es insuficiente para cubrir las necesidades de la población.

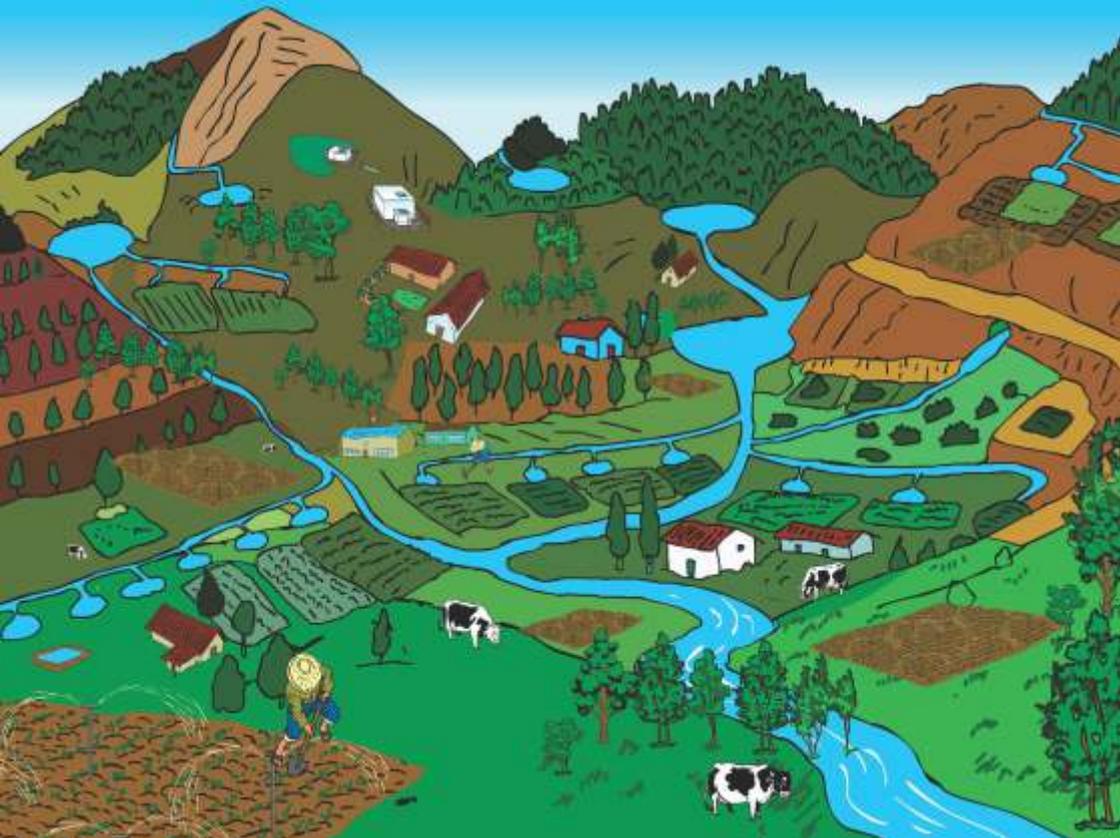


Figura 15. Determinación de la oferta de agua con el enfoque de siembra y cosecha de agua

**Tabla 6. Diferencias entre los enfoques para la gestión del agua en la cuenca**

Enfoque convencional	Enfoque de siembra y cosecha de agua
Utiliza fuentes de agua de flujo permanente (ríos, manantiales, lagunas y aguas subterráneas).	Considera que las precipitaciones son la principal fuente de agua en la sierra y que estas generan todas las formas de agua presentes en la cuenca.
Mediciones de caudales para los proyectos hidráulicos en la época de máximo estiaje.	Aprovecha el caudal de fuentes temporales y permanentes durante todo el año.
Almacenamiento y regulación del agua mediante grandes embalses.	Capta, almacena y regula el agua en el suelo y en embalses de diferente tamaño.

Fuente: elaboración propia.

## 4. Caracterización de la oferta de agua en las cuencas

La cantidad de agua existente en la Tierra hoy es la misma que hace millones de años. Del total, solo el 3% es agua dulce; el 97% restante es agua salada y se encuentra en los mares.

Las poblaciones se encuentran dispersas a lo largo de toda la cuenca, y la caracterización de la oferta de agua para cada una de ellas varía; por ejemplo:

- En la parte alta de la cuenca, las

fuentes principales son los manantiales, lagunas, bofedales e infiltraciones.

- En la parte media de la cuenca, las fuentes principales son los manantiales y ríos.
- En la parte baja de la cuenca, las fuentes principales de agua son los ríos y aguas subterráneas.

Cada una de estas fuentes tiene como origen las precipitaciones, y por lo general son:

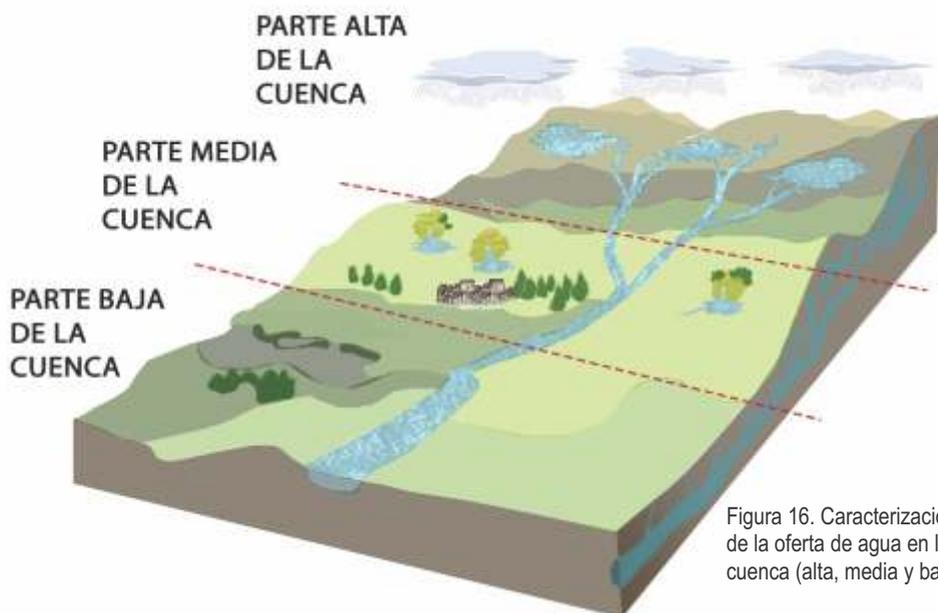


Figura 16. Caracterización de la oferta de agua en la cuenca (alta, media y baja)

- Captadas y reguladas en cuencas de diferente extensión, y explotadas por actividades agrícolas, pecuarias y mineras.

- De poco caudal y de flujo irregular, en relación directa con las precipitaciones pluviales.
- Espacialmente dispersas.

