



MANUAL TÉCNICO

para la implementación de
Sistemas de infraestructura
natural para la siembra
y cosecha de agua
en comunidades
altoandinas





Título: Manual técnico para la implementación de sistemas de infraestructura natural para la siembra y cosecha de agua en comunidades altoandinas

Proyecto:

“Kallpachakuy: Incremento de la resiliencia ante el riesgo climático en comunidades altoandinas de Cusco, Perú”

Editado por:

Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES
Calle Martín de Porres 159 - 161, San Isidro, Lima

Con el apoyo de:

Brot für die Welt – Pan para el Mundo

Autor:

Flavio Valer Barazorda

Equipo responsable de la elaboración:

Karín Kancha Sucno. Coordinadora regional
Nelly Yépez Tapara. Especialista social
Liz Carol Silva Peralta. Comunicadora social

Corrección de estilo:

Liz Carol Silva Peralta

Diseño y diagramación:

Raúl Peralta Lazarte
Liz Carol Silva Peralta

Ilustraciones:

Generadas con apoyo de inteligencia artificial mediante Gemini (Google) y posteriormente editadas y adaptadas por el equipo del proyecto.

Primera edición:

Cusco, Perú, 2026

Tiraje: 750 ejemplares

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 026-11577

Se terminó de imprimir en:

GRUPO EDITORA AQUARELA SAC.
Pavitos 455, Cusco, Perú

© Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES, 2026

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación para fines educativos y no comerciales, siempre que se cite la fuente.

An illustration of a mountain landscape. In the background, a large mountain peak is shown with rain falling from its top. A river flows down the left side of the mountain. In the middle ground, a fenced-in area contains several green trees. A small stream flows from this area into a larger pond. A group of people, including adults and children, are standing near the pond. A vertical color scale bar is positioned next to the pond. In the foreground, a pipe discharges water into a small stream that flows towards the bottom right. Another group of people is standing near this stream. The overall scene depicts a water management system in a high-altitude environment.

MANUAL TÉCNICO para la implementación de Sistemas de infraestructura natural para la siembra y cosecha de agua en comunidades altoandinas

CONTENIDO

1.- PRESENTACIÓN	9
2. OBJETIVO DEL MANUAL	10
3. MARCO CONCEPTUAL	11
3.1 Adaptación al Cambio Climático (ACC)	12
3.2 Gestión del Riesgo de Desastres (GRD)	12
3.3 Crisis del agua: Principales causas	13
3.4 La siembra y cosecha de agua como medida de adaptación al cambio climático	15
4. FUNDAMENTOS DE LA SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA	16
4.1 Definición de Siembra de agua.	16
4.2 Definición de Cosecha de agua.	16
4.3 Ciclo del agua	16
4.4 Cuenca hidrográfica	18
5. SISTEMA INTEGRAL DE INFRAESTRUCTURA NATURAL PARA LA SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA - SINSYCA	25
5.1 Definición	26
5.2 Componentes del Sistema	27
5.3 Lógica de funcionamiento del SINSyCA	31
5.4 Principios del enfoque sistémico del SINSYCA	34
5.5 Limitaciones del SINSYCA	35
6.- CONDICIONES PREVIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS INTEGRALES DE INFRAESTRUCTURA NATURAL PARA LA SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA	36
6.1 Reuniones de coordinación con los líderes comunales	37
6.2 Visita de reconocimiento de la zona y selección de medidas de siembra y cosecha de agua.	38

6.3 Selección de medidas para la siembra y cosecha de agua:	41
6.4 Presentación de la propuesta a la asamblea	43
6.5 Toma de decisión comunitaria o beneficiaria	43
6.6 Talleres de capacitación y sensibilización	46

7. MEDIDAS DE SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA 48

7.1. Qochas	49
7.2 Zanjas de infiltración	89
7.3 Amunas	97
7.4 Forestación	107
7.5 Cercos de recuperación de cobertura vegetal (medida complementaria)	116

8. RESULTADOS/IMPACTOS DEL SISTEMA INTEGRAL DE SIEMBRA DE AGUA 122

8.1. Impactos ambientales	123
8.2. Impactos hídricos	124
8.3. Impactos productivos	124
8.4. Impactos sociales	125

9. MONITOREO DE RESULTADOS DE LA SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA 126

9.1 Monitoreo de las qochas:	128
------------------------------	-----

10. CALENDARIO DE SIEMBRA DE AGUA 131

BIBLIOGRAFIA 134

ANEXO 1: PRUEBAS DE INFILTRACIÓN 135

1.- PRESENTACIÓN

El presente Manual Técnico Institucional tiene como finalidad orientar la implementación del **Sistema Integral de Infraestructura Natural para la Siembra y Cosecha de Agua (SINSyCA)** en comunidades altoandinas, en el marco de la Adaptación al Cambio Climático (ACC) y la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).

El cambio climático viene alterando los patrones de lluvia, incrementando las sequías prolongadas, las lluvias intensas y la degradación de ecosistemas. Estas condiciones afectan directamente la seguridad hídrica, alimentaria y económica de las comunidades.

Frente a este escenario, la siembra y cosecha de agua constituye una medida estratégica de:

- Adaptación al Cambio Climático.
- Reducción del riesgo ante sequías.
- Recuperación de ecosistemas degradados.
- Fortalecimiento de la organización comunal.

Este manual está dirigido a líderes y autoridades comunales, técnicos municipales y regionales, promotores rurales, y organizaciones vinculadas a la gestión del agua. Su contenido integra conocimientos técnicos y saberes locales, promoviendo soluciones basadas en infraestructura natural y gestión comunitaria.

Este valioso instrumento ha sido elaborado en base a la experiencia desarrollada por el Ingeniero Flavio Valer Barazorda, especialista con más de 15 años de dedicación profesional al tema de siembra y cosecha de agua, y al trabajo del equipo técnico que lo ha acompañado durante estos últimos 9 años, en el marco de los proyectos impulsados por el Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES con el financiamiento de Brot.

2. OBJETIVO DEL MANUAL

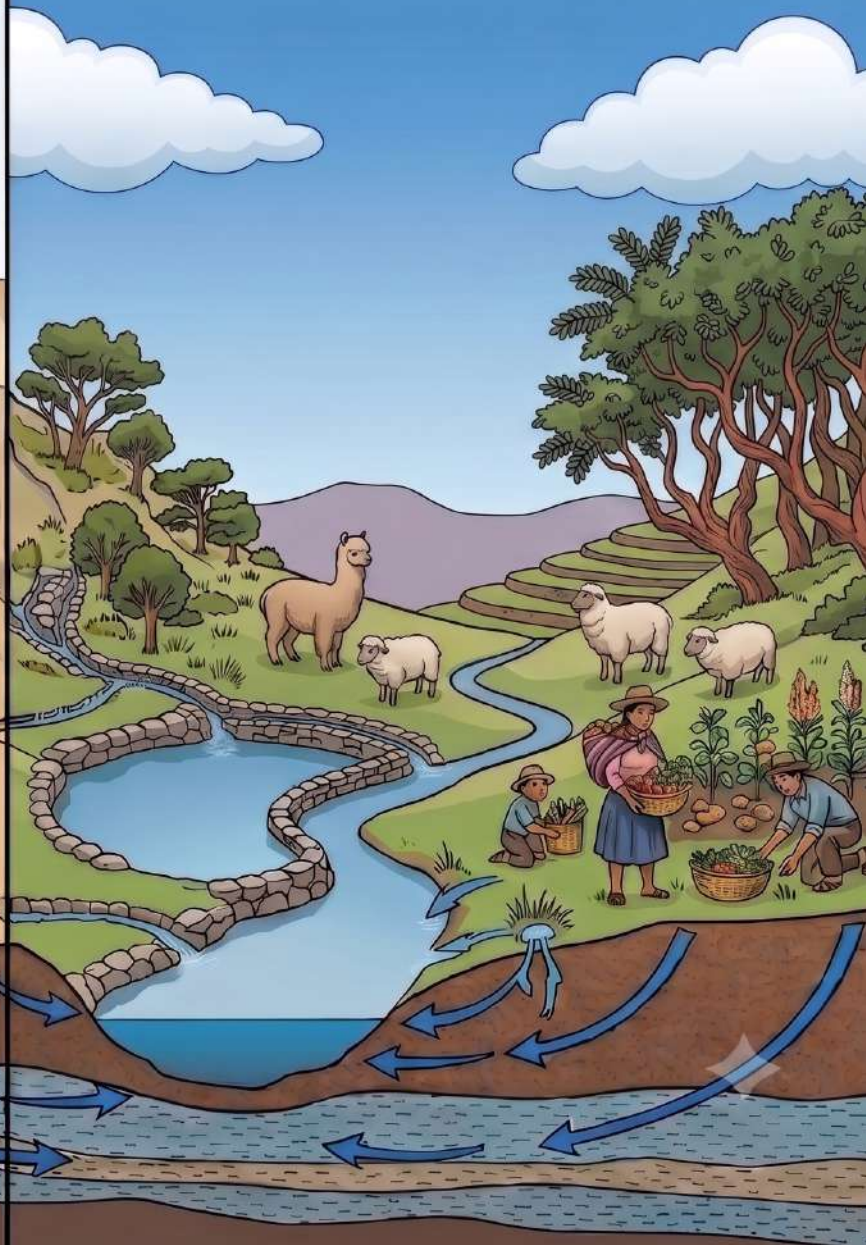
Objetivo general:

Brindar lineamientos técnicos y organizativos para el diseño, implementación y mantenimiento del Sistema Integral de Infraestructura Natural para la Siembra y Cosecha de Agua, como medida de adaptación al cambio climático y reducción del riesgo hídrico.

Objetivos específicos:

- Fortalecer las capacidades técnicas y organizativas para la siembra y cosecha de agua.
- Promover la implementación de prácticas sostenibles de manejo de agua de lluvia.
- Compartir técnicas de siembra y cosecha de agua considerando las diferentes condiciones geográficas y climáticas en la zona rural andina.
- Brindar lineamientos técnicos para el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura natural de siembra y cosecha de agua.
- Reducir la vulnerabilidad ante sequías y eventos extremos.

3. MARCO CONCEPTUAL



3.1 Adaptación al Cambio Climático (ACC)

Es el proceso de ajustes al clima real o proyectado y sus efectos en sistemas humanos o naturales, a fin de moderar o evitar los daños o aprovechar los aspectos beneficiosos¹. Dicho de forma sencilla la adaptación al cambio climático es aprender a prepararnos y ajustarnos a los cambios del clima para proteger nuestras vidas, nuestros cultivos, el agua y la naturaleza.

En el contexto altoandino, adaptarse implica:

- Almacenar agua en época de lluvias.
- Incrementar la infiltración.
- Recuperar cobertura vegetal.
- Proteger manantes y bofedales.
- Mejorar la gestión comunitaria del recurso hídrico.

3.2 Gestión del Riesgo de Desastres (GRD)

Es un proceso social cuyo fin es la prevención, reducción y el control permanente de los factores de riesgo en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastres². La siembra y cosecha de agua, reduce el riesgo a:

- Sequías prolongadas.
- Conflictos por escasez de agua.
- Degradación de suelos.
- Pérdida de producción agropecuaria.
- Migración por falta de recursos.

La siembra y cosecha de agua actúa como una medida preventiva que:

- Disminuye vulnerabilidad.
- Incrementa resiliencia comunitaria.
- Mejora la seguridad hídrica.

¹ Ley Marco sobre Cambio Climático. Ley N° 30574. Ministerio del Ambiente del Perú.

² Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) en Perú.



3.3 Crisis del agua: Principales causas

13

La escasez del agua está ocasionada por diferentes aspectos que de una y otra manera afectan en el ciclo del agua, entre ellas tenemos:

a. Cambio climático

El cambio climático provocado por la alteración del clima y el aumento de los gases de efecto invernadero, está generando modificaciones en el ciclo del agua, entre ellas:

- Incremento de temperatura.
- Alteración de lluvias.
- Mayor frecuencia de eventos extremos (huaycos, inundaciones, deslizamientos, etc).
- Retroceso glaciar.
- Mayor evapotranspiración.
- Incremento de sequías prolongadas.

Esto incrementa la vulnerabilidad hídrica en las cuencas alto andinas.

b. Actividades humanas

1. El sobrepastoreo provoca:
 - Compactación del suelo.
 - Pérdida de cobertura vegetal.
 - Menor infiltración.
2. Las malas prácticas agrícolas provocan:
 - Erosión y pérdida de fertilidad de los suelos
 - Contaminación del agua.
3. La tala de árboles provoca:
 - Reducción de infiltración.
 - Aumento de erosión.
 - Disminución de absorción de CO₂.
4. El incremento de incendios forestales provocan:
 - Pérdida de infiltración.
 - Mayor escorrentía.
 - Daños a la biodiversidad.
 - Disminución de calidad y cantidad de agua.
5. Inadecuada gestión de residuos sólidos provoca:
 - Contaminación de ríos y acuíferos debido a los lixiviados

c. Débil organización comunal

- La percepción negativa de los impactos del cambio climático en la seguridad hídrica es general. Sumado a esto, a nivel comunal, la falta de actualización de estatutos, el incumplimiento de acuerdos y la débil gestión social del agua incrementan la vulnerabilidad frente al cambio climático.
- Sin organización sólida:
 - Aumentan los conflictos por el agua.
 - Se debilita el mantenimiento de infraestructuras.
 - No consideran medidas de adaptación ante los impactos del cambio climático en sus estatutos.

3.4 La siembra y cosecha de agua como medida de adaptación al cambio climático

La adaptación al cambio climático consiste en desarrollar acciones que permitan reducir la vulnerabilidad de las personas y los ecosistemas frente a los cambios en el clima. Ante problemas como la disminución de las lluvias, las sequías prolongadas y la escasez de agua, es necesario implementar medidas que fortalezcan la capacidad de respuesta de las comunidades.

Entre las principales medidas de adaptación se encuentran la siembra y cosecha de agua, la protección de suelos y pastos, y el manejo sostenible de los ecosistemas. Estas acciones contribuyen a conservar los recursos naturales y a asegurar la disponibilidad de agua para las generaciones presentes y futuras.

La adaptación puede abordarse desde diferentes enfoques. La Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE) aprovecha la biodiversidad y los servicios ecosistémicos para enfrentar los efectos del cambio climático, mediante acciones como la restauración de la cobertura vegetal, el manejo de bofedales y la siembra y cosecha de agua. Por su parte, la Adaptación Basada en Comunidades (AbC) reconoce el papel de las poblaciones locales en la identificación de riesgos y en la construcción de soluciones a partir de sus conocimientos, experiencias y prácticas ancestrales. Complementariamente, la adaptación también incorpora conocimientos técnicos e infraestructura adecuada para reducir riesgos y fortalecer la resiliencia de los territorios.

La siembra y cosecha de agua es una medida que integra estos enfoques, ya que combina conocimientos ancestrales, participación comunitaria y criterios técnicos para mejorar la gestión del agua. Su principal objetivo es captar, infiltrar y almacenar el agua de lluvia en las partes altas de la cuenca, favoreciendo la recarga de acuíferos y reduciendo la pérdida de agua por escorrentía.

Además, estas prácticas ayudan a disminuir la erosión del suelo, recuperar la cobertura vegetal y fortalecer ecosistemas altoandinos como bofedales y pastizales naturales. Como resultado, se incrementa la disponibilidad de agua en manantes, riachuelos y otras fuentes naturales durante la época seca, beneficiando a las familias, la producción agropecuaria y los ecosistemas.

4. FUNDAMENTOS DE LA SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA

4.1 Definición de Siembra de agua.

La siembra de agua consiste en captar, infiltrar y almacenar parte del agua de lluvia en las cabeceras de cuenca, con el objetivo de incrementar la recarga de aguas subterráneas que alimentan manantes y bofedales para aprovecharla en época de estiaje.

4.2 Definición de la Cosecha de agua.

La cosecha de agua se refiere a un conjunto de técnicas destinadas al uso del recurso hídrico captado durante el proceso de siembra de agua, para ser utilizado en agricultura, ganadería o uso poblacional.

4.3 Ciclo del agua

El ciclo del agua es un proceso natural de escala planetaria que describe la circulación continua del agua entre la atmósfera, la superficie terrestre y el subsuelo.

Incluye los siguientes procesos fundamentales:

Evaporación: Es la transformación del agua líquida en vapor por efecto del calor.

Evapotranspiración: Es la pérdida de agua hacia la atmósfera por evaporación directa y transpiración de la vegetación.

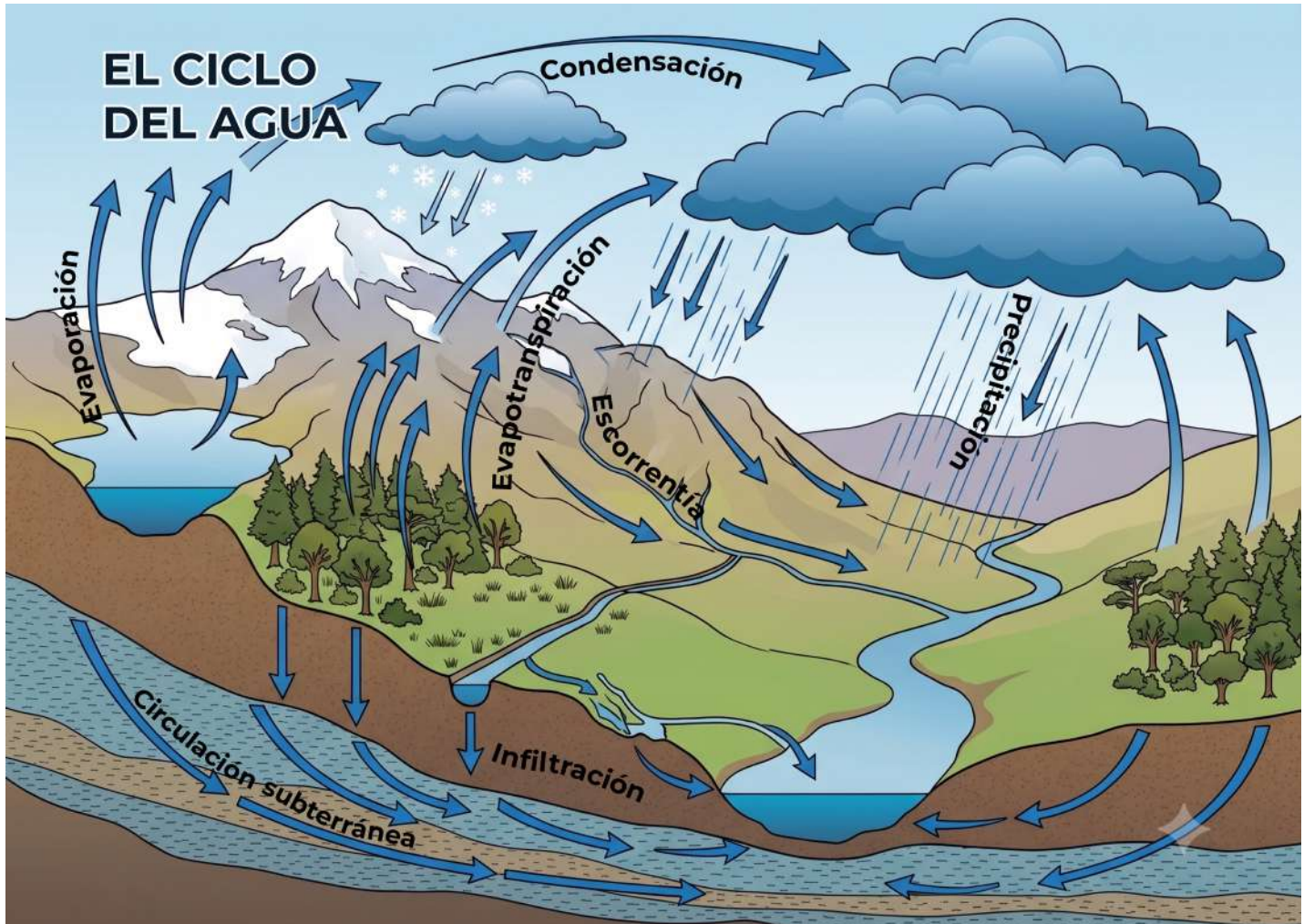
Condensación: Es la formación de nubes cuando el vapor de agua se enfría.

Precipitación: Es la caída de agua en forma de lluvia, nieve o granizo.

Escorrentía: Es el flujo superficial del agua sobre el terreno que está condicionada a la pendiente del terreno, tipo y estructura del suelo y la presencia de la cobertura vegetal.

Infiltración: Es un proceso mediante el cual el agua penetra en el suelo dando origen a los manantes.

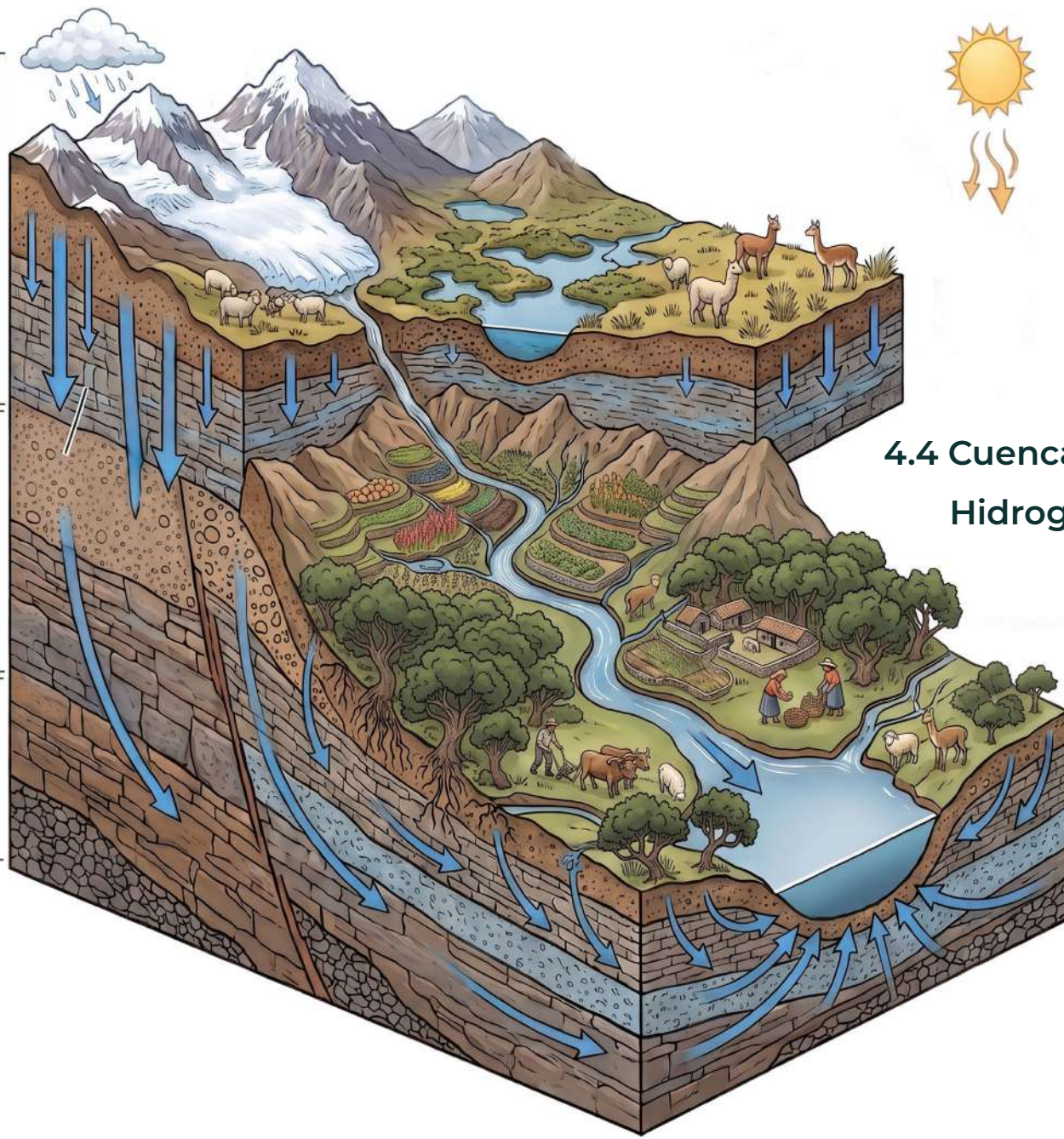
Circulación subterránea: Es el movimiento del agua en acuíferos o napas freáticas.



Cuenca alta

Cuenca media

Cuenca baja



4.4 Cuenca Hidrográfica

La cuenca hidrográfica es el territorio delimitado por las divisorias de aguas o cumbres, donde toda el agua de lluvia drena hacia un mismo río, quebrada, lago o laguna. En ella interactúan el agua, el suelo, la vegetación, los ecosistemas y las actividades humanas, formando un sistema natural interconectado.