# 5. Pasos para desarrollar experiencias de siembra y cosecha de agua para consumo doméstico rural

## 5.1 Identificación y caracterización de la fuente de agua

La identificación y caracterización de la fuente de agua permitirá definir el tipo de infraestructura por construir y sus dimensiones para un mejor aprovechamiento (en el caso de nuevos sistemas de agua), pero también ayuda a definir las zonas de protección y el tipo de prácticas por desarrollar para la siembra y cosecha de agua. Los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- a) **Paso 1: Georreferenciación:** es la referencia que se tiene de la fuente de agua (lugar de donde es captada el agua), en sistema de coordenadas UTM (universal transversal de Mercator) o sistema de coordenadas geográficas. Para obtener este dato, hay que ubicarse en la fuente de agua o captación y, por medio de un navegador, capturar las coordenadas de ubicación.
- b) **Paso 2: Fuentes de agua:** existen dos tipos de fuentes de agua para consumo doméstico que pueden conservarse a partir del enfoque de siembra y cosecha de agua. Estas son: las **aguas superficiales**, conformadas por los arroyos, ríos, lagunas, etc.; y las **aguas subterráneas**, formadas por el agua de las precipitaciones que se infiltra en el suelo. En este paso se describe la fuente de agua encontrada indicando el nombre local que tiene la fuente: quebrada, río, manantial, etc.
- c) **Paso 3: Captación:** si no existe infraestructura, se debe describir la zona donde estaría ubicada; si existe, se debe describir el tipo de infraestructura utilizada. En el caso de aguas superficiales, la infraestructura pueden ser barrajes, cajas de captación, etc.; y en el caso de manantiales pueden ser de **“ladera”**, si el agua aflora de manera horizontal, o de **“fondo”**, si el agua aflora en forma ascendente hacia la superficie; asimismo, si el afloramiento es en un solo punto, se trata de un manantial **“concentrado”**, y si es en varios puntos es **“difuso”**.
- d) **Paso 4: Caudal de la fuente:** es importante contar con los valores máximo y mínimo de los caudales de la fuente, que se dan en épocas de lluvia y de estiaje, respectivamente. Estos servirán de referencia para evaluar los resultados de las prácticas de conservación de la fuente de agua. Para calcular el caudal de la fuente se utilizará el método volumétrico.

### Método volumétrico

Consiste en calcular el caudal de una fuente conociendo el tiempo que demora en llenarse un depósito de volumen conocido. Para ello, dividimos el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos que demora en llenarse el depósito, utilizando la fórmula siguiente:

$$Q = V / T$$

Donde:

Q = caudal (litros por segundo)

V = volumen del recipiente (litros)

T = tiempo promedio (segundos)

Para aplicar este método es necesario encauzar el agua de su estado natural hasta que esta se escurra por un solo punto generando un chorro, de tal manera que se pueda captar todo el volumen de agua. Si la fuente ya tiene una estructura (captación de un sistema de agua potable), se recoge el agua de los "llorones" de la cámara húmeda.

Figura 17. Aforo de un manantial, método volumétrico



Para lograr una mayor exactitud, se recomienda realizar como mínimo tres mediciones y luego sacar el promedio del tiempo. A continuación, se presenta un ejemplo para ilustrar el uso de este método:

**Datos:**

Caserío : San Juan  
 Nombre de la fuente : Ojo de Agua  
 Fecha : 16/11/2016  
 Recipiente : 5 litros

Número de repeticiones	Recipiente (litros)	Tiempo (segundos)
1	5	9
2	5	10
3	5	9

Hay que encontrar el promedio del tiempo, lo que consiste en sumar los tiempos (9+10+9 = 28) y dividir el total entre el número repeticiones (3): el resultado es  $28/3 = 9.33$  segundos. El caudal del manantial **Ojo de Agua** resulta de dividir el volumen del recipiente entre el tiempo promedio (5 litros / 9.33 segundos) = 0.5359 litros/segundo.

**e) Paso 5: Pluviometría:** las precipitaciones normalmente se presentan unos cuantos meses del año. Para su aprovechamiento es importante conocer qué cantidad cae durante este periodo. Esta información se debe obtener del Senamhi.

El agua que llega a la cuenca a través de las precipitaciones toma varios caminos:

- Una cierta cantidad penetra en el suelo y es aprovechada por las propias plantas para su crecimiento.
- Otro porcentaje se infiltra y va a recargar los acuíferos para luego formar los manantiales.
- Otra parte, que no logra penetrar en el suelo, se escurre superficialmente y se pierde

por las quebradas y ríos hasta llegar al mar.

- Otro porcentaje se evapora y vuelve a la atmósfera para formar las nubes.

En Cajamarca, la precipitación promedio es de 650 mm/año aproximadamente. Esto quiere decir que todos los años Cajamarca recibe en promedio 650 litros de agua por metro cuadrado de superficie (0.65 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), lo cual equivale a 6,500 m<sup>3</sup>/ha. El gran desafío, entonces, está en poder acondicionar nuestro territorio con prácticas de siembra y cosecha de agua que logren retener la mayor cantidad posible de esta agua que se escurre superficialmente y que en muchos casos termina en el mar.

## 5.2 Determinación de la calidad del agua de la fuente

La calidad del agua se mide por la presencia y cantidad de contaminantes, y para conocerla con exactitud es necesario realizar análisis del agua en un laboratorio certificado. Para ello, se toman muestras de agua de acuerdo con los protocolos establecidos y se realizan los análisis físico, químico y microbiológico de la fuente que será utilizada.

Luego con los resultados obtenidos, se determina la calidad del agua teniendo en cuenta los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua<sup>3</sup> actualizados por el Minam, según lo siguiente:

### **Categoría 1:**

Poblacional y recreacional.

### **Subcategoría A:**

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

**A1.** Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

**A2.** Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

**A3.** Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Para el caso de los sistemas de agua potable rural es recomendable trabajar de preferencia con aguas de la subcategoría A1, que se pueden desinfectar simplemente con la cloración, y en algunos casos con aguas de la subcategoría A2. En el caso de la subcategoría A3, los costos de operación y mantenimiento son muy elevados y se requieren capacidades humanas locales especializadas.

Los resultados de los análisis de agua pueden tener una validez máxima de tres años<sup>4</sup>; sin embargo, si existiesen actividades extractivas o agricultura con uso de agroquímicos en las zonas de recarga hídrica, es necesario realizar los análisis anualmente.

### **Identificación de peligros y eventos peligrosos asociados a las zonas de captación y sus medidas de control para el abastecimiento de agua para consumo doméstico:**

- a) Se utilizará la **tabla 7** para determinar los peligros y eventos peligrosos asociados que afectan a las cuencas de captación:

<sup>3</sup>D. S. 004-2017-Minam. *Norma que modifica los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.*

<sup>4</sup>Directiva Sanitaria 058-Minsa/Digesa-V.01. *Directiva Sanitaria para la formulación, aprobación y aplicación del plan de control de calidad (PCC) por los proveedores de agua para consumo doméstico.*

**Tabla 7. Lista de verificación de peligros y eventos peligrosos típicos que afectan a las cuencas de captación**

Evento peligroso (fuente de peligro)	Peligros asociados (y cuestiones para tener en cuenta)
Fenómenos meteorológicos	Inundación; cambios rápidos en la calidad del agua de la fuente
Variaciones estacionales	Cambios en la calidad del agua de la fuente
Geología	Arsénico, fluoruro, plomo, uranio, radón, pozos de infiltración (entrada al sistema de agua superficial)
Agricultura	Contaminación microbiológica, plaguicidas, nitrato, abonado con estiércol líquido o sólido, desecho de cadáveres de animales
Explotación forestal	Plaguicidas, HPA – hidrocarburos poliaromáticos (fuegos)
Industria (incluidos los emplazamientos de antiguas industrias y las industrias abandonadas)	Contaminación química y microbiológica; posible pérdida de agua de la fuente debido a su contaminación
Minería (incluida las minas abandonadas)	Contaminación química
Transporte por carreteras	Plaguicidas, sustancias químicas (accidentes de tráfico)
Transporte por líneas de ferrocarril	Plaguicidas
Transporte por aeropuertos (incluidos los aeródromos abandonados)	Productos químicos orgánicos
Desarrollos urbanísticos	Escorrentía
Viviendas: fosas sépticas	Contaminación microbiológica
Mataderos	Contaminación orgánica y microbiológica
Fauna	Contaminación microbiológica
Usos recreativos	Contaminación microbiológica
Demanda de agua para otros usos	Cantidad insuficiente
Almacenamiento de agua cruda	Toxinas y floraciones de algas; estratificación
Acuífero no confinado	Cambios inesperados en la calidad del agua
Deficiente impermeabilización de la toma de agua de pozo o pozo-sondeo	Entrada de agua superficial
Revestimiento de pozo sondeo corrido o incompleto	Entrada de agua superficial
Inundación	Cantidad y calidad suficientes de agua cruda

Fuente: Directiva Sanitaria 058-Minsa/Digesa-V.01. *Directiva Sanitaria para la formulación, aprobación y aplicación del plan de control de calidad (PCC) por los proveedores de agua para consumo doméstico*, anexo B.

- b) Se utilizará la **tabla 8** para definir los peligros en una cuenca de captación de las medidas de control de:

**Tabla 8. Medidas típicas de control de peligros en una cuenca de captación**

Medidas típicas de control de peligros en una cuenca de captación
Restricción del acceso a las cuencas de captación
Propiedad y control del servicio de abastecimiento de agua de las tierras de la cuenca de captación
Cercado del ganado
Alejamiento del ganado del acceso al río durante los periodos de alumbramiento de vacas y ovejas
Códigos de prácticas sobre el uso de sustancias químicas agrícolas y el abono con estiércol líquido
Alejamiento de las explotaciones agropecuarias de lugares sensibles
Planificación de medidas de control
Acuerdos y comunicación con organizaciones de transporte
Comunicación con, y educación de, las entidades involucradas de la cuenca de captación
Normas sobre efluentes industriales y medidas de control de los volúmenes
Almacenamiento de agua cruda
Capacidad de cerrar las tomas de agua (información sobre tiempos de recorrido)
Biología fluvial: indicadores de contaminación difusa o localizada
Cobertura y protección de manantiales
Capacidad de utilizar otras fuentes de agua de calidad cuando una fuente se ve afectada por algún peligro
Monitoreo continuo de las tomas de agua y los ríos
Inspecciones de las instalaciones
Inspecciones internas periódicas de pozos y pozos-sondeo

Fuente: Directiva Sanitaria 058-Minsa/Digesa-V.01. *Directiva Sanitaria para la formulación, aprobación y aplicación del plan de control de calidad (PCC) por los proveedores de agua para consumo doméstico, anexo D.*

- c) Las tablas 7 y 8 presentan un conjunto de situaciones y soluciones que se pueden tomar de manera general. Sin embargo, hay que tener en cuenta otras condiciones más locales; por ejemplo, cambios repentinos en el color del agua, etc.

### 5.3 Delimitación del área de recarga de la fuente de agua

Una vez identificada y caracterizada la fuente de agua, se debe delimitar su área de recarga. Ello con el objetivo de implementar un conjunto de prácticas que permitan evitar la escorrentía superficial y faciliten la infiltración de las aguas de lluvia. Esto se realiza en dos momentos:

- a) El primer momento consiste en utilizar los datos recogidos en campo de georreferenciación de las fuentes y, con la ayuda de un sistema de información geográfica (SIG), generar mapas que delimiten el área de influencia de las fuentes.
- b) El segundo momento consiste en

delimitar en campo el área de captación o recarga de las fuentes. Para ello, de los mapas generados en gabinete, se toman los datos de georreferenciación de las fuentes y un número de datos adicionales referenciales que, con la ayuda de un navegador, permitan hacer la delimitación correspondiente.

El área de captación o de recarga es el espacio territorial donde caen las precipitaciones que luego se concentran en un punto de afloramiento natural o almacenamiento artificial (reservorios), como en la **figura 18**.

Figura 18. Área de captación o de recarga de las fuentes (para un manantial o reservorio)



## 5.4 Definición *in situ* del tipo de prácticas de siembra y cosecha de agua por implementar

Después de haber identificado y caracterizado la fuente y el área de captación, se hace un recorrido por esta para definir el tipo de prácticas de siembra y cosecha de agua que se debe implementar. Estas prácticas deben permitir la captación y la regulación de los flujos de escorrentía superficial y facilitar la infiltración en el suelo para la recarga de los acuíferos y el incremento del caudal de los manantiales y otros cuerpos de agua natural.

Durante el recorrido del área de recarga es necesario tomar conocimiento de algunas de sus características, como las siguientes:

- Si el área es un terreno privado (predios familiares) o son terrenos comunales.
- El área total y parcial, si hubiera más de un predio familiar.
- Si el área es habitada por familias o solo son terrenos cultivables.
- El uso actual del suelo, el tipo de cultivos, los recursos forestales nativos, etc.
- La topografía y las pendientes.
- Los tipos de suelos.

Para definir el tipo prácticas por implementar es necesario tener en cuenta dos situaciones que se pueden presentar: (1) si el área está ocupada por familias con un desarrollo intensivo de actividades agropecuarias y (2) si son áreas que han sido poco intervenidas y que aún cuentan con cobertura vegetal natural.

### **Áreas destinadas al desarrollo intensivo de actividades agropecuarias**

Predios familiares con áreas reducidas (menores de 3 ha) y con intensa actividad agropecuaria. En estas áreas se deben implementar prácticas mecánico-estructurales, vegetativas y agronómicas, asociadas a la actividad agrícola o pecuaria desarrollada en el predio, como se muestra en la **figura 19**.

- **Prácticas mecánico-estructurales:** cercos de piedras, terrazas de formación lenta y/o andenería.
- **Prácticas vegetativas:** agroforestería, silvopasturas y asociación de cultivos.
- **Prácticas agronómicas:** surcos en contorno y abonamiento orgánico.