4.4.1 Partes de la cuenca

Desde el punto de vista físico, una cuenca hidrográfica se divide en tres zonas:

a) Cuenca alta

Corresponde a las cabeceras de cuenca, donde se encuentran ecosistemas frágiles como punas, bofedales, lagos y lagunas. Esta zona cumple una función fundamental en la regulación hídrica, ya que capta, almacena e infiltra el agua de lluvia, recargando los acuíferos y alimentando los cursos de agua superficiales. Por ello, también se le conoce como zona de recarga hídrica.

b) Cuenca media

Es la zona de transición entre la parte alta y la parte baja. Aquí el agua continúa su recorrido y se produce un equilibrio entre los materiales erosionados en la parte alta y los sedimentos transportados por las corrientes de agua.

c) Cuenca baja

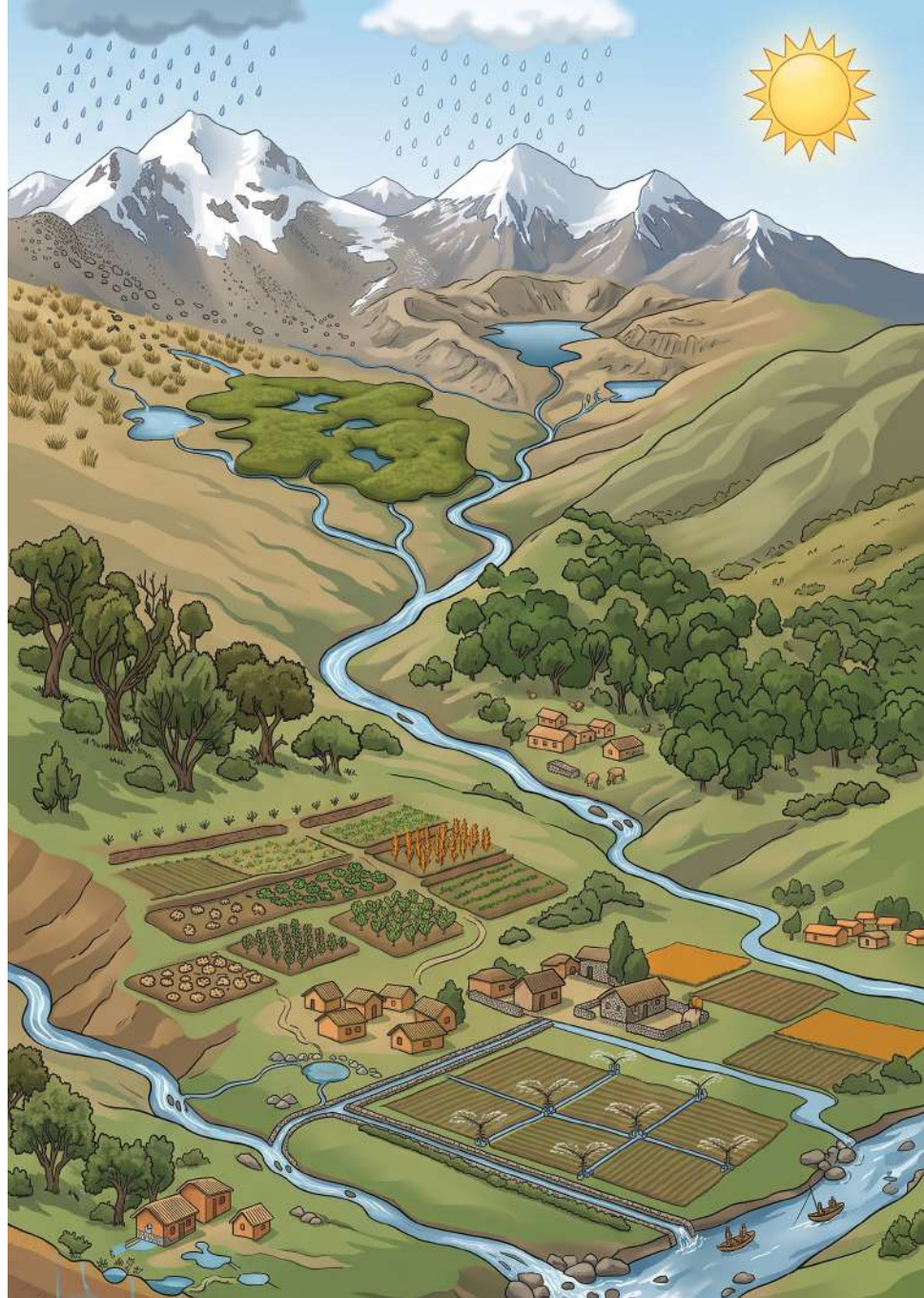
Es la parte donde se concentran los sedimentos arrastrados desde las zonas altas. Generalmente alberga los principales asentamientos humanos, las áreas agrícolas y otras actividades productivas que dependen de la disponibilidad de agua.

4.4.2 Funcionamiento de la cuenca

Cuando llueve sobre una cuenca, el agua sigue diferentes caminos. Una parte es retenida por la vegetación o retorna a la atmósfera mediante evaporación. Otra se infiltra en el suelo, recargando las aguas subterráneas. El agua que no logra infiltrarse circula por la superficie formando escorrentías que alimentan ríos y quebradas.

La cantidad de agua que se infiltra o escurre depende de factores como la pendiente del terreno, las características del suelo y la cobertura vegetal. Cuando existe una buena cobertura de plantas, el suelo retiene mejor la humedad, aumenta la infiltración y disminuye la erosión.

Por esta razón, la conservación de la vegetación natural es fundamental para mantener el equilibrio hídrico de la cuenca, asegurar la disponibilidad de agua y reducir los riesgos asociados a la degradación del suelo.



4.4.3 Gestión de la cuenca

La gestión de la cuenca consiste en planificar y desarrollar acciones para conservar los recursos naturales y garantizar el uso sostenible del agua en todo el territorio.

Las medidas de manejo varían según la ubicación dentro de la cuenca. En la parte alta se promueve la siembra de agua mediante la recuperación de la cobertura vegetal nativa y la implementación de infraestructura natural como qochas, zanjas, amunas y forestación. En la parte media se prioriza la protección de las fuentes de agua y de los ecosistemas asociados. En la parte baja se fomenta el uso eficiente y equitativo del recurso hídrico para beneficio de la población y de las actividades productivas.

4.4.4 Servicios de la cuenca

Las cuencas hidrográficas proporcionan múltiples beneficios para las personas y los ecosistemas. Estos beneficios, conocidos como servicios ecosistémicos, contribuyen al bienestar de las comunidades y al equilibrio de la naturaleza.

Servicios de provisión: Son los bienes que obtenemos directamente de la naturaleza:

- Agua para consumo humano, higiene y riego.
- Alimentos como vegetales, frutos, carne y pescado.
- Plantas medicinales.
- Materias primas como madera, leña, fibras, arcilla y piedra.

Servicios de regulación: Ayudan a mantener condiciones ambientales adecuadas:

- Regulación del clima mediante bosques, pastizales, lagunas y humedales.
- Purificación natural del agua y del aire.
- Control de la erosión y reducción del riesgo de desastres.
- Polinización de cultivos y vegetación natural.

Servicios de la cuenca





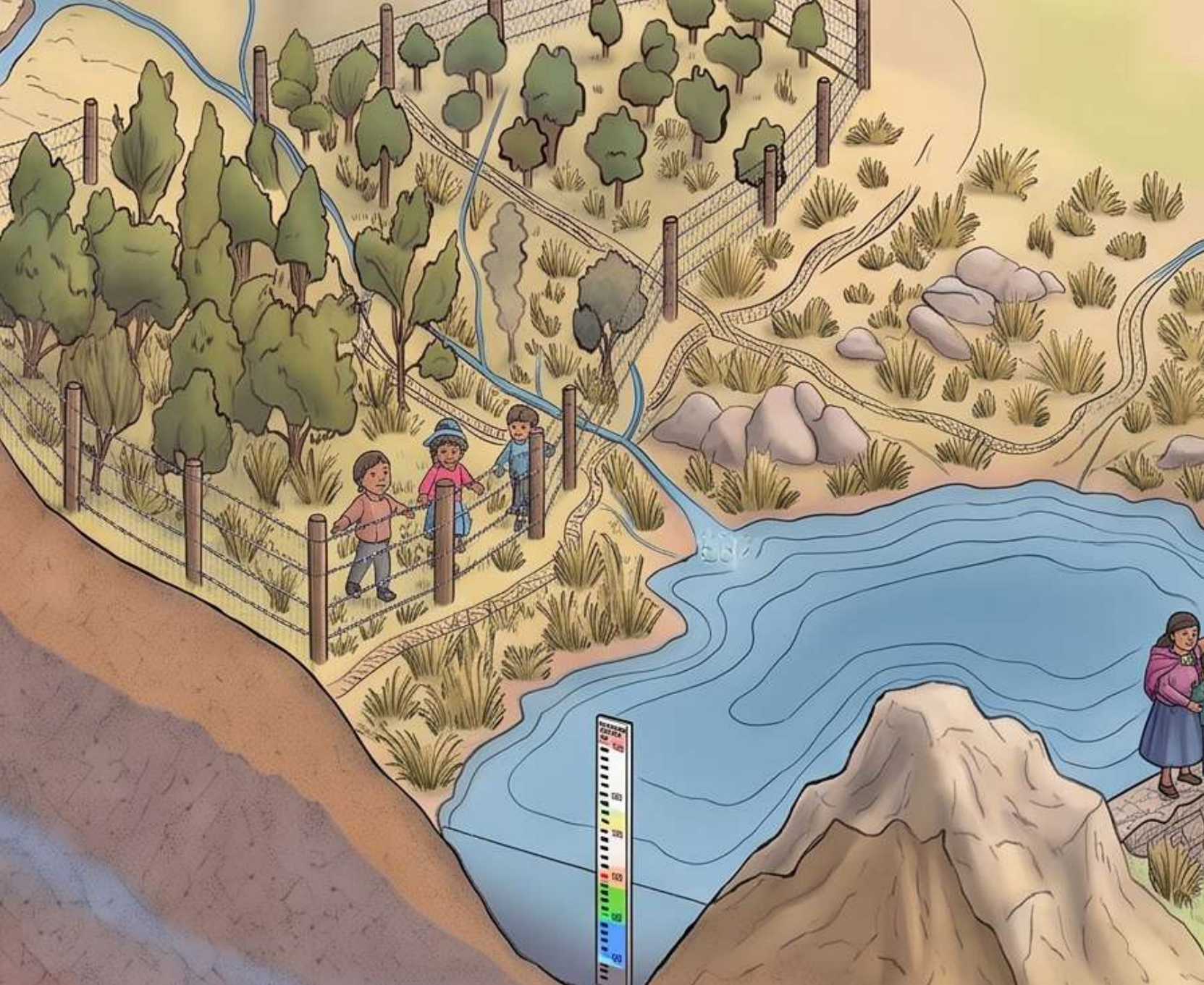
Servicios culturales: Contribuyen al desarrollo cultural y al bienestar de las personas:

- Recreación y turismo.
- Valor espiritual e identidad cultural.
- Educación e investigación.
- Bienestar físico y mental asociado al contacto con la naturaleza.

Servicios de sustento: Son procesos ecológicos que hacen posible la vida:

- Formación y conservación de suelos.
- Reciclaje de nutrientes.
- Producción de oxígeno mediante la fotosíntesis.
- Hábitat para la biodiversidad.

La conservación de las cuencas es cada vez más importante frente al cambio climático. El aumento de la temperatura, la pérdida de cobertura vegetal y la degradación de los ecosistemas afectan la disponibilidad de agua, la producción de alimentos y la calidad de vida de las poblaciones. Por ello, proteger las cuencas significa proteger también los medios de vida y el bienestar de las generaciones presentes y futuras.



5. SISTEMA INTEGRAL DE INFRAESTRUCTURA NATURAL PARA LA SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA - SINSYCA



5.1 Definición

El SINSyCA es el conjunto articulado de prácticas e infraestructura natural que permiten:

- Captar agua de lluvia.
- Almacenar agua superficial.
- Infiltrar agua en el suelo.
- Regular la escorrentía.
- Recuperar ecosistemas.

Llamamos infraestructura natural al conjunto de prácticas y obras que se ejecutan utilizando principalmente materiales locales y de bajo costo, integrándose al funcionamiento del ecosistema. Su principal valor no radica únicamente en almacenar agua, sino en favorecer su infiltración en el suelo, lo que permite la recarga de acuíferos y la recuperación de manantes.

A diferencia de la infraestructura gris, cuyo objetivo central es el almacenamiento y conducción del agua a las parcelas y captaciones de agua para consumo humano, la infraestructura natural busca restaurar y gestionar los ecosistemas y de esta forma asegurar los servicios ecosistémicos hidrobiológicos del territorio, contribuyendo a la regeneración de suelos y la recuperación de cobertura vegetal.

El sistema no se basa en una única infraestructura, sino en la articulación de diversos componentes que funcionan de manera complementaria según las características del territorio.

En muchos casos, la qocha rústica puede constituirse en el componente central del sistema. Sin embargo, cuando no existen condiciones geológicas adecuadas para su construcción como la ausencia de depresiones naturales, el sistema puede estructurarse a partir de otros componentes como zanjas de infiltración, amunas, forestación o clausura de praderas.

Por otro lado, para que este sistema funcione de manera correcta es importante considerar la organización y articulación de las comunidades a lo largo de toda la cuenca. La siembra y cosecha de agua no puede entenderse como una intervención aislada, sino como un proceso territorial articulado. En la cabecera de cuenca, donde se implementan las prácticas, se requiere una gestión

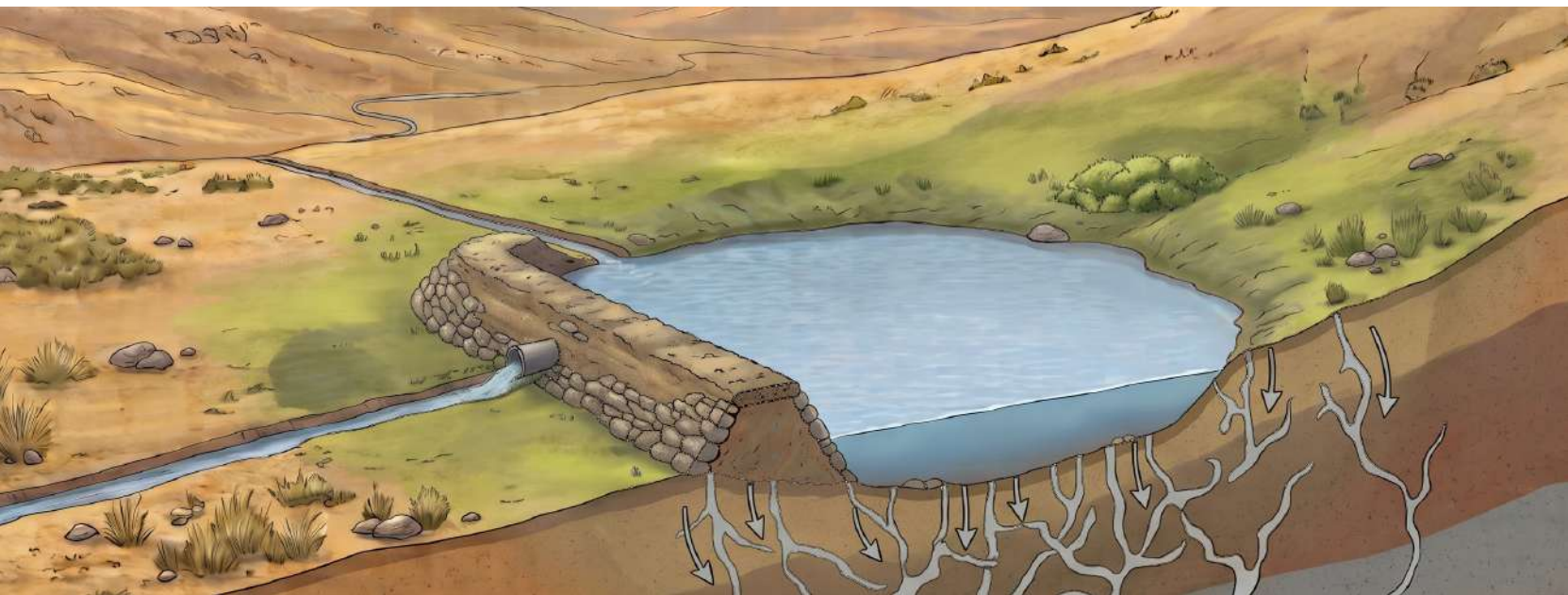
comunal sólida para proteger y recuperar las áreas de recarga hídrica. En la parte media donde se evidencian los efectos de la infiltración mediante la recuperación de manantes y se construyen los reservorios y sistemas de riego, así como captaciones para agua de consumo humano, es necesario asegurar un uso planificado y sostenible del recurso. Y finalmente, en la parte baja de la cuenca, se evidencia la cosecha del agua sembrada en la cabecera de cuenca, beneficiando la producción agropecuaria y la seguridad hídrica.

5.2 Componentes del Sistema

El sistema tiene los siguientes componentes: qochas rusticas, zanjas de infiltración, amunas, forestación y cercos de recuperación de cobertura vegetal.

5.2.1. Qochas Rústicas: Captura y almacenamiento temporal del agua de lluvia

Las qochas rústicas actúan como reservorios temporales que almacenan el agua de lluvia, reducen la escorrentía superficial y permiten su infiltración progresiva al subsuelo favoreciendo la recarga. Son diques construidos con materiales locales (tierra, piedra y champas).





5.2.2. Zanjas de Infiltración:

Las zanjas retienen el agua de escorrentía y facilitan su infiltración lenta en el suelo, reduciendo la erosión y mejorando la humedad del terreno.

Se construyen siguiendo las curvas a nivel y en áreas estratégicas de pendiente moderada. Pueden funcionar de manera complementaria a las qochas o constituirse como componente principal en territorios donde no es posible construir qochas.

5.2.3. Amunas:

Las amunas son canales que derivan agua. El agua captada se desvía, para que, en su trayecto se infiltre parte del agua y la otra parte sea conducida hasta el lugar designado para su infiltración.

Para implementarlas se busca puntos estratégicos aprovechando conocimientos ancestrales y criterios técnicos modernos. Para la captación de agua se requiere la construcción de bocatomas rusticas y para la conducción canales de baja pendiente en suelos fracturados y acuíferos para su afloramiento en los manantes.

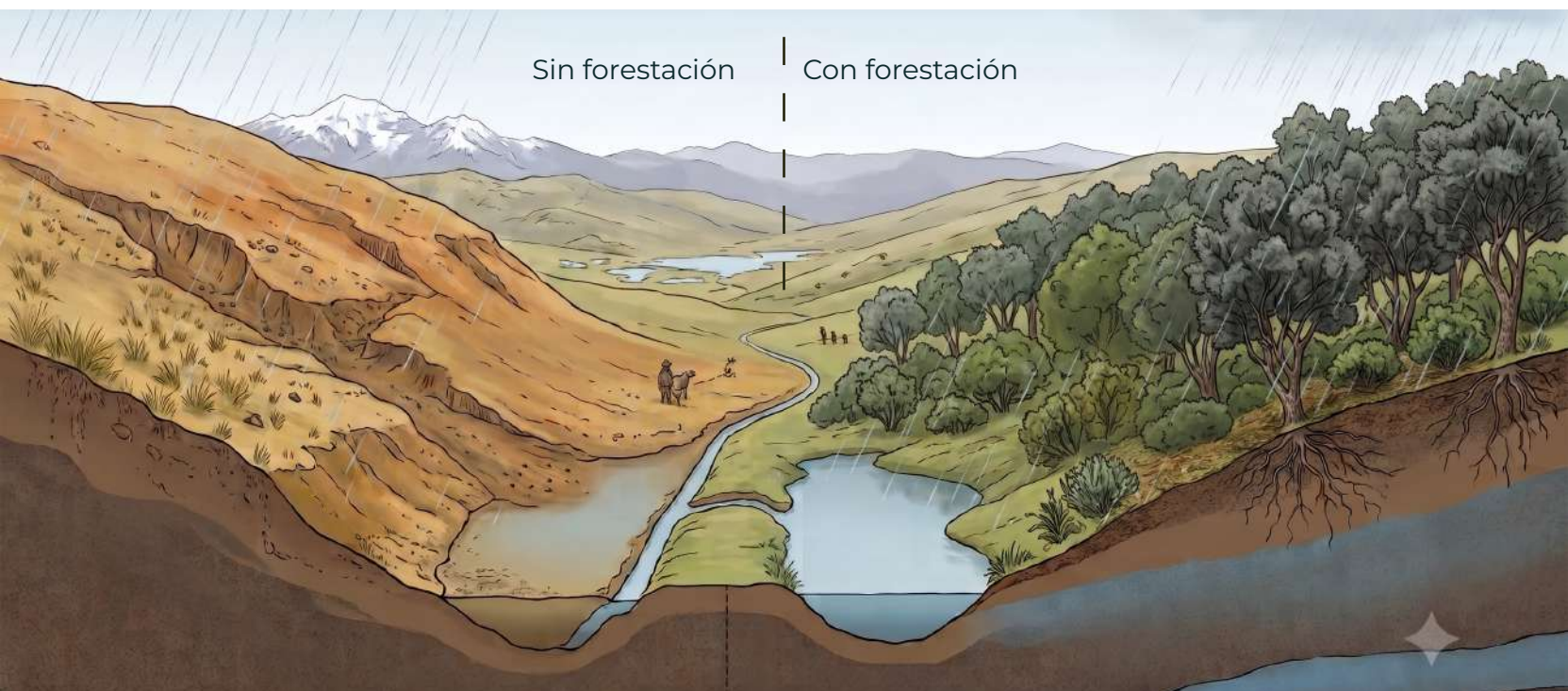


5.2.4. Forestación con especies nativas:

La forestación actúa en la regulación ecosistémica e hídrica, controlando la erosión del suelo que se logra porque:

- Mejora la estructura y estabiliza los suelos.
- Controla la erosión del suelo y evita la colmatación de qochas y canales.
- Mejora la infiltración, favoreciendo la biodiversidad.
- Disminuye evaporación.

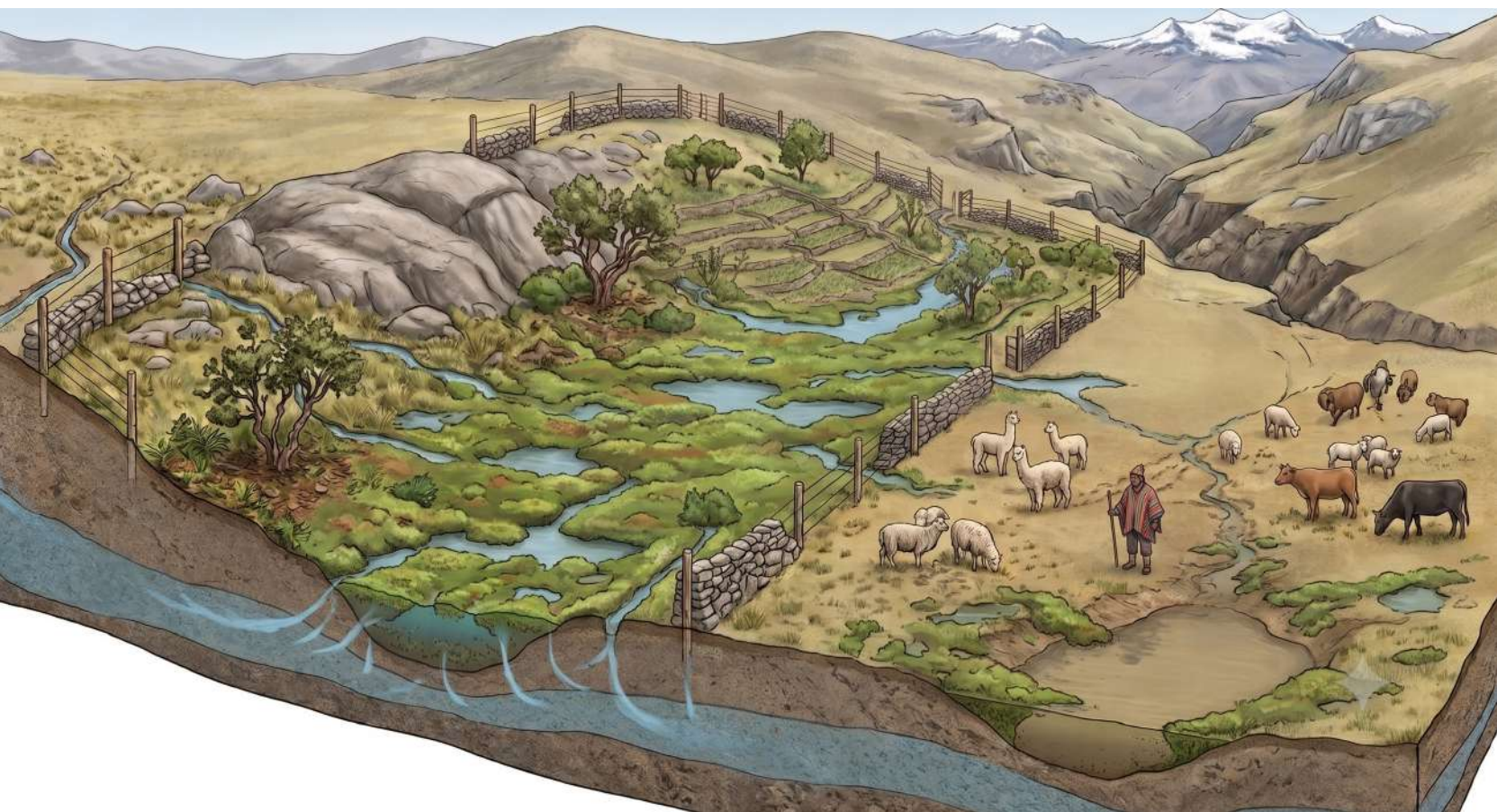
Se recomienda la instalación de bosques con especies nativas como la queuña, chachacomo, entre otras en áreas degradadas de las cabeceras de cuenca donde antes no había árboles. Aprovechando zonas donde no hay necesidad de pastoreo y actividad agrícola.



5.2.5. Cercos para la recuperación de cobertura vegetal:

Los cercos buscan proteger la forestación y los pastizales naturales en la zona como parte de la integralidad de la siembra y cosecha de agua, y recuperar zonas degradadas evitando el ingreso de los animales a esta área.

Siempre que sea posible, se debe aprovechar las características naturales del terreno (rocas y pendientes pronunciadas), utilizándolas como parte del cerco natural. Por ello, no es necesario cercar todo el perímetro. Se recomienda priorizar el cercado en los puntos por donde el ganado puede ingresar a las áreas forestadas.



5.3 Lógica de funcionamiento del SINSyCA

El funcionamiento del Sistema Integral de Infraestructura Natural para la Siembra y Cosecha de Agua - SINSyCA depende de la combinación e interacción de distintos componentes de infraestructura natural, seleccionados de acuerdo con las condiciones del territorio. Cada componente cumple una función específica, pero su mayor eficacia se logra cuando actúan de manera articulada, generando un efecto recíproco entre ellos.

5.3.1 Sistemas con qochas

Cuando las condiciones del territorio lo permiten, la qocha puede constituirse en el componente central del sistema.

Las qochas se instalan en depresiones naturales del terreno que cuentan con un área tributaria y un área de influencia con diferentes pendientes y características topográficas y geomorfológicas, es en estas áreas donde se instalan otros componentes del sistema.

Área tributaria

En el área tributaria, la adecuada implementación de zanjas de infiltración, instalación de plantas nativas y la recuperación de la cobertura vegetal permiten captar el agua de lluvia en cualquier época del año y así favorecer su infiltración hacia el subsuelo, conduciéndola progresivamente hacia la qocha. En el mediano y largo plazo, estas prácticas se convierten en las principales fuentes de aporte hídrico, prolongando la disponibilidad de agua.

Si a ello se suman los canales de aducción y recarga, las qochas inicialmente temporales pueden transformarse en reservorios permanentes, aportando a la recarga sostenida de los acuíferos subterráneos, recuperación de manantes y formación de bofedales en el área de influencia, y a la reducción de la intensidad de las escorrentías superficiales.

Área de influencia

En el área de influencia, los procesos de forestación y la recuperación de pastos naturales se

desarrollan con mayor rapidez en comparación con el área tributaria, lo que contribuye de manera significativa a incrementar la recarga hídrica. Asimismo, estas acciones favorecen la generación de:

- Agua excedente adicional, que puede ser captada y conducida de forma controlada hacia otras zonas de recarga, como amunas, bofedales temporales u otros usos.
- La aparición de nuevos manantes o la recuperación de aquellos que han disminuido, creando condiciones favorables para el establecimiento de nuevas captaciones.



5.3.2 Sistemas sin qochas

En territorios donde no existen condiciones geomorfológicas adecuadas para la construcción de qochas, otros componentes del sistema pueden asumir el rol principal de captación e infiltración, como las zanjaz de infiltración, las amunas, la forestación y el manejo de la cobertura vegetal. En estos casos, el sistema continúa funcionando bajo la misma lógica de recarga hídrica y manejo integral del territorio, aunque sin la presencia del componente de almacenamiento superficial que representa la qocha.



5.4 Principios del enfoque sistémico del SINSYCA

La siembra y cosecha de agua se basa en un enfoque sistémico de manejo del territorio, que busca recuperar y fortalecer el funcionamiento natural del ciclo del agua en las cabeceras de cuenca. Este enfoque reconoce que el agua no puede gestionarse únicamente mediante infraestructuras aisladas, sino a través de un conjunto articulado de prácticas de infraestructura natural que actúan sobre el paisaje para captar, infiltrar, almacenar y regular el agua de lluvia, impulsada por una sólida organización comunal.

Las medidas como qochas, zanjaz de infiltración, amunas, forestación y manejo de praderas cumplen funciones complementarias dentro de un mismo sistema. Su implementación conjunta permite mejorar progresivamente la infiltración del agua, favorecer la recarga de acuíferos subterráneos y recuperar manantes, riachuelos y bofedales ubicados aguas abajo.

5.4.1 Principios:

Este enfoque se sustenta en los siguientes principios:

a. Integralidad territorial

Las intervenciones deben considerar el territorio como un sistema interconectado. La siembra de agua se realiza en distintos espacios como laderas, depresiones naturales, praderas y cabeceras de cuenca, permitiendo que el agua captada en las partes altas contribuya a mejorar la disponibilidad hídrica en todo el territorio.

b. Manejo de cabeceras de cuenca

Las cabeceras de cuenca son espacios estratégicos para la regulación hídrica. Las acciones de siembra de agua se concentran en estas zonas para favorecer la infiltración del agua de lluvia, mejorar la capacidad de almacenamiento natural del suelo y regular el flujo hídrico hacia las partes bajas.

c. Recarga progresiva de los acuíferos

El objetivo principal de la siembra de agua es facilitar la infiltración del agua en el suelo para

recargar de manera gradual los acuíferos subterráneos. Este proceso permite recuperar manantes y bofedales, mejorar la humedad del suelo y mantener fuentes de agua activas durante periodos de sequía.

d. Complementariedad de medidas

Cada práctica de infraestructura natural cumple una función específica dentro del sistema. Las qochas almacenan e infiltran agua, las zanjias y amunas favorecen su infiltración y conducción, mientras que la forestación y el manejo de praderas contribuyen a proteger el suelo y mejorar la retención de humedad. La articulación de estas medidas permite maximizar los beneficios del sistema.

e. Gestión comunitaria del agua y del territorio

La sostenibilidad de las acciones de siembra y cosecha de agua depende de la participación de las comunidades. La planificación, implementación y mantenimiento de estas prácticas requieren fortalecer la organización comunal, el conocimiento local y el manejo colectivo del territorio.

En conjunto, estos principios permiten orientar la implementación de sistemas de siembra y cosecha de agua que restauran ecosistemas, mejoran la disponibilidad de agua y fortalecen los medios de vida de las comunidades altoandinas.

5.5 Limitaciones del SINSYCA

- Está condicionada a la presencia de lluvias, a más lluvia más agua almacenada a menos lluvia menos agua.
- Los resultados son de mediano y largo plazo, pueden aparecer después de meses, e incluso años.
- Requiere de una organización fortalecida y sólida para el cumplimiento de los acuerdos y la participación de la comunidad.
- El almacenamiento de agua está condicionado al tipo de suelo y cobertura vegetal (suelos arenosos tienen mayor infiltración y suelos arcillosos tienen poca infiltración).

**6.- CONDICIONES PREVIAS PARA
LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
INTEGRALES DE INFRAESTRUCTURA
NATURAL PARA LA SIEMBRA Y COSECHA
DE AGUA**



La siembra y cosecha de agua no es únicamente una intervención técnica. Es un proceso organizativo y territorial que requiere acuerdos comunales formales (aprobación de la asamblea como máxima autoridad), planificación concertada y definición de responsabilidades claras.

La sostenibilidad del sistema depende tanto del diseño adecuado como de la fortaleza de la organización comunal.

6.1 Reuniones de coordinación con los líderes comunales

Generalmente, la demanda surge de los propios usuarios, quienes conocen estas prácticas a través de pasantías, intercambios de experiencias, eventos técnicos, o algún otro medio. A partir de ello, las comunidades solicitan (asistencia) asesoramiento técnico a instituciones con experiencia en el tema.



En esta reunión se establece los criterios técnicos y organizativos como:

- Disponibilidad de terrenos comunales para la construcción y mejoramiento de qochas, áreas con aptitud forestal o zanjas de infiltración, y conservación de praderas naturales mediante cercos con malla ganadera.
- Existencia de depresiones naturales (tipo vasos) en cabeceras de cuenca, en base al conocimiento ancestral.
- Predisposición para aportar mano de obra como contrapartida comunal.
- Identificación de posibles conflictos territoriales en la zona. (de preferencia evitar trabajar en linderos que compromete a comunidades vecinas)
- Condiciones de trabajo y modalidad de apoyo y asesoramiento técnico etc. (dejar claras estas condiciones en el acta de la comunidad)

Si las condiciones son viables y existe un consenso preliminar, se procede a realizar una visita de reconocimiento al lugar.

38

Con la información obtenida durante esta visita, se realiza un análisis preliminar del área, contrastando los datos con imágenes de Google Earth y validándolos junto con los líderes locales.

6.2 Visita de reconocimiento de la zona y selección de medidas de siembra y cosecha de agua.

Consiste en realizar una evaluación técnica, y un diagnóstico rápido preliminar en campo, integrado por al menos 3 miembros que tengan experiencia en SyCA, y acompañados por directivos comunales y personas conocedoras del territorio.

El objetivo es identificar zonas potenciales para implementar diferentes prácticas de siembra de agua, considerando la integralidad del sistema.

La ficha de información básica recabada debe contener mínimamente:

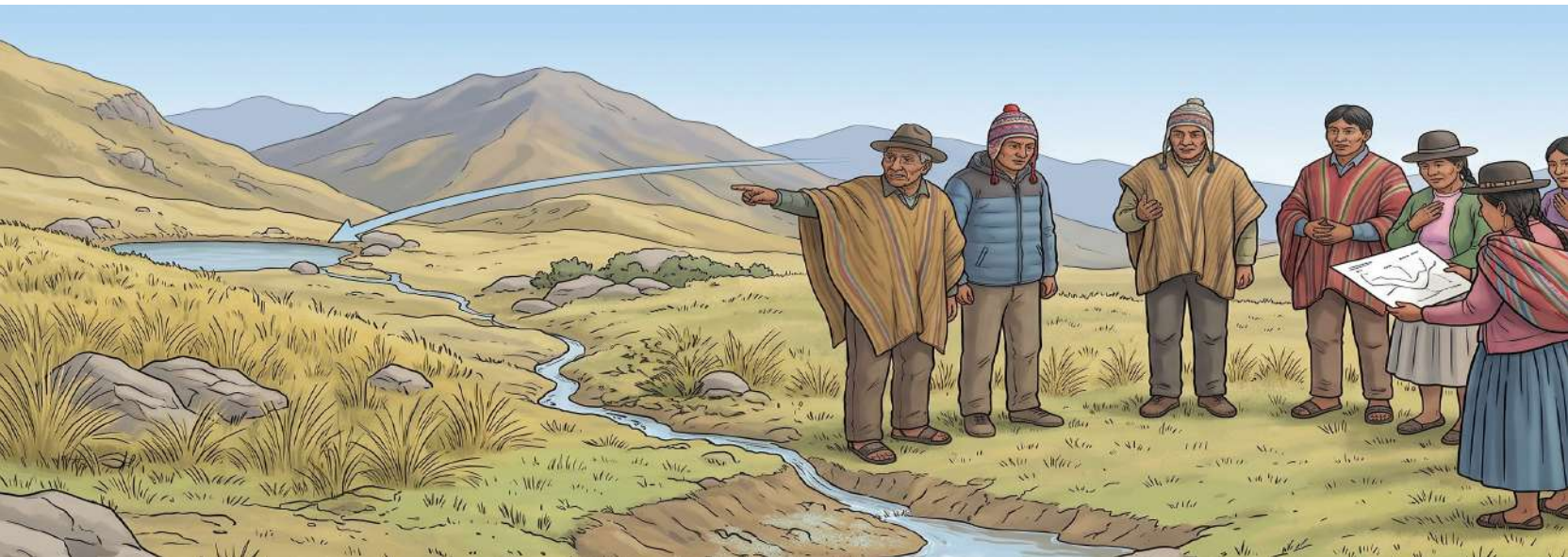
- Ubicación exacta georreferenciada con coordenadas UTM.
- Sectores específicos para implementar las prácticas de SyCA, de acuerdo a su vocación.

- Nombre y ubicación de las fuentes de agua más importantes.
- Fotografías y videos donde se registre características particulares de la zona
- Potenciales áreas de almacenamiento.
- Estimación del área tributaria y condiciones para forestación y zanjas de infiltración.
- Estimación del área de influencia y manantes, potencial para implementar otras prácticas.
- Tipo de suelo y vegetación predominante.
- Tenencia del terreno comunal disponible
- Uso actual del agua (consumo, riego, y otros)

Este será el insumo para tomar una decisión técnica, sobre el cual se formule la propuesta a la comunidad.

Equipo básico para la visita:

- GPS
- Cámara fotográfica
- Wincha de 30 mts.
- Cuaderno de campo
- Ficha de acopio de información



El producto de esta visita nos brinda un diagnóstico rápido que permita determinar la forma y lugares para la implementación de la práctica, considerando las características topográficas, geológicas e hidrológicas del suelo, así como las condiciones ambientales, sociales y económicas de la zona.

En esta visita se debe aprovechar para identificar el potencial que tiene la zona para la implementación de la siembra y cosecha de agua bajo diferentes formas, prácticas y fuentes de financiamiento.

Cuadro N° 1: Ficha de información básica de campo

Qocha	Sector	Coordenadas		Área m2	Área Has		Tenencia	Vaso		Uso del agua		
		UTM	Altitud		Influencia	Tributaria		Agua	Seco	Abrevadero	Riego	Consumo Humano

6.3 Selección de medidas para la siembra y cosecha de agua:

La selección de las medidas de siembra y cosecha de agua debe realizarse considerando las condiciones físicas del territorio, la disponibilidad de áreas y las características del ecosistema.

No todos los lugares son adecuados para todas las prácticas. Por ello, es necesario evaluar ciertos criterios antes de decidir qué medidas implementar.

Factores a considerar:

a. Topografía

La pendiente del terreno influye en el tipo de intervención más adecuada.

- Pendientes suaves y depresiones naturales son adecuadas para qochas.
- Pendientes moderadas son adecuadas para zanjas de infiltración y forestación.
- Laderas con flujos naturales de agua y presencia de rocas fracturadas son adecuadas para amunas.

b. Suelos

La capacidad de infiltración del suelo es clave para la siembra de agua.

- Suelos permeables favorecen la infiltración
- Suelos muy compactos requieren manejo de cobertura vegetal.

c. Comportamiento hidrológico local

Es importante identificar:

- Escorrentías naturales
- Zonas de acumulación de agua
- Presencia de manantes
- Áreas con bofedales o humedales.

Estas condiciones ayudan a definir los lugares más apropiados para intervenir.

d. Cobertura vegetal

La presencia o ausencia de vegetación influye en la infiltración del agua.

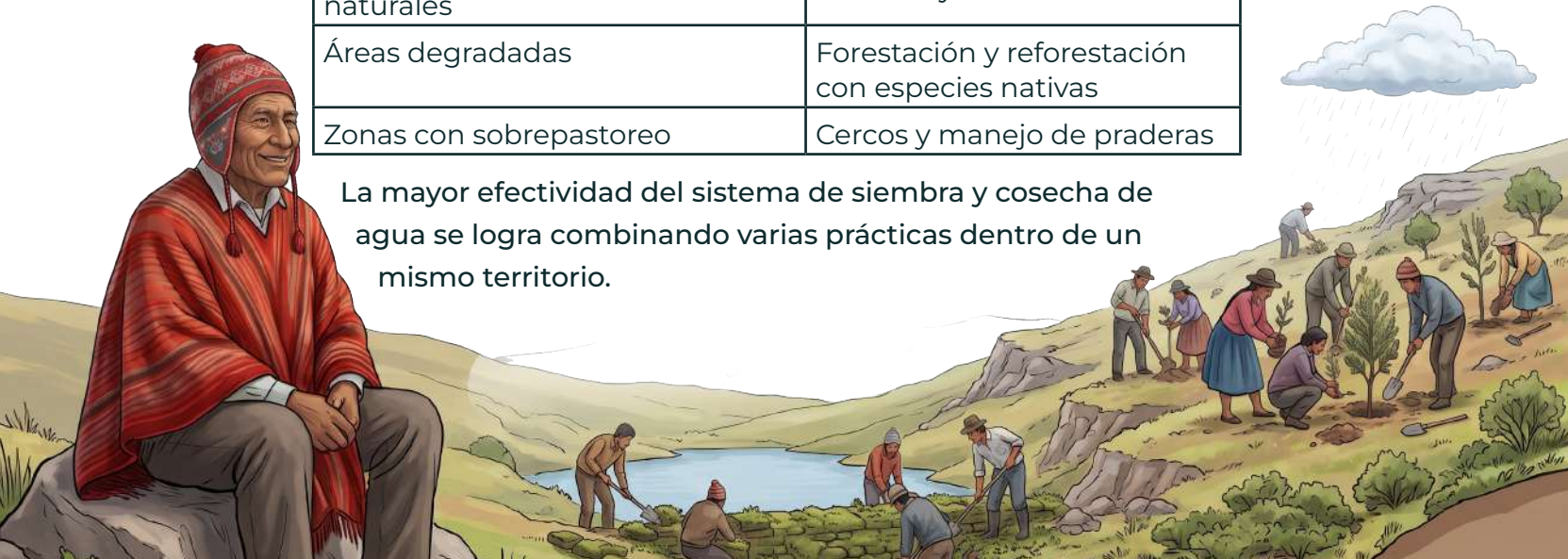
Zonas degradadas pueden requerir:

- Forestación y reforestación con especies nativas
- Cercos para recuperación de praderas
- Resiembra de pastos naturales

Cuadro N° 2: Resumen de selección de medidas según condiciones del territorio

Condición del territorio	Medidas recomendadas
Depresiones naturales con áreas tributarias	Qochas
Laderas con pendiente moderada	Zanjas de infiltración
Zonas con escurrimientos naturales	Amunas y canales colectores
Áreas degradadas	Forestación y reforestación con especies nativas
Zonas con sobrepastoreo	Cercos y manejo de praderas

La mayor efectividad del sistema de siembra y cosecha de agua se logra combinando varias prácticas dentro de un mismo territorio.



6.4 Presentación de la propuesta a la asamblea

Concluida la visita de reconocimiento, se realiza un taller de capacitación y sensibilización cuyo contenido principal es la información sobre cambio climático y los riesgos locales, problemas locales de la relación que existe entre la seguridad hídrica y seguridad alimentaria, socialización de experiencias exitosas de adaptación al cambio climático haciendo uso de fotos, videos y testimonios.

En la segunda parte de esta reunión, se expone el diagnóstico preliminar del territorio. A través de fotos y videos, se muestra el potencial que tienen en su comunidad para la implementación de acciones de siembra y cosecha de agua.

6.5 Toma de decisión comunitaria o beneficiaria

Una vez presentada y explicada la información sobre las condiciones que ofrece la comunidad para la siembra y cosecha de agua. Los participantes, ya sea la comunidad en su conjunto o un grupo organizado, tienen la libertad de aceptar o rechazar la propuesta, de acuerdo con sus necesidades, prioridades y medios de vida.

En esta etapa es fundamental tener la claridad sobre:

- La modalidad de trabajo y participación comunitaria (faenas comunales).
- Los aportes y contrapartes que asumirán la comunidad y las instituciones que brindan asistencia técnica.
- Los compromisos de otros actores locales involucrados.

De ser aceptada la propuesta por la mayoría, con compromisos claros y consensuados entre las partes, se suscribe los acuerdos en el acta y se pasa a la etapa de capacitación.





ASAMBLEA COMUNAL

ORDEN DEL DÍA:

1. Uso de agua
2. Derechos de tierras
- Proyectos SyCA

VOTACIÓN Miteescenot:
SUNDIADSTE

6.6 Talleres de capacitación y sensibilización

Antes de iniciar la implementación, es importante coordinar con la directiva comunal la realización de talleres de capacitación, y de un diagnóstico rápido que nos permita identificar las necesidades de fortalecimiento de capacidades en los siguientes aspectos:

- Escenarios de cambio climático y sus impactos locales.
- Medidas de adaptación al cambio climático que se pueden implementar en la comunidad
- Reforzamiento de conocimientos técnicos en prácticas de siembra y cosecha de agua, para garantizar una implementación adecuada, responsable y sostenible.
- Actualización o incorporación de la siembra y cosecha de agua en el Plan de Desarrollo y Estatuto Comunal, considerando:



- Recursos humanos.
- Recursos naturales.
- Economía local.
- Organización comunal.
- Infraestructura básica y productiva.
- Fortalecimiento de capacidades en:
 - Importancia de la forestación con especies nativas.
 - Recuperación de la cobertura vegetal.
 - Clausura de áreas forestadas con especies nativas.
 - Construcción de infraestructura natural para la siembra de agua (Zanjas de infiltración, amunas, qochas rústicas).
 - Recuperación y manejo de bofedales.



7. MEDIDAS DE SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA



7.1. Qochas

Las qochas son pequeños depósitos de agua ubicados generalmente en las cabeceras de cuenca, formados mediante la construcción de diques que permiten retener el agua de lluvia y de escorrentía superficial. A través de un proceso de infiltración lento, las qochas orientadas a la siembra de agua favorecen la recarga del acuífero y contribuyen a mantener la disponibilidad de agua en manantes, bofedales y riachuelos ubicados aguas abajo.

7.1.1 Tipos de qochas

a. Por su origen:

Qochas naturales. - son aquellas que almacenan agua de forma natural en depresiones existentes del terreno, su almacenamiento depende exclusivamente de lo que ofrece el área tributaria y la zona de almacenamiento. Estas en general están abandonadas con problemas de colmatación por sedimentos, eutrofización y formación de cárcavas en la salida.



Qochas artificiales. - son construidas por el ser humano para captar y almacenar agua de lluvia en depresiones naturales con o sin agua. Requieren asistencia técnica para construir o mejorar la altura del dique, y canales colectores cuando es necesario, optimizando de esta forma la provisión de agua para almacenar de acuerdo con la capacidad de almacenamiento de la qocha e infiltración del recurso hídrico.

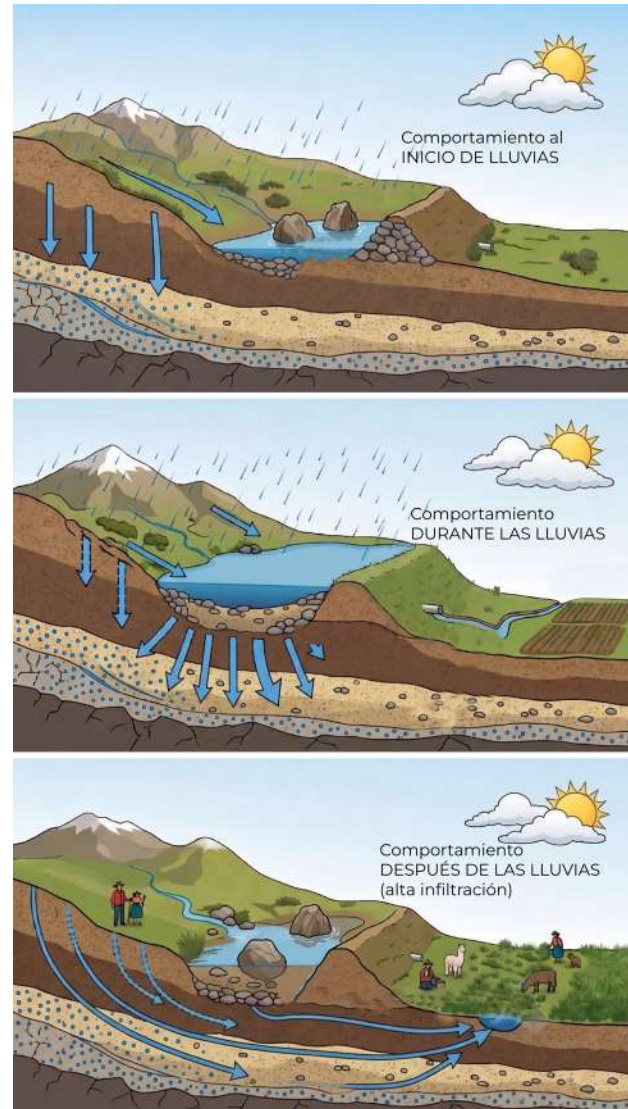
En caso de qochas con agua se eleva el dique para mejorar la capacidad de almacenamiento entonces se trata de mejoramiento de qochas.