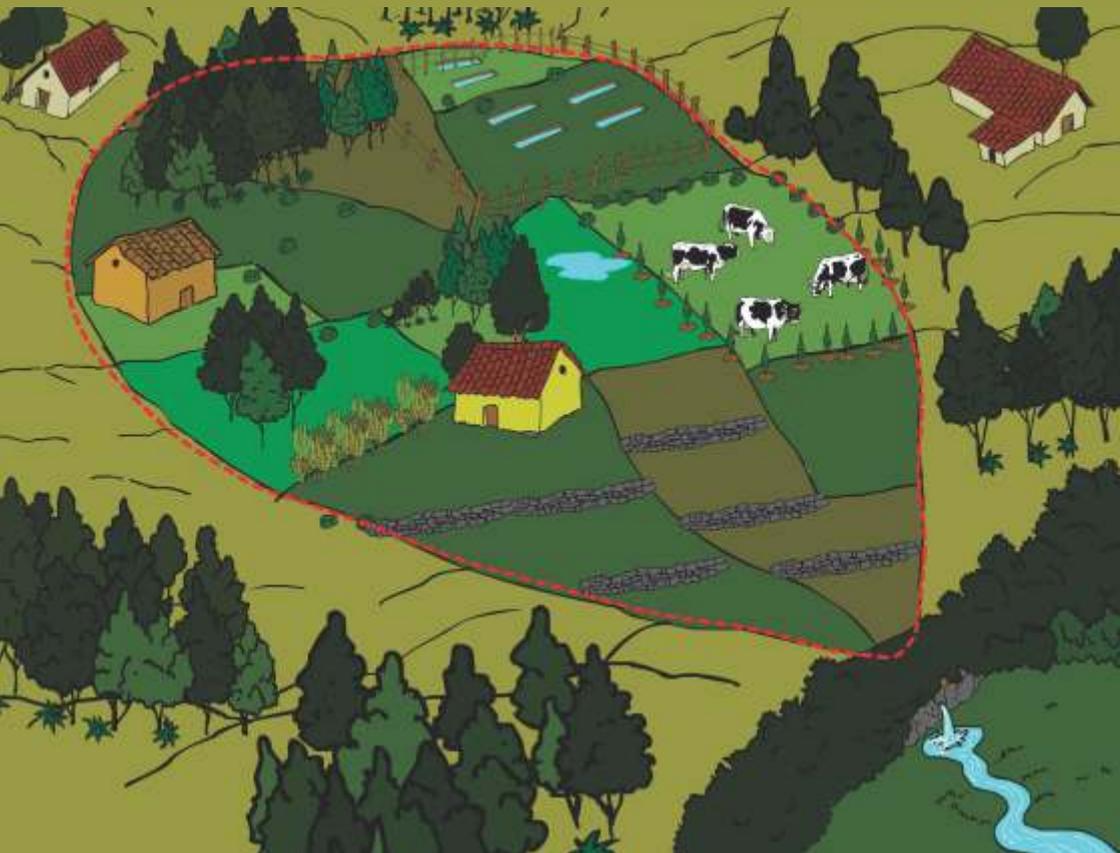


Figura 19. Áreas destinadas a la actividad agrícola y pecuaria, con prácticas de siembra y cosecha de agua

### Áreas con cobertura vegetal natural poco intervenida

Son áreas que, por sus características fisiográficas, edáficas y de tenencia, no están siendo utilizadas de manera intensiva por la población local. En estas condiciones, lo más común es desarrollar prácticas mecánico-estructurales y prácticas vegetativas, como se muestra en la figura 20.

- **Prácticas mecánico-estructurales:** acequias de infiltración y diques para el control de cárcavas.
- **Prácticas vegetativas:** conservación de pastos naturales, clausura de praderas, y forestación y reforestación con especies nativas de bajo consumo de agua.

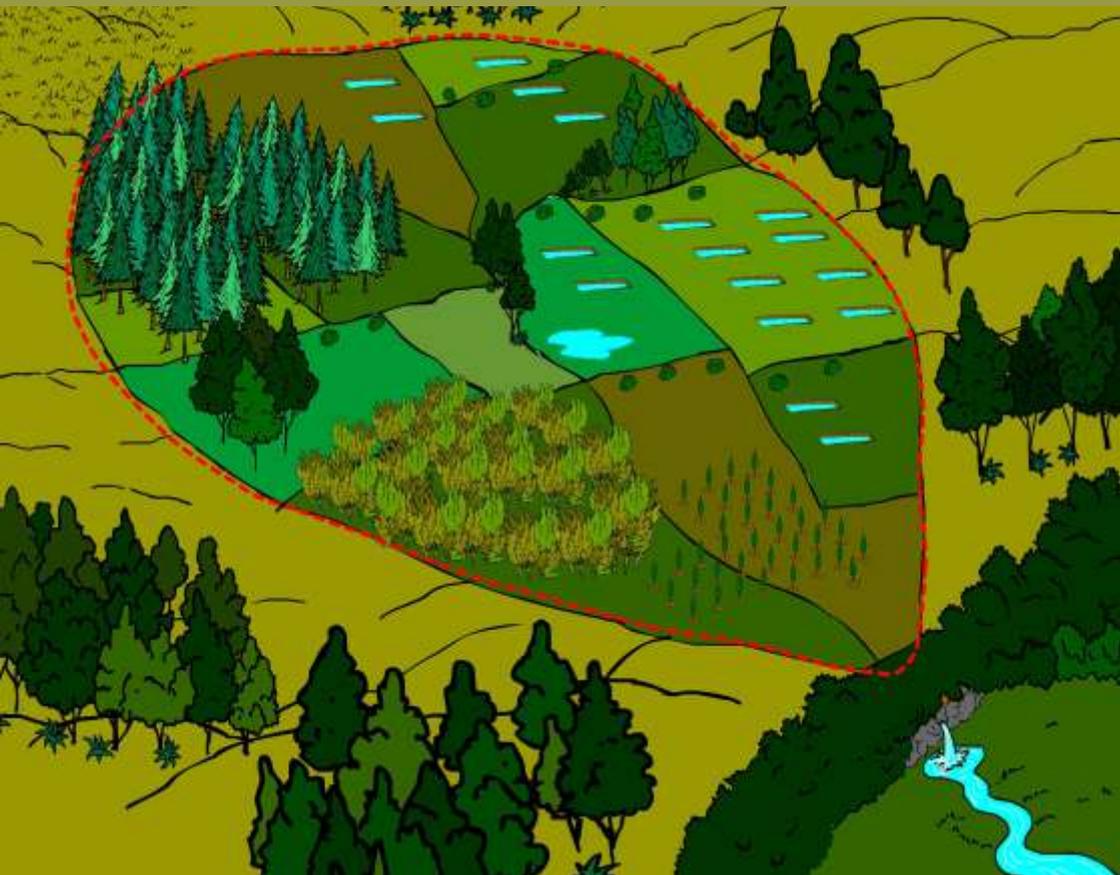


Figura 20. Áreas naturales con prácticas de siembra y cosecha de agua

## 5.5 Organización del trabajo comunal

Los actores principales para la organización del trabajo comunal son los siguientes: el Gobierno local, los beneficiarios del Sistema de Agua Potable (SAP) y la población ubicada en el área de captación de agua para la fuente.

Una de las principales consideraciones antes de iniciar cualquier intervención es establecer acuerdos de cooperación (actas, permisos, etc.) entre los actores, si es posible respaldados por ordenanzas municipales, con el objetivo de evitar conflictos y

fortalecer la implementación y la sostenibilidad de las tecnologías de siembra y cosecha de agua. Además, deben dejar en claro los beneficios de las partes, como, por ejemplo:

- Recuperación y conservación de suelos.
- Generación de microclimas favorables para el desarrollo de cultivos y crianza de animales mayores y menores.

- Capitalización del predio.
- Mejoramiento del paisaje.
- Recarga de acuíferos, etc.

Se requiere organizar y concertar el trabajo en tres momentos. A continuación, se precisan estos momentos y se recomiendan algunas responsabilidades para los actores principales, que dependerán del acuerdo entre las partes:

**Momento 1:** Elaboración del plan de siembra y cosecha de agua.

Se desarrolla una fase de campo, que consiste en visitar la zona y recoger toda la información relacionada con el área de captación.

Responsabilidades		
Gobierno local (profesional/técnico)	Beneficiarios del SAP (consejo directivo / asociados)	Familias asentadas en el área de captación
Presentar en asamblea la propuesta para la elaboración del plan de siembra y cosecha de agua.	Participar en la asamblea, donde se presenta la propuesta para la elaboración del plan de siembra y cosecha de agua.	Participar en la asamblea, donde se presenta la propuesta para la elaboración del plan de siembra y cosecha de agua.
Dirigir la delimitación de la zona.	Apoyar en la delimitación física de la zona de captación.	Definir los linderos de los predios o de las zonas comunales.
Recoger información técnica (recursos, topografía, usos del suelo, vegetación, etc.).	Proporcionar información sobre uso del suelo, vegetación, etc.	Proporcionar información sobre uso del suelo, vegetación, etc.