En caso de depresiones sin agua principalmente es por el área tributaria que es insuficiente para permitir el almacenamiento normal, en este caso se construyen canales colectores para aportar a la recarga de la qocha nueva. Por otro lado, hay depresiones naturales que no acumulan agua superficial por su alta capacidad de infiltración, en este caso construyendo canales de fuerte pendiente hacia la qocha, se debe generar una sedimentación inducida para regular la infiltración.



b. Por su capacidad de almacenamiento:

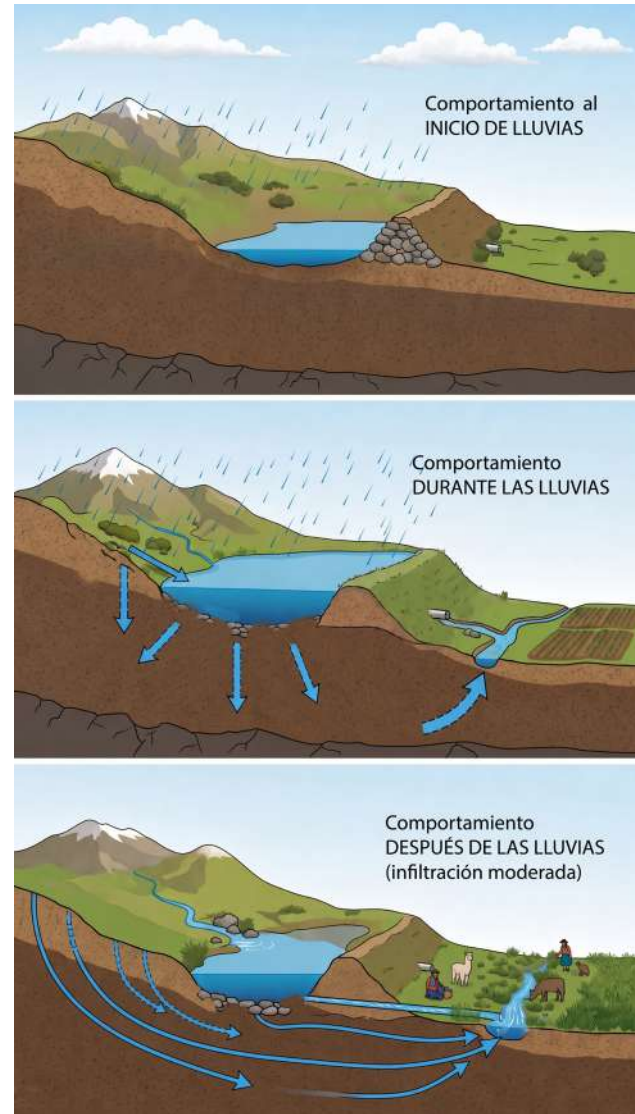
- **Qochas de siembra.-** las qochas de “siembra de agua de lluvia” están destinadas a la recarga de los acuíferos, los cuales alimentan a los manantes, bofedales y humedecen terrenos aguas abajo y mantiene los pastos la temporada de estiaje. Sin estas qochas, en condiciones naturales, el agua discurre por la superficie del suelo ocasionando la erosión e inundación en la parte baja de la cuenca en lugar de ser aprovechada en la parte alta. Generalmente, el vaso receptor permanece seco por un mayor tiempo a lo largo del año. Con el inicio de las lluvias, el agua se almacena con menor velocidad que en las qochas de cosecha, pero con el cese de las lluvias hay una fuerte disminución del agua almacenada por efecto de la infiltración. En consecuencia, el espejo de agua baja rápidamente. Con el retorno de las lluvias vuelve a llenarse lentamente, porque parte del agua se infiltra en el suelo.
- **Qochas mixtas.-** son aquellas que, a



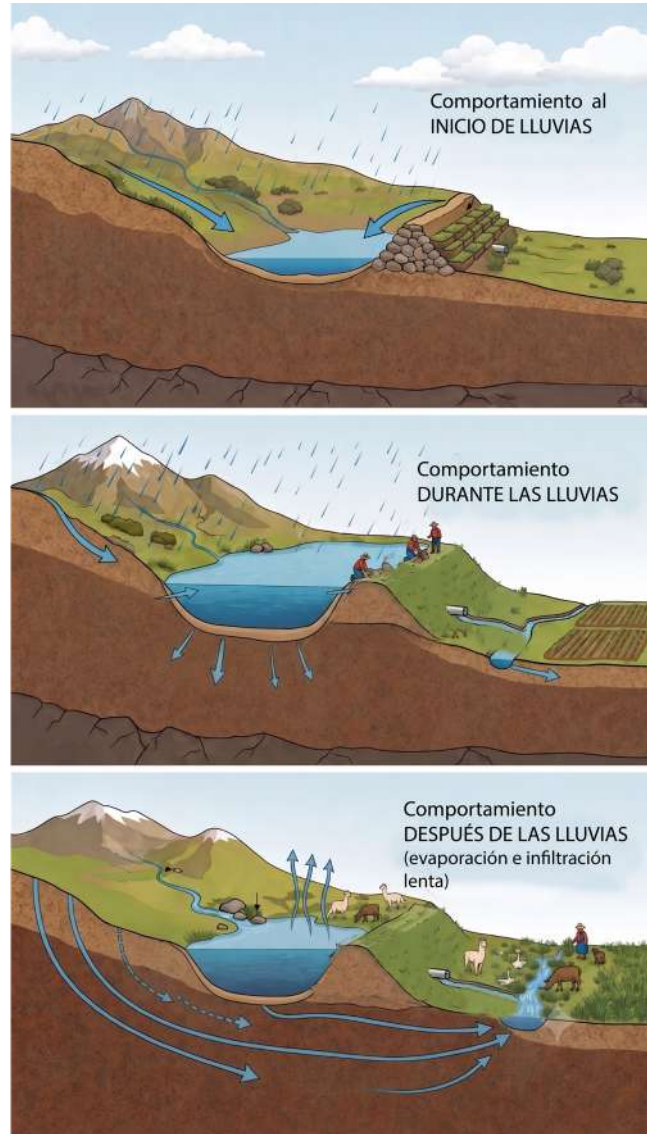
52

diferencia de las qochas de siembra y qochas de cosecha, presentan las dos características “siembra y cosecha de agua”. Estas qochas se caracterizan por presentar una base impermeable que, por lo general, está conformada por la estructura precedente (bofedal), cuyos bordes o áreas fuera del bofedal lo conforman terrenos semipermeables o permeables. En este tipo de qochas, parte del agua almacenada se infiltra hasta llegar al límite o área de influencia del “antiguo bofedal”. En la primera etapa (de infiltración) es considerada como qocha de siembra de agua y en la segunda etapa (de almacenamiento) sería considerada como qocha de cosecha de agua. En tal sentido, hay una infiltración moderada y el agua infiltrada formará parte de las aguas subterráneas que luego aflorarán en forma de manantes, bofedales o zonas húmedas, aguas abajo de la ubicación de la qocha.

• **Qochas de cosecha.-** son aquellas



que solo almacenan el agua superficial, producto de las lluvias y se caracterizan por presentar una base impermeable o con bajísimos coeficientes de permeabilidad. Generalmente se encuentran ubicadas sobre roca volcánica y pizarra. Los bordes de la qocha también presentan material impermeable. Con el inicio de las lluvias, el agua se almacena hasta donde permite el vaso y sube rápidamente el espejo de agua, que permanece por más tiempo en el vaso receptor. Con el cese de las lluvias hay una disminución lenta por la evaporación y la infiltración que es mínima para este caso. Con el retorno de las lluvias, otra vez sube el espejo de agua hasta llenar el vaso. El ciclo se repite en las épocas de estiaje y de lluvias.



7.1.2 Beneficios

- Captar y retener agua que de otro modo se perdería por escorrentía.
- Reducir la erosión en la cuenca al controlar el flujo superficial del agua.
- Incrementar la recarga de acuíferos.
- Mejorar la disponibilidad de agua en manantes, bofedales y pastizales.
- Integrar distintas fuentes de agua para optimizar su aprovechamiento.

7.1.3 Ubicación

La mejor ubicación es la parte alta de las microcuencas, sean terrenos con pendiente suave menor al 2%, con depresiones naturales que pueda cerrarse fácilmente mediante un dique rústico construido con materiales locales.

7.1.4 Partes de la qocha

En la identificación considerar las partes principales de la qocha:

a. Área tributaria: Es la zona alta de la qocha, por donde fluye la lluvia, que aporta escorrentía para su almacenamiento y posterior infiltración.

Aquí se debe evaluar:

- Cobertura vegetal y posibilidades de mejorar.
- Pendiente de zonas aledañas
- Potencial para zanjas de infiltración.
- Riesgo de erosión y sedimentación.
- Tipo de suelo y tipo de roca

b. Área de almacenamiento: El área de almacenamiento corresponde a una depresión natural del terreno donde se acumula el agua de lluvia, favoreciendo su infiltración y contribuyendo a la recarga de los acuíferos. Para mejorar la capacidad de almacenamiento,

se debe construir un dique en el punto de salida del agua por el cauce natural, con el fin de elevar el nivel o espejo de agua y obtener mayor almacenamiento. Una vez construido el dique, a esta depresión se le llamará vaso colector.

Es importante señalar que **no se deben** construir diques en cauces de quebradas, ni en zonas que puedan generar inestabilidad del terreno o deslizamientos como consecuencia del almacenamiento de grandes volúmenes de agua, tampoco cerca de los ríos, para que el agua infiltrada no aflore en el río.

La función principal de las qochas es favorecer la recarga temporal o permanente de los acuíferos. En algunos casos, también es posible aprovechar el agua excedente para distribuirla hacia áreas aledañas, contribuyendo a ampliar la zona de recarga y mejorar la disponibilidad de agua en el territorio.

c. Área de influencia: Es la zona ubicada en la parte baja de la qocha, donde se espera que la infiltración del agua genere beneficios en el territorio. Esta área debe ser lo suficientemente amplia para permitir la recarga hídrica y producir efectos positivos en el ecosistema y en las actividades productivas.

Entre los principales beneficios que se buscan en el área de influencia se encuentran:

- Recuperación de manantes.
- Ampliación de bofedales.
- Repoblamiento y recuperación de pastos naturales.
- Incremento de la humedad en suelos productivos.

Asimismo, para considerar viable el área de influencia se debe evaluar que:

- No exista riesgo de deslizamientos que puedan afectar a las zonas ubicadas aguas abajo.
- La recarga hídrica contribuya a incrementar la disponibilidad de agua en manantes y bofedales para el consumo y actividades productivas de los usuarios de la parte baja.

7.1.5 Consideraciones para la construcción de qochas

Tipo de suelo

Para la construcción de qochas es necesario evaluar la textura del suelo que determina la velocidad de infiltración principalmente en el área almacenamiento.

- Los suelos arenosos o pedregosos, tienen una textura gruesa y por esta condición permiten que el agua se filtre rápidamente hacia los acuíferos, cuyas características son importantes para la siembra de agua.
- Los suelos limosos, tienen una capacidad de infiltración moderada, cuyo periodo de almacenamiento de agua superficial es mayor que las qochas de siembra de agua pero menor que las de qochas de cosecha.
- Y los suelos arcillosos, tienen partículas muy finas y retienen el agua en la superficie por mucho más tiempo evitando su pérdida por infiltración, son típicos de las qochas de cosecha de agua.

Sin embargo, a pesar de estas características de textura, es importante realizar pruebas de infiltración en el área de almacenamiento principalmente para determinar el tipo de qocha que se va a tener.

Para la construcción del dique, se requiere un suelo de fácil compactación, para evitar filtraciones por debajo del dique.

Para el entorno biológico de la qocha, es importante suelo orgánico que favorece el crecimiento de pastos naturales y la conservación de la flora.

Configuración del área de almacenamiento y topografía

El terreno donde se construirá la qocha debe presentar una pendiente suave y amplia hacia las orillas y el área aledaña para permitir ampliar el espejo de agua sin necesidad de construir diques muy altos ni realizar grandes movimientos de tierra.

Disponibilidad de materiales

Al tratarse de una obra cuyo principal componente es la construcción del dique con materiales de la zona, es fundamental encontrar cerca suficiente cantidad de piedras, champas y tierra

arcillosa, lo que permitirá abaratar los costos de traslado y facilitar la construcción.

Tenencia del terreno

Debe existir claridad sobre la tenencia del área donde se construirá la qocha, así como de las áreas tributarias y de influencia, para evitar conflictos entre familias, grupos de familias, vecinos o comunidades. De existir controversias, promover el diálogo y la concertación antes de iniciar cualquier intervención. Si no hay consenso, no se ejecutará ninguna obra de siembra y cosecha de agua.

Tipo de infraestructura

En esta etapa definir el tipo de infraestructura a implementar, considerando la ubicación adecuada del vaso colector, tamaño de la qocha, para asegurar su adecuado funcionamiento y su aporte a la recarga hídrica.

7.1.6 Materiales necesarios

- Piedras grandes, medianas y pequeñas.
- Tierra arcillosa para impermeabilizar el núcleo del dique.
- Champas húmedas de 0.60 m x 0.50 m aproximadamente (Bloques de pasto con raíz y tierra).



7.1.7 Pasos para la construcción:

La construcción de un dique para una qocha requiere el acompañamiento de un técnico con experiencia en siembra y cosecha de agua, quien orientará el proceso de selección del sitio, diseño básico y ejecución de la obra, asegurando la estabilidad de la infraestructura y su adecuado funcionamiento para el almacenamiento e infiltración del agua.

1. Evaluación técnica y caracterización geológica de la zona, a través de pruebas de infiltración en el área de almacenamiento principalmente para determinar el tipo de qocha que se va a tener.

Las principales consideraciones de esta etapa son:

Evaluación del tipo de suelo: Consiste en realizar una evaluación visual de las características del suelo y del subsuelo para determinar:

La estabilidad del terreno: a través de la observación se debe analizar el riesgo de deslizamientos y derrumbes. De existir deslizamientos cercanos es mejor evitar la construcción de la qocha en esa zona.



La capacidad de infiltración mediante el tubo o lata abierta sobre suelo limpio y desnudo (Anexo 1).

Esta evaluación permite determinar la viabilidad de la construcción del dique y el comportamiento del agua dentro del vaso de almacenamiento.

2. Determinación del área de almacenamiento.

Se debe identificar el área donde se acumulará el agua con el objetivo de:

- Maximizar el volumen de almacenamiento.
- Minimizar el movimiento de tierras y las obras civiles.



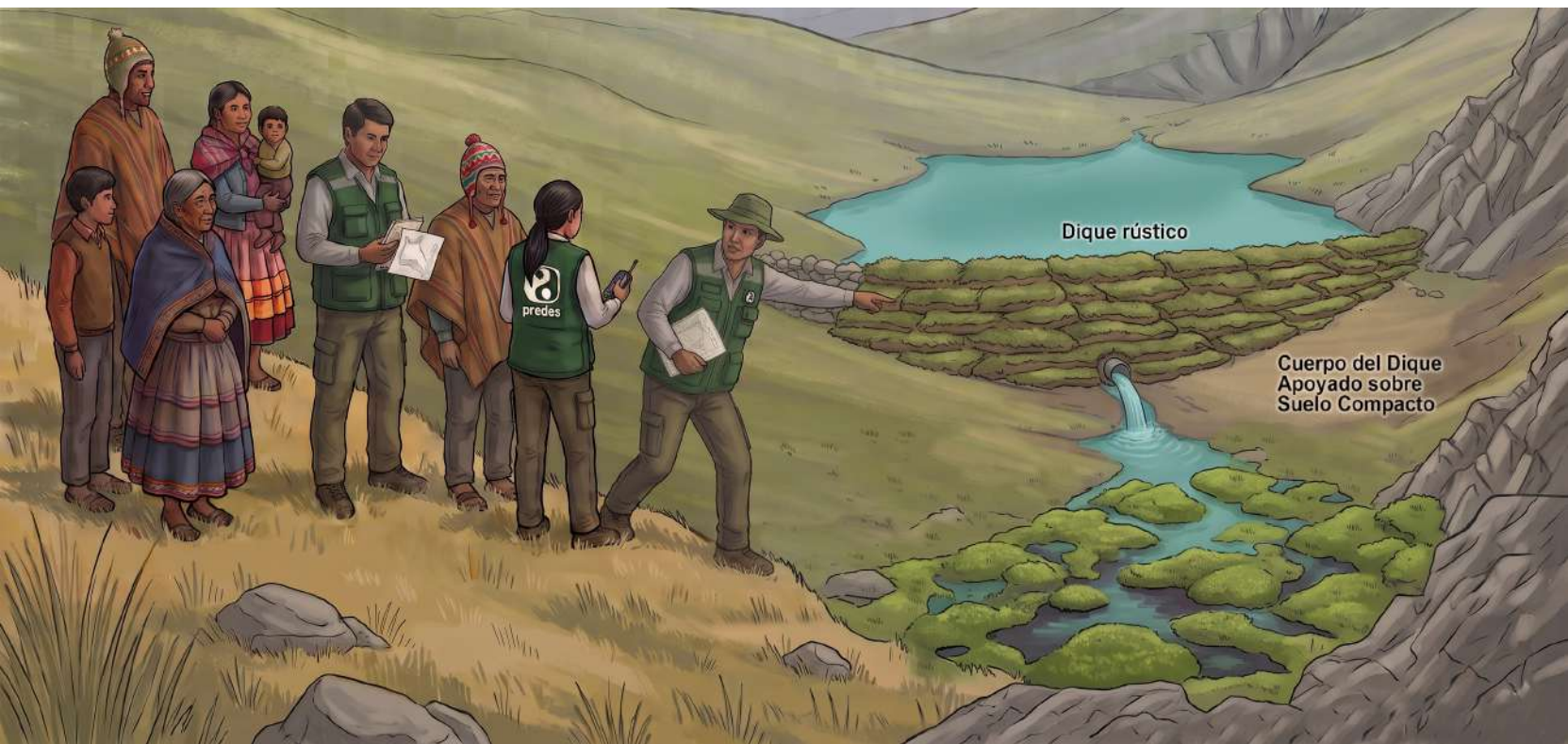
3. Selección de la ubicación del dique

El dique debe ubicarse en un terreno plano y compacto en la salida del agua (parte más baja de una depresión natural donde se concentre el escurrimiento del agua).

Debe evitarse construir el dique en:

- Bordes de pendientes pronunciadas.
- Cauces activos de quebradas.
- Zonas con suelos inestables o susceptibles a deslizamientos.

Cuando la salida natural del agua coincide con un cambio de pendiente, es recomendable desplazar ligeramente el eje del dique hacia una zona más estable, de modo que el cuerpo del dique se apoye sobre terreno firme y permita formar adecuadamente el vaso de almacenamiento.



4. Trabajos preliminares en campo:

Una vez seleccionado el sitio se procede con los trabajos de preparación y trazado.

a. Levantamiento topográfico básico

Se realiza utilizando un nivel de ingeniero o manguera de nivel para determinar:

- El desnivel entre puntos del terreno.
- Las curvas de nivel del fondo y bordes del área de almacenamiento ó vaso colector.
- El eje del dique.
- La ubicación del aliviadero.
- El trazo de los canales de recarga y de evacuación.

Con esta información se calcula el volumen de almacenamiento de la qocha y se define el diseño básico del dique.

b. Ubicación del dique:

Es un aspecto fundamental para garantizar la estabilidad de la infraestructura y su adecuado funcionamiento. El dique se ubica en la parte más baja de la depresión donde naturalmente se concentra la salida del agua. Para garantizar la seguridad del dique, se debe evitar trazar al borde de una pendiente pronunciada, ya que esto puede generar inestabilidad y riesgos de deslizamiento. Cuando el cambio de pendiente coincide con la salida natural del cauce, es recomendable ganar parte del área de almacenamiento, desplazando ligeramente el eje del dique hacia una zona más plana, de modo que el cuerpo del dique se apoye en terreno estable y permita formar adecuadamente el vaso de almacenamiento.

c. Trazado del eje del dique.

Una vez definido el lugar para la construcción del dique, se traza el eje del dique que define la posición, orientación y longitud de la estructura.

Para su trazado se utilizan herramientas simples como:

- Manguera de nivel o nivel de ingeniero
- Wincha, cordel para el alineamiento
- Estacas

El procedimiento consiste en:

- Identificar en ambos márgenes de la depresión los puntos de apoyo del dique, asegurando que se encuentren sobre terreno firme o sobre rocas grandes y firmes que garanticen la estabilidad de la estructura.
- Colocar una estaca en cada uno de los puntos de apoyo previamente identificados.
- Verificar que ambas estacas se encuentren al mismo nivel, utilizando una manguera de nivel o un nivel de ingeniero.
- Tender un cordel entre las dos estacas para formar una línea recta que represente el eje del dique.
- Utilizar esta línea de referencia para marcar en el terreno la ubicación exacta de la estructura y delimitar la excavación de la zanja de cimentación.



d. Definición de altura del dique

Una vez trazado el eje del dique, se determina la altura que tendrá la estructura. Para ello, se mide el nivel del terreno natural en varios puntos a lo largo del eje, incluyendo los extremos y el punto más bajo de la depresión o cauce.

Estas mediciones permiten calcular la altura que deberá tener el dique en cada punto para que la corona quede uniforme, horizontal o con una ligera elevación hacia el centro, favoreciendo la estabilidad de la estructura.

La altura total del dique (H) es la distancia vertical entre el suelo (no la base de la cimentación) y la parte más alta del dique, denominada corona.

La altura total del dique se obtiene sumando:

- Altura útil: altura necesaria para almacenar el agua.
- Borde libre: altura adicional de seguridad para evitar el desborde del agua durante lluvias intensas o eventos extraordinarios.

La altura del dique en cada punto se calcula mediante la siguiente expresión:

$$H = \text{Nivel de la corona} - \text{Nivel del terreno natural}$$

Este cálculo permite determinar la cantidad de material de relleno necesaria para construir el dique, hasta alcanzar la altura de diseño.

Para que el dique tenga una altura uniforme, se calcula la cota del terreno en puntos laterales e intermedios incluido en el punto más bajo lo que permite calcular la altura exacta y relleno que requiere el dique hasta llegar a la corona que debe ser horizontal o ligeramente convexa para arriba en la parte central. La altura del dique es la distancia vertical entre el suelo y el punto más alto del muro (corona). (H) Es la suma de la altura útil más el borde libre. Se calcula restando la cota de la corona menos la cota del terreno natural.

e. Trazo para la zanja de cimentación

Luego de definir el eje del dique, se procede al trazado de la zanja de cimentación marcando las líneas que definirán el ancho de la zanja, ubicándolas equidistantemente a ambos lados del eje. Esto dependerá del largo y la altura proyectada del dique, así como del volumen de agua que se desea almacenar. El ancho de la cimentación no siempre es igual en todo el eje. En los laterales donde la altura del dique es más bajo, el ancho será menor. En cambio, en el centro (cauce) donde la zona es más profunda, el ancho será mayor porque en esta parte el dique es más alto y recibe mayor carga vertical y también mayor presión del agua y para compensar se requerirá de refuerzos necesarios como el enrocado a manera de encajonamiento y relleno ampliado.

La zanja se excava hasta encontrar terreno firme (presencia de pocas raíces, es resistente al excavar y no se desmorona fácilmente), para asegurar la estabilidad del dique y evitando filtraciones de agua por debajo de este.



f. Trazo de las dimensiones del dique

Para el trazo del dique se parte del largo y ancho del dique, donde el ancho de la base siempre será mayor que el ancho de la corona que debe ser mayor a 2 metros para que las personas que realizan el mantenimiento puedan transitar sin dificultad.

Para este trazo se utiliza un nivel de ingeniero o manguera de nivel para determinar el desnivel entre puntos del terreno.

- Identificar los puntos laterales de apoyo sobre suelo firme o roca.
- Colocar estacas en los 2 puntos laterales de la base del dique y la parte alta (corona)
- Unir las estacas mediante un cordel o cinta métrica en línea recta que servirá de referencia para la excavación de la zanja de cimentación y altura del dique.
- Las curvas de nivel del fondo y bordes del área de almacenamiento vaso colector.
- El lugar exacto del trazo para el eje del dique.
- La ubicación del aliviadero.
- El trazo de los canales de recarga y de evacuación.

Con esta información se define el diseño básico del dique y se calcula el volumen de almacenamiento de la qocha.



g. Diseño del dique

El diseño está condicionado a la ubicación e inicio del cauce, longitud del dique, tamaño de la qocha que determina el movimiento del agua por las oleadas, la calidad de materiales a usar, tipo de suelo entre otras. Considerando estos elementos se establece que:

Altura del dique: (H) Está sujeto en el nivel máximo de agua que alcanzará cuando llene completamente a esto se suma una altura adicional que es borde libre para evitar que sobrepasen por oleajes o crecidas imprevistas. La fórmula recomendada es, $H = H_a + BL$ donde:

H: es la altura del dique,

H_a : es la altura máxima del agua

BL: es el borde libre

Altura del agua: Para garantizar la seguridad del dique, la altura del agua siempre debe ser menor que la altura de la corona y la relación es: $H_a = H - BL$

Borde libre: Es la distancia entre el nivel máximo de agua y la corona para que el agua no rebose por encima del dique.

Ancho de la Base (B): Se calcula sumando el ancho de la corona y las proyecciones de ambos taludes: $B = C + (H \cdot m_1) + (H \cdot m_2)$ donde:

B: es el ancho de la base del dique

C: Ancho de la corona

H: altura del dique (se define en campo de acuerdo a la salida del agua)

m_1 : talud interno (considerando el tipo de suelo del cuadro 3)

m_2 : talud externo (parte seca)

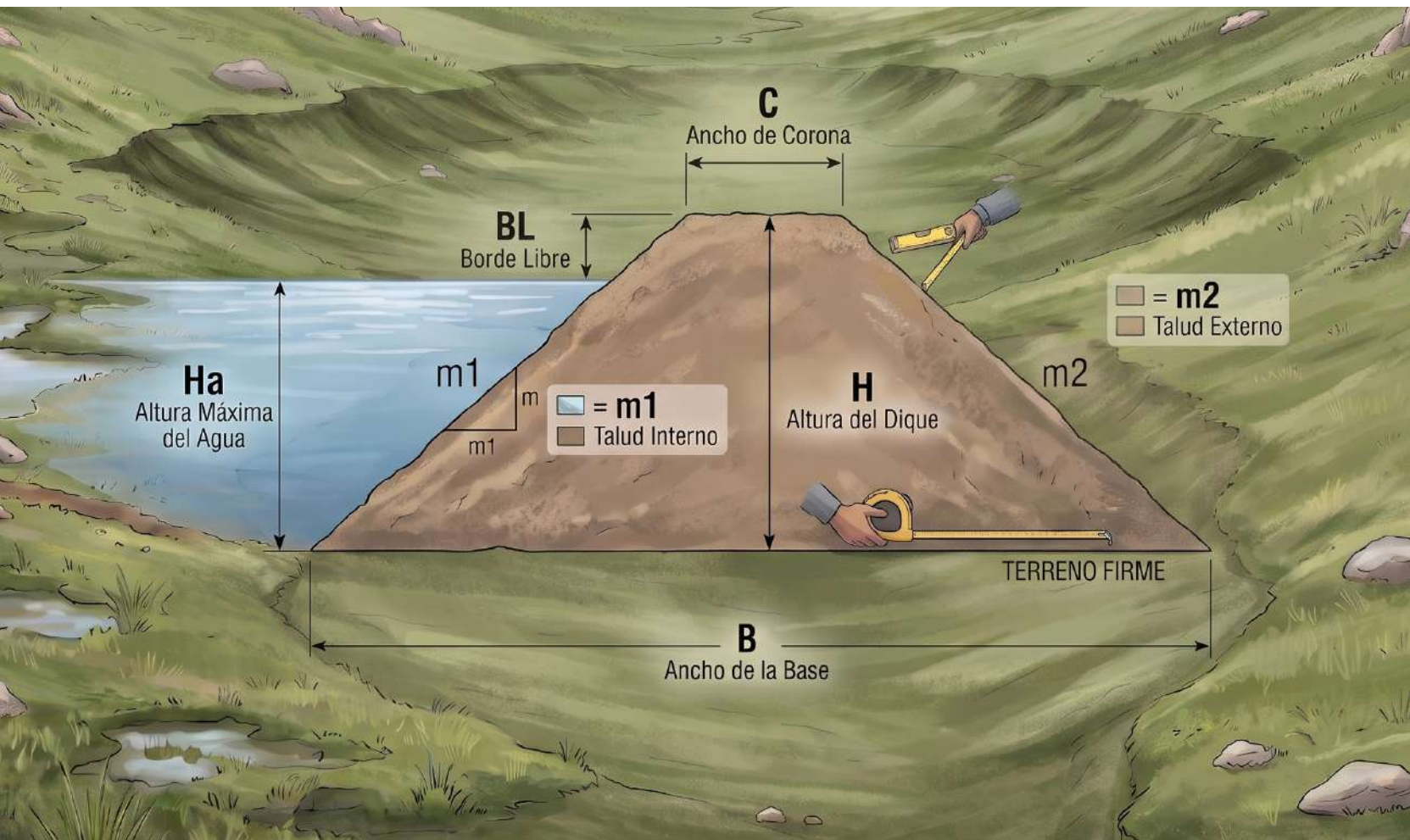
Donde m_1 y m_2 son los coeficientes de inclinación del talud interno y talud externo.

Ancho de la corona: (C) para diques menores a 2 m de altura se sugiere un ancho de corona de 1.5 a 2 m de ancho, la formula recomendada es $C = 1 + 1.1 \times \sqrt{H}$, donde:

C = ancho de corona

1 y 1.1 = es una constante

H = altura del dique



h. Talud del dique

Es la inclinación de las paredes del dique se calcula considerando el tipo de suelo donde el talud interno (hacia el agua) es más inclinado para resistir la presión del agua y el oleaje y el talud externo (hacia afuera) puede tener menor inclinación.

El trazo se realiza dibujando en el suelo los límites de la base del dique, es decir el talud externo y talud interno, además tomando en cuenta el tipo de suelo a utilizar de acuerdo con el siguiente cuadro.

Cuadro N° 3: Inclinación de los taludes de dique según el tipo de suelo.

Material disponible en la zona para el dique	Talud interno (m1)	Talud externo (m2)
Arcilloso	2.5 : 1	2.0 : 1
Arenoso	3.0 : 1	2.5 : 1
Con enrocado	2.0 : 1	1.5 : 1

Es importante aclarar que casi nunca se encuentra arcilla pura, el tipo de suelo que encontramos es una mezcla de arena, limo y arcilla que tienen una capacidad de cohesión y retención. Entonces la formula del cuadro es más referencial y ajustable para trabajar con aproximaciones con el material que contamos, haciendo uso de experiencias desarrolladas y criterios técnicos.

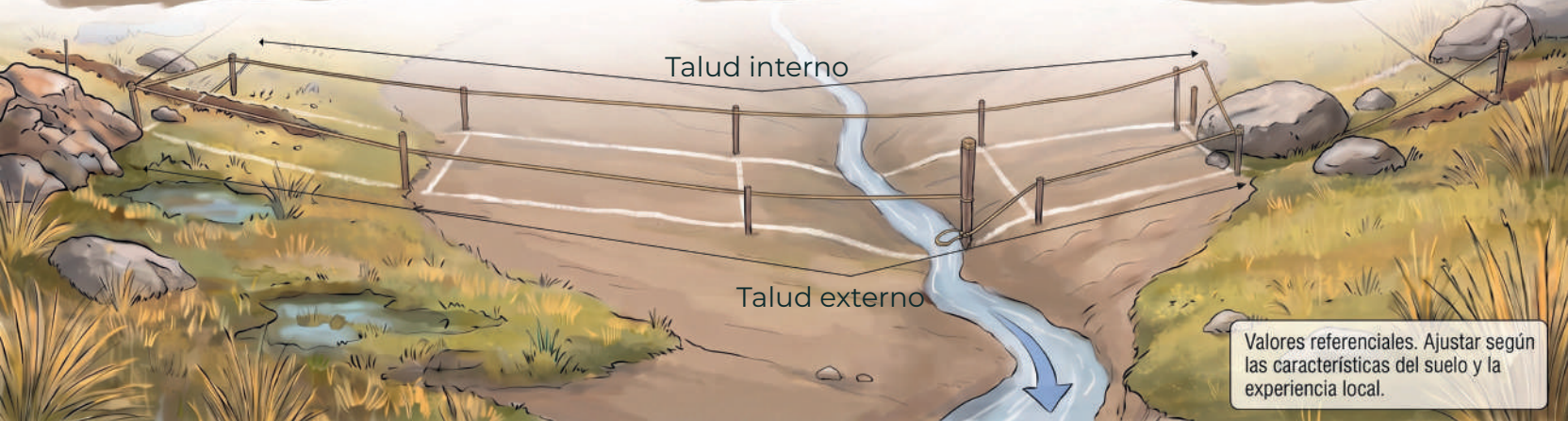
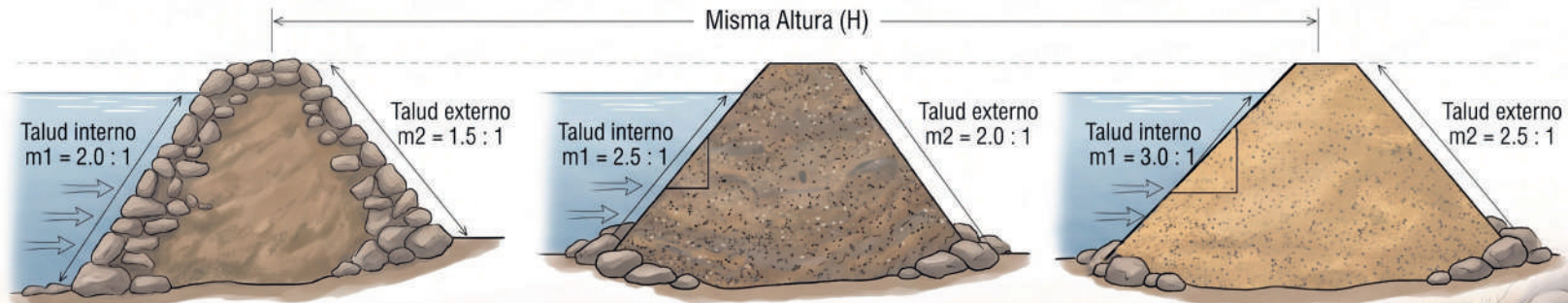


Talud según el tipo de suelo

1. CON ENROCADO

2. SUELO ARCILLOSO

3. SUELO ARENOSO



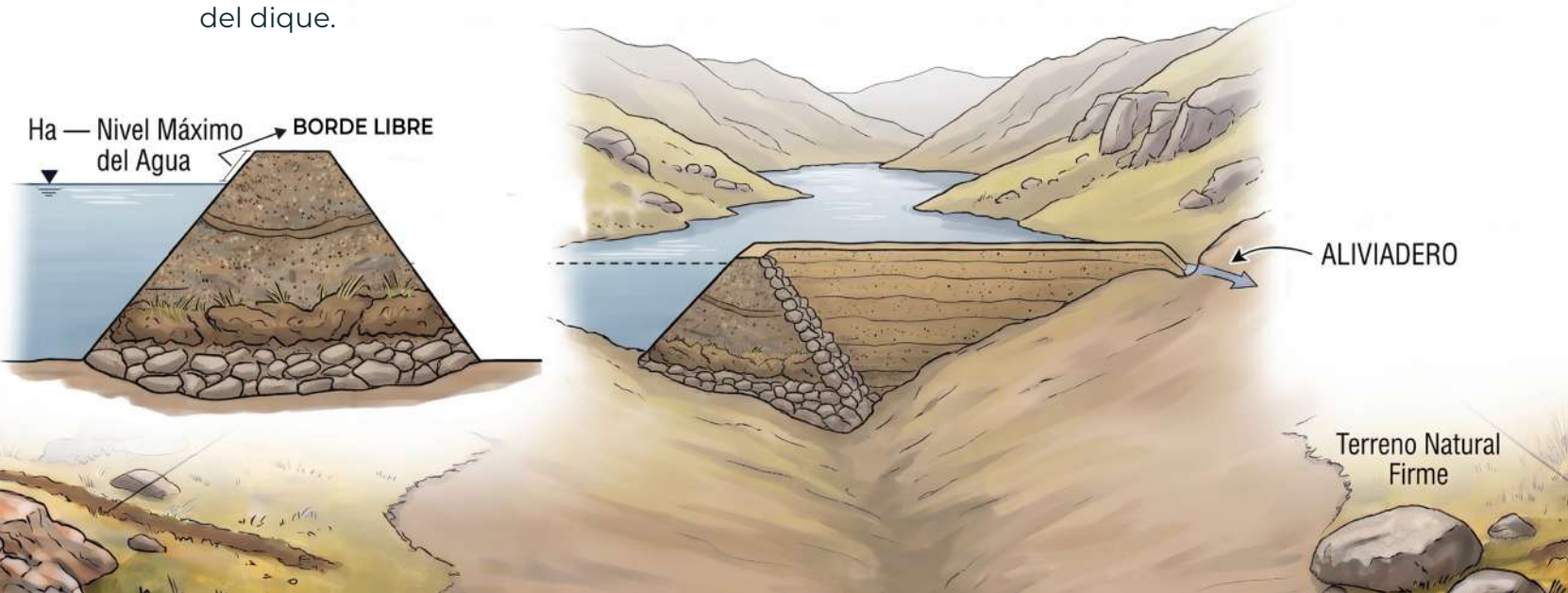
i. Trazo para aliviadero

El trazo se realiza en uno de los lados laterales del dique, ubicarlo sobre suelo natural firme por donde saldrá el agua excedente de la qocha sin erosionar el cuerpo del dique. Pero si las condiciones lo permiten buscar otra zona sobre terreno natural (con pasto) y alejada del dique y más baja de la corona del dique planteado para evacuar el agua excedente y luego encausar al cauce natural.

La fórmula que se usa es, altura total menos altura del agua, que coincide con la parte baja del borde libre. **$Aliviadero = H_{total} - H_{agua}$** , que generalmente es a 0.50 m por debajo de la corona; es decir, la salida coincide con la altura del agua.

j. Estimación del volumen de almacenamiento: Para calcular el volumen de almacenamiento se usará la aproximación rápida que consiste en multiplicar el área superficial por la profundidad promedio por factor de corrección que puede ser 0.5 mts. **$V = A \times d \times 0.50$** donde **V** es volumen, **A** es área superficial de almacenamiento, **d** es profundidad promedio y 0.5 factor de corrección.

Una vez concluidos estos trabajos de preparación y trazado, se procede a la construcción del dique.



5. Construcción del Dique

El dique es el elemento central de la qocha construido sobre una base firme. Su función es elevar el nivel del espejo de agua almacenada en una depresión natural, generando un embalse temporal que favorece la infiltración lenta y la recarga del acuífero, contribuyendo a mantener la disponibilidad de agua.

La plantilla para la construcción, son los trazos realizados en la visita de campo haciendo uso de fórmulas y criterios técnicos, donde se ha definido el área tributaria, el volumen de agua que se va almacenar, la pendiente del terreno y el área de almacenamiento.



Recomendaciones técnicas:

El proceso de construcción puede realizarse por etapas para facilitar la consolidación y compactación natural por lluvias esporádicas de la época de estiaje para la captación de agua en pequeños volúmenes y de manera progresiva, es decir en la primera etapa se puede construir las dos terceras partes de altura y pasado un tiempo completar lo que falta hasta la altura final.

En el caso de diques cuya altura supere los 2.00 m de altura del agua, será necesario realizar estudios técnicos especializados, ya que se trata de una infraestructura que requiere un diseño más detallado para garantizar su seguridad y funcionamiento.

Procedimiento constructivo del dique:

Ya teniendo todo el diseño en el trabajo de campo y su procesamiento se inicia con:

1. Apertura de la zanja y acopio de materiales de construcción.- antes de abrir la zanja, se debe retirar la tierra orgánica y todos los elementos extraños como la paja, raíces, piedras sueltas, etc. luego se procede a excavar hasta encontrar suelo firme y compacto, una profundidad mínima de 0.60 mts. Y un ancho de 1 a 1.5 m.

Mientras un grupo abre la zanja, otro grupo deberá acopiar piedras grandes y pequeñas, tierra y champas.





2. Cimentación y construcción del Núcleo del dique (dentellón).- Una vez excavada la zanja de cimentación hasta encontrar terreno firme, se inicia la construcción del núcleo impermeable del dique, también denominado dentellón. Este consiste en un muro de arcilla o greda de entre 1 y 1,5 metros de ancho, colocado en el centro del dique y confinado entre piedras para evitar su desplazamiento durante el proceso de compactación.

La función principal del núcleo es impedir que el agua se filtre por debajo o a través de la estructura del dique, evitando así su debilitamiento y posible falla interna.

La construcción se realiza siguiendo los siguientes pasos:

a. Cimentación

- La zanja de cimentación se rellena con piedras y tierra arcillosa compactada.
- En la base de las caras interna y externa del núcleo se colocan las piedras más grandes, las cuales proporcionan estabilidad y facilitan la compactación de la arcilla.



b. Construcción del núcleo impermeable

- La arcilla o greda se coloca en capas de aproximadamente 25 cm de espesor.
- Cada capa se humedece y se compacta cuidadosamente mediante pisoteo o con pisones de madera.
- Entre las caras laterales del núcleo se incorporan piedras medianas, piedras pequeñas y tierra arcillosa para mejorar la estabilidad de la estructura.
- La compactación debe realizarse cada 25 cm de altura construida para reducir el riesgo de filtraciones.



c. Instalación del tubo de salida

- El tubo de salida se instala a 0,30 m por encima de la base del dique.
- Esta ubicación permite conservar una reserva de agua en caso de una rotura del tubo o de la estructura, evitando el vaciado total de la gocha.
- Las especificaciones de instalación se detallan en la sección de elementos secundarios.



d. Conformación del cuerpo del dique

- Conforme se eleva el núcleo, se añaden capas de champas, tierra y piedras a ambos lados, formando una sección trapezoidal.
- Este procedimiento proporciona estabilidad estructural al dique y protege el núcleo impermeable.

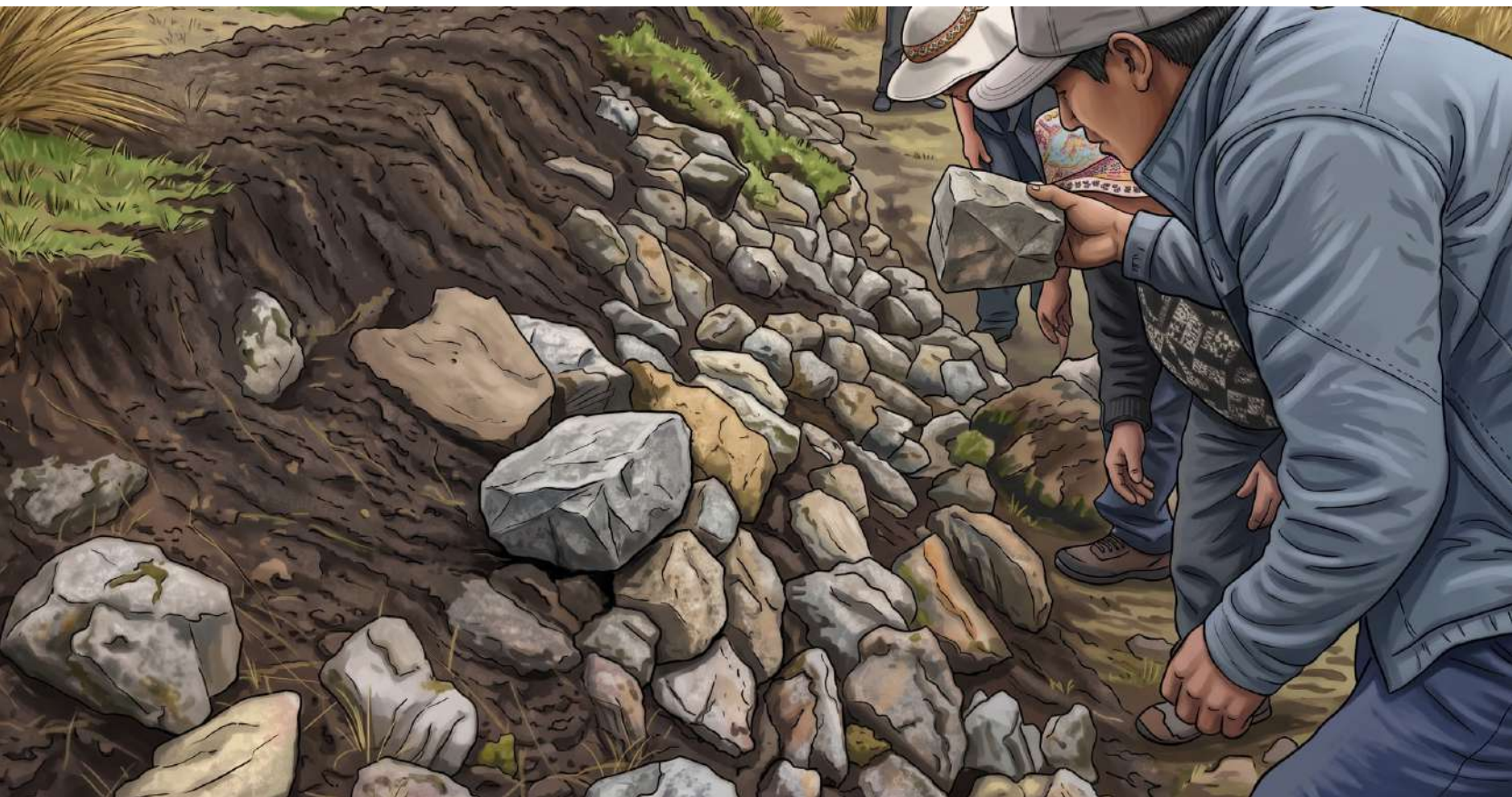
El proceso se repite de manera continua hasta alcanzar la altura final de diseño.



3. Protección del dique/ Acabados finales

Concluida la construcción, se coloca tierra fina y arcillosa en la base y cara interna del dique para cubrir las champas y piedras que protegen el núcleo. En la cara interna del dique, se colocan piedras planas para evitar la erosión por el oleaje. En la cara externa y superior del dique, se coloca tierra negra para garantizar el prendimiento de las champas.

Las champas colocadas en la corona y el talud interno deben medir de 0,60 m x 0,50 m aproximadamente y tener plantas vivas. Además, deben ser colocadas dejando espacios entre champa y champa para colocar tierra orgánica y permitir el prendimiento de los pastos de las champas.



Recomendaciones adicionales:

- Utilizar champas con un buen desarrollo radicular provenientes de bofedales (evitar la extracción de champas de zonas aledañas al dique)
- Plantar especies nativas como el ichu, iruichu, y ccoya, alrededor del dique
- Evitar el uso de retroexcavadoras durante el acondicionamiento del área de almacenamiento, ya que puede romper la estructura del suelo, compactando o abriendo grietas (fracturas) que altera la infiltración del agua.

4.Construcción e implementación de elementos secundarios

Existen elementos secundarios importantes que contribuyen con la funcionalidad de la qocha:

4.1 Aliviadero:

Su función es evacuar de manera segura el exceso de agua cuando el embalse alcanza su máxima capacidad, evitando que el agua rebose por encima del dique.



Tipos de aliviadero:

Aliviadero de canal: consiste en abrir un canal para evacuar el agua excedente y revestir con piedra asentada o champas con pasto o tierra compactada, para evitar la erosión. Estos son de bajo costo, alta capacidad de evacuación cuando hay lluvias extraordinarias, y de fácil mantenimiento. técnicamente es la más recomendable.

Aliviadero de tubo: se utiliza para qochas pequeñas y consiste en colocar uno o más tubos PVC que atraviesan el cuerpo del dique, en cuyo lado interior lleva un codo fijo. El lado externo del tubo puede conectarse a un canal o sistemas de riego que conduzca el agua hacia el cauce natural del río o a una zona aledaña. Con este aliviadero hay mejor control del nivel de llenado, la desventaja es el riesgo de taponamiento.

Ubicación: en uno de los laterales del dique, sobre terreno natural estable, instalado como mínimo a 0.40 m, por debajo de la corona.

4.2 Tubería de salida:

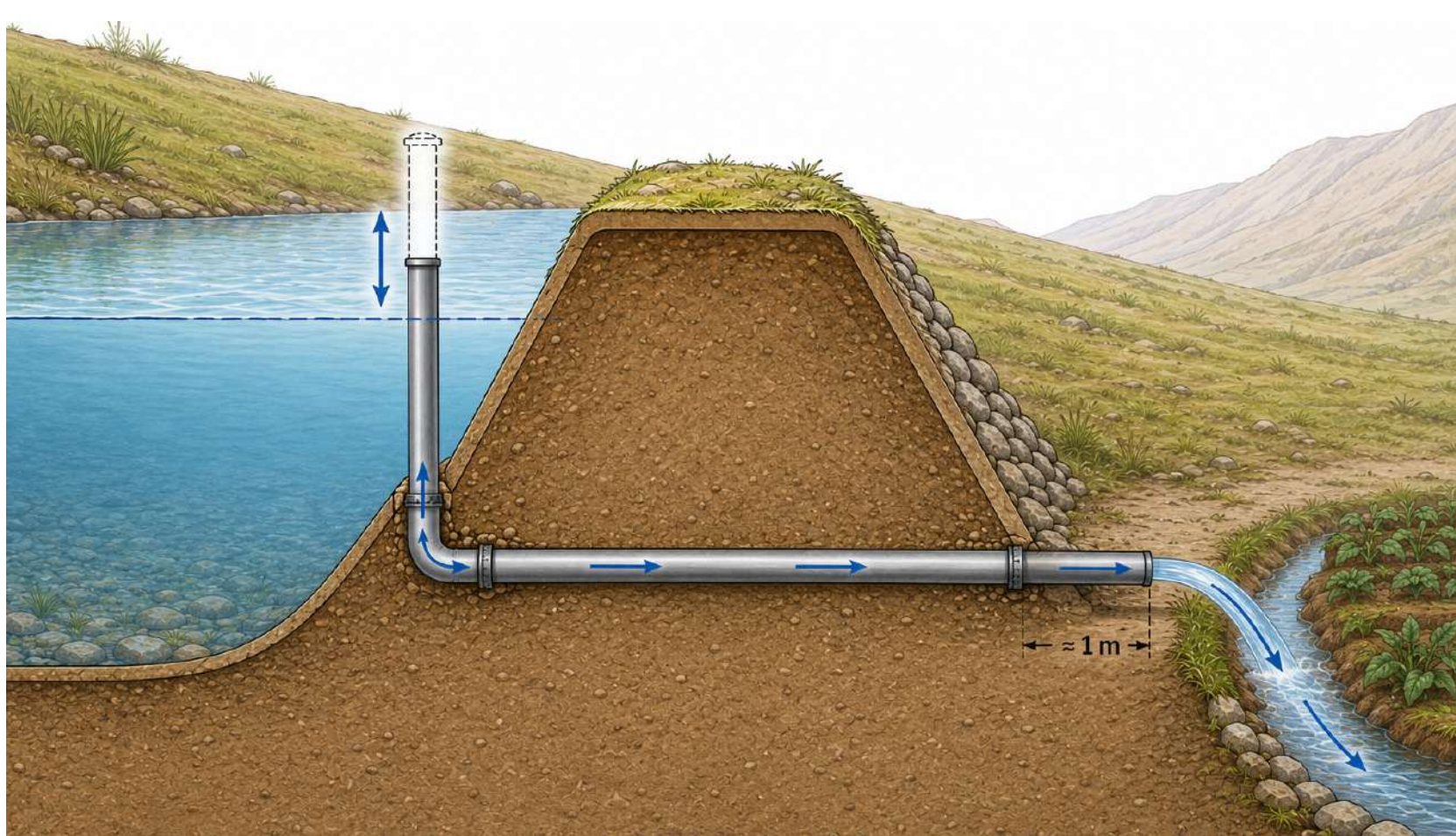
Consiste en la instalación de un tubo pesado de agua, colocado de manera transversal al ancho del dique. En el lado interior del dique se instala un codo fijo, ubicado en el talud interno, al cual se conecta un tubo vertical móvil que permite regular el nivel de salida del agua. Mediante este sistema, el tubo vertical puede colocarse para elevar el nivel de almacenamiento del agua o retirarse parcialmente cuando se requiera evacuar agua para su aprovechamiento.