**Momento 2:** Implementación del plan de siembra y cosecha de agua.

Se ejecutan todas las actividades previstas en el plan; es decir, se desarrollan todas las prácticas de siembra y cosecha de agua, de acuerdo con la zonificación prevista.

Responsabilidades		
Gobierno local (profesional/técnico)	Beneficiarios del SAP (consejo directivo / asociados)	Familias asentadas en el área de captación
Presentar en asamblea el plan de siembra y cosecha de agua.	Participar en la asamblea, donde se presenta el plan de siembra y cosecha de agua.	Participar en la asamblea, donde se presenta el plan de siembra y cosecha de agua.
Brindar asistencia técnica para la instalación de un vivero comunal y en la producción de recursos forestales.	Participar en los trabajos de instalación de un vivero comunal y en la producción de recursos forestales.	Participar en los trabajos de instalación de un vivero comunal y en la producción de recursos forestales.
Zonificar el tipo de práctica conservacionista que se va a ejecutar.	Organizarse en brigadas/grupos para la ejecución de las prácticas conservacionistas.	Verificar el tipo de prácticas en ejecución, de acuerdo con lo previsto en el plan.
Dirigir la ejecución de las prácticas conservacionistas.	Ejecutar las prácticas conservacionistas.	Recibir oficialmente los trabajos realizados por los beneficiarios del SAP, en presencia de los representantes del Gobierno local.
Apoyar con herramientas, semillas, recursos forestales, etc., necesarios para la ejecución de las prácticas conservacionistas.	Hacer entrega oficial de los trabajos realizados a las familias asentadas en el área de captación, en presencia de los representantes del Gobierno local.	

**Momento 3:** Mantenimiento del área de siembra y cosecha de agua.

Se desarrolla luego de la ejecución de las prácticas y se debe realizar cada cierto tiempo, de acuerdo a si la actividad es de tipo preventivo o correctivo.

Responsabilidades		
Gobierno local (profesional/técnico)	Beneficiarios del SAP (consejo directivo / asociados)	Familias asentadas en el área de captación
Asistencia técnica para los trabajos de mantenimiento.	Organizarse en brigadas / grupos para los trabajos de mantenimiento.	Organizarse para los trabajos de mantenimiento.
Apoyar con herramientas necesarias para los trabajos de mantenimiento.	Ejecutar los trabajos de mantenimiento.	Ejecutar los trabajos de mantenimiento.
	Establecer un fondo económico para gastos de mantenimiento, a través de la cuota familiar o de cuotas extraordinarias.	

## 5.6 Monitoreo de la fuente de agua

Esta actividad tiene como objetivo conocer el comportamiento de los caudales de las fuentes de agua a lo largo del año. Además, permite prever y regular el abastecimiento del servicio de agua para consumo humano. Este trabajo debe ser realizado por el operador del servicio de agua potable y consiste en el aforo

mensual de cada una de las fuentes de agua, utilizando el método volumétrico (como se describe en el punto (d) Paso 4: Caudal de la fuente, del acápite 5.1 Identificación y caracterización de la fuente). La información mensual debe ser registrada para facilitar su evaluación.

# 6. Tecnologías de siembra y cosecha de agua

Son medidas orientadas principalmente a mejorar la disponibilidad superficial de agua. Estas tecnologías captan el agua proveniente de las precipitaciones (lluvia, granizo, nieve) y de fuentes permanentes, para fortalecer la recarga hídrica de acuíferos y la disponibilidad de agua.

Existen varias técnicas que permiten mejorar la recarga de acuíferos y el rendimiento de los puntos de afloramiento de agua. Entre ellas, las siguientes:

- Prácticas mecánico-estructurales: entre las principales están las acequias o zanjas de infiltración, las terrazas de formación lenta y los diques para el control de cárcavas.
- Prácticas vegetativas: reforestación con especies de consumo bajo de agua, manejo y conservación de pastos naturales, clausura de praderas, agroforestería, silvopasturas y asociación de cultivos.
- Prácticas agronómicas: surcos en contorno y manejo de abonos orgánicos.
- Embalses artificiales de diferente tamaño: grandes, medianos y pequeños; se aprovechan los vasos naturales u hoyadas que, mejoradas con diques de piedra, permiten almacenar agua para facilitar su infiltración.

Manejadas adecuadamente, todas estas técnicas contribuyen a fortalecer la recarga de acuíferos. Sin embargo, es importante tener evidencias documentadas que fortalezcan los niveles de intervención y permitan ampliar su escala y potenciar su repetición. Entre las más difundidas, están las siguientes:

- Acequias o zanjas de infiltración.
- Mamanteo.
- Clausura de pastos o praderas.
- Terrazas.

## 6.1 Zanjas de infiltración

### 6.1.1 Descripción de la tecnología

Esta práctica consiste en construir canales o zanjas en el sentido de las curvas de nivel, para retener la escorrentía superficial del agua de lluvia y favorecer su infiltración

(penetración en el suelo), de modo que luego esta pueda resurgir o aparecer de manera regulada a través de manantiales y otros cuerpos de agua, durante la época seca.

Las zanjas de infiltración se construyen de preferencia en suelos arenosos o francos arenosos, para facilitar la infiltración del agua. No se recomienda construirlas en suelos

arcillosos porque la infiltración es lenta o casi nula. Otro factor importante es la pendiente del área de captación, la cual puede variar entre el 5 y el 40%.

### El proceso constructivo

#### Paso 1: Ubicación de la zona

En la parte superior o media de una ladera, para capturar, retener y almacenar las escorrentías superficiales de lluvias provenientes de las partes más altas. Sin embargo, si su uso es específico para fortalecer el caudal de un manantial, hay que construirlas en el área ubicada sobre la fuente.

Figura 21. Nivel en "A"



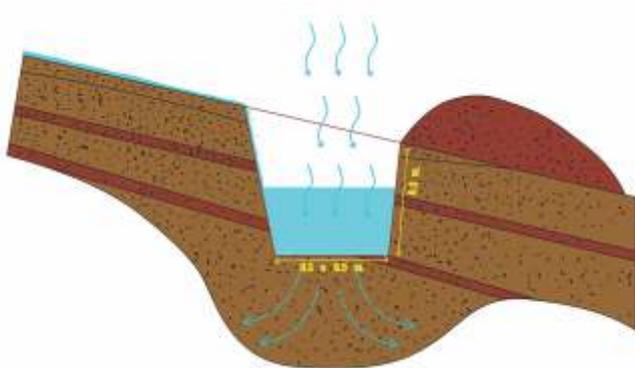


Figura 22. Diseño transversal de la zanja de infiltración

### **Paso 2: Trazo**

Las líneas para la construcción de la zanja deben tener pendiente cero y estar trazadas a curvas de nivel utilizando un nivel en "A". Se deben marcar en el suelo de acuerdo con las dimensiones establecidas.

### **Paso 3: Construcción de la zanja**

La zanja se construye de manera manual con herramientas tradicionales como picos, palas, barretas y combas; o de manera mecanizada utilizando un tractor agrícola.

El diseño consiste en construir una zanja abierta con las dimensiones siguientes:

Largo : 5 m.

Ancho : de 0.3 a 0.5 m.

Profundidad : 0.3 m.

Las zanjas son paralelas. La distancia entre ellas dependerá de la pendiente del terreno, pero normalmente varía entre 10 y 20 m. A mayor pendiente, la distancia entre zanjas será menor.

La tierra extraída se deposita en la parte inferior de la zanja para formar un pequeño bordo, en el cual se puede sembrar pasto o algunas especies forestales nativas de bajo consumo de agua.

## 6.2 Mamanteo

### 6.2.1 Descripción de la tecnología

Es una tecnología que se utiliza en los Andes desde la época de nuestros ancestros. Es conocido también como amuna. Consiste en derivar agua desde una quebrada o río a un punto o área de infiltración identificado previamente. La finalidad es captar las aguas en épocas de

lluvia y utilizarlas en épocas de estiaje a través de los manantiales.

El sistema consiste de lo siguiente:

- Una captación en quebrada o río.
- Canal.
- Un área de infiltración.



Figura 23. Esquema del sistema de mamanteo

#### Paso 1: Ubicación del área de infiltración

El área debe tener características de alta infiltración como resultado de su formación natural, como fallas geológicas o tragaderos ubicados en las partes altas o medias de la cuenca. A través de canales, se conduce el agua desde las quebradas o arroyos, durante la época lluviosa, hacia la zona de infiltración.

## Paso 2: Trazo de la captación y canal

El trazo de la captación depende de las características de la quebrada. El canal de conducción debe tener una cierta inclinación (pendiente). El trazo se realiza utilizando un nivel en "A". Se debe marcar en el suelo de acuerdo con las dimensiones establecidas.

## Paso 3: Construcción

Se construye manualmente utilizando herramientas como picos, palas y barretas; desde la captación y el canal de aducción de agua hasta la zona de infiltración.

**Captación:** estructura ubicada en la quebrada. Su construcción por lo general es rústica y para ella se aprovecha el material de la zona, como rocas y champas.

**Canal:** puede ser en tierra, revestido con concreto o emboquillado de piedra. Por lo general tiene forma rectangular y las siguientes dimensiones:

Ancho : de 0.4 a 0.5 m.

Profundidad : 0.3 m.

Longitud : variable, de acuerdo a la zona donde se implementa.

## 6.2.2 Operación y mantenimiento

El componente principal del sistema de mamanteo son los canales; por lo tanto, las actividades se dirigen a su mantenimiento. Los beneficiarios de

la fuente realizan esta labor de manera organizada todos los años, con el fin de asegurar el funcionamiento correcto del sistema.

## 6.3 Clausura de pastos o praderas

Es una práctica que permite la recuperación y el crecimiento de la cobertura vegetal, y la recuperación de la materia orgánica. La cobertura

vegetal disminuye la velocidad de la escorrentía superficial y facilita la infiltración del agua para la recarga de los acuíferos.

### 6.3.1 Descripción de la práctica

Esta práctica se realiza para recuperar áreas degradadas por sobrepastoreo y otras actividades realizadas por el ser humano. Consiste en cerrar o clausurar un área o pradera que esté ubicada en la cabecera de una cuenca o que haya sido identificada como

área de captación para una determinada fuente de agua, utilizando materiales de la zona (piedras, champas) para formar los cercos o también mallas ganaderas o alambre de púas (es más barato).

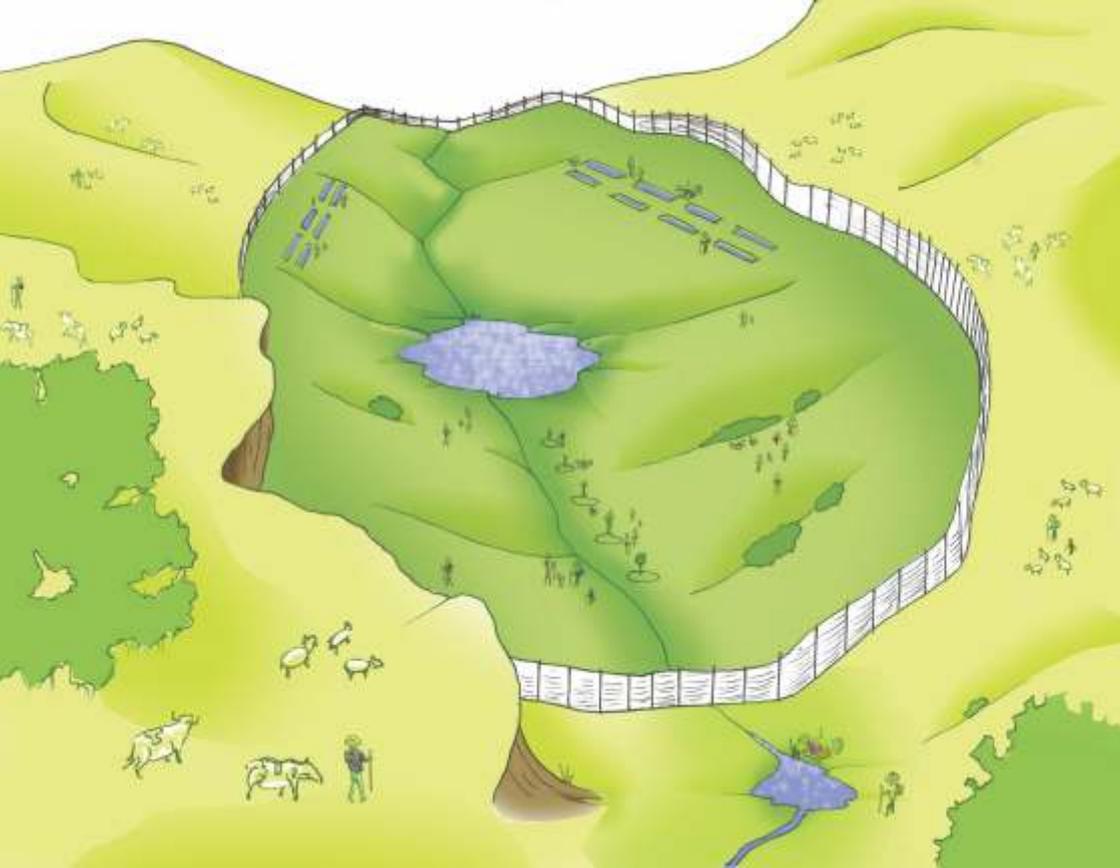


Figura 24. Clausura de pastos

El proceso consiste en lo siguiente:

### **Paso 1: Ubicación y delimitación del área o pradera**

En la parte alta de la cuenca, sobre el punto de afloramiento de una fuente de agua (manantial), en áreas con poca cobertura vegetal producto del intenso sobrepastoreo. Una vez identificada el área, se selecciona y mide el terreno donde se va a instalar el cerco.

### **Paso 2: Trazo del cerco**

Se traza la línea por donde deben ir los postes. Esta puede ser una línea recta o adaptada de acuerdo con la forma del área que será clausurada. Luego se trazan los hoyos de acuerdo con el distanciamiento establecido en el diseño.

### Paso 3: Construcción

Empieza con la apertura de hoyos para la instalación de postes. Este trabajo se realiza manualmente, utilizando picos, barretas y combas. Para ello, se deben tener las siguientes consideraciones:

- La profundidad de los hoyos puede variar entre 0.30 y 0.50 m.
- Los postes deben ser sumergidos en aceite quemado por un día, y luego se les debe aplicar una cubierta de brea derretida.
- El distanciamiento entre postes es de 5 m y se coloca una traba doble cada cinco postes.
- Para evitar el ingreso de animales, se distribuyen seis hileras de alambre cuyas distancias entre sí pueden ser las siguientes:
  - ❖ Primera línea: a 0.15 m del ras del suelo.
  - ❖ Segunda línea: a 0.20 m.
  - ❖ Tercera línea: a 0.20 m.
  - ❖ Cuarta línea: a 0.25 m.
  - ❖ Quinta línea: a 0.30 m.
  - ❖ Sexta línea: a 0.40 m.
- En cada línea se aplica el tensor de alambre utilizando una longitud máxima de 100 m. Luego se asegura con grapas en cada uno de los postes instalados.

## 6.3.2 Mantenimiento

El componente principal de esta práctica es el cerco. Por lo tanto, las actividades deben dirigirse a evitar el contacto de animales mayores que puedan romper el alambre y los postes. Es una actividad que se debe

sensibilizar con los comuneros o pobladores ubicados alrededor del área clausurada, y establecer un mecanismo de aprovechamiento sostenible de la pradera.

## 6.4 Terrazas

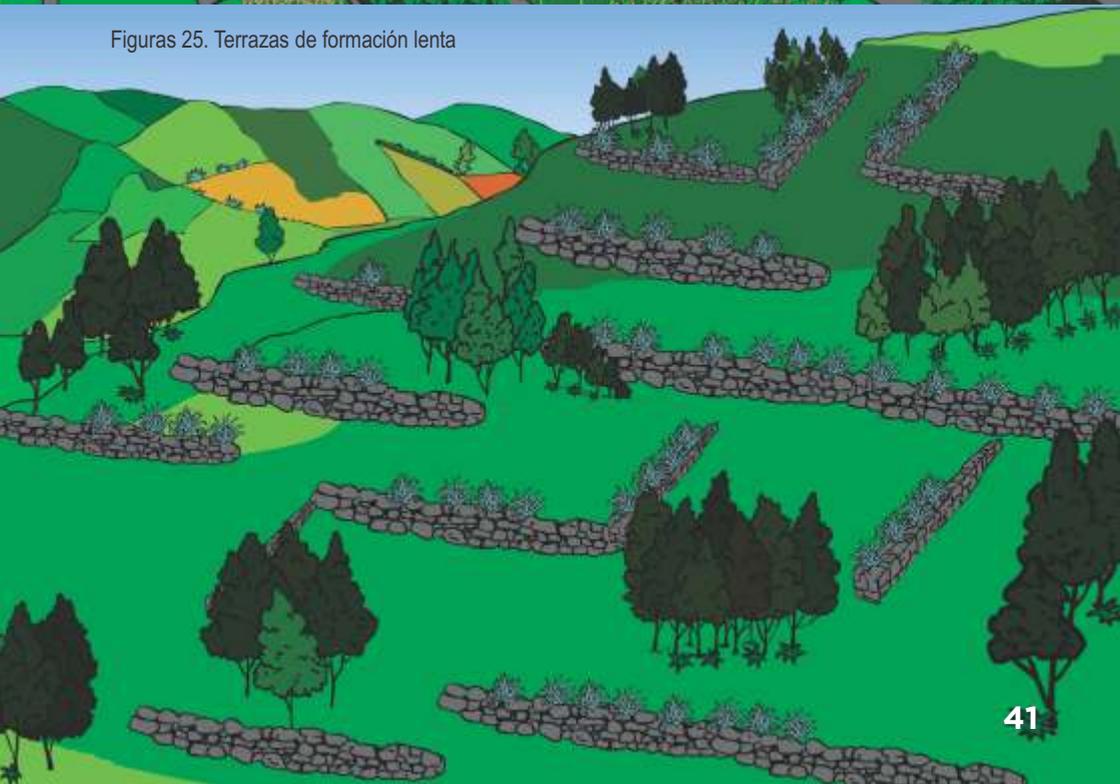
### 6.4.1 Descripción de la práctica

Son estructuras constituidas por un terraplén plano o semiplano y un muro vertical o casi vertical. Este muro puede ser de piedra, tierra, champas o material vegetal. Las terrazas permiten la regulación de los

flujos de escorrentía superficial, disminuyendo la erosión de los suelos y favoreciendo la infiltración del agua. Pueden ser terrazas de banco o terrazas de formación lenta.



Figuras 25. Terrazas de formación lenta



## Proceso constructivo de una terraza de formación lenta

### Paso 1: Ubicación de la terraza

Son aplicables en casi todos los lugares montañosos de la sierra; en zonas de ladera donde se desarrollan actividades agrícolas en forma intensiva y también en áreas semiplanas donde se quiera aprovechar al máximo el área disponible sin que esta se degrade por efectos de la erosión.

### Paso 2: Trazo de la terraza

Una vez identificada el área, se trazan al menos dos curvas de nivel consecutivas, dejando entre ellas el ancho que se requiere dar a la terraza. El trazo se realiza utilizando un nivel en "A", y se debe marcar el suelo de acuerdo con las características de diseño establecido.

### Paso 3: Construcción

Se construye de forma manual, utilizando herramientas tradicionales propias del agricultor, como picos, palas, barretas y combas.

- ❖ Zanjas: 0.40 m de ancho y 0.40 m de profundidad.
- ❖ Ancho de la terraza: de 10 a 20 m, dependiendo de la distancia real de las curvas de nivel.
- ❖ Longitud: entre 50 y 80 m.
- ❖ Altura de muro: variable.

Para construir una terraza, primero se hace la zanja y la tierra excavada se coloca en la parte superior formando un bordo de 30 a 40 cm de alto; luego este se apisona y se siembran algunos pastos o especies forestales nativas de la propia zona, para proteger el talud de la erosión.

## 6.4.2 Mantenimiento

El mantenimiento consiste en realizar una vigilancia constante de los muros de la terraza. Cuando estos son de

piedra, por lo general las piedras que están en la parte superior se caen y hay que ponerlas en su lugar.

# Anexo

## Modelo de plan de siembra y cosecha de agua para consumo doméstico

### Índice

#### 1. Introducción

#### 2. Justificación

#### 3. Objetivos

3.1 Objetivo general

3.2 Objetivos específicos

#### 4. Descripción del plan

4.1 Identificación y caracterización de la fuente de agua

**Tabla N.º ... Georreferencias y caudales de las fuentes de agua (modelo)**

Sistema de agua potable (SAP)	Nombre de la fuente	Coordenadas UTM			Caudal (l/s)	N.º de beneficiarios
		Norte	Este	Costa		
SAPUC	Chorro blanco 1	9185097	771120	3110	1.603	229
	Chorro blanco 2	9185107	771150	3097	3.732	
	La Tuna	9185799	771083	2952	0.721	
	Agua fría	9185755	771521	2863	3.453	

4.2 Determinación de la calidad del agua de la fuente

**Tabla N.º ... Lista de peligros y eventos peligrosos en áreas de captación de fuentes de agua (modelo)**

Lista de verificación de peligros y eventos peligrosos típicos que afectan a las cuencas de captación, asociados al tratamiento y en la red de distribución	
Evento peligroso (fuente de peligro)	Peligros asociados (y cuestiones para tener en cuenta)

**Tabla N.º ... Medidas típicas de control de peligros en una cuenca de captación (modelo)**

Medidas típicas de control de peligros en una cuenca de captación

### 4.3 Delimitación del área de captación de la fuente

#### **Delimitación del área de recarga hídrica.**



Figura N.º ... Área de captación o de recarga hídrica de la fuente (modelo)

## Zonificación del área de recarga hídrica.



Figura N.º ... Zonificación del área de recarga hídrica (modelo)

- 4.4 Definición *in situ* del tipo de prácticas de siembra y cosecha de agua por implementar.
- 4.5 Organización del trabajo comunal

**Momento 1:** Implementación del plan de siembra y cosecha de agua.

En este momento se ejecutan todas las actividades previstas en el plan; es decir, se desarrollan todas las prácticas de siembra y cosecha de agua, de acuerdo con la zonificación prevista.

Responsabilidades		
Gobierno local (profesional/técnico)	Beneficiarios del SAP (consejo directivo / asociados)	Familias asentadas en el área de captación

**Momento 2:** Mantenimiento del área de siembra y cosecha de agua.

Este momento se desarrolla luego de la ejecución de las prácticas y se debe realizar cada cierto tiempo, de acuerdo a si la actividad es de tipo preventivo o correctivo.

Responsabilidades		
Gobierno local (profesional/técnico)	Beneficiarios del SAP (consejo directivo / asociados)	Familias asentadas en el área de captación

#### 4.6 Monitoreo de la fuente de agua

### 5. Cronograma (modelo)

Componentes	Actividad	Año I				Año II			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1. Coordinaciones preliminares.	1.1 Firma de acuerdos entre los actores que participan en el proyecto.								
2. Producción de recursos forestales nativos.	2.1 Instalación de vivero comunal. 2.2 Producción de recursos forestales. 2.3 Mantenimiento de vivero comunal.								

3. Implementación de prácticas mecánico-estructural, vegetativa y agronómica.	3.1 Construcción y/o mejoramiento de terrazas de formación lenta. 3.2 Construcción de acequias de infiltración. 3.3 Reforestación en macizos forestales. 3.4 Instalación en sistemas agroforestales. 3.5 Conservación de pastos naturales. 3.6 Clausura de praderas.										
4. Medición de caudales y control de calidad de las fuentes de agua.	4.1 Aforos mensuales. 4.2 Toma de muestra para análisis físico, químico y microbiológico en la fuente.										
5. Capacitación y asistencia técnica.	5.1 Talleres de capacitación sobre producción, plantación y mantenimiento de recursos forestales.										

## 6. Presupuesto (modelo)

Componentes	Actividad	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1. Coordinaciones preliminares.	1.1 Firma de acuerdos entre los actores que participan en el proyecto.				
2. Producción de recursos forestales nativos.	2.1 Instalación de vivero comunal.				
	2.2 Producción de recursos forestales.				
	2.3 Mantenimiento de vivero comunal.				
	2.4 Construcción y/o mejoramiento de terrazas de formación lenta.				
3. Implementación de prácticas mecánico-estructural, vegetativa y agronómica.	3.2 Construcción de acequias de infiltración.				
	3.3 Reforestación en macizos forestales.				
	3.4 Instalación en sistemas agroforestales.				
	3.5 Conservación de pastos naturales.				
	3.6 Clausura de praderas.				
4. Medición de caudales y control de calidad de las fuentes de agua.	4.1 Aforos mensuales.				
	4.2 Toma de muestra para análisis físico, químico y microbiológico en fuente.				
5. Capacitación y asistencia técnica.	5.1 Talleres de capacitación sobre producción, plantación y mantenimiento de recursos forestales.				

## 7. Bibliografía

1. Alcántara, G. 2011. *Pendiente de los suelos del Departamento de Cajamarca – ZEE. Gobierno.*
2. Alva, E. E. 2011. *Variaciones térmicas y pluviométricas como indicadores del cambio climático en el valle de Cajamarca.* Tesis de Doctorado en Ciencias, Mención Gestión Ambiental y Recursos Naturales. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.
3. *Captación de agua de lluvia: creando un futuro sostenible a través de la captación de agua lluvia y educación ambiental en San Jacinto, Nicaragua. Informe final de proyecto.* Disponible en: <http://www.nuevasesperanzas.org/documents/03%20Project%20reports/San%20Jacinto%20rainwater%20harvesting%20final%20report%202005%20ESP.pdf>
4. *Captación de agua de lluvia. Informe final del proyecto Creando un Futuro Sostenible a Través de la Captación de Agua de Lluvia y Educación Ambiental. San Jacinto, Nicaragua.* Disponible en: <http://www.nuevasesperanzas.org/documents/03%20Project%20reports/San%20Jacinto%20rainwater%20harvesting%20final%20report%202005%20ESP.pdf>
5. Consorcio Para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina (Condesan). *Experiencias sobre crianza del agua. Foro electrónico sobre crianza del agua: experiencias en la región andina.* 21 de setiembre – 2 de octubre de 2015.
6. Consenso Científico sobre la Desertificación. 2005. *Detalles sobre la desertificación. Greenfacts.* 24 pp. Disponible en: <http://www.greenfacts.org>
7. Floríndez, A. 2011. *Sistemas de riego predial regulados por microrreservorios: cosecha de agua y producción segura.* 1.ª ed. Cajamarca, Perú: Instituto Cuencas, GLZ.
8. Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (Foncodes). 2015. *Siembra y cosecha de agua.* Lima, Perú. 43 pp.
9. Gómez, C. et al. 2011. *Tecnologías frente al cambio climático. Soluciones prácticas.* 1.ª ed. Lima, Perú. 240 pp.
10. *Guía de diseño: Sistemas de cosecha de agua de lluvia para consumo humano.* 2013. Proyecto del fondo de adaptación “Enfrentando riesgos climáticos en recursos hídricos en Honduras”. Honduras: UNAH. Disponible en: <http://acchonduras.wordpress.com>
11. *Mapa de pobreza nacional,* INEI. Lima, octubre de 2010.
12. Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri) y Ministerio del Ambiente (Minam). 2013. *Normales decadales de temperaturas y precipitación y calendarios de siembras y cosechas.* Lima, Perú.
13. Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). 2016a. *Rumbo a un Programa Nacional de Siembra y Cosecha de Agua: aportes y reflexiones desde la práctica.* Lima: Minagri, Viceministerio de Políticas Agrarias. 128 pp.
14. Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). 2016b. *Informe de sistematización de quince experiencias de siembra y cosecha de agua en el Perú.* Lima: Minagri, Viceministerio de Políticas Agrarias. 235 pp.
15. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2014. *Cambio climático y territorio.* 1.ª ed. 40 pp.
16. *Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.* 2011. D. S. 031-2010-SA. Lima: Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. 44 pp.
17. Santa, Y. et al. 2008. *Cosecha de agua, una práctica ancestral: manejo sostenible de las praderas naturales.* 1.ª ed. Arequipa, Perú: Desco, Programa Regional Sur. 48 pp.
18. Valer, F. y Pérez, J. *Las qochas rústicas: una alternativa en los Andes para la siembra y cosecha de agua en un contexto de cambio climático.* Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC Perú). 53 pp.
19. Vásquez, A. et al. 2014. *Cosecha del agua de lluvia y su impacto en el proceso de desertificación y cambio climático.* 1.ª ed. Lima, Perú.





water for people  
PERU