El tubo transversal se instala hasta la altura del aliviadero, lo que permite evacuar el agua hacia la parte externa de la qocha cuando esta alcanza su nivel máximo. De esta manera, también se puede aprovechar el agua excedente para el riego de áreas aledañas.

Para su adecuada instalación se deben considerar los siguientes aspectos:

- El tubo debe instalarse de forma transversal al eje del dique, atravesando su estructura, con un extremo ubicado a un tercio en el talud interno y el otro sobresaliendo en el talud externo.

- El diámetro del tubo generalmente varía entre 3 y 4 pulgadas, dependiendo del volumen de agua que se pretenda evacuar, tanto para su uso como para el mantenimiento del dique cuando sea necesario vaciar la qocha.
- El tubo debe sobresalir al menos 1 metro en la cara externa del dique, para facilitar su operación, mantenimiento y evitar daños durante el proceso de compactación o por el paso de personas o animales.

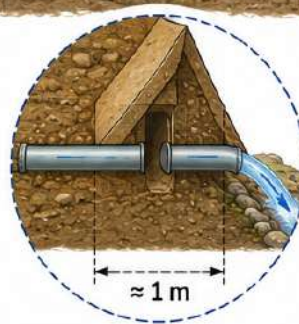
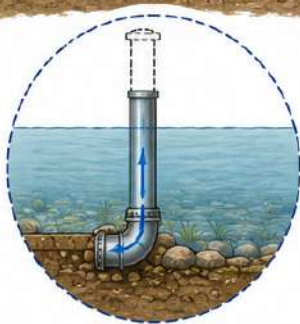
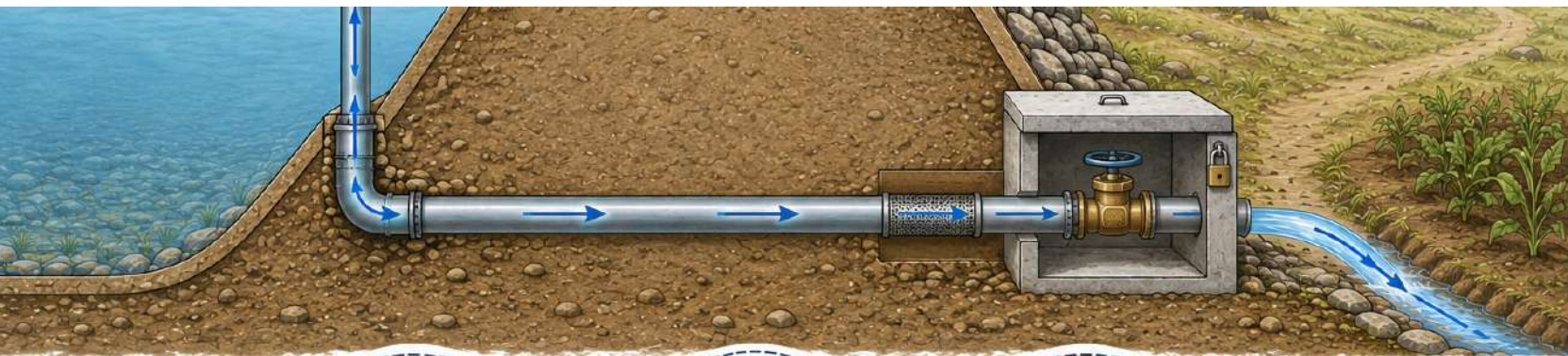


4.3 Válvula de salida:

Es un dispositivo que se instala de manera opcional en la base del dique, colocándose de forma transversal al eje. Su función es regular el flujo de agua y controlar la cantidad de agua que se libera desde la qocha, se puede abrir de manera total o parcial, según las necesidades de uso del agua.

Este sistema está compuesto por un filtro o rejilla ubicado antes de la válvula para evitar el ingreso de sedimentos u otros materiales que puedan obstruir el conducto; una llave de paso o válvula de control, instalada en la parte externa del dique; y una caja de protección de concreto, provista de tapa y cerradura, que permite resguardar el mecanismo y evitar manipulaciones no autorizadas.

En el caso nuestro se coloca tubo de 4 pulgadas generalmente con un codo fijo en el lado interior y un tubo que va hasta la altura del aliviadero que se coloca y se extrae de acuerdo con las necesidades.



Canales de aducción y recarga:

Son canales de sección trapezoidal cuyo ancho y profundidad se establecerán en función del caudal de agua que se va a transportar a la gocha, teniendo cuidado que la pendiente debe ser suave de 1 a 2% para evitar el arrastre de sedimentos o causar erosión en el canal. Son construidos transversalmente a la pendiente del terreno, aprovechando la pendiente natural para capturar y transportar el agua de diversas fuentes, incluido el agua sobrante que discurre por zonas aledañas del área tributaria o de quebradas laterales y conducir hacia un punto común, en este caso a la gocha para almacenar e infiltrar para la recarga de acuíferos, las secciones recomendadas son de 0.4m de ancho y 0.40 m de profundidad, pudiendo ser de mayores secciones cuando se trata llevar mayor cantidad de agua.



El canal no debe llegar directamente hasta la qocha. Debe finalizar en un punto estratégico que permita retener los sedimentos antes de que el agua ingrese al reservorio, garantizando así el ingreso de agua más limpia y reduciendo la acumulación de sedimentos en la qocha.

Errores que debemos evitar en el proceso de construcción del dique:

- Construir diques en cauces de quebradas con área tributaria muy grande.
- Ubicar diques en zonas inestables o con riesgo de deslizamientos.
- Construir cerca de ríos.
- Extracción de champas de la parte posterior y cercana del dique. Esto puede debilitar la estructura y abrir espacios por donde se puede perder agua por filtración.

7.1.8 Operación y mantenimiento de las qochas

Es necesario elaborar un plan participativo que considere las actividades, momentos y responsabilidades. La operación y mantenimiento permanente y oportuno será una garantía para un buen funcionamiento.

84

Recomendaciones:

- Una qocha nueva se debe llenar solo hasta el 50% de su capacidad durante el primer año; para permitir el prendimiento de pastos en los taludes y la corona. Luego se continua con el proceso de construcción aun en época de lluvias sin problema alguno.
- Revisar periódicamente filtraciones o erosión en el dique y sus componentes; esto permitirá evaluar los puntos críticos en el dique, para repararlos oportunamente.
- Reforzar el dique las veces que sea necesario en época seca, para evitar daños por erosión y presión del agua. Cuando la qocha esté sin agua, reforzar la cara interna del dique y rellenar con tierra arcillosa los espacios vacíos.
- Realizar el mantenimiento y limpieza del aliviadero, para la evacuación adecuada y oportuna del agua excedente y así evitar el colapso del dique.
- Realizar el mantenimiento constante de los desarenadores, retirando el sedimento para impermeabilizar la cara interna del dique.

Como parte de la operación y mantenimiento en la siguiente matriz se identifican las partes del sistema, los problemas identificados y las recomendaciones.

Cuadro N° 4: Operación y mantenimiento de las qochas rústicas

Partes	Problemas identificados	Recomendaciones
Área tributaria	Erosión y formación de cárcavas por sobrepastoreo, incendios y malas prácticas agrícolas	Recuperación de la cobertura vegetal con forestación y pastos y evitar incendios con normas drásticas.
Área tributaria	Deslizamiento en zonas poco estables	Encausar el agua excedente al cauce natural
Área de almacenamiento	Focos de infección de parásitos por anegamiento	Manejo de agua para riego de pastos naturales
	Colmatación con sedimentos del área tributaria por el arrastre de materiales	Recuperar la cobertura vegetal en área tributaria, construir desarenadores antes de la entrada del agua a la qocha, retirar los sedimentos acumulados
Diques	Caída de champas, deterioro del dique por animales, personas y el oleaje	Cambiar champas, cercar la qocha para evitar el ingreso de animales
	Accidentes por caída de personas o animales	Cercar para evitar el ingreso de personas y animales
Desarenadores	Colmatación por sedimentos y deterioro por presión del agua	Ubicación adecuada del desarenador, control de la erosión en área tributaria, retiro de sedimentos.
Vertedero	Acumulación de material externo (paja, ramas) colocación de champas para acumular más agua deterioro y erosión	Revisión periódica del sistema y limpieza para una adecuada y oportuna evacuación del agua excedente y evitar el colapso del dique.
Canal colector y excedencias	Erosión del canal, derrumbes, crecimiento de hierbas	Mínima pendiente del canal, limpieza periódica y protección con plantación de arbustos.

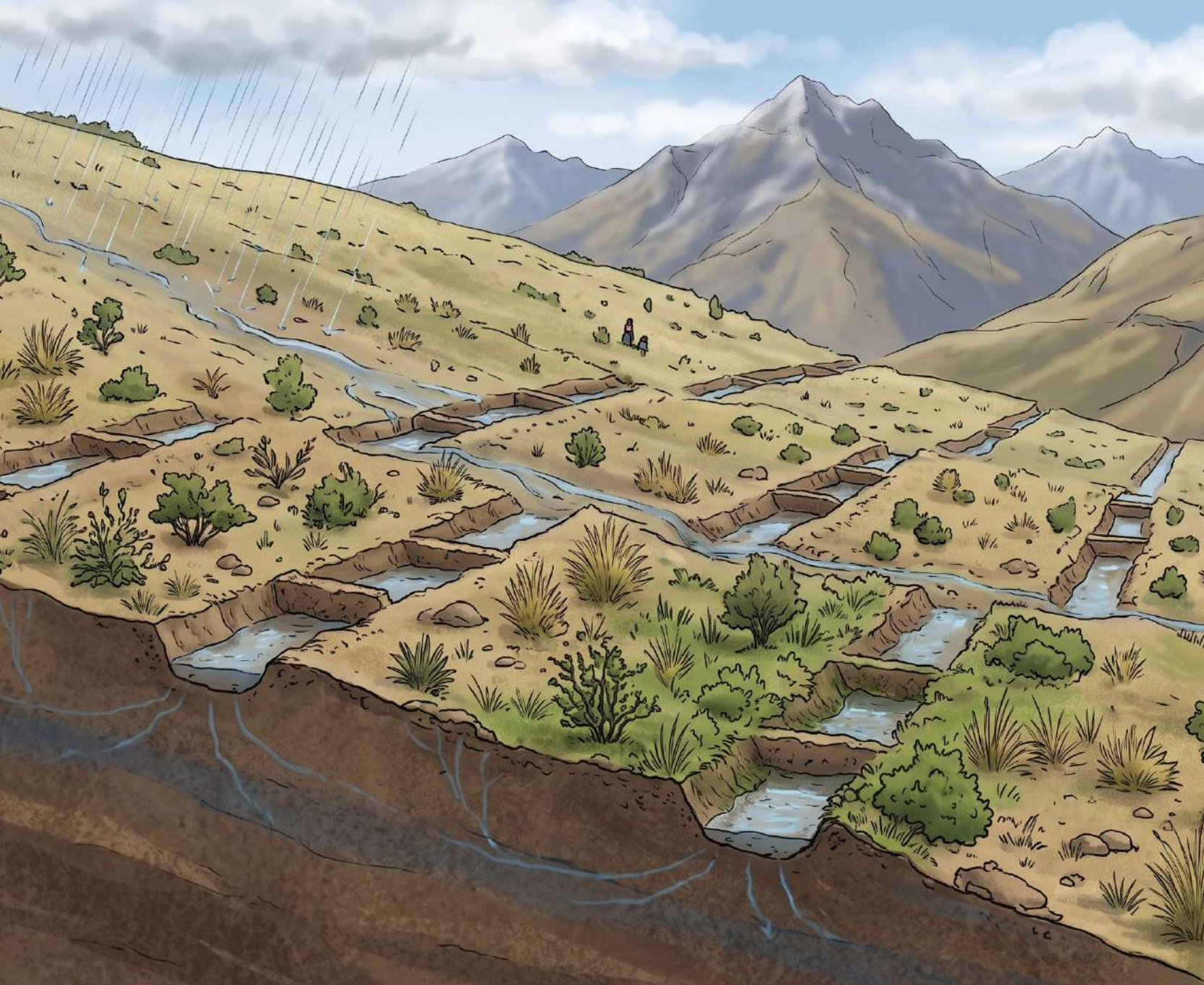
7.1.9 Costo aproximado

El costo de la construcción del dique está directamente relacionado a la disponibilidad de la mano de obra comprometida con la propuesta, disponibilidad de herramientas adecuadas que faciliten el avance en el menor tiempo, la distancia de materiales respecto a la zona donde se construye el dique para la qocha, el acceso para el traslado de herramientas y desplazamiento de los participantes a la obra en el menor tiempo.

Cuadro N° 5: Costo estimado de la construcción de de un dique de 20 m y elementos secundarios

Item	Actividad / Recurso	Unid.	Cant.	Costo Unitario (S/.)	APORTE S/.		
					Usuario/ aporte comunal	Apoyo Externo	Total
1	Trabajos preliminares				360.00	650.00	1,010.00
1.01	Identificacion zonas	Dias	0.20	1,000.00	–	200.00	200.00
1.02	Talleres de capacitacion y sensibilizacion	Dias	0.25	1,000.00	–	250.00	250.00
1.03	Participación en asambleas comunales	Día	0.20	1,000.00	–	200.00	200.00
1.04	Trazo y replanteo con Nivel Indicado	Jornal	4.00	60.00	240.00	–	240.00
1.05	Limpieza de terreno / Desbroce	Jornal	2.00	60.00	120.00	–	120.00
2	Movimiento de tierras				7,260.00	–	7,260.00
2.01	Excavación manual (suelo normal)	Jornal	6.00	60.00	360.00	–	360.00
2.02	Perfilado y compactación 1 x 1 x 20	Jornal	4.00	60.00	240.00	–	240.00
2.03	Relleno y compactado con material propio (0.50 x 1 x 20) 10m3	Jornal	4.00	60.00	240.00	–	240.00
2.04	Construcción 240 m3 de dique	Jornal	95.00	60.00	5,700.00	–	5,700.00
2.05	Extracción, traslado y champeo de corona y talud externo 65 m2	Jornal	12.00	60.00	720.00	–	720.00

3	EQUIPOS				–	400.00	400.00
3.01	Equipo para la nivelación y trazo	Alquiler	1.00	300.00	–	300.00	300.00
3.02	Wincha de 50 m	Pzas	1.00	40.00	–	40.00	40.00
3.03	Yeso, estacas y otros	Global	1.00	60.00	–	60.00	60.00
4	HERRAMIENTAS				480.00	2,371.00	2,851.00
4.01	Buguies	Unidad	8.00	170.00	–	1,360.00	1,360.00
4.02	Barretas exagonal 1.80 m x 1 1/4	Unidad	6.00	68.00	–	408.00	408.00
4.03	Combo truper 12 libras	Unidad	4.00	83.00	–	332.00	332.00
4.04	Chaquitacla	Unidad	6.00	80.00	480.00	–	480.00
4.05	Palas truper mango madera	Unidad	4.00	26.00	–	104.00	104.00
4.06	Zapapicos truper mango madera	Unidad	4.00	35.50	–	142.00	142.00
4.07	inflador truper	Unidad	1.00	25.00	–	25.00	25.00
5	MATERIALES				–	629.00	629.00
5.01	Tubería PVC SAP clase 7.5 de 4"	Pzas	2.00	85.00	–	170.00	170.00
5.02	Codo PVC SAP clase 7.5 de 4"	Pzas	2.00	15.00	–	30.00	30.00
5.03	Pegamento 1/32	Fco	1.00	12.00	–	12.00	12.00
5.04	Tubo naranja de 8" x 6 m	Pzas	1.50	250.00	–	375.00	375.00
5.05	Codo naranja de 8"	Pzas	1.00	42.00	–	42.00	42.00
Subtotal de ejecución (incluye herramientas)					8,100.00	4,050.00	12,150.00
Imprevistos sobre aporte externo		Global		10.0%	–	405.00	405.00
Costo de ejecución con imprevistos					8,100.00	4,455.00	12,555.00
Asistencia técnica						4,268.55	
TOTAL GENERAL					8,100.00	8,723.55	16,823.55
Aporte porcentual (%)					48.1%	51.9%	100.0%



7.2 Zanjas de infiltración

Las zanjas de infiltración son estructuras construidas siguiendo las curvas de nivel mediante canales poco profundos, generalmente ubicadas en laderas de pendiente moderada.

Su función es captar el escurrimiento superficial del agua de lluvias, reducir la velocidad del agua y favorecer su infiltración en el suelo. De esta manera, contribuyen a aumentar la humedad del terreno, recargar los acuíferos y disminuir la erosión del suelo.

7.2.1 Beneficios

- Conservación del suelo y agua, al retener la humedad en el suelo.
- Reducción de la erosión, y prevención de inundaciones al disminuir la velocidad y volumen del agua que fluye por la superficie.
- Recarga de acuíferos, aumentando la disponibilidad de agua y recuperando la cobertura vegetal a mediano y largo plazo. Mejora de la calidad del agua, al actuar como un filtro natural.

7.2.2 Ubicación

Se recomienda su implementación en terrenos de pendiente baja a moderada ubicados en las cabeceras de cuenca, adecuando estas zanjas en lugares estratégicos como:

En la parte baja de los taludes naturales de las terrazas, con el fin de mantener la humedad de las terrazas, considerando siempre la estabilidad del terreno y favoreciendo la infiltración del agua sin generar procesos de erosión.

No deben construirse en pendientes muy pronunciadas ni en zonas inestables, ya que podrían provocar deslizamientos o alterar el equilibrio del paisaje natural.

7.2.3 Materiales necesarios

- Nivel “A” (instrumento de nivelación y de fácil manejo para trazar curvas de nivel).
- Pala, pico, chaquitacla, buggies.
- Estacas, wincha y cordel para el trazo.
- Esquejes, semillas de paja (ichu) y arbustos.

7.2.4 Pasos de construcción

Antes de iniciar la construcción, es necesario realizar una adecuada identificación de la zona, verificando que la intervención contribuya a la recarga hídrica y que no afecte áreas de pastoreo ni genere conflictos con los usuarios del territorio.

a. Trazo y replanteo:

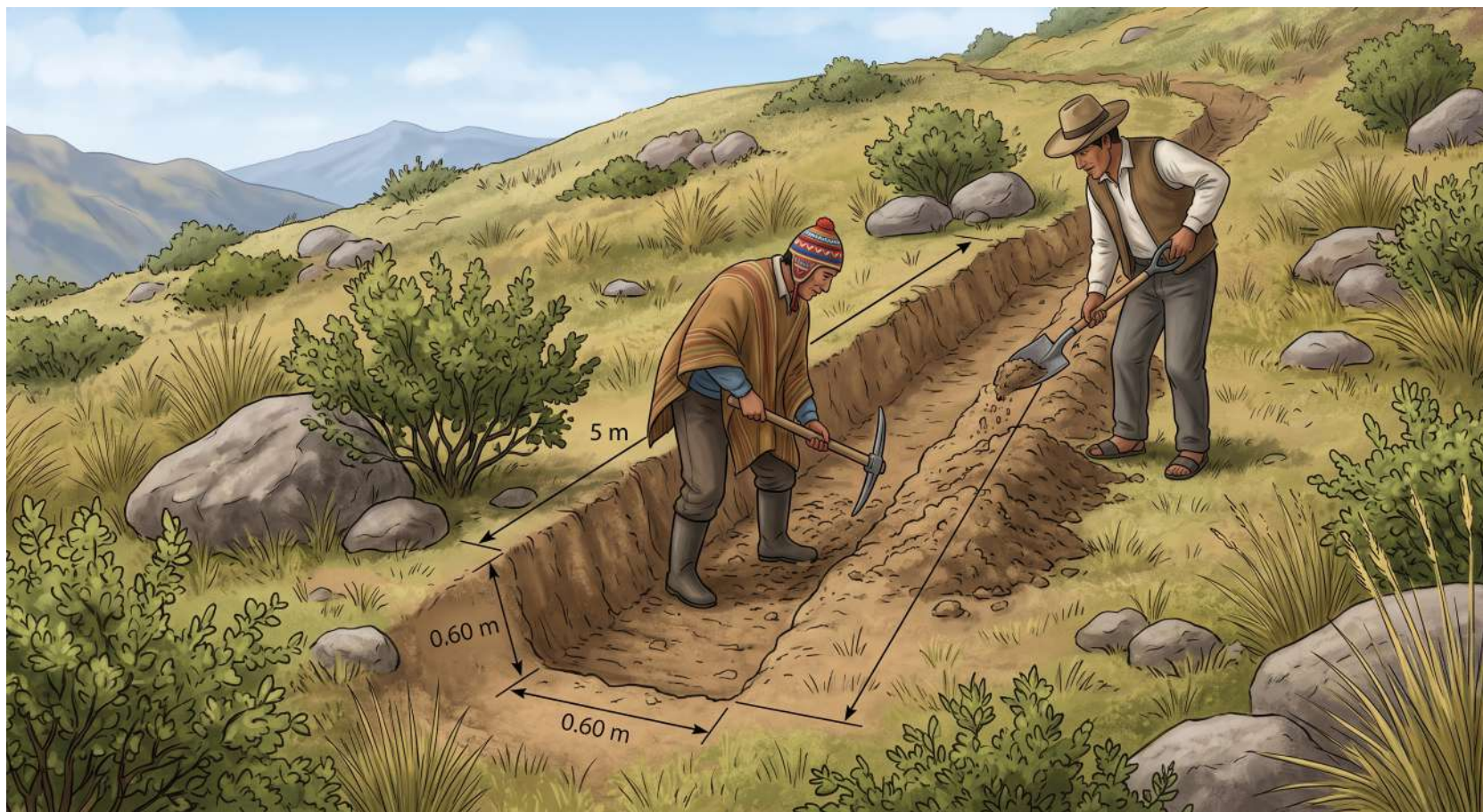
Se realiza utilizando el nivel tipo “A”, asegurando que la pendiente sea igual a cero a lo largo de cada zanja, siguiendo la curva de nivel del terreno. Esto permite que el agua se distribuya uniformemente y favorezca la infiltración.



b. Excavación de zanjas:

La excavación se realiza de forma manual utilizando chaquitacla, pico y pala. Las dimensiones referenciales pueden ser de 0.60 m de ancho, 0.60 m de profundidad y 5.00 m de longitud, pudiendo ajustarse según la pendiente y las condiciones del terreno.

Durante el trazo, si se encuentran arbustos o piedras grandes, no es necesario retirarlos si no interfieren con la excavación, ya que se debe evitar la eliminación innecesaria de vegetación nativa existente.



c. Formación de camellones:

El material extraído de la zanja se coloca en el borde inferior de la excavación, formando un camellón. Su función es aumentar la capacidad de retención del agua y favorecer una mayor infiltración en el suelo.



d. Tabiques:

Son pequeñas divisiones construidas dentro de la zanja cuya función es reducir la velocidad del agua, evitar su desplazamiento a lo largo de la zanja y prevenir procesos de erosión interna. Además, ayudan a minimizar riesgos y evitar el desmoronamiento de los bordes.



e. Revegetación:

Tiene como objetivo proteger y estabilizar el suelo, especialmente el camellón formado con el material excavado. Para ello se realiza la plantación de arbustos e ichu, cuyas raíces contribuyen a estabilizar el terreno, reducir la erosión y mejorar la infiltración del agua.



7.2.5 Costo estimado

Cuadro N° 6: Construcción de 1 000 m de zanjas de infiltración

Item	Actividad / Recurso	Unid.	Cant.	Costo Unitario (S/.)	APORTE S/.		
					Usuario	Apoyo Externo	Total
1	TRABAJOS PRELIMINARES				480.00	–	480.00
1.01	Trazo y replanteo con Nivel en "A"	Jornal	4.00	60.00	240.00	–	240.00
1.02	Limpieza de terreno / Desbroce	Jornal	4.00	60.00	240.00	–	240.00
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				4,800.00	–	4,800.00
2.01	Excavación manual (suelo normal) de secciones 0.60 x 0.60 x 5 m	Jornal	60.00	60.00	3,600.00	–	3,600.00
2.01	Plantaciones de ichu en los camellones	Jornal	20.00	60.00	1,200.00	–	1,200.00
3	EQUIPÓS				–	210.00	210.00
3.01	Kit Nivel en "A" (Madera y plomada)	Unidad	2.00	85.00	–	170.00	170.00
3.02	Wincha dde 50 m	Unid.	1.00	40.00	–	40.00	40.00
4	HERRAMIENTAS				–	738.00	738.00
4.01	Palas truper mango madera	Unidad	12.00	26.00	–	312.00	312.00
4.02	Zapapicos truper mango madera	Unidad	12.00	35.50	–	426.00	426.00
Subtotal de ejecución (incluye herramientas)					5,280.00	948.00	6,228.00
Imprevistos sobre aporte externo		Global		0.10	–	94.80	94.80
Costo de ejecución con imprevistos					5,280.00	1,042.80	6,322.80
Asistencia técnica						3,186.90	3,186.90
TOTAL GENERAL					5,280.00	4,229.70	9,509.70
Aporte porcentual (%)					55.5%	44.5%	100.0%
Requerimiento mano de obra comunal			88				

7.2.6 Operación y Mantenimiento.

Para mantener operativa esta infraestructura natural es necesario lo siguiente:

- Evitar el pastoreo en el área intervenida, mientras las zanjías y los tabiques estén consolidados, con el fin de prevenir su deterioro, compactación excesiva del suelo o la colmatación con sedimentos.
- Cuando la parte alta de las zanjías presenta superficies extensas y desnudas, el agua de escorrentía puede concentrarse y llegar con mayor velocidad, provocando el colapso de las zanjías. Para evitarlo, se recomienda construir pequeños canales de desviación que conduzcan el flujo de agua hacia un cauce natural o hacia zonas rocosas antes de que llegue a las zanjías.
- Recuperar la cobertura vegetal y establecer barreras vivas, que permita disminuir la velocidad de la escorrentía y mejorar la infiltración.
- Realizar la limpieza periódica de sedimentos acumulados en las zanjías para evitar que pierdan su capacidad de almacenamiento e infiltración. Esta actividad debe realizarse antes del inicio de la época de lluvias.



7.3 Amunas



Las amunas son una práctica ancestral de siembra y cosecha de agua orientada a la recarga artificial de acuíferos. Constituyen una alternativa viable en zonas donde no es posible construir diques o qochas debido a limitaciones topográficas o geológicas.

Consisten en la construcción de canales o acequias rusticas en tierra, trazados a lo largo de curvas de nivel, que captan y desvían el agua de lluvia o de pequeños riachuelos y la conducen lentamente hacia zonas con suelos pedregosos o rocas fracturadas donde el agua retenida penetra al subsuelo y queda almacenada en las formaciones geológicas subterráneas, reponiendo acuíferos, alimentando manantiales y ríos de forma intermitente, permaneciendo semanas o meses antes de emerger.

La eficacia de una amuna depende de la presencia de suelos o rocas permeables. Si no existe permeabilidad adecuada, su efecto será limitado o nulo.

7.3.1 Beneficios

- Recuperar y aplazar el caudal de manantiales de la parte baja para usar en la época seca
- Mejora y restauración de bofedales y pastos naturales.
- Recarga de acuíferos de uso estacional.
- Control de la escorrentía y la erosión del suelo.
- Revalorización de conocimiento y tecnologías ancestrales.

7.3.2 Ubicación

Se implementan principalmente en cabeceras de cuenca, encima de manantiales importantes con presencia de:

- Rocas fracturadas areniscas
- Suelos pedregosos permeables.
- Laderas estables.

No se recomienda su construcción en suelos arcillosos o impermeables.



7.3.3 Materiales y herramientas necesarias

- Nivel de manguera o nivel A.
- Chaquitacla, pico, lampa, barretas, combo y pala.
- Piedras de diferentes tamaños.
- Tierra arcillosa para impermeabilizar de algunas zonas de infiltración excesiva.

7.3.4 Pasos de construcción

a. **Identificación de la zona de recarga:** se realiza una evaluación técnica para identificar las áreas con potencial de recarga hídrica y verificar las condiciones de permeabilidad del terreno. El objetivo es asegurar que el agua infiltrada permanezca el tiempo suficiente en el subsuelo y contribuya a la disponibilidad de agua durante la época seca. Para ello, se efectúan pruebas de infiltración que permiten medir el volumen de agua infiltrada en un tiempo determinado y estimar la capacidad del terreno para conducir y almacenar agua.



b. Trazo y replanteo del canal: Una vez seleccionada la zona, se realiza el trazo y replanteo del canal siguiendo las curvas de nivel del terreno. Esto permite conducir el agua lentamente y favorecer su infiltración progresiva a lo largo del recorrido y hacia la zona final de infiltración.



c. Acopio de materiales: Antes de iniciar la construcción, se acopian las piedras necesarias para construir muros de paso en la parte baja del canal.

d. Excavación del canal: Se procede a la apertura de una acequia con una sección aproximada de 0,30 m de ancho por 0,30 m de profundidad, ó 0.40 m según sea el caso. Este canal permitirá transportar el agua mientras se infiltra gradualmente durante su recorrido. Se puede iniciar con canales de menor sección para observar el comportamiento, y en una siguiente etapa se puede ampliar o mejorar la sección, según sea el caso.



e. Perfilado y acondicionamiento: Posteriormente, se realiza el perfilado de la base y los taludes laterales del canal. Cuando sea necesario, se efectúa la compactación en las zonas de alta infiltración para distribuir y garantizar un flujo uniforme y adecuado del agua durante el recorrido .



f. Adecuación de zonas especiales de recarga: En sectores donde existan fisuras abiertas en rocas volcánicas o sedimentarias, depósitos de ladera u otras formaciones con alta capacidad de infiltración, se realizan intervenciones específicas para facilitar la infiltración de grandes volúmenes de escorrentía superficial en cortos periodos de tiempo.



104

g. Superación de obstáculos: Cuando existan quebradas, afloramientos rocosos u otros obstáculos que impidan la continuidad del canal, se recomienda utilizar mangueras de alta resistencia o tuberías de PVC para conducir el agua hasta el punto donde el canal pueda continuar su recorrido y llegar al punto deseado (zonas de mayor infiltración).



h. **Evaluación de la capacidad de infiltración:** Finalmente, se realiza el aforo del caudal al inicio y al final de tramos específicos del canal. Esta medición permite determinar la cantidad de agua infiltrada y reconocer las zonas con mayor o menor capacidad de recarga, información que servirá para mejorar el diseño y mantenimiento de la infraestructura.



7.3.5 Operación y Mantenimiento

- Elaboración de un plan de operación y mantenimiento participativo
- Limpieza anual del canal
- Reparación de filtraciones antes de la temporada de lluvias para evitar el deterioro.
- Establecimiento de normas y acuerdos comunales para su uso y cuidado.

7.3.6 Costo aproximado

Cuadro N° 7: Construcción de 1 000 m de canal de amuna

Item	Actividad / Recurso	Unid.	Cant.	Costo Unitario (S/.)	APORTE S/.		
					Usuario	Apoyo Externo	Total
1	TRABAJOS PRELIMINARES				2,880.00	200.00	3,080.00
1.01	Trazo y replanteo con Nivel en "A"	Jornal	6.00	60.00	360.00	–	360.00
1.02	Limpieza de terreno / acopio de piedras	Jornal	42.00	60.00	2,520.00	–	2,520.00
1.03	Yeso, estacas y otros	Global	1.00	200.00	–	200.00	200.00
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				7,500.00	–	7,500.00
2.02	Excavación manual (suelo normal)	Jornal	50.00	60.00	3,000.00	–	3,000.00
2.01	Perfilado y compactación	Jornal	75.00	60.00	4,500.00	–	4,500.00
3	EQUIPOS				–	210.00	210.00
3.01	Kit Nivel en "A" (Madera y plomada)	Und	2.00	85.00	–	170.00	170.00
3.02	Wincha dde 50 m	Unid.	1.00	40.00	–	40.00	40.00
4	HERRAMIENTAS				–	738.00	738.00
4.01	Palas truper mango madera	Unidad	12.00	26.00	–	312.00	312.00
4.02	Zapapicos truper mango madera	Unidad	12.00	35.50	–	426.00	426.00
	Subtotal de ejecución (incluye herramientas)				10,380.00	1,148.00	11,528.00
	Imprevistos sobre aporte externo	Global		0.10	–	114.80	114.80
	Costo de ejecución con imprevistos				10,380.00	1,262.80	11,642.80
	Asistencia técnica					3,286.90	3,286.90
TOTAL GENERAL					10,380.00	4,549.70	14,929.70
Aporte porcentual (%)					69.5%	30.5%	100.0%
Requerimiento mano de obra comunal			173.00				

7. 4 Forestación



La cobertura vegetal actúa como regulador natural del sistema, retiene la humedad y disminuye la erosión y la escorrentía. La forestación y reforestación es otra práctica y forma de proteger la vegetación nativa. Su implementación contribuye a reducir la erosión del suelo, mejorar la infiltración del agua y mantener húmedo el suelo por un periodo más prolongado.

Cuando el objetivo es la restauración ecológica y la protección de cuencas hidrográficas, la reforestación debe realizarse con especies que:

- Favorezcan la infiltración del agua.
- Reduzcan la erosión y mantengan la humedad por mayor tiempo.
- Sean resistentes a eventos climáticos extremos como sequías, heladas o granizadas.
- Estén adaptadas a las condiciones locales.

Estas características las cumplen principalmente las especies nativas como la queuña, originarias de la zona, las cuales garantizan mayores probabilidades de supervivencia y contribuyen a la restauración de ecosistemas degradados. Además, al reducir la velocidad de la escorrentía y aumentar la infiltración, favorecen la recarga de acuíferos, y la protección de fuentes de agua.

Plantas nativas, son aquellas que siempre han habitado en la zona como plantas silvestres y son el refugio para la fauna silvestre donde viven y anidan, están completamente adaptadas a las condiciones locales, son más rústicas, resistente a sequías prolongadas, requieren menos agua, resisten las adversidades climáticas y protegen el suelo y el agua, como, por ejemplo, Queuña, Qolle, Qiswar, Tayanca, etc.

El sistema no se define por una obra específica, sino por su capacidad de:

- Captar agua, capturar CO₂.
- Transforma el suelo en una esponja y ayuda a Infiltrar agua.
- Regular los excedentes de agua.
- Recuperar ecosistemas.

7.4.1. Beneficios

- Protección del suelo frente a la erosión.
- Recuperación de la cobertura y estabilización de zonas con riesgo de deslizamientos
- Protección de fuentes de agua por el incremento de la infiltración y reducción de la escorrentía.
- Generación de hábitat para aves, animales silvestres, y polinizadores
- Mitigación del cambio climático mediante el secuestro de carbono.
- Beneficios ecosistémicos sostenibles y conservación de la biodiversidad.
- Recuperación de los suelos degradados
- Incorporación de materia orgánica al suelo por la caída de sus hojas

7.4.2 Ubicación

Los lugares más recomendables para la forestación son:

- Parte alta de las quebradas donde hay poco o nada de acceso para los ganados que ocasionan daños.
- Zonas no aptas para la actividad agrícola actuales y futuras
- Área tributaria e influencia de las qochas para recuperar la cobertura vegetal y humedad

7.4.3 Materiales y herramientas necesarias

- Plantas nativas
- Pico, pala, chaquitacla, barretas y wincha

7.4.4 Pasos para la instalación

Para la implementación de la forestación se deben seguir los siguientes pasos:

- **Identificación del área de plantación:** Seleccionar las zonas más adecuadas para la forestación, considerando las condiciones del suelo, la pendiente, la contribución de la plantación a la protección del suelo y la recarga hídrica.



- **Selección y verificación de la calidad de los plántones:** Asegurar que los plántones estén en buen estado, con raíces bien desarrolladas y libres de plagas o enfermedades.



- **Programación de faenas comunales:** Organizar las jornadas de plantación, de preferencia al inicio de la temporada de lluvias, para asegurar un buen prendimiento y desarrollo inicial de las plantas.
- **Adquisición y traslado de plántones:** Realizar la compra y el traslado de los plántones hasta el lugar de plantación. Se recomienda utilizar plántones embolsados, ya que facilitan su transporte y aumentan las probabilidades de prendimiento.

- **Preparación de hoyos de plantación:** los hoyos deben tener 0.40 m de diámetro por 0.40 m de profundidad, para que las plantas tengan espacios suficientes para aflojar la tierra y facilitar el crecimiento de las raíces.



- **Distanciamiento entre plantas:** El distanciamiento recomendado es mayor a 3.5 m entre planta y planta, lo que equivale aproximadamente a 800 plantas por hectárea. Sin embargo, en terrenos con pendiente irregular, los distanciamientos pueden ser mayores lo que permitirá el desarrollo de otras especies arbustivas.



7.4.5 Operación y Mantenimiento

- Realizar evaluaciones periódicas para verificar el prendimiento y desarrollo de los plantones, así como la presencia de plagas, enfermedades o daños por animales.
- Evitar el pastoreo en áreas forestadas que son los que más daño causan
- En caso de presentarse veranillos y contar con una fuente de agua cercana, realizar el riego.
- Reposición de plantas que han muerto, debe realizarse en la siguiente campaña forestal.



7.4.6 Costo aproximado

Cuadro N° 8: Costo de 1 hectárea de forestación con especies nativas

Item	Actividad / Recurso	Unid.	Cant.	Costo Unitario (S/.)	APORTE S/.		
					Usuario	Apoyo Externo	Total
1	Trabajos preliminares				–	1,600.00	1,600.00
1.1	Adquisición de plántones nativos	Unidad	800.00	1.50	–	1,200.00	1,200.00
1.2	Transporte plántones a campo	Global	1.00	400.00	–	400.00	400.00
2	Mano de Obra (Campo)				2,160.00	–	2,160.00
2.1	Marcación y trazado	Jornal	3.00	60.00	180.00	–	180.00
2.2	Apertura de hoyos de (0.40 x 0.40 x 0.40 m)	Jornal	25.00	60.00	1,500.00	–	1,500.00
2.3	Plantación definitiva	Jornal	8.00	60.00	480.00	–	480.00
3	EQUIPOS				–	15.00	15.00
3.01	Cordel de albañil 100 m	Unid	1.00	15.00	–	15.00	15.00
4	HERRAMIENTAS				–	1,053.00	1,053.00
4.01	Palas truper mango madera	Unidad	10.00	26.00	–	260.00	260.00
4.02	Zapapicos truper mango madera	Unidad	10.00	35.50	–	355.00	355.00
4.03	Pala manual truper pequeña	Unidad	10.00	12.00	–	120.00	120.00
4.04	Barretillas 1 x 7/8" negro	Unidad	6.00	53.00	–	318.00	318.00
Subtotal de ejecución (incluye herramientas)					2,160.00	2,668.00	4,828.00
Imprevistos sobre aporte externo		Global		0.10	–	266.80	266.80
Costo de ejecución con imprevistos					2,160.00	2,934.80	5,094.80
Asistencia técnica						2,302.65	2,302.65
TOTAL GENERAL					2,160.00	5,237.45	7,397.45
Aporte porcentual (%)					29.2%	70.8%	100.0%
Requerimiento mano de obra comunal			36				

**7.5 Cercos de recuperación
de cobertura vegetal (medida
complementaria)**



Los cercos en praderas naturales de zonas altoandinas de secano son una herramienta clave para la restauración ecológica, la producción sostenible de semillas y esquejes de pastos naturales, y la adaptación al cambio climático.

Esta práctica consiste en cercar un área determinada de pradera natural ubicada estratégicamente en la cabecera de la cuenca para ordenar el territorio y proteger las obras de siembra y cosecha de agua principalmente áreas forestadas para proteger del daño de los animales. Además, aprovechar el área cercada para la siembra y resiembra de pastos naturales mediante la disseminación de semillas y el trasplante de esquejes, con el propósito de recuperar en poco tiempo las áreas degradadas. Esta actividad debe efectuarse al inicio de la temporada de lluvias, para aprovechar la humedad.

7.5.1 Beneficios

- La recuperación de la cobertura vegetal en el área tributaria reducirá la escorrentía incrementando la infiltración del agua en el suelo, favoreciendo mayor recarga de la qocha para mantener con agua superficial por un periodo mayor.
- Contribuirá con la recarga de los acuíferos que retendrán el agua, incrementando la humedad del suelo y favoreciendo la disponibilidad de agua en las cuencas hidrográficas.
- Aparición de nuevas especies nativas de pastos que conviven con los árboles.
- La humedad que se mantiene dentro del cerco le permite a los pastos naturales completar su ciclo vegetativo.
- Mantiene la cobertura vegetal reduciendo la erosión y la escorrentía para la conservación de fuentes de agua

7.5.2 Ubicación

Priorizar zonas degradadas de la parte más alta de la cuenca, cuya delimitación debe estar basada en la topografía de la zona teniendo cuidado de los límites con otras propiedades para no ocasionar conflictos con los vecinos.

7.5.3 Materiales necesarios

- Postes de eucalipto tratado y seco de 4 pulgadas por 2.20 m de alto para facilitar el transporte.
- Malla ganadera de 100 m x 1.20 m. de altura, que son flexibles y se adaptan a terrenos irregulares con aberturas pequeñas en la parte inferior para evitar el ingreso de animales pequeños.
- Grapas para sostener la malla ganadera
- Piedras grandes en la base del poste y tierra compactada por capas
- Clavos de 4" para fijar los postes esquineros
- Martillo
- Barreta
- Tensor para instalar con una tensión adecuada
- Soga

7.5.4 Pasos de construcción

Para la implementación de los cercos se sigue los siguientes pasos

1. Identificación y aprobación de la zona por la comunidad
2. Cotización y adquisición de materiales de construcción
3. Programación participativa de los trabajos
4. Traslado de los materiales a la zona de instalación
5. El distanciamiento entre los postes debe ser entre 3m y 3.5 m, dependiendo de la pendiente del suelo.
6. El tratamiento de los postes se debe realizar con aceite quemado para evitar que la base se pudra en poco tiempo.

7.5.5 Operación y Mantenimiento

- Aplicar productos protectores en la base de los postes, por ejemplo, aceite quemado, al menos cada 3 años para alargar la vida útil de la madera.
- Reemplazar los rollizos caídos y podridos.
- Revisión de postes flojos para mejorar la estabilidad y firmeza.
- Reparación de roturas o agujeros en las mallas para que no se expandan.
- Limpieza de la vegetación pegada a la malla y que pueda impedir su correcta tensión.

7.5.6 Costo aproximado

Cuadro N° 9: Costo de 1 km de cerco con malla ganadera

Item	Actividad / Recurso	Unid.	Cant.	Costo Unitario (S/.)	APORTE S/.		
					Usuario	Externo	Total
1	Trabajos preliminares				–	6,510.00	6,510.00
1.01	Adquisición de rollizos eucalipo 4 "	Unidad	120.00	15.00	–	1,800.00	1,800.00
1.02	Adquisición de malla ganadera de 100 x 1.20	Mallas	10.00	400.00	–	4,000.00	4,000.00
1.03	Grapas	Kg.	15.00	14.00	–	210.00	210.00
1.04	Transporte materiales y herramientas	Global	1.00	500.00	–	500.00	500.00
2	Mano de Obra (Campo)				1,740.00	–	1,740.00
2.01	Marcación y trazado	Jornal	3.00	60.00	180.00	–	180.00
2.02	Apertura 300 hoyos de 0.40 m de profundidad	Jornal	12.00	60.00	720.00	–	720.00
2.03	Izamiento y fijación de 120 postes	Jornal	8.00	60.00	480.00	–	480.00
2.04	Fijación y templado de malla ganadera	Jornal	6.00	60.00	360.00	–	360.00
3	Equipos (sin partidas registradas) y herramientas				–	35.00	–
3.01	Templador truper 2 tn	Alquiler	1.00	25.00		25.00	
3.02	Sogas de 25 m	Alquiler	1.00	10.00		10.00	
3.03	Barretillas 1 x 7/8" negro	Unidad	6.00	53.00	–	318.00	318.00
3.04	Martillos truper	Unidad	2.00	16.00	–	32.00	32.00
3.05	Alicates truper	Unidad	2.00	29.00	–	58.00	58.00
3.06	Guantes de goma	Unidad	2.00	5.00	–	10.00	10.00
3.07	Pala manual truper pequeña	Unidad	12.00	10.00	–	120.00	120.00
Subtotal de ejecución (incluye herramientas)					1,740.00	7,083.00	8,823.00
Imprevistos sobre aporte externo		Global		0.10	–	708.30	708.30
Costo de ejecución con imprevistos					1,740.00	7,791.30	9,531.30
Asistencia técnica						1,976.90	1,976.90
TOTAL GENERAL					1,740.00	9,768.20	11,508.20
Aporte porcentual (%)					15.1%	84.9%	100.0%
Requerimiento mano de obra comunal			29.00				

1. Identificación y aprobación de la zona por la comunidad



2. Cotización y adquisición de materiales de construcción



4. Traslado de los materiales a la zona de implementación



5. El distanciamiento entre los postes debe ser entre 3m y 3.5 m, dependiendo de la pendiente del terreno.



3. Programación participativa de los trabajos



El tratamiento de los postes se debe realizar con aceite quemado.



8. RESULTADOS/IMPACTOS DEL SISTEMA INTEGRAL DE SIEMBRA DE AGUA



La implementación de un sistema de siembra y cosecha de agua basado en qochas, zanjas de infiltración, amunas, forestación y manejo de praderas permite mejorar progresivamente el equilibrio hídrico de las cabeceras de cuenca y abarata los costos de implementación porque todas las prácticas están concentradas en una misma zona.

Estas prácticas funcionan de manera articulada, permitiendo captar, infiltrar, almacenar y regular el agua de lluvia. Como resultado, se generan impactos positivos en los ecosistemas, en la disponibilidad de agua y en las actividades productivas de las comunidades.

Cuando estas medidas se implementan en un mismo territorio, también se reducen los costos de intervención y se facilita el aprendizaje, ya que en un solo lugar es posible observar el funcionamiento conjunto de todas las prácticas.

Los principales resultados del sistema pueden agruparse en impactos ambientales, hídricos, productivos y sociales.

8.1. Impactos ambientales

La infraestructura natural contribuye a recuperar el equilibrio ecológico de los ecosistemas altoandinos. Entre los principales impactos destacan:

- Reducción de la erosión del suelo.
- Incremento de la infiltración del agua de lluvia.
- Recarga de los acuíferos subterráneos.
- Restauración de ecosistemas altoandinos.
- Estabilización de laderas y suelos.
- Mejora del paisaje y de la biodiversidad.

El incremento de la humedad en el suelo favorece la recuperación de la cobertura vegetal natural, especialmente en las praderas altoandinas. Esto permite la regeneración de pastos naturales, mayor biodiversidad, protección del suelo frente a la erosión.

Este proceso puede complementarse con forestación con especies nativas, que protegen el suelo y mejoran la infiltración del agua.

8.2. Impactos hídricos

El sistema de siembra y cosecha de agua permite incrementar la disponibilidad de agua en las cabeceras de cuenca.

La infiltración del agua almacenada en las qochas y conducida por canales de excedencias y amunas favorece la recarga de acuíferos subterráneos. Como resultado, se produce la recuperación de manantes, riachuelos y bofedales ubicados aguas abajo.

Los bofedales recuperados permiten: almacenar agua en el subsuelo y mantener la humedad en el suelo, regular el flujo de agua durante el año, mejorar la resiliencia frente a sequías.

Para asegurar su sostenibilidad es necesario complementar estas acciones con un manejo adecuado del pastoreo y la conservación de la vegetación.

8.3. Impactos productivos

La mayor disponibilidad de agua y la recuperación de pastos naturales generan beneficios para las actividades agropecuarias.

Entre los principales resultados se encuentran:

- Disponibilidad de agua para consumo humano: La recuperación de manantes permite asegurar fuentes de agua para el consumo familiar y comunitario.
- Disponibilidad de agua para riego: El aumento del caudal de los manantes permite el riego de pequeñas parcelas agrícolas, lo que permite diversificar cultivos, mejorar la producción de alimentos, reducir los riesgos frente a sequías.
- Mejora de la producción pecuaria: La recuperación de pastos naturales incrementa la disponibilidad de forraje para el ganado.

- Construcción de reservorios familiares: La mayor disponibilidad de agua genera condiciones para las familias implementar pequeños reservorios de agua y utilizarla en épocas de escasez.

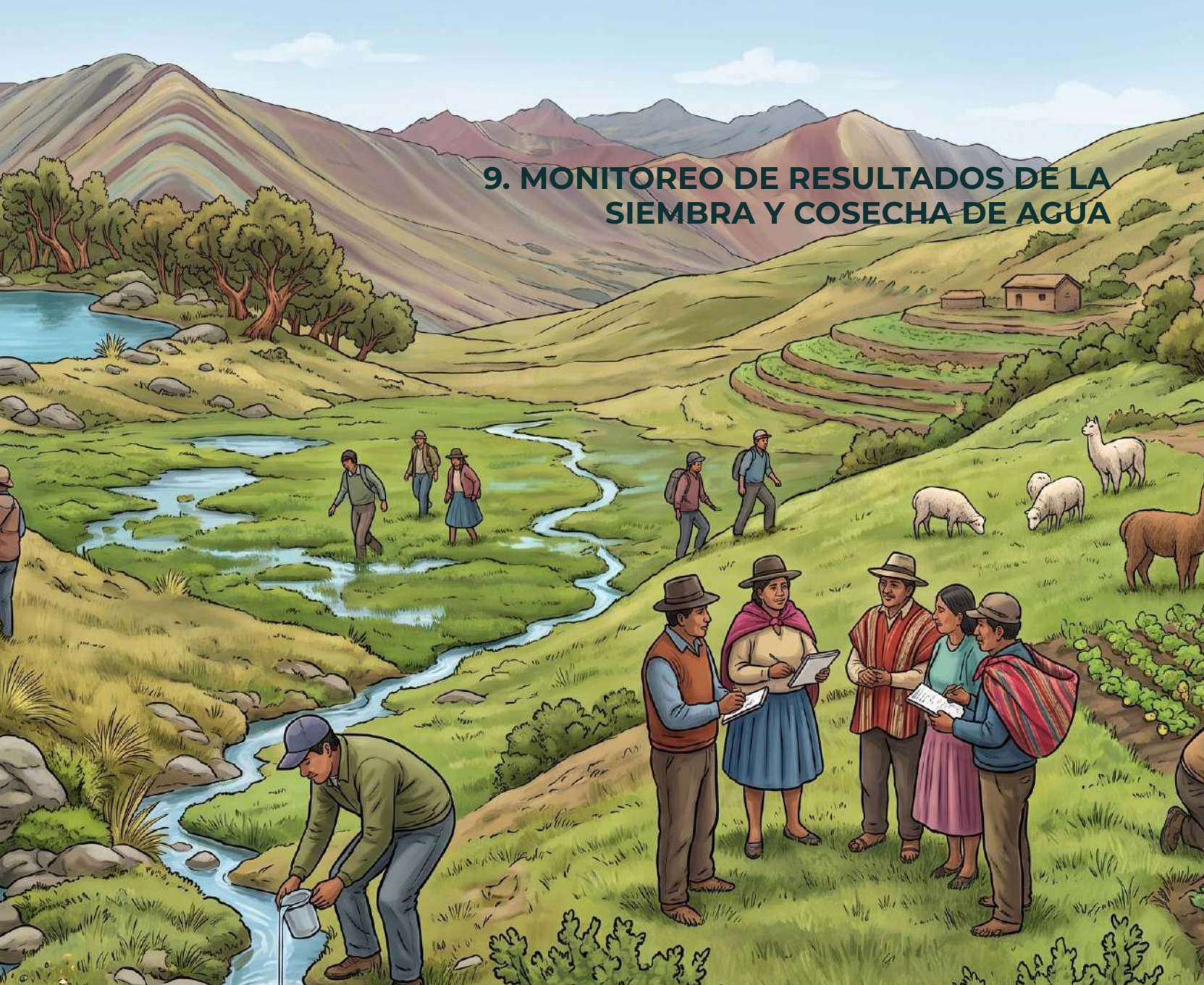
8.4. Impactos sociales

La siembra y cosecha de agua también genera beneficios sociales y económicos para las comunidades.

- Mejora de las condiciones de vida de las familias.
- Mayor seguridad alimentaria.
- Incremento de la producción agropecuaria.
- Desarrollo de nuevas actividades productivas, como huertos familiares.
- Fortalecimiento de la organización comunal para la gestión del agua.



9. MONITOREO DE RESULTADOS DE LA SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA



El monitoreo permite evaluar si las acciones de siembra y cosecha de agua están generando los resultados esperados.

Se recomienda utilizar indicadores simples y fáciles de observar por las comunidades.

Indicadores hídricos

- Aparición o recuperación de manantes.
- Incremento del caudal de fuentes de agua.
- Mayor permanencia del agua en riachuelos.
- Recuperación de bofedales.

Indicadores ambientales

- Recuperación de cobertura vegetal.
- Regeneración de pastos naturales.
- Reducción de la erosión del suelo.
- Aparición de nuevos matorrales.

Indicadores productivos

- Mejora en la disponibilidad de pastos.
- Incremento de la producción agropecuaria.
- Ampliación de áreas bajo riego.

Indicadores sociales

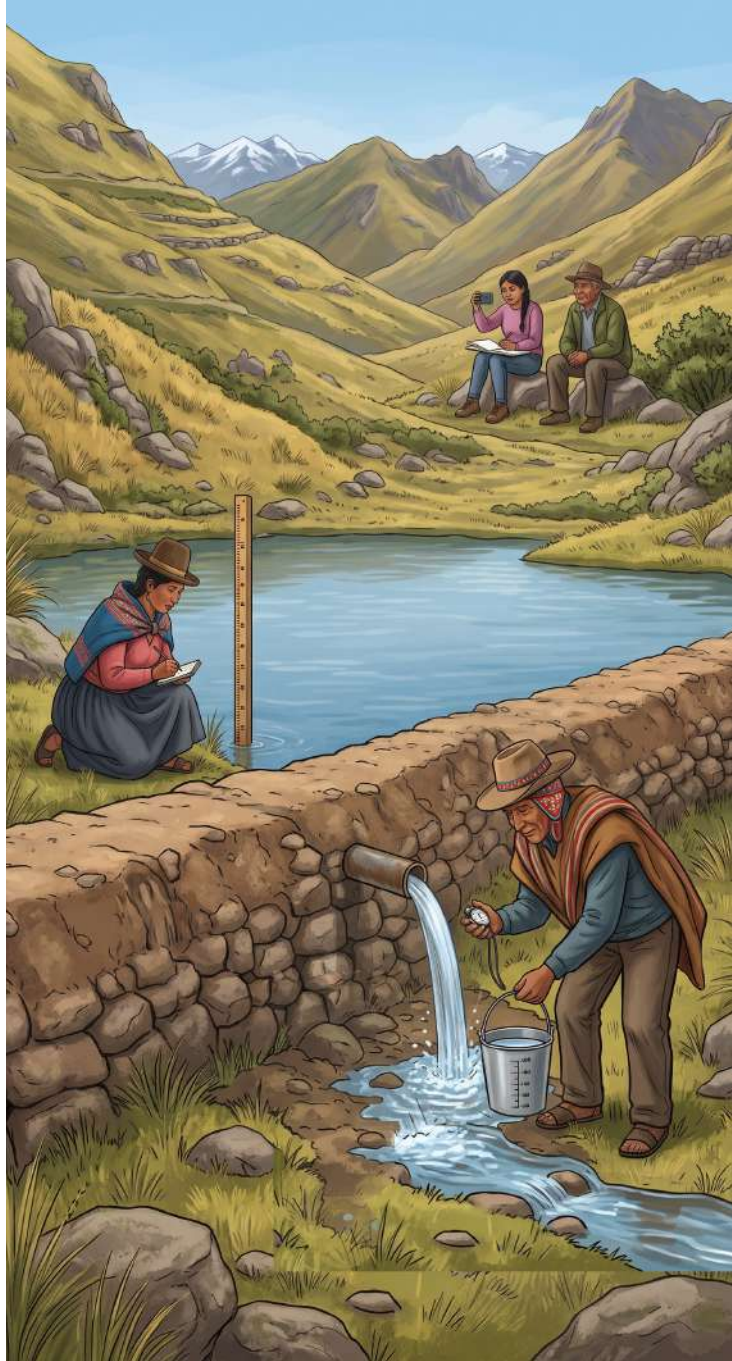
- Mayor acceso al agua para consumo.
- Implementación de reservorios familiares para riego.
- Participación comunitaria en el manejo del sistema.

El monitoreo participativo permite que las comunidades evalúen los resultados de las intervenciones y tomen decisiones para mejorar la gestión del agua en su territorio.

9.1 Monitoreo de las qochas:

El monitoreo de las qochas permite conocer cómo cambia el nivel de agua a lo largo del año y cómo responden sus descargas, manantes y canales asociados. Para ello, se recomienda establecer puntos de monitoreo claramente identificados y realizar registros periódicos, de preferencia cada 15 días. En cada qocha se puede instalar un limnómetro fijo, ubicado en un lugar estable, visible y protegido, que permita registrar la altura del espejo de agua. Complementariamente, en los puntos de descarga de la qocha, manantes o canales se puede medir el caudal mediante el método volumétrico, utilizando un recipiente de volumen conocido y un cronómetro. Los datos deben registrarse en formatos sencillos, incluyendo fecha, hora, nivel de agua, caudal, condiciones climáticas, observaciones y fotografías del punto monitoreado.

El monitoreo debe ser participativo y estar a cargo de personas de la comunidad previamente capacitadas, de manera que la propia población pueda reconocer los cambios en el comportamiento de la qocha y tomar decisiones para su manejo y mantenimiento. Más que acumular datos, se busca identificar si el nivel de agua aumenta o disminuye, cómo varían los caudales durante las épocas de lluvia. Con el tiempo, estos registros permitirán construir una memoria del comportamiento de la qocha y contar con información útil para evaluar su funcionamiento, detectar oportunamente problemas y fortalecer la gestión comunitaria del agua.



Cuadro N° 10: Registro del caudal de afluentes de fuentes hídricas

Punto de monitoreo	"Tiempo 1 (s)"	"Tiempo 2 (s)"	"Tiempo 3 (s)"	"Volumen promedio (L)"	Q1 (L/s)	Q2 (L/s)	Q3 (L/s)	"Q Promedio (L/s)"	Fecha	Hora	Observaciones	Responsables

El caudal nos dice cuánta agua está saliendo de la fuente en un segundo. Por ejemplo, si decimos que una fuente tiene un caudal de 5 L/s, significa que aproximadamente 5 litros de agua salen cada segundo.

¿Cómo hacemos la medición?

Necesitamos: Un balde graduado, un reloj o cronómetro

Paso a paso

1. Conducimos el agua: Buscamos que el agua que sale de la qocha o fuente pase por un mismo punto. Si es necesario, usamos un pedazo de tubo para dirigir el agua.
2. Colocamos el recipiente: Ponemos el balde debajo de la salida del agua.
3. Medimos el tiempo: Cuando empezamos a recoger el agua, ponemos en marcha el reloj. Cuando el recipiente llega al volumen que hemos elegido, por ejemplo 10 litros, detenemos el reloj, anotamos cuánto tiempo demoró.
4. Repetimos la medición: No debemos medir solamente una vez. Lo recomendable es hacerlo tres veces (Tiempo 1, 2, 3)
5. Sacamos el tiempo promedio: Sumamos los tres tiempo y lo dividimos entre 3.

6. Sacamos el tiempo promedio del caudal:

$$Q = \text{Volúmen promedio (L)} / \text{T tiempo Promedio (S)}$$

Donde: Q es el caudal de aforo (L/s), V el volumen promedio del recipiente (L) y t el tiempo de llenado promedio (s)

¿Cómo llenar la ficha?

La ficha sirve para que no se pierda la información de la medición.

Punto de monitoreo: lugar exacto donde se midió.

Tiempo 1, 2 y 3: cuánto demoró en cada medición.

Volumen promedio: cantidad de litros que tiene el recipiente utilizado.

Q1, Q2 y Q3: caudal obtenido en cada medición.

Q promedio: promedio de los tres caudales.

Fecha y hora: cuándo se hizo la medición.

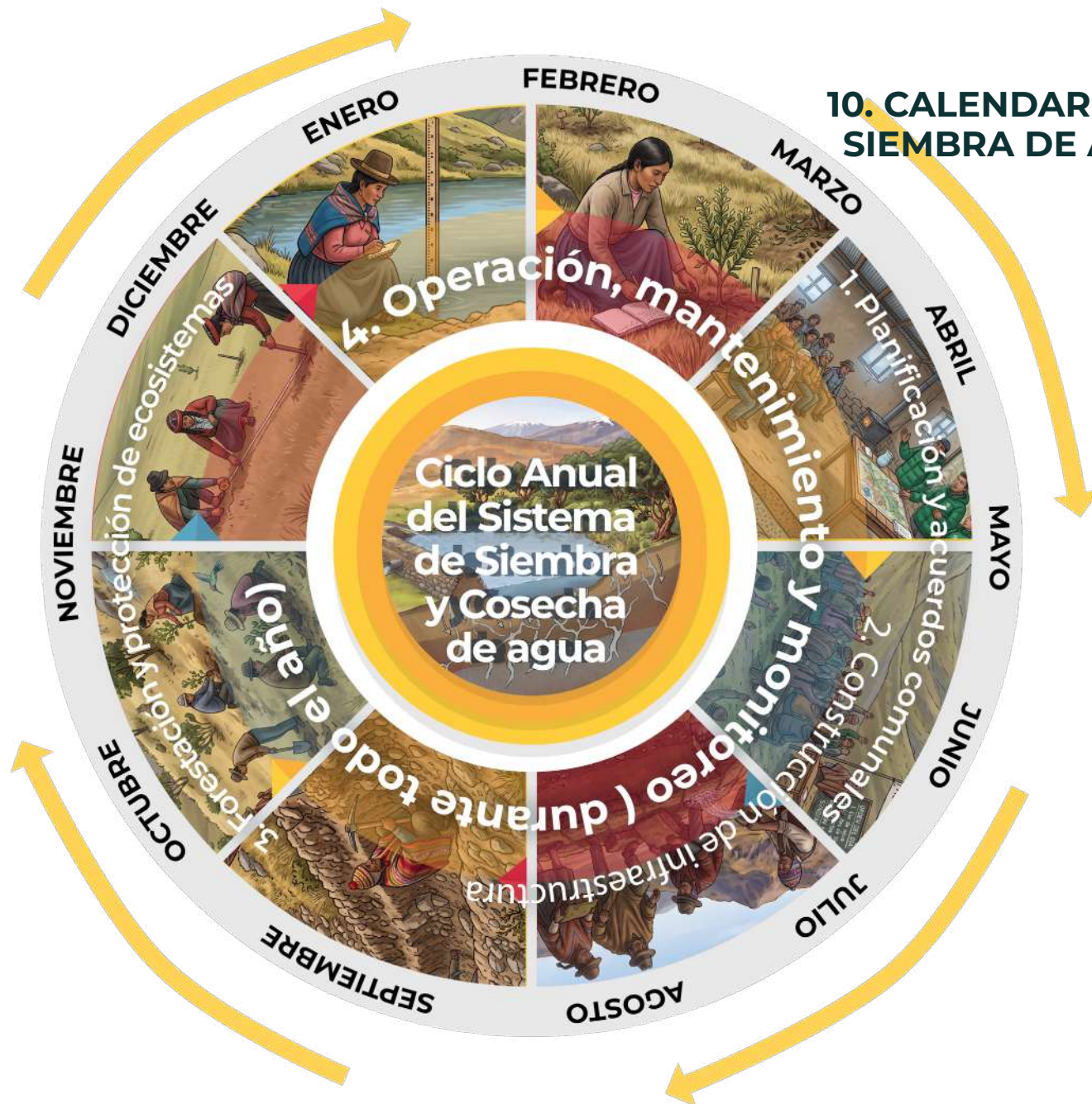
Observaciones: cualquier situación especial, por ejemplo: llovió, había mucha corriente, el agua estaba turbia, hubo dificultad para colocar el recipiente.

Responsables: nombres de las personas que realizaron la medición.

Una forma fácil de recordarlo


$$\text{Caudal (Q)} = \frac{\text{Recipiente de volúmen conocido en litros (V)}}{\text{El tiempo de llenado del recipiente en segundos (t)}}$$

10. CALENDARIO DE SIEMBRA DE AGUA



El presente calendario resume las principales actividades que se desarrollan durante el año para implementar y mantener el sistema de siembra y cosecha de agua.

Etapas 1: Planificación y acuerdos comunales (Principalmente entre abril y julio)

- Identificación de zonas potenciales para la siembra y cosecha de agua.
- Evaluación técnica de las áreas seleccionadas.
- Socialización y acuerdos comunales en asamblea.
- Suscripción de compromisos y programación de faenas comunales.

Etapas 2: Construcción de infraestructura natural (Principalmente entre mayo y septiembre)

Qochas

- Trabajos preliminares.
- Trazo y replanteo.
- Acopio de materiales.
- Construcción del dique.
- Implementación de elementos secundarios (aliviadero, tubos de rebose, desarenador, etc.).

Zanjas de infiltración

- Trazo siguiendo curvas de nivel.
- Excavación de zanjas dejando tabiques.
- Construcción de tabiques.
- Revegetación con ichu y arbustos en mlos camellones.

Amunas o canales de recarga

- Trabajos preliminares.
- Acopio de materiales.
- Excavación y perfilado del canal.
- Revegetación y protección del canal.

Etapa 3: Forestación y protección de ecosistemas (Inicio de lluvias: octubre – diciembre)

- Adquisición de plántones.
- Transporte a la zona de plantación.
- Marcación y hoyación.
- Plantación de especies nativas.
- Construcción de cercos de protección.

Etapa 4: Operación, mantenimiento y monitoreo (Durante todo el año)

- Limpieza de sedimentos en los canales y desarenadores.
- Control de sedimentos en qochas.
- Monitoreo del nivel de agua mediante regletas y medición de caudal.
- Mantenimiento del dique y tubo de salida.
- Control y limpieza de plantas acuáticas en las qochas.
- Seguimiento del comportamiento de la cobertura vegetal.
- Talleres de capacitación y sensibilización comunitaria sobre el cuidado del agua.

BIBLIOGRAFIA

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2013). Memoria: Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú. ANA.

DESCO. Programa Regional Sur. (2008). Manejo sostenible de las praderas naturales. Arequipa: DESCO. Programa Regional Sur. 48 pp. (Serie: Herramientas para el Desarrollo).

Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social [FONCODES]. (2015). Siembra y cosecha de agua. Lima, Perú: FONCODES.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], Ministerio del Ambiente [MINAM], Fondo Sierra Azul & Programa de Adaptación al Cambio Climático [PACC Perú]. (s. f.). Lineamientos de siembra y cosecha de agua para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de la tipología de siembra y cosecha de agua, elaborado en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

Ministerio de Economía y Finanzas [MEF]. (s. f.). Invierte.pe: Guía general para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión.

Valer Barazorda, F. (s. f.). Manual técnico N.º 1: Las qochas rústicas, una alternativa en los Andes para la siembra y cosecha de agua en un contexto de cambio climático.

Water For People Perú. (2019). Guía para implementar experiencias de siembra y cosecha de agua para uso poblacional en el área rural.

PREDES – Centro de Estudios y Prevención de Desastres. (2022). Sistematización de una experiencia de siembra y cosecha de agua en comunidades altoandinas de las microcuencas Chuecamayo y Huarahuaramayo de las provincias de Calca y Quispicanchi, departamento del Cusco, con el apoyo de PREDES 2016–2018 y 2020–2022.

ANEXO 1: PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

Prueba del tubo: procedimiento

- Escoger 3 a 4 puntos representativos en el área de almacenamiento
- Limpiar estos puntos si hubiera vegetación, evitando alterar la estructura natural del suelo
- Empotrar (clavar) en el suelo un tubo PVC de 3 pulgadas de 30 cm de altura
- Llenar el tubo evitando mojar los costados del tubo y registrar el tiempo en minutos que demora en desaparecer por completo el agua usando un reloj o cronómetro.
- Volver a llenar y registrar otra vez el tiempo hasta su saturación y ya no deje de bajar el nivel.
- Sumar todos los registros de las alturas y dividir entre el tiempo transcurrido para obtener la tasa de infiltración expresada en mm/hora o cm/minuto. El proceso se repite sucesivamente en el mismo punto para calcular la velocidad de infiltración básica con el suelo completamente saturado.

Prueba del tubo

Procedimiento

- 1** Escoger 3 a 4 puntos representativos en el área de almacenamiento.



- 2** Limpiar estos puntos si hubiera vegetación, evitando alterar la estructura natural del suelo.



- 3** Empotrar (clavar) en el suelo un tubo PVC de 3 pulgadas de 30 cm de altura.



- 4** Llenar el tubo evitando mojar los costados del tubo y registrar el tiempo en minutos que demora en desaparecer por completo el agua usando un reloj o cronómetro.



- 5** Volver a llenar y registrar otra vez el tiempo hasta su saturación y ya no deje de bajar el nivel.



- 6** Sumar todos los registros de las alturas y dividir entre el tiempo transcurrido para obtener la tasa de infiltración expresada en mm/hora o cm/minuto.

El proceso se repite sucesivamente en el mismo punto para calcular la velocidad de infiltración básica con el suelo completamente saturado.



Resultado: tasa de infiltración (mm/h o cm/min)

El pozo con regla graduada: Procedimiento paso a paso:

- Ubicar unos 3 a 4 puntos dentro del área de almacenamiento para realizar estas pruebas
- Hacer un hueco cuadrado o redondo de unos 30 centímetros de ancho por 30 centímetros de profundidad con pala, barretilla o zapapico.
- Llenar el hueco con agua y dejar que se absorba toda el agua para humedecer la tierra seca de la superficie.
- Colocar la regla de forma vertical (parado) en el fondo del hueco.
- Volver a llenar el hueco con agua y tomar hora para saber cuántos centímetros baja el nivel del agua.
- Esperar 1 hora (o 30 minutos) y mirar cuánto bajó el agua en la regla

Con estos datos podemos determinar si el suelo es permeable, poco permeable o altamente permeable.

Ejemplo: Si el nivel de agua empezó en el número 30 de la regla y después de una hora bajó al número 10, la velocidad de infiltración de ese suelo es de 10 cm/hora.

Pozo con regla graduada

Procedimiento paso a paso

- 1** Ubicar unos 3 a 4 puntos dentro del área de almacenamiento para realizar estas pruebas.



- 2** Hacer un hueco cuadrado o redondo de unos 30 centímetros de ancho por 30 centímetros de profundidad con pala, barretilla o zapapico.



- 3** Llenar el hueco con agua y dejar que se absorba toda el agua para humedecer la tierra seca de la superficie.



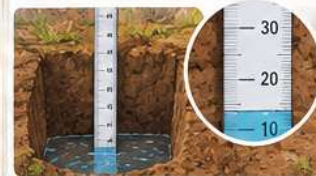
- 4** Colocar la regla de forma vertical (parado) en el fondo del hueco.



- 5** Volver a llenar el hueco con agua y tomar hora para saber cuántos centímetros baja el nivel del agua.



- 6** Esperar 1 hora (o 30 minutos) y mirar cuánto bajó el agua en la regla.



Ejemplo

Si el nivel de agua empezó en el número 30 de la regla y después de una hora bajó al número 10, la velocidad de infiltración de ese suelo es de **10 cm/hora**.

Con estos datos podemos determinar si el suelo es:

-  **Permeable**
-  **Poco permeable**
-  **Altamente permeable**

Método de la Taza y el Charco: Procedimiento paso a paso: es para chacras

- Buscar tierra limpia: Escoge el lugar del cultivo que quieres revisar y limpia las hojas o la paja con la mano. No caves ningún hueco.
- Echar el agua: Llena la taza con agua y echar de un solo golpe en el suelo, en un solo punto, intentando formar un charco pequeño.
- Contar los minutos: Cuenta cuánto tiempo tarda el charco en desaparecer por completo (hasta que la tierra se trague el agua y quede solo húmeda y brillante).

Método de la Taza y el Charco

Procedimiento paso a paso (es para chacras)

- 1** Buscar tierra limpia: Escoge el lugar del cultivo que quieres revisar y limpia las hojas o la paja con la mano. No caves ningún hueco.



- 2** Echar el agua: Llena la taza con agua y echar de un solo golpe en el suelo, en un solo punto, intentando formar un charco pequeño.



- 3** Contar los minutos: Cuenta cuánto tiempo tarda el charco en desaparecer por completo (hasta que la tierra se trague el agua y quede solo húmeda y brillante).



Para entender el resultado sin cálculos matemáticos (es para chacras)

Tiempo absorción	Infiltración	Suelo
1 minuto	Muy rápida	Arena o demasiado seco
De 1 y 1.5 minutos	Buena	Tierra muy buena
Más de 10 minutos	Muy lenta	Greda o arcilla









Esta publicación fue posible gracias al apoyo de:

