



MANUAL

▶ SISTEMAS DE CAPTACIONES DE AGUA EN MANANTIALES Y PEQUEÑAS QUEBRADAS PARA LA REGIÓN ANDINA

Agua

CIPAF
▶ IPAF Región NOA

AE Recursos Naturales
▶ PE AERN 291682

Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

*Sistemas de captaciones de Agua
en manantiales y pequeñas quebradas
para la REGIÓN ANDINA*

PRIMERA EDICIÓN

Colección Agricultura Familiar - 08

Sistema de captaciones de agua en manantiales y pequeñas quebradas para la Región Andina PE AERN 291682

Esta publicación se financió con aportes de la Unidad para el Cambio Rural (UCAR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

CIPAF - Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar

TE: +54 11 4339 0600 interno 5152

www.inta.gov.ar/cipaf

Chile 460 (C1098AAJ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina

INTA

Ediciones INTA

Argentina - Junio de 2011

3.000 ejemplares

Se autoriza su reproducción total o parcial citando la fuente.

Sistemas de captaciones de agua en manantiales y pequeñas quebradas de la región /

José Antonio García ... [et.al.]. - 1a ed. - Yuto : Ediciones INTA, 2011.
v. 8, 28 p. ; 28x20 cm.

ISBN 978-987-679-030-7

1. Agricultura Familiar. I. García, José Antonio.
CDD 630

Fecha de catalogación: 08/08/2011

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

Presidente

Ing. Agr. Carlos Casamiquela

Vicepresidente

Ing. Agr. Luis Basterra

Director Nacional

Ing. Agr. Eliseo Monti

Director CIPAF

Ing. Agr. (MsC) José Catalano

Director (int.) IPAF Región CUYO

Ing. Agr. Alfredo Romano

Director (int.) IPAF Región NEA

Dra. Gladis Contreras

Director IPAF Región NOA

Med. Vet. Damián Alcoba

Director IPAF Región PAMPEANA

Dr. Gustavo Tito

Director (int.) IPAF Región PATAGONIA

Dr. Marcelo Pérez Centeno

Coordinación Editorial

Lic. Claudia Palioff - CIPAF

Lic. Cora Gornitzky - IPAF Región Pampeana

Diseño Gráfico

Verónica Heredia

Edgardo A. Kevorkian

Corrección y Estilo

Lic. Diana Gamarnik

Lic. Fernanda Mondzak

Revisión Técnica

Ing. Ftal. (MsC) Diego Ramilo (INTA - CIPAF)

Dr. Rodolfo García (U.N.S.a)

Ing. en Rec. Hidr. (MsC) Mario Basán Nickisch (INTA - EEA RECONQUISTA)

PRÓLOGO

La gestión participativa y la adopción concreta de las prácticas tecnológicas por parte de las comunidades rurales, necesita de un gran esfuerzo de promoción y capacitación a todos los niveles. Es por eso que planificar la participación, requiere no solamente de actores capacitados en el territorio sino de espacios de consenso que propicien la construcción de respuestas y soluciones colectivas mediante acuerdos organizacionales que funcionen en red.

El **agua** es un derecho con una importancia vital en la agricultura, y con una enorme implicancia social y ambiental. Esto determina que se la valore tanto por su disponibilidad en cantidad y calidad para las generaciones futuras como por los servicios ecológicos que presta.

En lo que hace a la agricultura familiar, la identificación de la problemática del **agua (acceso, consumo humano, uso sanitario, animal y riego)** es, sin duda, la principal demanda priorizada por los actores en los territorios.

El agua, junto con la tierra, son dos de los temas más convocantes y movilizados para las familias y organizaciones rurales. Su concreto abordaje y resolución actúa como una verdadera “palanca” y disparador de sucesivas y progresivas acciones concatenadas y complementarias de desarrollo rural. De allí la trascendencia de abordar con consistentes elementos técnicos, la problemática hídrica.

En este sentido, este primer **manual** - cuya obra completa estará integrada por una serie de cuatro manuales complementarios (**captaciones, conducciones, almacenamiento y distribución**)- está pensado y escrito para profesionales, técnicos e idóneos que se desempeñan en tareas de extensión y desarrollo rural; desde la perspectiva de recoger años de experiencia de trabajos relacionados con el abordaje del problema del agua en comunidades rurales andinas del noa, tanto en actividades de investigación como de extensión.

La obra que hoy damos a conocer, rescata y sistematiza de manera sencilla, práctica y accesible, las distintas posibilidades y tecnologías disponibles de captación, para las diversas fuentes naturales de provisión de agua existentes en los territorios, en los cuales habitan y producen los agricultores familiares de la región andina de nuestro país.

De esta forma el INTA como institución del Estado Nacional a través del CIPAF y sus institutos, responde al compromiso de brindar soluciones prácticas y apropiadas en su papel de organismo de I&D, aportando al esfuerzo cotidiano de tantos otros actores públicos y privados que trabajan en desarrollo rural; en la urgente tarea de dotar de derechos fundamentales -como lo es el del acceso al agua segura en cantidad y calidad-, humanizar el trabajo familiar, posibilitar la mejora habitacional, la salud y la producción. En síntesis, mejorar la calidad de vida.

Esta visión es compartida también desde el área estratégica de recursos naturales, a través de la sub área -gestión sostenible de los recursos hídricos- y en particular de su proyecto “manejo integral del agua para la agricultura familiar y productores de áreas de secano”, con el propósito de garantizar no sólo el acceso sino el uso multipropósito, eficiente y productivo del agua para el sector rural.

Este esfuerzo está claramente plasmado en el **manual** que presentamos, donde la investigación, la adaptación y la extensión son tres ejes de la misma estrategia: el **desarrollo** sostenible.

Se transparenta también una estrategia importante, la de traducir el conocimiento técnico institucional volcándolo al sistema de extensión, pero basándolo en la participación y el conocimiento previo de las comunidades rurales, para luego generar un proceso de adopción donde el productor rural no sea un simple receptor pasivo.

Se trata, en definitiva, de aportar a la equidad y a la inclusión de este sector trascendente y mayoritario del agro argentino y latinoamericano, como una responsabilidad ineludible del Estado y sus instituciones.

Biól. Leopoldo Montes
Coordinador Nacional
Área Estratégica de Recursos Naturales
INTA

Ing. Agr. (MsC) José A Catalano
Director CIPAF
INTA

*Sistemas de Captaciones de Agua
en Manantiales y Pequeñas Quebradas
para la REGIÓN ANDINA*

Autores¹

José Antonio García

Juan Pablo Zamora Gómez

Lucas Nicolás Bilbao

Dibujos

Eduardo Quiroga

Gastón Godoy Garraza²

Fotografías

Banco del Imágenes del IPAF Región NOA - INTA y AER San Antonio de los Cobres

Colaboradores

Juan Ignacio Gazzotti³

Natalia Furlán⁴

Pablo Sebastián Guzmán⁵

Luis Narmona⁶

Diego Barreto⁷

Lucas Díaz⁸

Ernesto Abdo⁹

Abelardo Flores¹⁰

Julio César Valdiviezo¹¹

¹ Los autores son profesionales del Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar de la Región NOA (IPAF Región NOA) del INTA.

² IPAF Región NOA. INTA

³ AER San Antonio de los Cobres. INTA

⁴ AER San Antonio de los Cobres. INTA

⁵ Subsecretaría de Agricultura Familiar Catamarca.

⁶ Subsecretaría de Agricultura Familiar Catamarca.

⁷ AER Seclantás. INTA

⁸ Red Valles de Altura.

⁹ Subsecretaría de Agricultura Familiar Salta.

¹⁰ Subsecretaría de Agricultura Familiar Salta.

¹¹ Subsecretaría de Agricultura Familiar Jujuy.



Índice

INTRODUCCIÓN	13
1. MANANTIALES	17
1.1. Clasificación de manantiales	18
2. QUEBRADAS O PEQUEÑOS CURSOS DE AGUA	23
3. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA	25
3.1. Demanda de agua	25
3.2. Medición de caudales - Cuantificación	30
3.2.1. Método directo o volumétrico	30
3.2.2. Método indirecto mediante el cálculo de la velocidad del agua y el área	33
3.3. Calidad de agua	39
4. SISTEMAS DE CAPTACIÓN	43
4.1. Sistema de captación de manantiales de ladera	44
4.1.1. Captación del afloramiento	44
4.1.2. Cámara de carga o colectora	64
4.1.3. Cámara seca	69
5. ESTRUCTURAS EN CAPTACIONES DE PEQUEÑAS QUEBRADAS	71
5.1. Tomas libres	71



Índice

5.2. Obras auxiliares de tomas superficiales en pequeñas quebradas	74
5.2.1. Tomas libres mejoradas	74
5.2.2. Desarenador	76
5.3. Captación de pequeñas quebradas mediante caños filtrantes	82
5.4. Obra de toma con rejilla de fondo	86
6. MANTENIMIENTO DE LAS CAPTACIONES	91
6.1. Mantenimiento de readecuación	91
6.2. Mantenimiento rutinario y preventivo	91
6.3. Mantenimiento de emergencia	92
7. PROTECCIÓN DE LAS FUENTES	95
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	97
ANEXO 1: Elementos que hay que considerar para realizar el diagnóstico	100
ANEXO 2: Medición de caudal	103
ANEXO 3: Calidad de agua potable para consumo humano	106
ANEXO 4: Diseño de pequeños desarenadores	109

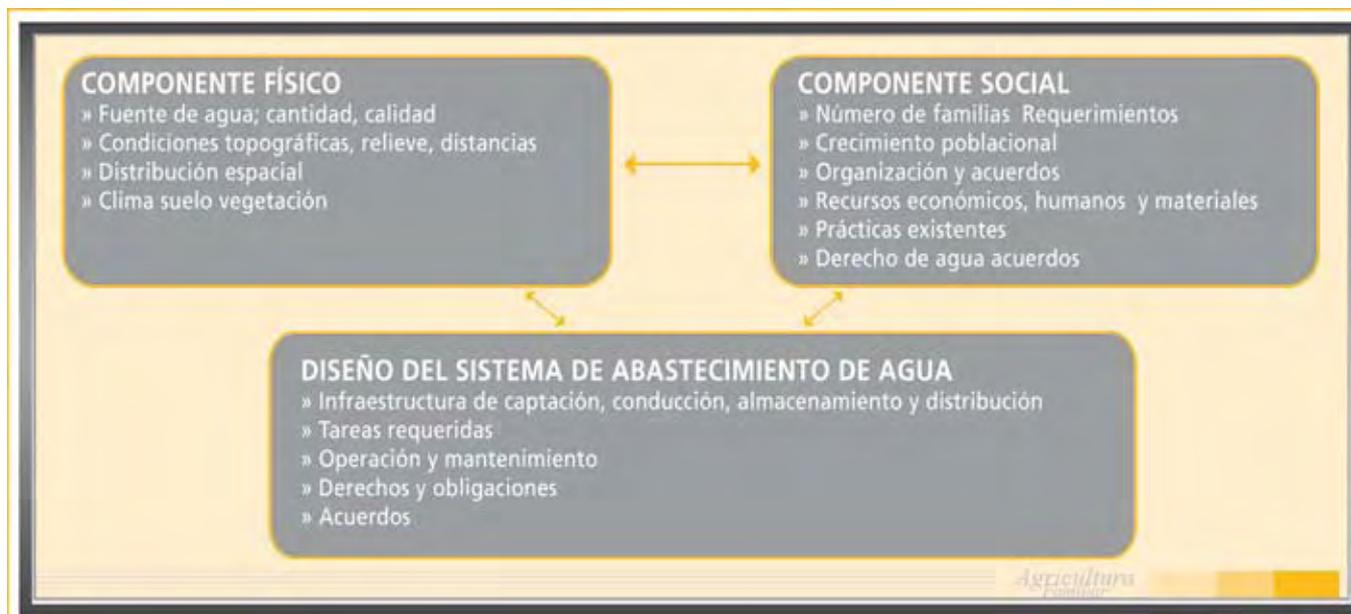


INTRODUCCIÓN

En el medio rural el agua es un elemento fundamental para poder llevar adelante la multiplicidad de actividades de la familia, no sólo productivas sino también para la vida diaria.

Al momento de analizar la forma de utilizar el agua, nos encontramos frente a un sistema de elementos interrelacionados, que abarca tanto los componentes físicos del ambiente como los sociales.

Dentro de los componentes físicos debemos contemplar la fuente de agua, las condiciones topográficas y la infraestructura necesaria para el abastecimiento a las familias. Esto exige conocer algunos conceptos para diseñar correctamente el sistema de agua de la comunidad, teniendo que evaluar varias características del lugar donde necesitamos implementarlo.



Entre los componentes sociales, la organización social conformada por las familias usuarias es uno de los aspectos centrales en la gestión del sistema. Es el grupo de usuarios que opera la infraestructura física y establece los acuerdos para la operación y mantenimiento del sistema. Esto implica que el diseño del sistema de abastecimiento de agua debe ser realizado de manera simultánea al de la infraestructura y la gestión, de manera que los resultados finales sean acordes con las necesidades de las familias involucradas. La sostenibilidad del sistema dependerá del equilibrio entre los requerimientos

de operación y mantenimiento y los beneficios que brinda a las familias en términos de cantidad y calidad de agua.

En la mayoría de los proyectos que involucran el abastecimiento de agua en el medio rural, los primeros pasos para el diseño técnico parten de la identificación del problema que efectúa la comunidad. Aquí necesitamos conocer:

» Cuáles son las necesidades de uso del agua, cuál es el destino, los requerimientos por familia para uso doméstico, para consumo animal, por uso comunitario, uso múltiple. Una vez conocidos los requerimientos

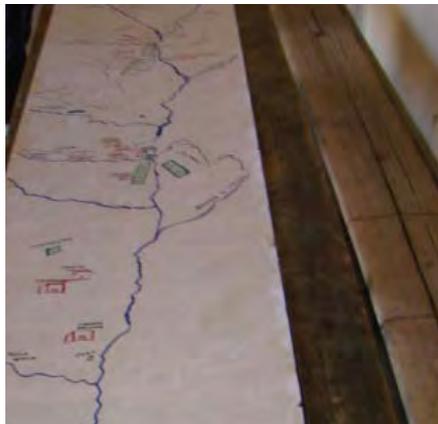
estamos en condiciones de **cuantificar la demanda**.

» Cuáles son las fuentes de agua que están disponibles y que pueden ser potencialmente aprovechadas (fuentes superficiales, subterráneas, atmosféricas, por ejemplo). Además necesitamos poder caracterizarlas en cuanto a su ubicación, caudal, comportamiento en el año, y su calidad. De esta manera estaríamos **cuantificando la oferta de agua**.

» Cuáles son las condiciones del lugar, lo que nos permitirá realizar un diseño del sistema de abastecimiento. Sus **condiciones de relieve y topográficas**, desniveles, distancias, entre otras.

Una vez identificado el problema, visualizando las necesidades de agua y evaluando las fuentes en el territorio así como las características físicas del lugar, estaremos en condiciones de comenzar a discutir con la comunidad el diseño técnico del sistema y de la infraestructura que responda a las necesidades planteadas.

Aquí es cuando se presenta como primera cuestión para definir –dentro de los componentes del sistema de abastecimiento– la captación o forma de



Taller para el diseño del sistema de abastecimiento de agua. Comunidad de Matancillas. Salta

captar el agua.

El tipo de captación va a depender de muchos factores, pero fundamentalmente de las fuentes de agua disponibles, que pueden ser:

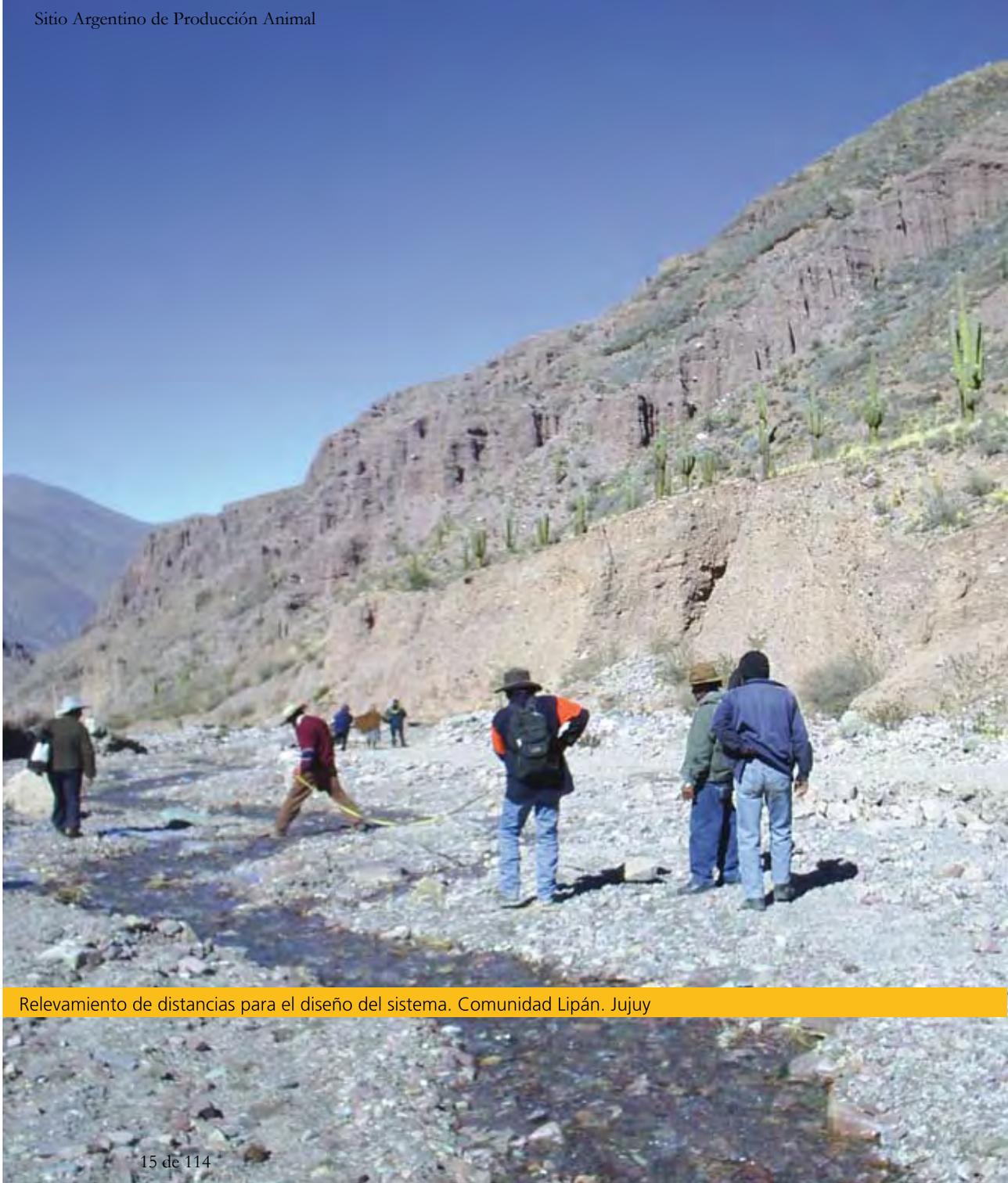
» Fuentes superficiales que fluyen o se almacenan en la superficie. Por ejemplo ríos, arroyos, quebradas, lagunas.

» Fuentes subterráneas, o que se encuentran por debajo de la superficie del terreno. Pueden ser fuentes sub-superficiales de agua que circula y se encuentra apenas por debajo de la superficie de la tierra, como por ejemplo por debajo del lecho de un río. O pueden ser fuentes de acuíferos y cuerpos de agua profundos.

» Fuentes atmosféricas o meteóricas, como por ejemplo agua de lluvia o de neblina.

Al momento de analizar cada fuente, se debe ir pensando en cómo se va a captar el agua para luego poder conducirla hasta donde será utilizada.

Particularmente en este documento abordaremos las captaciones de fuentes de agua realizadas desde **manantiales y pequeñas quebradas**, fuentes que con frecuencia utilizan las comunidades rurales de la región altoandina.

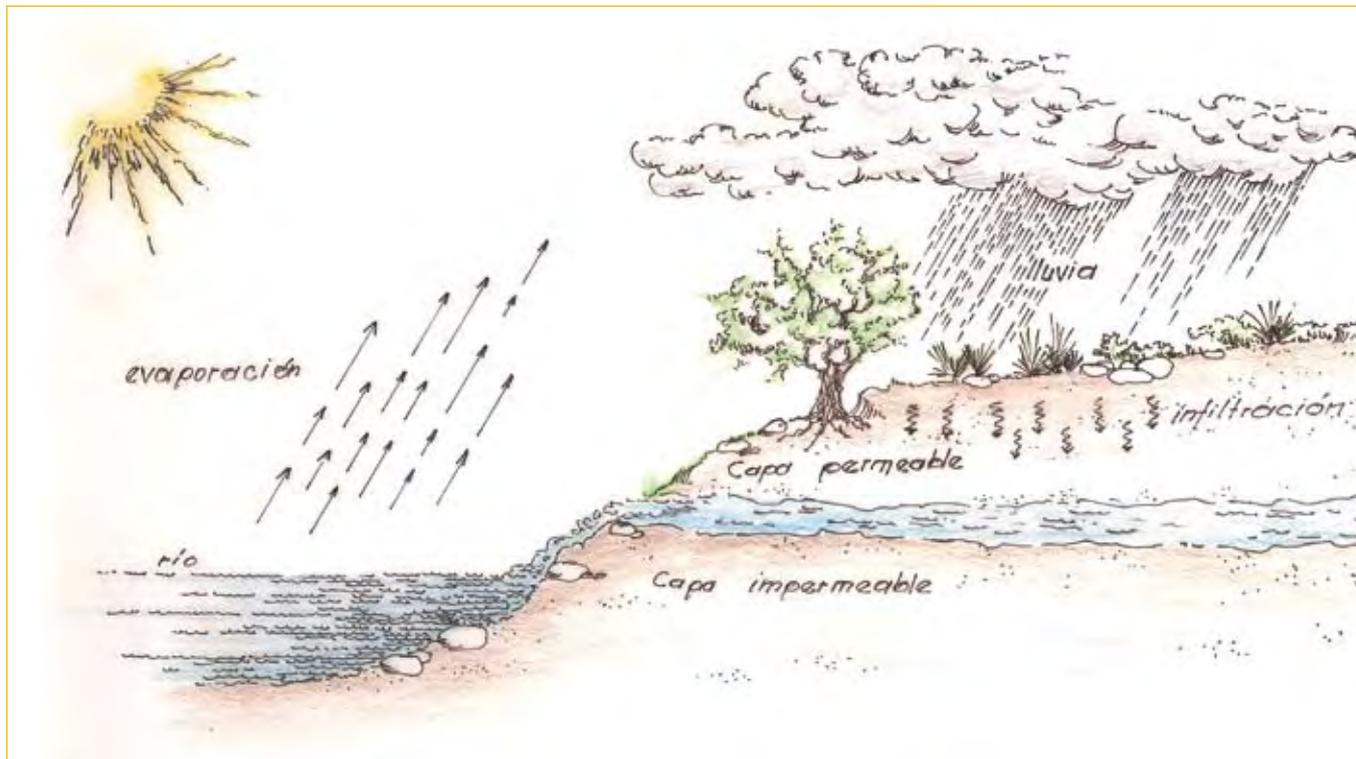


Relevamiento de distancias para el diseño del sistema. Comunidad Lipán. Jujuy

Fuentes de agua
Manantiales y quebradas

MANANTIALES

Son fuentes de agua subterránea que afloran en superficie, y a las que más se recurre al momento de decidir de dónde captar el agua. Esto se debe principalmente a que aseguran una determinada calidad de agua frente a potenciales procesos de contaminación, mínimo o nulo contenido de sedimentos en suspensión y una mayor seguridad y facilidad en el diseño de la obra.



Ciclo del agua. En este caso el agua subterránea se manifiesta en superficie en forma de manantial.

Se puede definir un **manantial** como un punto, zona o lugar de la superficie del terreno, en la que de modo natural fluye o aflora una cantidad determinada de agua proveniente de un acuífero¹¹ (Custodio y Llamas, 2001).

Una fracción de las precipitaciones ocurridas en las partes altas de las cuencas infiltran en el suelo. El agua infiltrada se mueve principalmente por acción de la gravedad en forma subterránea a través de distintos materiales como estratos de grava, ripio, arena o fisuras en las rocas.

En su recorrido, el agua puede encontrar un estrato o material que tenga una menor facilidad para permitir su paso o menor permeabilidad (como una capa de arcilla, por ejemplo). Esto provocará que por encima de ese material se forme un sector saturado de agua, llamado **acuífero**, que producirá un movimiento horizontal del agua y, según el relieve, reaparecerá en superficie en sitios más o menos alejados de la zona de recarga original.

De esta manera el agua subterránea sale a la superficie terrestre en forma natural, sin la intervención del hombre, haciéndose visible y transformándose en agua superficial.

1.1. Clasificación de manantiales

En la zona altoandina, los manantiales están relacionados sobre todo con las condiciones del relieve, en donde los acuíferos son cortados por la topografía.

Una forma práctica de clasificar los manantiales que nos permitirá luego diferenciar el tipo de captación que vamos a realizar puede ser:

1.1.1 Manantiales de ladera

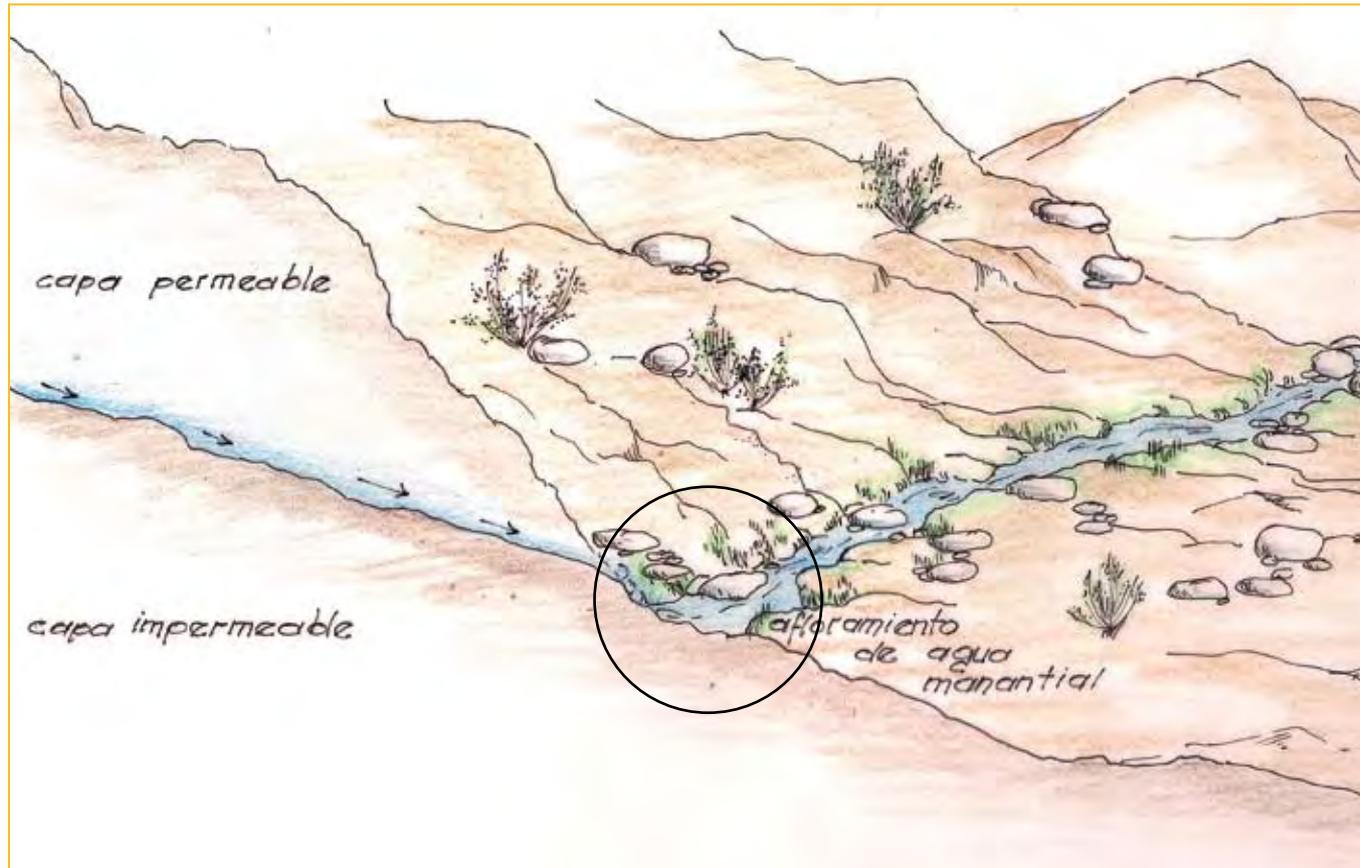
A partir de un sustrato impermeable, el agua realiza un recorrido por acción de la gravedad, apareciendo en forma superficial en las laderas de los cerros. Es bastante común encontrarlos en la región altoandina, y pueden ser utilizados para abastecimiento de agua en comunidades rurales. De ellos hablaremos en el presente manual.

A su vez, de acuerdo con la forma en que el agua aparece en la superficie, los manantiales de ladera pueden ser clasificados como:

¹¹ Acuífero: formación geológica por debajo de la superficie que tiene la capacidad de almacenar y transmitir agua.

1.1.2 Manantiales de ladera concentrados

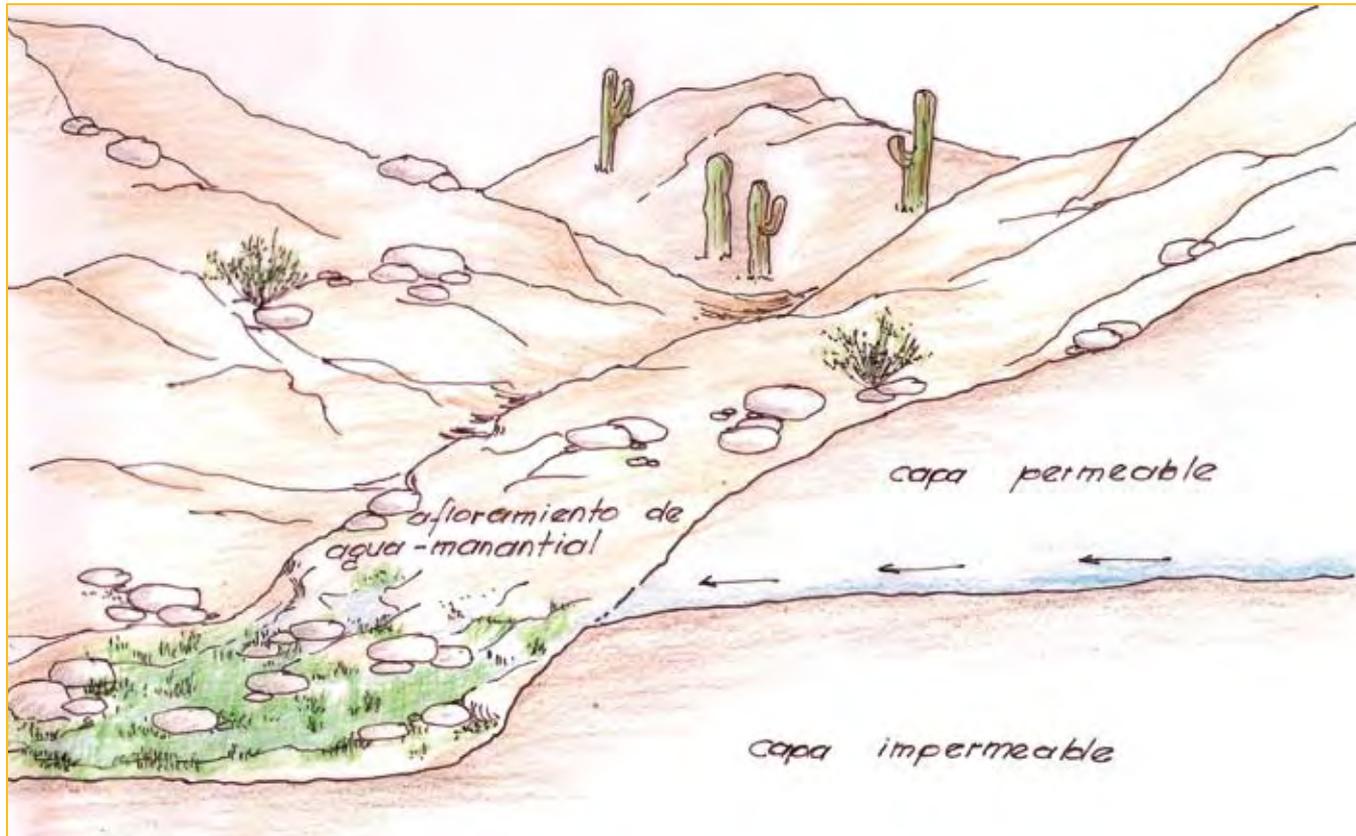
Se identifican a estos manantiales cuando el agua surge en un espacio bien definido, localizado en forma puntual.



Manantial de ladera concentrado. El agua aflora en superficie en un punto definido.

1.1.3 Manantiales de ladera difusos

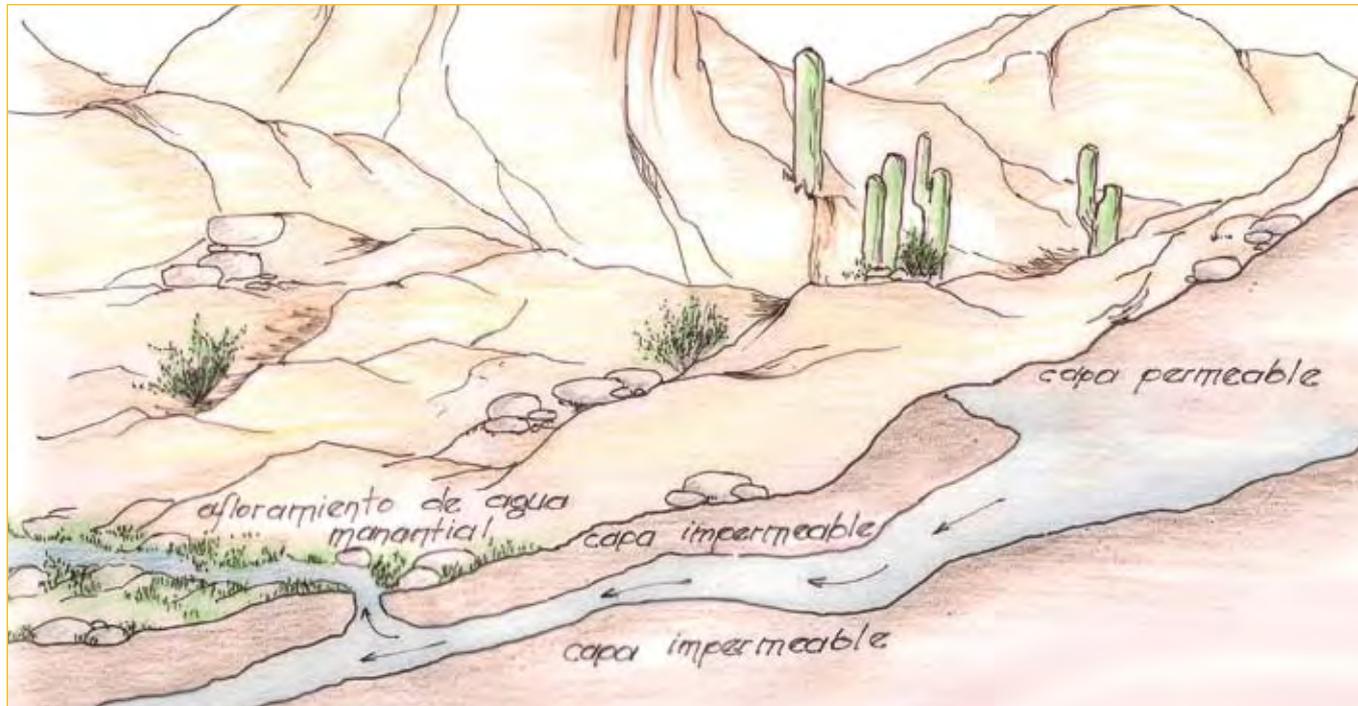
También puede suceder que el agua surja en un sector más amplio, de diverso tamaño y en forma difusa, lo que genera un sector anegado sobre la superficie. En la región andina a este tipo de manantiales los conocemos como **vegas** o **ciénegos**.



Manantial de ladera difuso. El agua aflora en superficie en un sector amplio.

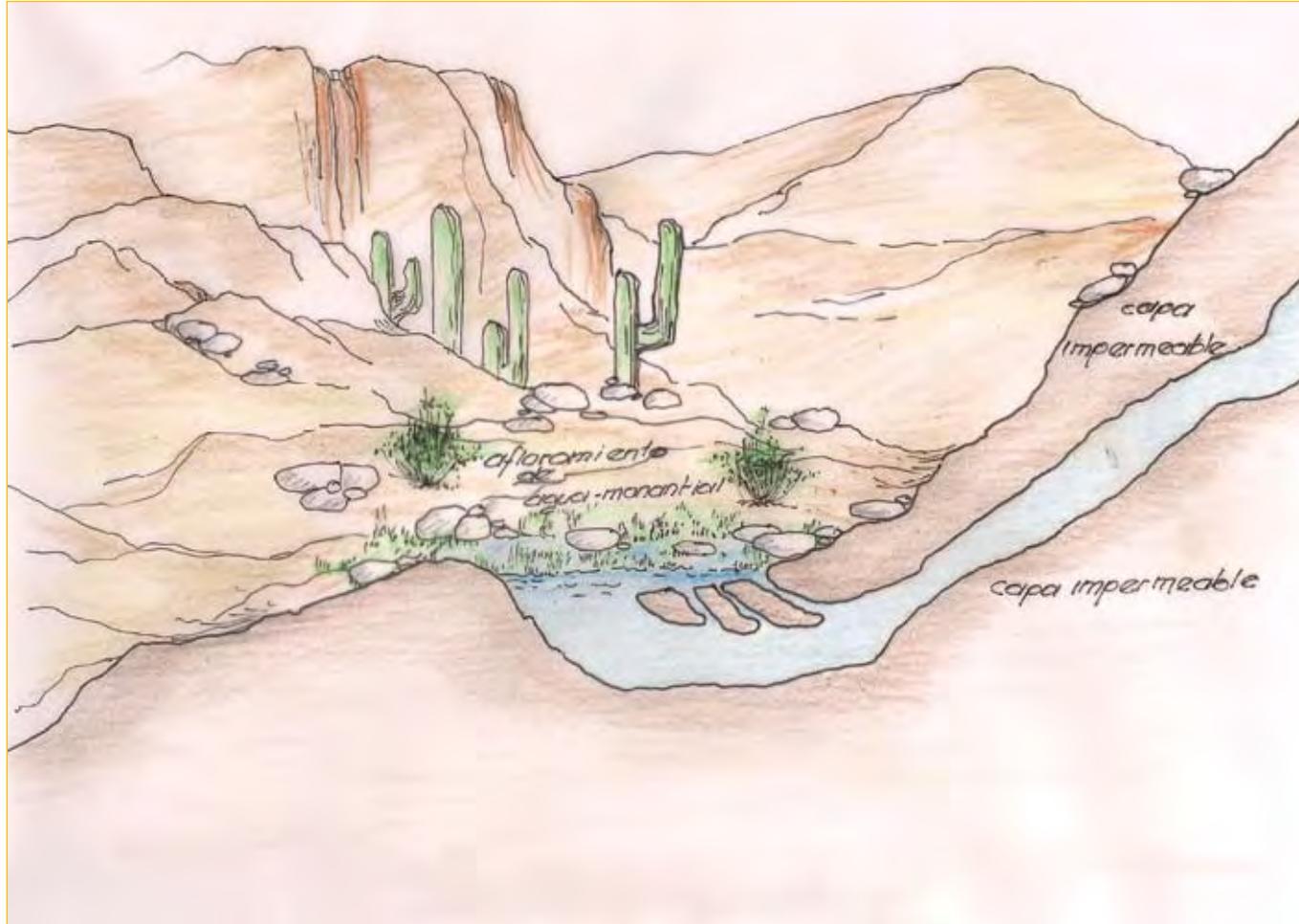
1.1.4 Manantial de fondo

El agua surge de manera ascendente, en zonas bajas o fondos de valles. En general están relacionados con agua subterránea proveniente de un acuífero confinado¹², que sale a la superficie por la presión ejercida en el acuífero. También los manantiales de fondo pueden ser clasificados como **concentrados** o **difusos**, según la forma en que el agua aparece en la superficie.



Manantial de fondo concentrado el agua aflora en un punto en un fondo de valle.

¹² Los acuíferos confinados, cautivos o artesianos, son formaciones geológicas permeables, completamente saturadas de agua, confinadas entre dos capas o estratos impermeables o prácticamente impermeables (una inferior y otra superior). En estos acuíferos el agua está sometida, en general, a una presión mayor que la atmosférica y al perforar un pozo en ellos el agua se eleva por encima de su parte superior (techo) del acuífero hasta un nivel que se denomina nivel piezométrico (García, 2003).



Manantial de fondo difuso el agua aflora en un sector más amplio en un fondo de valle.

QUEBRADAS O PEQUEÑOS CURSOS DE AGUA

Con el fin de poder identificar los pequeños cursos de agua en los que vamos a trabajar, definimos a las **quebradas** como los sitios ubicados en las laderas de los cerros donde convergen las aguas de las microcuencas hacia los sectores más bajos, y que son tributarias de cursos de agua mayores.

Entre las principales características que definen a las quebradas con que trabajamos podemos mencionar:

- » Pueden llevar el agua únicamente de las precipitaciones en épocas de lluvia, permaneciendo secas el resto del año. O bien poseer un caudal permanente o temporario a lo largo de los meses.
- » Cuando llevan agua durante todo el año, ésta proviene en general de manantiales cercanos o es agua infiltrada y acumulada en el suelo derivada de las precipitaciones, entregada lentamente a la quebrada hacia los sectores más bajos. En muchos casos, durante la época de lluvia el caudal aumenta de modo considerable por el aporte que se escurre en la superficie directamente de las precipitaciones.
- » Las dimensiones son variables, pero generalmente se caracterizan por ser angostas o estrechas, y su largo puede alcanzar desde unos pocos metros hasta algunos kilómetros.
- » Son de caudales relativamente bajos (entre 2 -100 litros/segundo) con muchas variaciones según la época del año.



Quebrada en Paclín, Catamarca. Quebrada en Urcuro, Salta.



*Identificación y
caracterización de las
fuentes de agua*



3. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

Una de las primeras instancias para poder avanzar en la discusión y diseño del sistema de abastecimiento de agua con la comunidad, es la evaluación de los recursos hídricos con los que vamos a contar y las necesidades de agua según el uso proyectado (doméstico, riego, abrevado animal, uso múltiple).

Para poder identificar las fuentes de agua más adecuadas al uso posterior, necesitaremos confeccionar un inventario en el territorio que precise su ubicación con respecto al sistema de abastecimiento (distancias, desniveles), la cantidad de agua de cada fuente (caudal) y su calidad.

Esta actividad implica salidas y recorridas a campo, la medición del caudal (aforo), la toma de muestras de agua para determinación de aptitud según el uso y la confección de mapas que permitan analizar la ubicación de las fuentes en el territorio.

A partir del relevamiento de información y de la realización de talleres comunitarios, podremos entonces trabajar sobre las necesidades o la demanda de agua.

Según el uso proyectado, necesitaremos saber el número de familias o habitantes de la comunidad, la cantidad de animales para abrevado, las superficies y cultivos para regar, y todo dato que se considere necesario para definir cuánta agua vamos a tener que captar, conducir, almacenar y distribuir.

Cabe mencionar que el conjunto de estas actividades probablemente no deba tener definido un orden de prioridad, ya que entre ellas se produce una interacción de devolución de información y de discusión de alternativas, lo que permitirá generar un diseño del sistema consensuado y acordado por los mismos usuarios.

En el Anexo 1 encontraremos, a modo de ejemplo, ciertos elementos que podemos tomar en cuenta para realizar un diagnóstico. Éstos fueron extraídos de la sistematización de un taller realizado en Catamarca en junio de 2009, en el marco del “Proceso de Formación en Capacidades Técnicas Hídricas de la Provincia de Catamarca”.

3.1. Demanda de agua

Para diseñar y pensar en un sistema de abastecimiento de agua, necesariamente se deberá conocer cuál es la **necesidad o demanda de agua** que tiene la comunidad.

Ésta, como dijimos, dependerá de los usos planificados, el consumo humano, riego parcelario, huertos, consumo animal y uso múltiple. También sobre ella influirán las condiciones ambientales de la zona (si nos encontramos en un ambiente de selva o puna, por ejemplo), o un aumento previsto de la población, entre otras variables.

Si bien el consumo depende de muchos factores y por esto sería apropiado tomar mediciones y cotejar con datos de zonas o regiones similares, aquí presentaremos algunos valores que permitirán evaluar de manera aproximada cuánta agua podemos llegar a necesitar.

3.1.1. Agua para animales

Según datos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria - CEPIS -los consumos aproximados de animales en zonas andinas son los siguientes:

GANADO VACUNO	25-35 LITROS/DÍA POR CABEZA
CABALLOS Y MULAS	20-35 LITROS/DÍA POR CABEZA
OVEJAS	15-25 LITROS/DÍA POR CABEZA
CERDOS	10-15 LITROS/DÍA POR CABEZA
AVES DE CORRAL	15-25 LITROS/DÍA POR 100

Fuente: CEPIS. Cantidad y calidad de agua. Disponible en: <<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan/020867/020867-04.pdf>>

Lógicamente este consumo varía por la incidencia de distintos factores, como por ejemplo el tipo de forraje, los períodos de lactancia de los animales, su edad, la zona climática y la época del año, entre otros.

3.1.2. Consumo humano de agua

A efectos de alcanzar una idea aproximada sobre el consumo humano de agua –que es muy variable–, transcribimos información proporcionada por el CEPIS según el tipo de sistema de abastecimiento de agua:

TIPO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	CONSUMO TÍPICO DE AGUA (LITROS/PERSONA/DÍA)	RANGO (LITROS/PERSONA/DÍA)
PUNTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA COMUNITARIO		
» A DISTANCIA CONSIDERABLE (1000 M)	7	5-10
» A DISTANCIA MEDIA (500 M APROX.)	12	10-15
» A DISTANCIA MÁS CERCANA (250 M)	20	15-25
CONEXIÓN DE PATIO (GRIFO COLOCADO EN EL PATIO DE LA CASA)	40	20-80
CONEXIÓN DE CASA		
» GRIFO SIMPLE	50	30-60
» GRIFO MÚLTIPLE	120	70-250

Fuente: Adaptado de CEPIS. Cantidad y calidad de agua. Disponible en: <<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan/020867/020867-04.pdf>>

En los casos en los que se dispongan datos respecto al número de familias, se puede adecuar la estimación del consumo considerando una familia promedio en la comunidad.

Sin embargo, los datos anteriores son sólo orientadores. En cada territorio evaluaremos, junto con la comunidad, cuáles son las necesidades de agua para el consumo doméstico. Pueden tomarse como punto de partida, por ejemplo, datos de otras comunidades del territorio que ya cuentan con abastecimiento de agua, o con mediciones actuales del consumo incorporando estimativos proyectados.

Por otra parte, también se debe tener en cuenta que el acceso al agua muchas veces genera usos no contemplados en las comunidades, que tienen que ver con mejoras en la calidad de vida de las familias: reacondicionamiento de baños, disponibilidad de agua caliente, ampliación de huertos. Estas nuevas posibilidades deben ser visualizadas y sometidas a discusión al momento de planificar el uso del recurso.

Otro aspecto por considerar es que el diseño del sistema de abastecimiento debe estar pensado para sostener tanto la demanda actual como también la necesidad futura de agua. Podemos trabajar estas variables a partir de datos poblacionales proporcionados por los censos y los centros de salud, para analizar el crecimiento que ha tenido la población en los últimos años.

3.1.3. Cantidad de agua para riego

Si bien de una manera amplia podemos estimar que el consumo de agua en las plantas se encuentra entre un mínimo de 2000 metros cúbicos/hectárea/año y un máximo de 10.000 metros cúbicos/hectárea/año (*Agua, vida y desarrollo*, 1986), es importante destacar que el agua que necesitan las plantas para su desarrollo y crecimiento está sujeta a varios factores que se deben conocer, entre ellos:

- » disponibilidad de agua en cantidad y calidad;
- » características del clima;
- » características del suelo;
- » características de los cultivos;
- » características sociales;
- » disponibilidad de tecnología y maquinaria, entre otros.

Una forma de estimar la demanda de agua de los cultivos es mediante el concepto de **dotación**, que se define como la cantidad de agua que necesita el cultivo para realizar su desarrollo completo, expresado por ejemplo en m³/ha en un determinado tiempo. (*Adaptado de <ing.unne.edu.ar/pub/riegoydrenaje/capitulo3.doc>*).

Así, por ejemplo, imaginemos que nos dijeran que un determinado cultivo para cumplir su ciclo necesita 7 meses y 7400 m³/ha/año; sabremos que durante 7 meses tendremos que contar con esa cantidad de agua, lógicamente distribuida según la periodicidad en que se realiza el riego (dependiente además de los factores antes mencionados). También encontramos el concepto de **caudal ficticio o continuo**, definido como la cantidad o volumen de agua que habría que estar aplicando de manera continua en una hectárea bajo riego, aportando las necesidades de agua que el cultivo necesita en un determinado tiempo. (*Adaptado de <ing.unne.edu.ar/pub/riegoydrenaje/capitulo3.doc>*).

Entonces, si la demanda de agua para el cultivo es de $7400 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ en 7 meses, podemos hacer:

7400 m^3 dividido la cantidad de días en 7 meses (210 días) = $7400/210 = 35,2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{día}$.

Como es más usual trabajar con litros que con metros cúbicos, hacemos la conversión:

Si 1 m^3 equivale a 1000 litros, entonces tendremos que:

$$35,2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{día} = 35.200 \text{ litros}/\text{ha}/\text{día}.$$

Llevamos esta cantidad de agua necesaria por día (caudal) a hora:

$$35.200 \text{ litros}/\text{ha}/\text{día} \text{ dividido } 24 = 1466 \text{ litros}/\text{hora}.$$

Al valor de caudal necesario por hora lo transformamos a segundos, entonces:

$$1466 \text{ litros}/\text{hora} \text{ dividido } 3600 \text{ segundos (cantidad de segundos en una hora)} = 0,4 \text{ litros}/\text{segundo} \text{ y por hectárea}.$$

Esto representa que, para regar una hectárea del cultivo, mínimamente nuestro sistema de riego tendrá que aportar en forma continua esa cantidad. Se lo denomina **ficticio** porque en realidad habrá que acumularlo para regar con caudales que permitan su manejo en la parcela (por ejemplo, 15 a 25 litros por segundo).

También debemos tomar en cuenta los aportes de la lluvia, sabiendo que cuando nos dicen que llovió un milímetro, esto equivale a un litro por metro cuadrado, y a 10 metros cúbicos de agua en una hectárea.

$$1 \text{ mm de lluvia} = 1 \text{ litro}/\text{m}^2 = 10.000 \text{ litros}/\text{ha} = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Conociendo estos conceptos, es importante tener en cuenta que, en cada región, sistema productivo y método de riego utilizado, la demanda va a ser diferente, por lo que se deben efectuar estudios detallados de cada uno de los factores en el ámbito local. Por lo general, estos valores pueden ser consultados en las agencias agropecuarias de la zona.

3.2. Medición de Caudales - Cuantificación

La cuantificación de las aguas de escurrimiento superficial se realiza a partir de la toma de datos directamente del afloramiento o de los cursos de agua.

Al hablar de la cantidad de agua que existe en una fuente, en una cuenca o en un territorio dado, debemos siempre hacer referencia a un determinado tiempo. Así, a partir del registro de los datos vamos a poder conocer la cantidad de agua con que contamos en un minuto o segundo, y analizar el volumen de agua disponible en un día, una semana, etc.

A la relación entre la **cantidad de agua** disponible en un determinado **tiempo** la denominamos **caudal**.

Una de las características más importante para tener en cuenta tanto de los manantiales como de las pequeñas quebradas es la **variabilidad de los caudales a lo largo del año**.

Esta información es fundamental porque permitirá no sólo evaluar la fuente, sino también considerar el diseño de la obra de captación que hay que realizar, así como la planificación del uso del agua en épocas críticas.

Lo ideal sería contar con registros del comportamiento hidrológico de varios años, tomados a intervalos determinados durante el ciclo anual.

En la práctica, lo recomendable es contar mínimamente con datos de la fuente de agua de las épocas más críticas, tanto del estiaje como de las temporadas de lluvias, para poder así determinar los caudales máximos y mínimos con los que se contará. Esta información permitirá dimensionar la obra, así como la organización posterior en el uso del agua.

Al proceso de estimar caudales se lo llama **aforar**. Existen numerosos métodos para realizar aforos en función de las características de los cursos de agua.

3.2.1. Método directo o volumétrico

Es el método más rápido y se utiliza donde es posible captar y encauzar el agua mediante algún dispositivo, por ejemplo una tubería o canaleta, y desviar la totalidad del flujo hacia un recipiente de volumen conocido.

EL CAUDAL SE DETERMINA A PARTIR DE LA MEDICIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA (LITROS, METROS CÚBICOS, ETC.) Y DEL TIEMPO QUE DEMORA EN COMPLETAR ESA CANTIDAD (SEGUNDOS, MINUTOS, ETC.).

$$\text{CAUDAL} = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \quad \frac{\text{litros}}{\text{segundos}}$$

- Volumen: litros del recipiente utilizado
- Tiempo: tiempo en que se llenó un volumen determinado (por ejemplo el recipiente utilizado)
- Caudal: litros/minuto; litros/segundo

Agropecuaria Familiar

Equivalencias:

1 litro/segundo = 60 litros/minuto = 3600 litros/hora

1 metro cúbico/segundo = 1000 litros/segundo

En el caso de intentar medir pequeños caudales, el cálculo se facilita al tener un recipiente graduado a distintos volúmenes (por ejemplo, un balde de 20 litros graduado cada 5 litros) y medir en un tiempo fijo (por ejemplo, 1 minuto o 30 segundos).

Para obtener una aproximación más real, es conveniente hacer varias mediciones (por ejemplo, tomar 5 o 6 datos) y calcular un promedio.

Materiales necesarios:

- » Un recipiente (balde, tacho, etc.) que indique su volumen (o del cual conozcamos su volumen).
- » Un reloj o cronómetro.
- » Una tubería o canaleta para captar el agua.



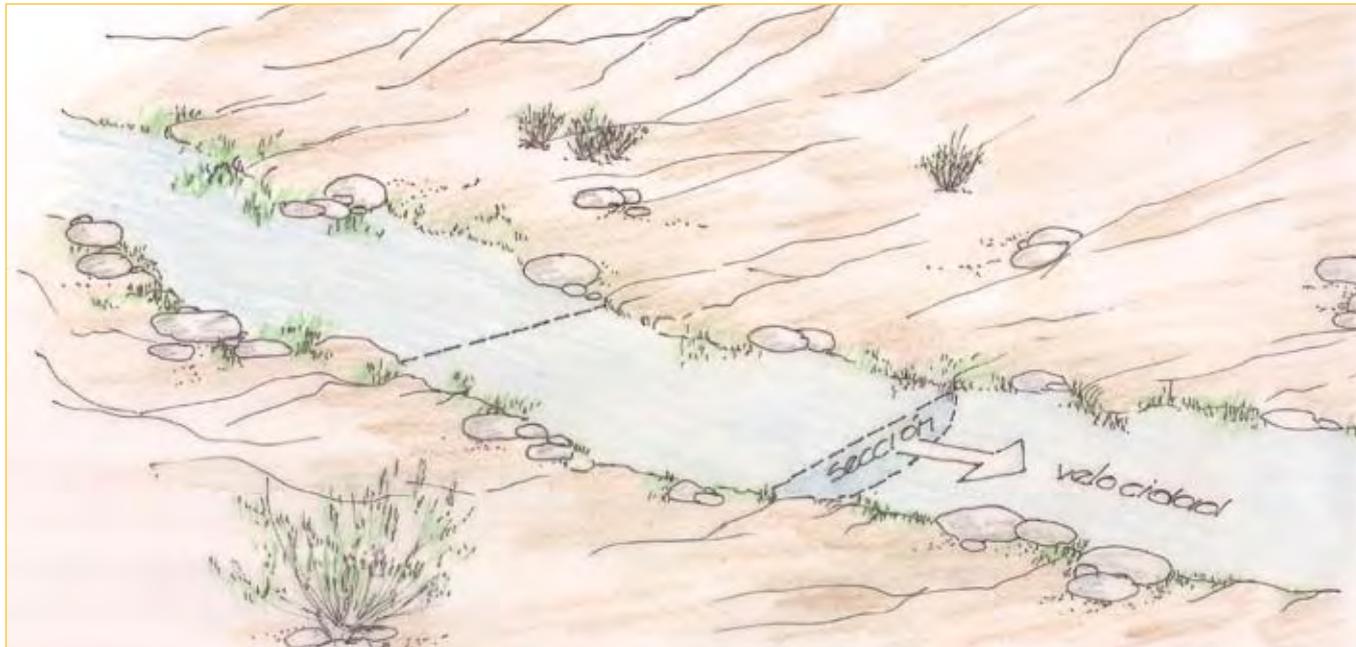
Aforo volumétrico. Huacalera. Jujuy.

3.2.2. Método indirecto mediante el cálculo de la velocidad del agua y el área

Con este método el caudal se obtiene de la medición de la velocidad del agua en el curso y del área o sección transversal de dicho curso.

$$\text{CAUDAL} = \text{VELOCIDAD} \times \text{SECCIÓN}$$

Con lo cual, para aplicar esta fórmula debemos conocer la velocidad de la corriente de agua, y el área o sección transversal del curso.



Para la determinación del caudal debemos medir la velocidad en un tramo del curso de agua y conocer la sección (líneas punteadas).

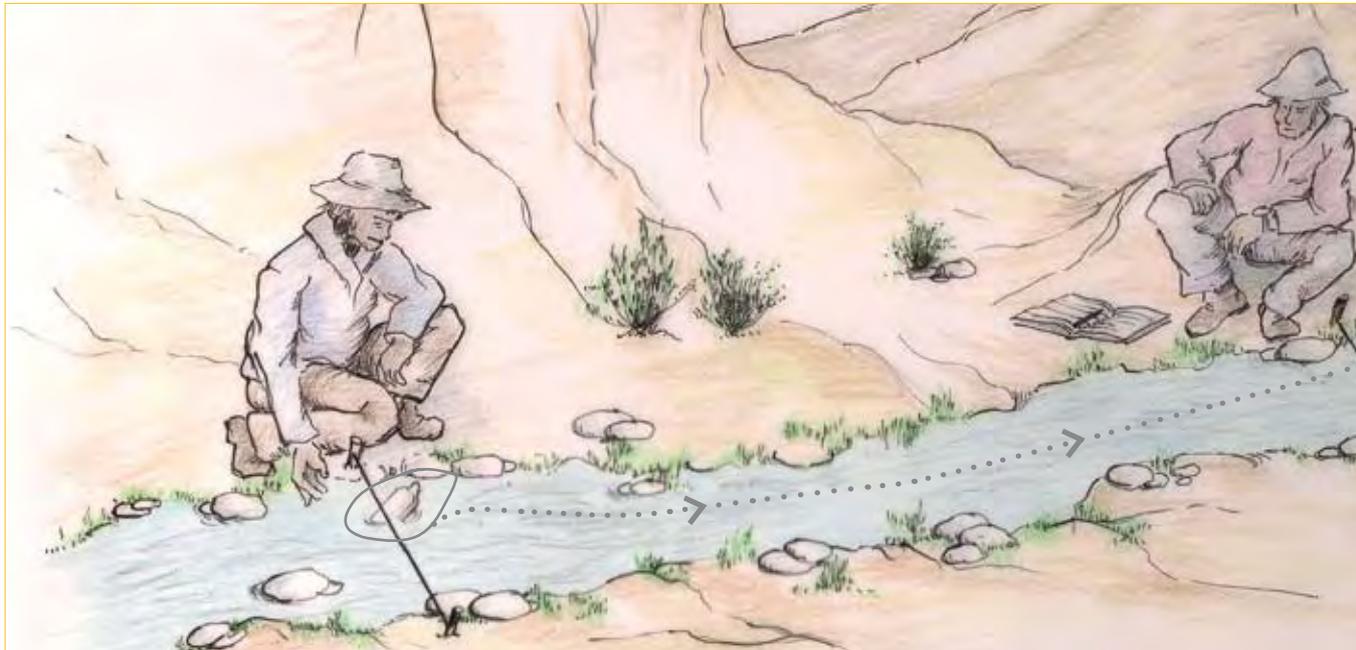
Determinación de la velocidad

El método más simple para hallar la velocidad media de una corriente es a través del uso de un **flotador**. El flotador puede ser un envase de plástico vacío a parcialmente lleno, o también se pueden utilizar para tales fines elementos naturales como troncos o una madera, un corcho, una naranja, etc.

El tramo donde se efectuarán las mediciones en lo posible deberá ser **recto**, de **sección uniforme** y de una **longitud** que permita que el flotador demore algunos segundos en recorrerlo.

Los flotadores deben lanzarse a suficiente distancia aguas arriba para que pueda alcanzar una velocidad constante al momento de llegar al tramo del curso que hemos elegido para hacer la medición.

Lo que mediremos con un cronómetro o reloj será el tiempo (t) que demora el flotador en recorrer la distancia señalada.



Medición de la velocidad del curso de agua mediante la toma del tiempo en que un flotador recorre una determinada distancia.

La velocidad de la corriente será:

$$\text{VELOCIDAD} = \text{distancia} / \text{tiempo} = \text{metros} / \text{segundo}$$

La Velocidad queda expresada en metros / segundo.

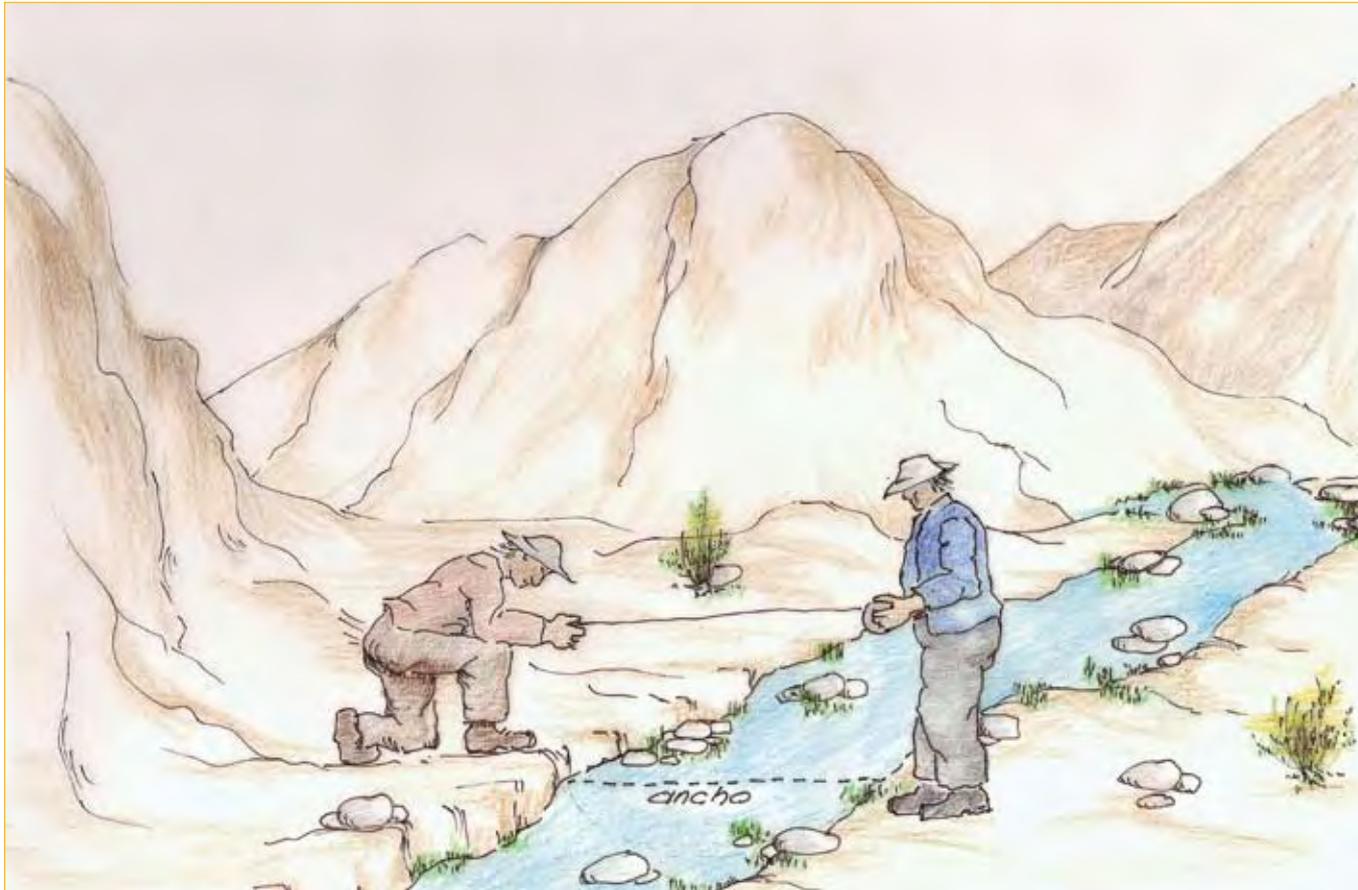
Es importante hacer varias mediciones (por ejemplo, 5 o 6) y luego calcular el promedio de todos los datos. En cauces pequeños, de una profundidad menor a un metro, se estima que la velocidad promedio es un 80% de la velocidad superficial. Por esto, al valor de velocidad calculado se lo deberá multiplicar por 0,8.

$$\text{VELOCIDAD PROMEDIO: metros/ segundo} \times 0,8$$

Determinación del área o sección

Para esto debemos medir el ancho y alto del sector del cauce ocupado por agua y hacer los cálculos necesarios, **multiplicando los dos datos.**

$$\text{SECCIÓN} = \text{Ancho} \times \text{Alto}$$



Medición del ancho del curso de agua.

En algunos casos donde el cauce es muy irregular, es conveniente tomar datos parciales de áreas más chicas y luego sumarlas para conocer la sección total.

En estos casos también se puede trabajar tomando las alturas del agua en varios intervalos a lo ancho del cauce. Luego se promedian todas las alturas medidas y se multiplican por el ancho total.



Medición del ancho y la profundidad por secciones.

Una vez determinada la **velocidad** de la corriente y la **sección transversal**, estamos en condiciones de aplicar la fórmula y conocer el caudal existente:

CAUDAL= VELOCIDAD X ÁREA

Recordar siempre durante el cálculo de los caudales que las magnitudes que se están utilizando estén expresadas en las mismas unidades. Por ejemplo:

- » Velocidad en metros/segundo
- » Área en metros cuadrados
- » Caudal en metros cúbicos/segundo

Como el caudal quedará expresado en m^3/s , recordemos nuevamente las equivalencias para poder también expresarlo en litros:

$1 m^3/segundo = 1000 \text{ litros/segundo}$
 $1 \text{ litro/segundo} = 60 \text{ litros/minuto} = 3600 \text{ litros/hora}$



Medición del caudal determinando el velocidad y la sección

3.3. Calidad de agua

No basta sólo con conocer cuál es la cantidad de agua que tenemos disponible en nuestra zona para comenzar a planificar su uso. También debemos conocer la **calidad** de la fuente de agua. Esto cobra fundamental importancia según el destino que se le dará a cada fuente.

Al momento de estar haciendo la evaluación de las fuentes de agua, debemos conocer también sus cualidades para saber si tiene limitantes de acuerdo con el uso planificado.

Esto cobra mayor importancia cuando el agua será utilizada para consumo humano, ya que ante alguna característica no deseable, deberemos planificar la incorporación de tecnologías que nos permitan asegurar la inocuidad de la misma.

El estudio de la calidad de agua se lleva a cabo en **laboratorio** a partir de muestras extraídas de la fuente, de las cuales se determinan sus características físicas, químicas y biológicas (bacteriológicas).

Características físicas:	Características químicas:	Características microbiológicas:
<ul style="list-style-type: none"> » Turbiedad » Color » Olor » Conductividad eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> » pH » Sólidos presentes (totales y disueltos) » Alcalinidad total » Dureza total » Sales presentes (sodio, potasio, calcio, nitratos, carbonatos, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> » Bacterias coliformes. » <i>Escherichia coli</i> » <i>Pseudomonas aeruginosa</i>



Toma de muestra de agua. Comunidad de El Angosto. Jujuy.

Para hacer el análisis debemos obtener una muestra de nuestra fuente de agua, y para que dicha muestra llegue al laboratorio en condiciones adecuadas, debemos tener en cuenta algunas consideraciones:

» Si la muestra fuera para riego, es conveniente tomar las muestras durante el período de riego, y de ser posible de dos condiciones extremas, por ejemplo en época de creciente y de estiaje.

» En el caso de aguas superficiales, podemos realizar más de una muestra tomadas de diferentes profundidades.

» Para el análisis físico-químico se deberá extraer un volumen mínimo de 1 a 1,5 litros de agua y colocarlo en envase de vidrio o plástico con tapa a rosca, llenándolo por completo, libre de burbujas de aire y evitando turbulencia durante el llenado.

» El envase deberá estar limpio y se lo debe enjuagar previamente varias veces (por ejemplo, tres) con el agua que se va a muestrear.



Toma de muestra de agua. Comunidad de El Angosto. Jujuy.

» Una vez extraída la muestra, se recomienda guardarla en un lugar fresco y enviarla al laboratorio lo antes posible, preferentemente antes de las 24 horas y como máximo antes de las 72 horas.

» Para análisis bacteriológicos el envase debe estar esterilizado. El análisis debe hacerse dentro de las 24 horas de tomada la muestra. Hasta que se analicen, se recomienda guardar las muestras en un lugar fresco (la temperatura ideal es 4 °C) y oscuro.

Si bien éstas son las consideraciones o los cuidados generales para la toma de muestras de agua, lo más conveniente es consultar antes al laboratorio las condiciones en que debe ser extraída y transportada, y los días más convenientes para evitar demoras en el análisis (para que no quede mucho tiempo en espera).

De esta forma nos aseguraremos de que los resultados obtenidos no acusen error ni tengan alguna salvedad, y que el esfuerzo de la extracción y traslado, así como el costo del análisis, no hayan sido en vano.

Para el caso de análisis de agua para riego, en general los laboratorios pueden informar la calidad del agua y las precauciones a tomar de acuerdo con el contenido de sales o conductividad, contenido de sodio, entre otras.

Sistemas de Captación



4. SISTEMAS DE CAPTACIÓN

Una vez identificada y caracterizada la fuente de agua, estaremos en condiciones de planificar el sistema de captación adecuado.

Existen distintas alternativas para plantear los sistemas de captación, mayormente relacionados con el tipo de fuente que queremos aprovechar y con las condiciones del medio.

Así, en el caso de los **manantiales de ladera**, las estructuras a construir se determinarán principalmente según si la fuente es un **afloramiento difuso** o **concentrado**.

En los **pequeños cursos de agua o quebradas** la elección de la estructura de captación estará más relacionada con la **pendiente** y el **material del lecho** del curso: si es roca con poco material sedimentario o escaso espesor de aluvión, o bien si está constituido por material sedimentario grueso, como por ejemplo arenas, gravas, entre otros.

Un detalle importante para tener en cuenta en la planificación del uso del recurso hídrico es la ubicación de la captación con respecto a los sitios en donde el agua se va a utilizar, dado que esto impactará en el funcionamiento del sistema.

Siempre se tratará de diseñar para que el sistema funcione por gravedad. Esto implica que la captación se realice por encima de los sitios de uso, y de esta manera no se requerirá energía adicional para la conducción.

En el caso de que esto no fuera posible, será necesario recurrir a tecnologías de bombeo que permitan elevar el agua hasta un determinado nivel por encima de la zona de uso.

Otro aspecto para considerar es que los manantiales van vertiendo agua a las quebradas; por esto, a medida que van escurriendo pendiente abajo, las quebradas pueden ir aumentando su caudal a partir de los aportes individuales de distintos manantiales.

Es importante observar lo anterior al momento de analizar en qué sitio se tomará la fuente. Por diversos factores, en algunas ocasiones las obras de captación deben planificarse sobre el fondo de la quebrada, dejando de lado la captación directamente desde los manantiales.

Entre los factores para tener en cuenta se pueden mencionar:

Caudales necesarios: al captar desde la quebrada podemos estar tomando el agua proveniente de varios manantiales, esto implica obtener un mayor caudal con menos obras de captación.

Accesibilidad a los manantiales: en muchos casos llegar a los manantiales con el sistema de conducción implica distancias mayores, con un mayor costo, tanto en materiales como en la operación y mantenimiento del sistema.

En ciertas ocasiones se opta por llegar con el sistema a los manantiales por su mejor calidad de agua, evitando el

arrastre de material y la mayor contaminación que se produce en el recorrido que hace el agua en la quebrada. Otros aspectos para considerar están relacionados con los caudales de crecida durante la época de lluvia que pueden traer complicaciones en las quebradas, así como mucha variación en los caudales mínimos registrados durante la época de estiaje.

Estos factores, junto con el funcionamiento del sistema por gravedad, pueden ser los principales que hay que evaluar al momento de decidir la ubicación de la captación.

Por último, en muchos casos nos encontraremos con la necesidad de analizar si se utilizará una sola fuente para abastecer, o bien la captación de varias para completar la demanda.

4.1. Sistema de captación de manantiales de ladera

La captación permite recolectar el agua que fluye horizontalmente desde una ladera. De acuerdo con la clasificación podemos encontrar **manantiales concentrados** o **manantiales difusos**.

Para ambos tipos de manantiales el sistema de captación está compuesto por tres partes o estructuras:

- 1. Captación del afloramiento**, desde donde surge el agua.
- 2. Cámara de carga**, para recolectar el agua y que pase al sistema de conducción.
- 3. Cámara seca**, que sirve para proteger las llaves de paso o válvulas de cierre y regulación.

4.1.1. Captación del afloramiento

Según el tipo de manantial, la estructura de captación puede ser:

- A.** Captaciones en laderas con afloramientos de agua concentrados. Manantiales concentrados.
- B.** Captaciones en laderas con afloramientos de agua dispersos. Manantiales difusos.

A. Captaciones en laderas con afloramientos de agua concentrados. Manantiales concentrados

En este caso el agua brota en un sitio bien definido. El sistema puede consistir básicamente en una estructura que cierre el sitio donde aflora el agua mediante una pared.



Manantiales concentrados de ladera.

Esta estructura no tiene una función de acumulación, más bien pretende que el agua permanezca en forma transitoria para ser conducida a la denominada **cámara de carga**.

45

Elementos que la componen

- » Muro o tabique de cierre
- » Filtro y salida a la conducción
- » Tubería de limpieza y desagote
- » Tubería de rebalse
- » Tapa

Construcción

1. En el sitio elegido se excava y limpia la zona, removiendo el material suelto y de relleno cercano al afloramiento, con el fin de facilitar las salidas de agua y la estabilidad del lugar para las tareas de construcción.



Limpieza del manantial para la construcción de la captación. Maimará. Jujuy.

46

2. Luego se construye el muro o tabique tratando de cerrar la zona de afloramiento, de manera tal que contenga el agua que sale del manantial.

Este muro se puede construir con piedra calzada con junta de cemento.

La cantidad de materiales necesarios dependerá del tamaño del muro a construir; éste nos debe asegurar el cerrado del afloramiento.

Para construir un muro de piedra emboquillada de 0,2 m (20 cm) de ancho por 1 m de largo y 0,5 m (50 cm) de altura, lo que totaliza 0,1 m³ de muro, aproximadamente vamos a necesitar:

- » 2 carretillas de piedra de 10 a 20 cm de diámetro.
- » ½ o 1 bolsa de cemento. Es preferible contar con una bolsa ya que nos permitirá realizar el revoque, una tapa de protección si fuera necesario y alguna protección en el suelo donde cae el rebalse.
- » 2 a 3 bolsas de arena.
- » Es conveniente utilizar una mezcla fuerte, por ejemplo, de 1 de cemento por 2 a 3 de arena.



Construcción del muro para la captación del manantial de ladera concentrado. Maimará. Jujuy.

También se puede realizar con un encofrado de hormigón simple, construido con una mezcla de ripio (2 a 5 cm de diámetro), cemento y arena. En este caso, para un muro de tamaño similar al descrito antes, se requieren aproximadamente:

- » ½ bolsa de cemento (preferible contar con 1 bolsa)
- » 1 y ½ a 2 bolsas de arena
- » 1 y ½ a 2 bolsas de ripio
- » Tablas o molde para el encofrado

3. A medida que se construye el muro se instalan los elementos que completan la captación.

Entonces tendremos:

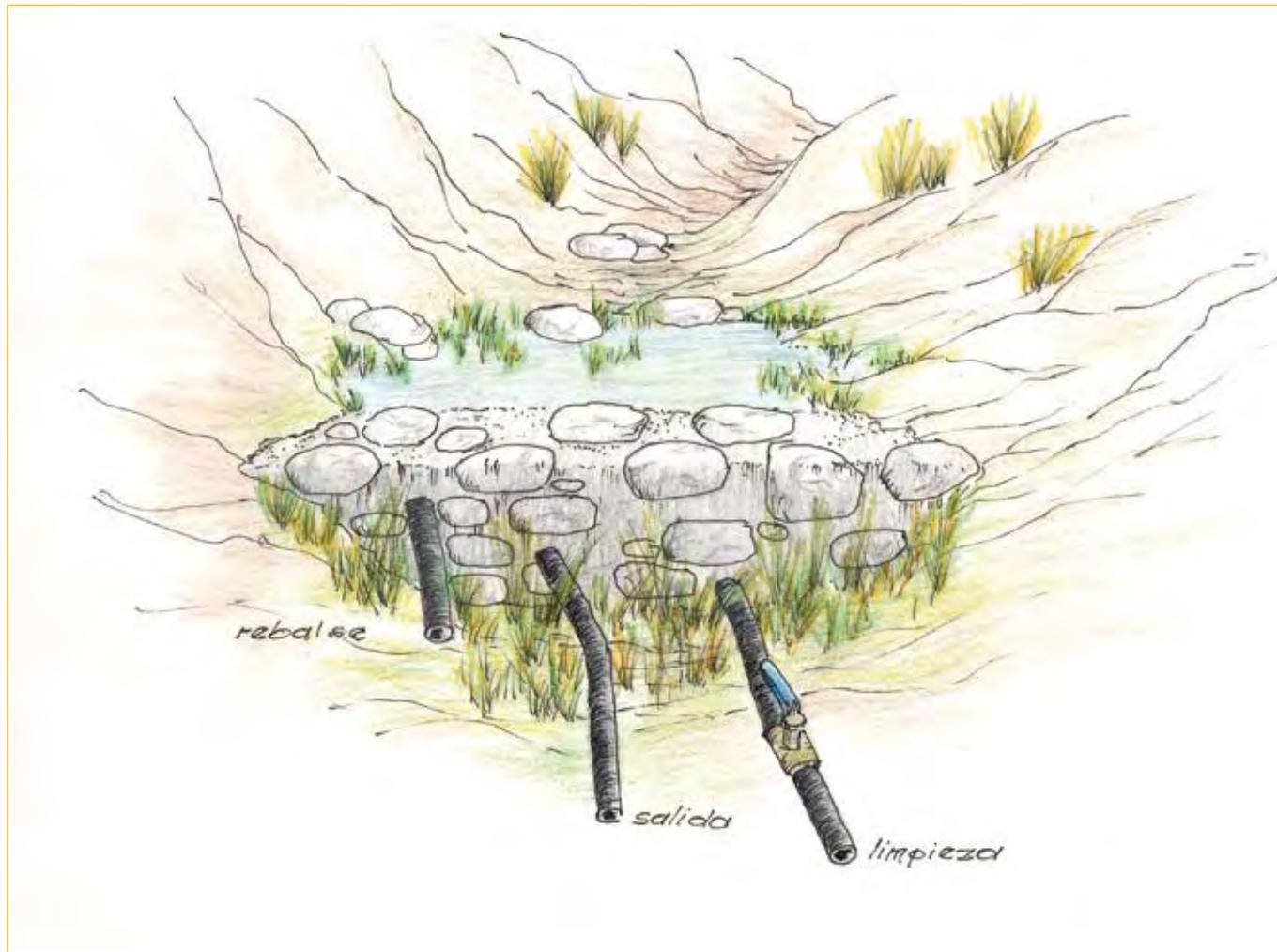
La salida de agua en la parte baja del muro, a la cual se le coloca un filtro del lado interior. Éste se puede adquirir en corralones, o también puede ser construido con tubería de PVC, a la cual se le hacen ranuras o perforaciones. Es conveniente que la salida no se coloque sobre el fondo para evitar que capte algún material depositado.

» Tubería de limpieza y desagote. En algunos casos, cuando se visualice que sea necesario, sobre el fondo se le puede incorporar una salida hacia el exterior de la captación, con una llave de cierre para la limpieza.

» En la parte superior de la pared se puede colocar además un rebalse construido de tubería. En lo posible debe sobrepasar el lado externo lo suficiente, de manera que no produzca socavamientos cercanos a la estructura.



Salida con filtro y tubería de rebalse en manantial de ladera concentrado. Maimará. Jujuy.



Captación de manantial de ladera concentrado con los elementos que la componen.

En todas las fotos y dibujos que muestran las tuberías de salida y limpieza éstas se visualizan descubiertas. En la construcción real es conveniente que se encuentren protegidas ya sea mediante una cámara seca o enterradas.



Terminación de la captación.

50

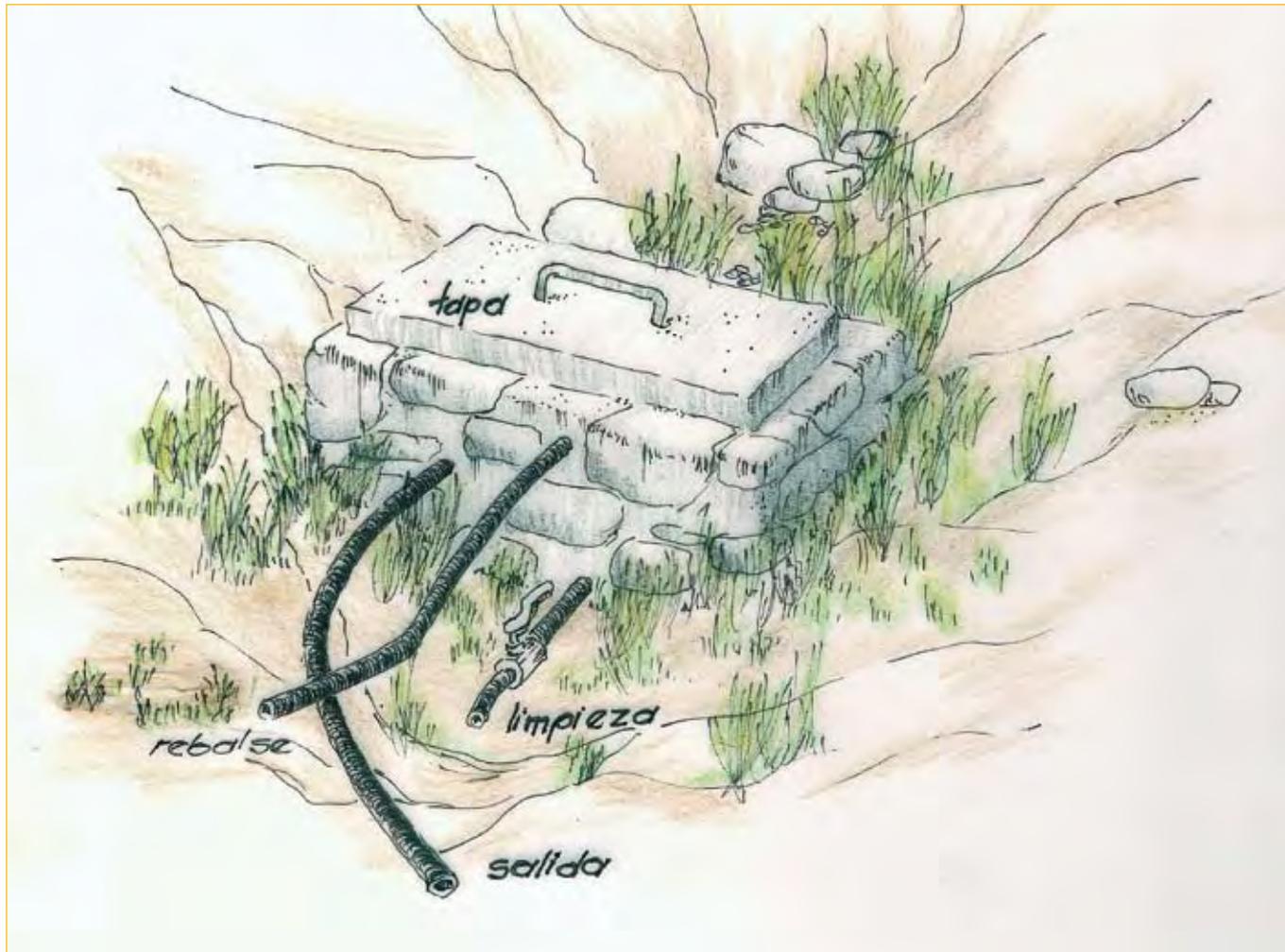


Captación de un manantial realizada con un balde de 20 litros perforado en los laterales, y enterrado. Se observa además la salida a la conducción, también se lo rellena con ripio para mejorar la captación. Maimará.

4. Para asegurar la calidad del agua y que no entre material externo, se puede recubrir la captación con una tapa de hormigón. Ésta se construye armando una malla reticulada (tipo *malla sima*) de las medidas de la tapa, con hierro de 4,2 mm o de 6 mm, y con hormigón (en una mezcla de 1 de cemento/2 de arena/2 a 3 de ripio).

Otra alternativa que puede ser útil en el caso de manantiales de escaso caudal es rellenar el interior de la captación con ripio o piedra. Esto permite elevar el nivel de agua, dado que parte del volumen interno será ocupado por el ripio, que además actuará como protección y filtro.

Lo descrito anteriormente es un diseño general respecto a cómo captar este tipo de afloramiento de agua. Es probable que en terreno nos encontremos con situaciones que nos obligarán a adecuar la estructura según las características del sitio y a aplicar la inventiva propia de productores y técnicos. Por ejemplo en las fotos se observa un sistema de captación sencillo realizado con un balde de 20 litros.



Captación de manantial de ladera concentrado, la tapa asegura una mejor calidad del agua.

B. Captaciones en laderas con afloramientos de agua dispersos. Manantiales difusos

Otro tipo de captaciones se lleva a cabo cuando el agua sale de laderas o fondos de taludes. El agua brota en poca cantidad desde distintos puntos, humedeciendo toda la zona, y sumando todos los pequeños caudales que pueden aprovecharse para lograr una buena cantidad de agua.

También se los denomina **manantiales difusos o vegas**. Aquí el agua no sale en un punto concentrado sino en una superficie de tamaño variable. Generalmente, en estos manantiales parte del agua puede escurrir por debajo de la superficie.



Para este tipo de afloramientos la obra de captación se puede realizar mediante uno o varios **caños filtrantes enterrados**.

El sistema consiste básicamente en la instalación de una tubería perforada o ranurada que actuará a modo de caño filtrante, captando el agua a medida que ingresa por las ranuras o perforaciones.

La tubería es colocada en una excavación realizada sobre la vega, en forma transversal a la pendiente para que corte el flujo de agua, y a una profundidad tal que permita el ingreso del agua a dicho caño.

Luego al caño se lo cubre con ripio y grava, cuestión que permitirá el paso del agua. El ripio debe tener un diámetro 3 a 5 veces mayor que el tamaño de las perforaciones o ranuras, para evitar y/o disminuir los taponamientos.



Se observa un manantial de ladera difuso, la excavación para la instalación del caño filtrante, que luego es cubierto por ripio, gravilla y piedra.

■ Comunidad Rangel. Salta

Construcción

Las etapas para construir la captación son:

1. Excavación de la zanja
2. Diseño y construcción del caño filtrante
3. Colocación del caño
4. Terminación de la captación

1. Excavación de la zanja

Se excava una zanja en forma transversal al escurrimiento del agua (perpendicular a la máxima pendiente), cortando el manantial difuso en todo su ancho o en un sector determinado que se quiera captar.



Excavación de la zanja en forma transversal a la pendiente.

El ancho de la zanja nos debe permitir trabajar cómodamente, en general es del tamaño del ancho de una pala o de 0,5 a 1 metro. La profundidad dependerá de hasta dónde se quiere captar el agua o hasta dónde veamos salida de agua en cantidad suficiente, o bien hasta que se encuentre suelo más firme.

Al fondo de la zanja se le debe dar una pendiente que permita el fácil escurrimiento del agua hacia el lado que se quiere que fluya. En general se trabaja con pendientes que van desde 1 cm a 5 cm por metro.

2. Diseño y construcción del caño filtrante

Para este tipo de captaciones en general se trabaja con caños de PVC, en diámetros de 90 o 110 milímetros, aunque no se descarta el uso de caños de menor o mayor diámetro.

También se puede adquirir caños filtro de acero o PVC, aunque con un costo mayor.

Materiales necesarios

- » Caño de PVC de 110 mm (o diámetro elegido)
- » Reducción de PVC de 110 a 63 mm
- » Reducción de PVC de 63 mm al diámetro de salida
- » Tapa PVC de 110 mm
- » Adhesivo para PVC, 1 litro
- » Herramientas para realizar las aberturas (taladro, amoladora o sierra)
- » Válvula de regulación

Las aberturas que se hacen son las perforaciones o ranuras, distribuidas uniformemente para que no causen zonas debilitadas en la cañería.

Como los caudales varían según la profundidad adonde se coloca el caño, la cantidad de agua que lo rodea, el material que se coloca por arriba del caño, entre otras causas, lo más práctico es que el caño cuente con la mayor cantidad de ranuras posibles, sin que esto provoque una disminución en su resistencia, y colocar una válvula o llave de paso a la salida que nos permita regular el agua que utilizamos.

De esta forma aseguramos:

- » Poder mantener el caudal. Con el transcurso del tiempo y en el caso de no practicar un mantenimiento periódico, un porcentaje de las aberturas dejan de funcionar por la acumulación de material sobre las ranuras, por la presencia de raíces, por cambios en el flujo de agua, etc.

» Las pendientes de la conducción a la cámara de carga en general son mayores, por lo cual para un mismo diámetro la velocidad del flujo será mayor. Por ello el área abierta en el caño ranurado debe ser superior al área de la tubería de conducción. El largo del caño ranurado dependerá del ancho de la vega o ciénego o bien de la cantidad de agua a captar, analizado desde la excavación.

Realización de las aberturas y construcción del caño

Las aberturas se pueden realizar con una varilla fina de hierro caliente, con taladro, sierra o amoladora.

En el caño se distribuirán las perforaciones o ranuras de manera uniforme, por ejemplo en líneas equidistantes a lo largo del caño, o bien ranurado transversalmente.

El tamaño de las aberturas es variable. Es importante que sean más pequeñas que el material (ripió, arena, grava) que rodeará al caño, para disminuir la posibilidad de taponamientos.

Es conveniente que la parte inferior del caño no sea ranurada, de tal manera que actúe a modo de conducción, como una canaleta, para facilitar el transporte de agua hacia la salida.

En el extremo final se deja un tramo del caño (0,5 a 1 m, por ejemplo) sin aberturas para que actúe como colector del agua.

56



Caño perforado y caño ranurado; se observa la canaleta y la parte colectora

Un ejemplo:

En un caño de 110 mm, si contamos con una amoladora, se pueden practicar ranuras longitudinales (a lo largo del caño) de 5 mm de ancho y 50 mm de largo, intercaladas con espacios sin ranurar del mismo largo, dispuestas en 7 líneas cada 4 cm. De esta manera quedaría una pequeña canaleta en la parte inferior.

Ranurado del caño con amoladora.
Comunidad La Laguna Brealito. Salta



Si contamos con una sierra, las ranuras tendrán que ser más finas, aproximadamente de 2 mm, y las tendremos que realizar de manera transversal al caño, por ejemplo cada 2 o 4 cm.



Ranurado del caño con sierra. Comunidad Peña Blanca. Jujuy.



58



Ranurado del caño con taladro.

En el caso de efectuar perforaciones con un hierro o clavo calentados, o al igual que con taladro, se harán agujeros de aproximadamente 3 a 8 mm, y se podrán distribuir las perforaciones en forma aleatoria o bien hacer líneas separadas cada 2 cm, dejando un espacio entre agujeros de 1 a 2 cm.

También podemos combinar ambas opciones (ranuras y agujeros), alternativa que nos permitirá mejorar el ingreso de agua sin debilitar el caño.

En todos los casos uno de los extremos del caño se deja sin aberturas que actuará a modo de colector. Una vez realizadas las aberturas en el caño, el paso

siguiente es armar la salida hacia la conducción o cámara de carga.

Se puede efectuar mediante una reducción de 110 mm a 63 mm (en general es la medida que se consigue más fácilmente en el corralón) que se coloca en el extremo del caño colector, seguida de sucesivas reducciones que unan el caño filtrante a la tubería de salida. Estos accesorios se unen entre sí con pegamento para PVC.





En el extremo posterior del caño se coloca una tapa de cierre. De esta forma tendríamos el caño filtrante construido. Otra manera de conectar el caño al sistema es mediante una abrazadera de derivación colocada en la parte no ranurada (colectora), cerrando ambos extremos del caño con tapas.

60



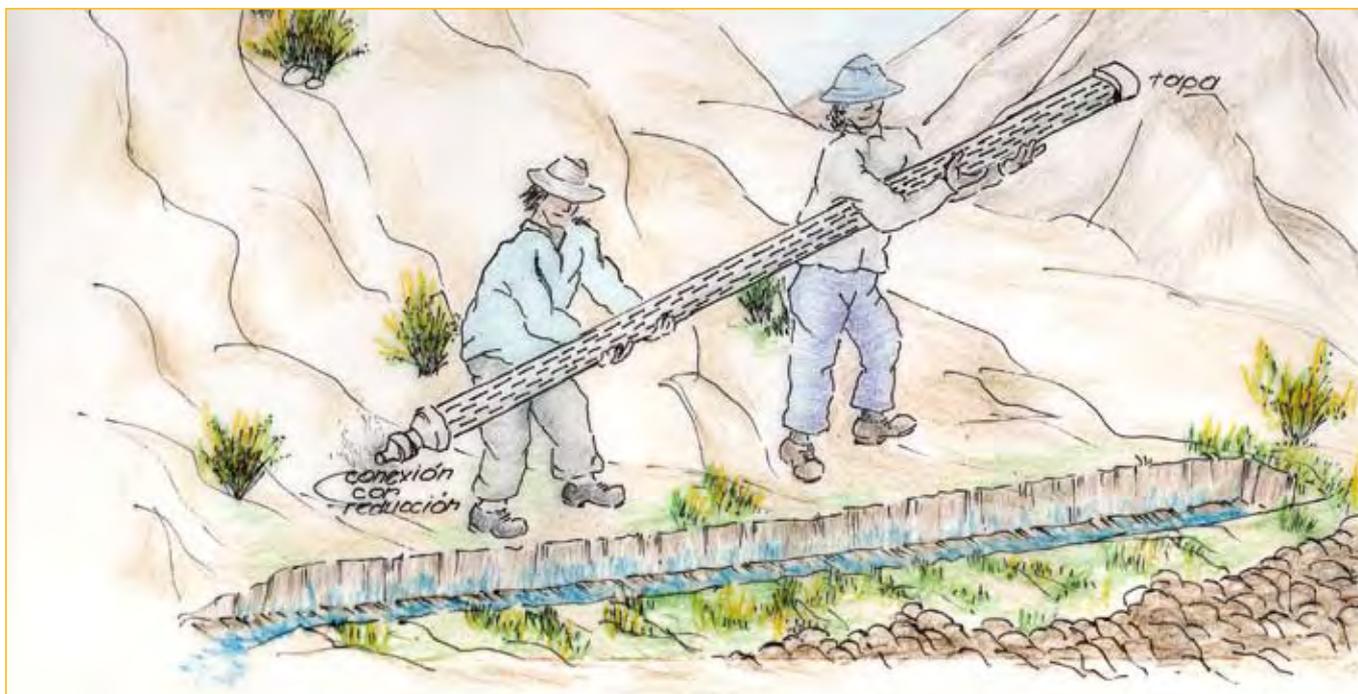
Conexión mediante abrazadera de derivación.

3. Colocación del caño

Los caños se entierran a una profundidad tal que permita captar las salidas del agua desde el suelo. Para esto es importante que el tubo de drenaje quede en un nivel inferior a los puntos de donde sale el agua. Es decir, por debajo del nivel de agua.

Para la colocación del caño, el piso de la zanja debe tener el desnivel deseado, estar alisado y parejo, de manera tal que el caño apoye perfectamente en la superficie.

El caño preparado se apoya sobre la base de la zanja. La parte perforada o ranurada quedará hacia arriba y la zona sin perforar hacia abajo, ya que esta última actuará a modo de canaleta conduciendo el agua.



Instalación del caño ranurado en la excavación.

Así el agua fluye hacia la parte más baja, que es donde se ubica el tramo colector y la salida.
En el caso de que el piso no sea firme y deje filtrar el agua, se puede colocar un plástico por debajo para impermeabilizar.

4. Terminación de la captación

Una vez instalado el caño filtrante, se procede a rellenar la excavación con ripio o gravilla, es necesario prever que el tamaño del material sea, por ejemplo, tres a cinco veces mayor que el de las ranuras. De esta forma aseguramos que el agua sea filtrada por el ripio, pero que además éste no se incruste en las ranuras y produzca taponamientos.



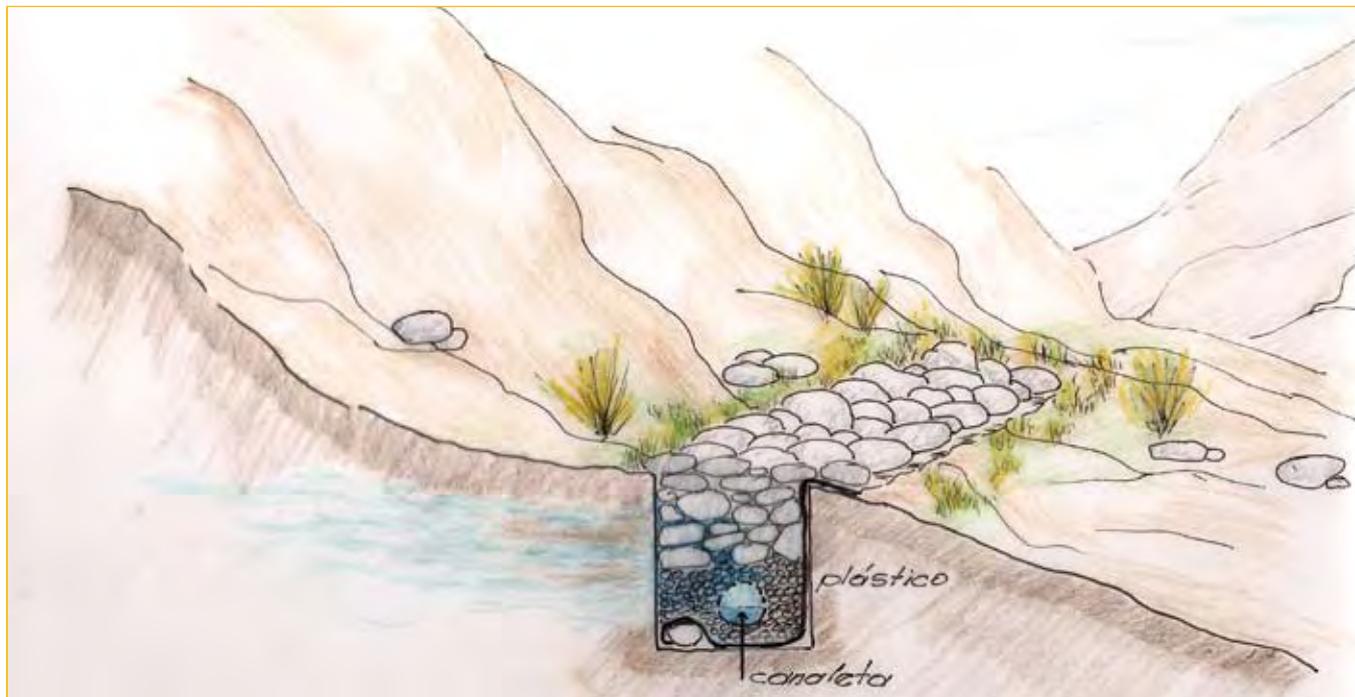
Tapado con ripio y piedra para la terminación de la captación en manantial difuso de ladera.

Una manera de **reforzar** la captación de agua es mediante un tabique o clausura que corta la salida de agua del manantial o vega.

El tabique se puede realizar con plástico de 100 o 200 micrones (tipo invernadero). El plástico se coloca en la zanja del lado opuesto al flujo de agua y se lo pasa por debajo del tubo para evitar filtraciones.

El tabique ayuda en casos donde el caudal del agua es bajo, ya que actúa como trampa y represamiento, facilitando su ingreso al caño filtrante.

El cierre se completa con piedras o lajas, es conveniente colocar un plástico a unos 10 centímetros por debajo de la superficie, para evitar que el agua de lluvia penetre en forma directa. Todo plástico que quede sobre la superficie del terreno debe ser cubierto por tierra para evitar que sea deteriorado por el sol.



Esquema de captación terminada en manantial de ladera difuso

Otras alternativas

Si bien en la mayoría de los casos la manera más frecuente de construir este tipo de captaciones es en forma transversal al ciénego o a la pendiente, no necesariamente siempre debe ser así.

También se puede instalar el caño en forma longitudinal a lo largo de la vega. O bien se pueden instalar varios caños que confluyen a un colector principal, denominado “espina de pescado”, que actúan a modo de sangría.

4.1.2. Cámara de carga o colectora

Luego de la construcción de la captación tanto para manantiales concentrados como difusos en ladera, la segunda estructura a construir es la **cámara de carga**.

Es una caja o pequeña cisterna que se construye de hormigón o mampostería de piedra. En algunos casos en los que no se encuentra material en cantidad suficiente o de buena calidad se utilizan tanques de polietileno.

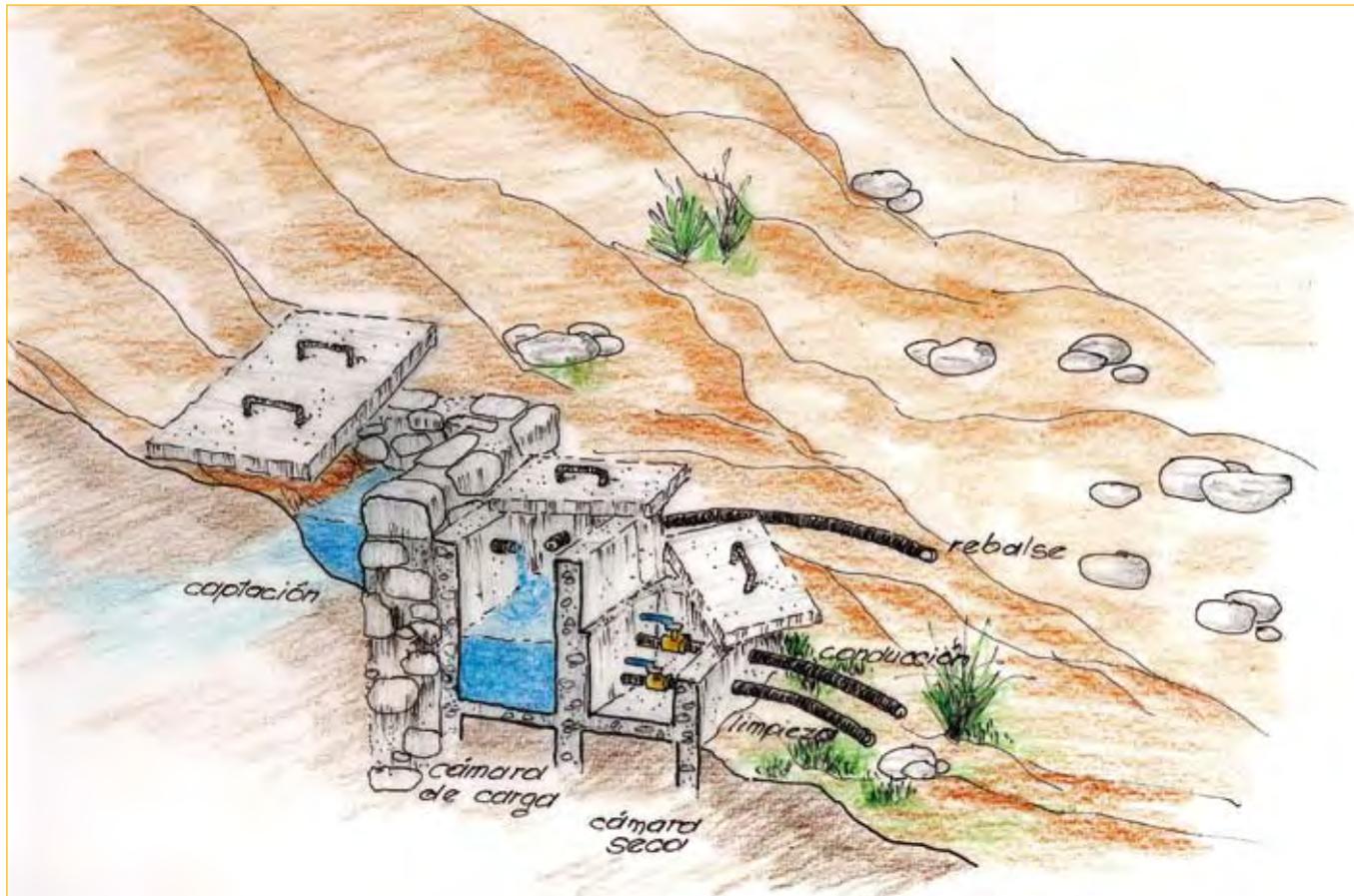
Esta cámara tiene la función de almacenar el agua proveniente de la captación y asegurar la carga o llenado de la conducción; permite regular el sistema mediante válvulas o llaves de paso, posibilitando además que en casos de rebalse el agua sea devuelta a la quebrada.

Elementos de la cámara de carga

Consta de:

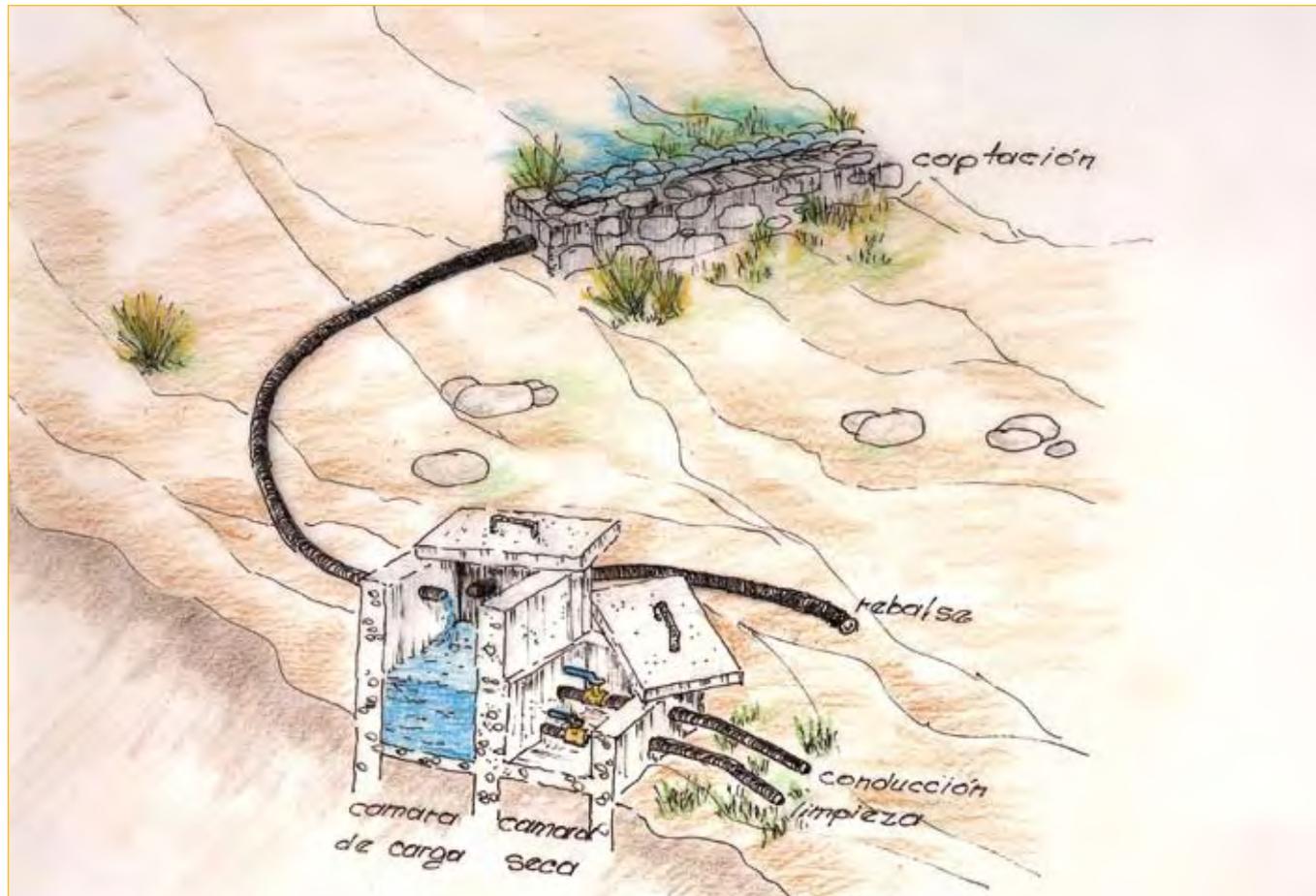
- » **1.** Una entrada de agua (proveniente de la captación) en la parte superior, con una llave de paso para regulación. En algunos casos se le coloca también un flotante, para el cierre automático del sistema.
- » **2.** Una salida con filtro a la tubería de conducción, entre 10 a 15 cm por encima de la base de la cámara. Se le da » esta altura para que se depositen los sedimentos y no se introduzcan a la tubería.
- » **3.** Una tubería para el rebalse en la parte superior de la caja, de un diámetro mayor que la tubería de entrada e inmediatamente por debajo de ésta.
- » **4.** Sobre el fondo se puede colocar una tubería de salida con llave de paso para limpieza.
- » **5.** En la salida hacia la conducción se coloca una llave de paso (contenida en la cámara seca) para la regulación del caudal.
- » **6.** Para garantizar la calidad del agua captada, sobre la cámara de carga se construye una tapa que pueda ser removida para las tareas de limpieza y mantenimiento.

En el caso de manantiales concentrados, su ubicación respecto a la captación puede ser en una estructura conjunta adosada al muro de la propia captación, disposición que facilitará su construcción y el ahorro de materiales. Las medidas de la cámara de carga se adecuan al tamaño y altura del muro de captación.



Captación de manantial con cámara de carga y cámara seca en una estructura conjunta.

Por ciertas condiciones del sitio como el espacio, las pendientes, el resguardo o la accesibilidad, generalmente la cámara de carga se coloca distanciada a la captación, conectada mediante un tramo de tubería.

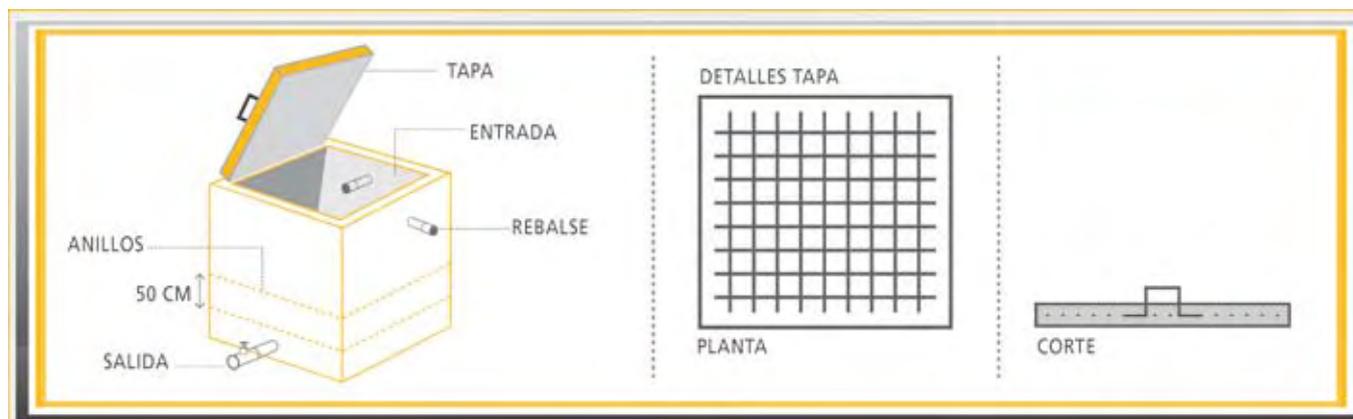


Captación de manantial con cámara de carga y cámara seca en una estructura separada.

También en muchos sistemas, es común encontrar que la cámara de carga no se construye, conduciendo el agua desde la captación en forma directa hasta un reservorio o almacenamiento; esto se da principalmente en sistemas pequeños, como por ejemplo unifamiliares.

El tamaño de la cámara de carga es variable. Para la construcción de una cámara de piedra emboquillada o de piedra con junta de cemento, de 1 m x 1 m y 1 m de altura, se calcula aproximadamente la siguiente cantidad de materiales:

- » 1 m³ de piedra
- » 4 bolsas de cemento
- » 0,4 m³ de arena gruesa (aproximadamente 4 carretillas)
- » 0,2 m³ de ripio (aproximadamente 2 carretillas)
- » 2 barras de hierro de 4,2 mm
- » 5 m² de tabla de encofrar
- » 8 m de listones (de 1 pulgada por 4 pulgadas)
- » ½ kg de alambre de atar
- » 100 gr de clavos de 2 pulgadas



El piso de la cámara debe tener 0,15 m de espesor, con una malla de hierros de 4,2 mm separados cada 0,15 m, como muestra la figura anterior. La malla se ubicará a la mitad del espesor.

Para la colocación de las piedras emboquilladas (tipo pirca), que tomarán un ancho de pared de unos 20 o 25 cm, se hace sólo el encofrado interior.

Luego se va colocando la piedra con la mezcla preparada con 1 de cemento por 2 a 3 de arena. Es conveniente colocar dos anillos de hierro de 4,2 mm a 0,30 y a 0,50 m de altura, de manera que “envuelvan” la cámara y le den más estabilidad a las paredes, lo que ayudará a evitar rajaduras.

Para el recubrimiento interior, se hará un revoque grueso de unos 3 cm de espesor (con la misma arena y proporciones utilizadas en las juntas de las piedras). Luego se hará un revoque fino, rico en cemento (1 de cemento con 1 a 2 de arena).

La tapa se elabora con la misma malla utilizada para el piso. En general se construye de unos 5 cm de espesor. Se puede hacer a un costado con listones. También resulta de utilidad colocar un hierro unido a la malla doblado hacia afuera, contando así con una manija para levantar la tapa.

Para la construcción de una cámara de ladrillos de las mismas dimensiones que el ejemplo anterior, se necesitan aproximadamente:

- » 200 ladrillos
- » 3 y ½ bolsas de cemento
- » 0,2 m³ de ripio (2 carretillas)
- » 0,4 m³ de arena gruesa (4 carretillas)
- » 2 barras de hierro de 4,2 mm
- » 5 baldes de arena fina
- » ½ kg de alambre de atar

En este caso no se necesitará encofrado.

El piso y la tapa se construyen de la misma manera que se explicó para el caso de piedra emboquillada.

El revoque grueso y el fino se harán en forma similar al ejemplo anterior de piedra con junta de cemento.

Las proporciones para mezcla que une los ladrillos de las paredes, así como el revoque grueso y fino, también son similares a lo mencionado anteriormente. De ser posible, es útil además colocarle los anillos de hierro.



Se observa la cámara de carga separada de la captación y cámara de carga sobre la captación.

4.1.3. Cámara seca

Es una estructura cercana a la cámara de carga que se construye con el fin de proteger la llave de paso o válvula de regulación y cierre del sistema.

En su interior aloja la o las válvulas que nos permitirán llevar a cabo el control del agua que pasa a la línea de conducción.

Las dimensiones de esta estructura serán acordes con el tamaño de las llaves de paso que hay que colocar.

Se realiza con hormigón o mampostería de forma rectangular. También se puede hacer con un tramo corto de caño de PVC, por ejemplo, instalado verticalmente con la respectiva tapa de protección.



Cámara de carga y cámara seca. Cámara seca de mampostería y cámara de PVC.

*Estructuras en captaciones
de **pequeñas quebradas***

5. ESTRUCTURAS EN CAPTACIONES DE PEQUEÑAS QUEBRADAS

Para la construcción de tomas en quebradas es importante discutir el comportamiento de éstas en diferentes épocas. Aquí adquiere un papel importante el conocimiento local: saber en qué sitios encontramos agua durante todo el año, en dónde se producen desmoronamientos y deslizamientos que pueden afectar nuestro sistema, si durante las crecidas se arrastra mucho material y cuál es su tamaño, hasta dónde llegan los máximos y mínimos niveles de agua. Contar con toda esta información nos permitirá poder trabajar sobre una infraestructura acorde con las condiciones locales. Para determinar la ubicación de este tipo de captaciones, uno de los factores que más incide es el de la pendiente. Si bien es característico que estos cursos de agua tengan pendientes fuertes, en general los sitios más estables para construir son zonas con pendientes suaves. Aquí el arrastre de materiales de gran tamaño es menor, cuestión que nos puede asegurar un mayor resguardo de las estructuras que hay que construir.

5.1. Tomas libres

Básicamente son una bifurcación artificial de la quebrada desde donde nace un canal lateral. Son las que encontramos mayoritariamente en los pequeños sistemas de riego campesinos, donde la derivación sobre todo se realiza por:

- » Desvío directo desde la quebrada. En un punto situado en una de las márgenes se produce una desviación de una parte del caudal conducida mediante acequia.
- » A partir de un “represamiento” confeccionado con ramas, tierra o piedras colocadas en el cauce. Por la acción de esta barrera, una parte o la totalidad del agua que escurre por la quebrada se desvía hacia un canal de conducción.

En este caso los componentes de la obra son dos: el represamiento o barrera y la obra de toma o “bocatoma”, esta última en general conformada por una acequia o canal.

Este tipo de obra permite acomodarse fácilmente al movimiento que tienen las quebradas en sus cauces, tanto en el ancho como en la posición del fondo.

La barrera permite elevar el nivel de agua del cauce y hacer uniforme la velocidad de entrada del agua al sistema de captación o “bocatoma”.

En el caso de estructuras temporarias, si bien deben reconstruirse con cada crecida, su confección es sencilla y los materiales siempre están disponibles en la zona (tierra y ramas, piedras).

En muchas ocasiones se confeccionan estructuras estables, construyendo pequeños represamientos de mampostería, gaviones, tablonés, etc. En estos casos hay que tener en cuenta que una estructura permanente puede traer cambios en el perfil natural de la quebrada, lo que podría generar procesos de erosión, de depósito o de socavamiento.

El uso de bolsas rellenas de arena o tierra es una práctica intermedia que permite el paso de agua ante crecidas y que es fácil reinstalar con posterioridad.

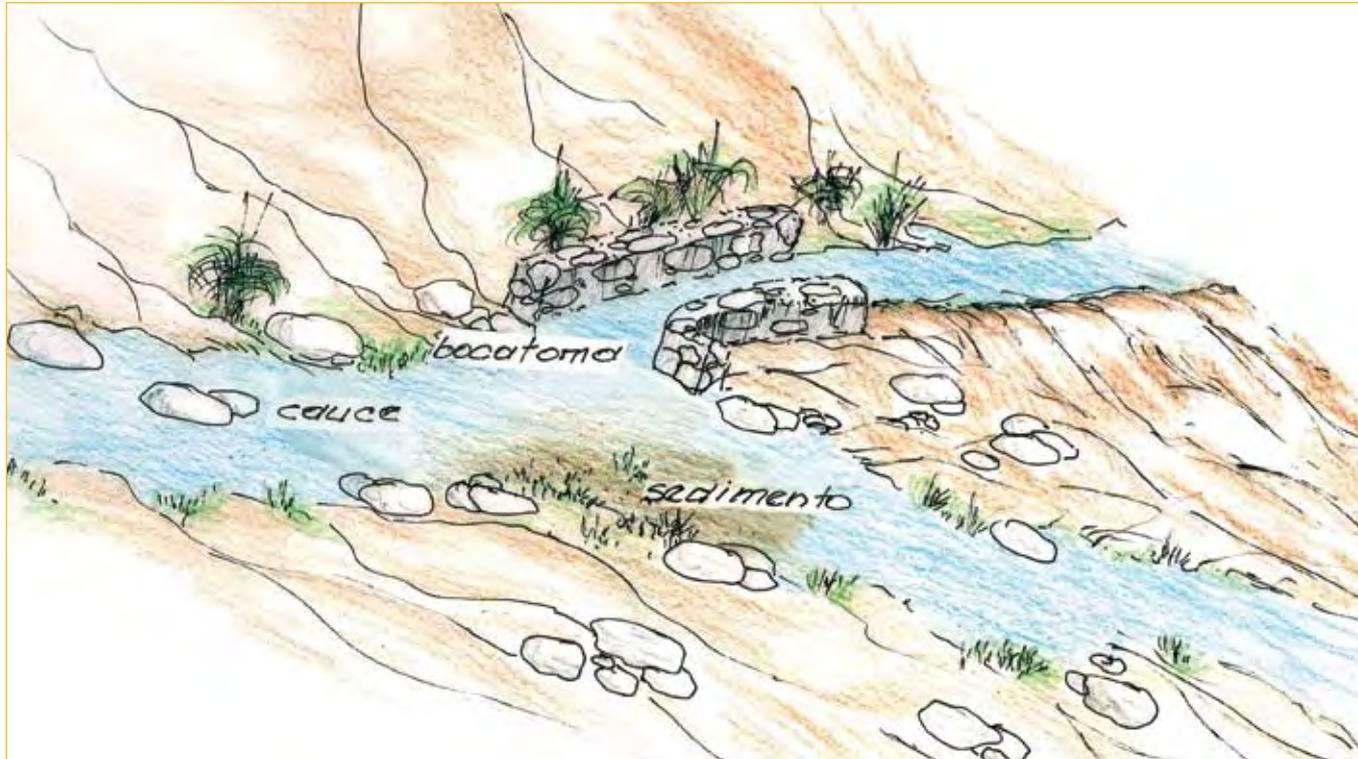
Respecto a los condicionantes para su ubicación, lo ideal es que se las localice en tramos firmes y encajonados donde la pendiente del cauce no acumule sedimentos en demasía.

Otra consideración para tener en cuenta es poder ubicarlas en tramos rectos, donde se observe que la quebrada no causa erosión ni sedimentación a fin de evitar problemas posteriores en la operación y mantenimiento del sistema.



Represamiento realizado con piedra calzada y represamiento con piedra y tierra, se observa la salida lateral de la toma para derivación del agua.

Cuando la opción sea ubicarlas en zonas curvas, se deberá atender al arrastre de material. Por ejemplo, en sitios de poco arrastre quizás sea conveniente localizarlas en la zona exterior donde se concentra mejor el agua y se depositan menos sedimentos.



Ubicación de la bocatoma, de ser posible se ubica del lado donde no se producen depósitos de sedimentos.

En caso de que se perciba que en el lado externo se producen fuerzas de erosión, probablemente convenga analizar la posibilidad de ubicarla en el lado interno pero posterior a la zona donde se producen depósitos para que no se dificulte la limpieza.

5.2. Obras Auxiliares de tomas superficiales en pequeñas quebradas

Las obras o componentes auxiliares son estructuras que se construyen para poder mejorar el funcionamiento del sistema, mejorar la calidad del agua que se capta y evitar una necesidad excesiva de mantenimiento.

Las que comúnmente podemos encontrar en los sistemas de abastecimiento de agua mediante tomas libres son dos: tomas libres mejoradas con el uso de compuertas; y desarenadores.

5.2.1. Tomas libres mejoradas

En captaciones desde pequeñas quebradas, estas tomas son una versión mejorada de las tomas libres donde se incorporan estructuras de regulación, pero básicamente el funcionamiento es el mismo.

La estructura consiste en una entrada sobre un margen de la quebrada, que puede estar hecha de hormigón, hormigón armado o mampostería, y desde allí el agua pasa al canal de conducción.

Componentes de la obra de captación o bocatoma

1. Barrera o pequeño azud. No necesariamente se construye en todos los casos, ya que según las condiciones de la quebrada, el desvío del agua puede ser directo.

Esta estructura permite elevar el nivel del agua a derivar y hacer uniforme la velocidad, para facilitar la entrada a un canal lateral.

Tal como en los ejemplos anteriores, estas barreras pueden construirse con estructuras definitivas o de forma temporal.

2. Bocatoma o captación lateral. Es la toma propiamente dicha, desde donde el agua pasa hacia el canal. Los laterales pueden hacerse con estructuras de protección mediante mampostería.

En algunos casos se puede instalar una compuerta sobre la bocatoma que permita el cierre del sistema.

Este sistema funcionará como un simple vertedero rectangular y el caudal de ingreso se calculará con la relación:

$$Q = C \times L \times H^{3/2}$$

Q: Caudal (m³/s)

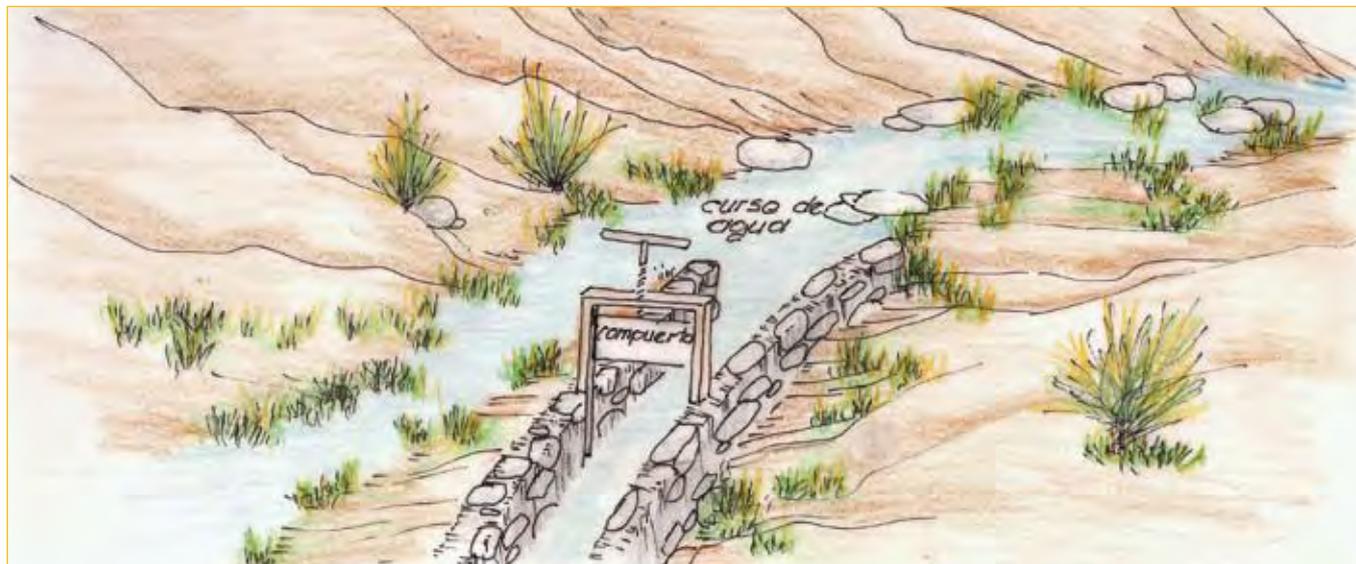
C: Coeficiente de ingreso: 1,84

L: Ancho del vertedor (m)

H: altura o tirante (m)

3. Canal de desvío o canal principal. Aquí es donde se inicia el sistema de conducción, y su función es el transporte del agua que fue desviada a partir de la bocatoma a los sitios de uso u obras auxiliares como, por ejemplo, un desarenador, compuerta de descarga, una represa o pequeño embalse.

4. Compuerta y canal de descarga. Según el caudal y la colocación de una compuerta en la bocatoma, cumple la función de devolver el agua al cauce original cuando es necesario, por ejemplo ante situaciones de emergencia, crecidas o arreglos en el sistema.



Bocatoma con compuerta de cierre.

5.2.2. Desarenador

Esta estructura tiene como principal objetivo reducir la cantidad de materiales sólidos de distintos tamaños (arenas, gravas, etc.) que trae el agua desde la toma, para evitar o disminuir la acumulación de sedimentos en las obras de conducción y almacenamiento.

Los materiales que son transportados por el agua son más visibles en temporada de precipitaciones, cuando las quebradas aumentan mucho su caudal y el transporte de sólidos, debido a lluvias torrenciales en zonas de altas pendientes y de poca cobertura vegetal.

Para obras con pequeños caudales como las que abordamos aquí, en general no se necesitan estructuras importantes en este sentido.

La construcción del desarenador implica analizar:

- El sitio de ubicación, que nos debe asegurar el espacio necesario por fuera de la quebrada para su construcción, así como minimizar los riesgos en relación con crecidas o posibles desmoronamientos.
- La profundidad y el ancho que le podremos dar al desarenador, también en función de las condiciones del sitio de ubicación. Para los caudales que se manejan en estas quebradas, donde la limpieza del material depositado se lleva a cabo en forma manual, es conveniente que la profundidad o altura del desarenador no supere 1,3 metros.

En el diseño del desarenador se debe tener en cuenta el tamaño del material sólido que se depositará, la velocidad del agua para depositar ese tamaño, el caudal del sistema, entre otras variables.

Los componentes de estas obras son:

- A. Zona de entrada o transición.
- B. Zona de desarenación o cámara de sedimentación.
- C. Zona de salida o vertedero.

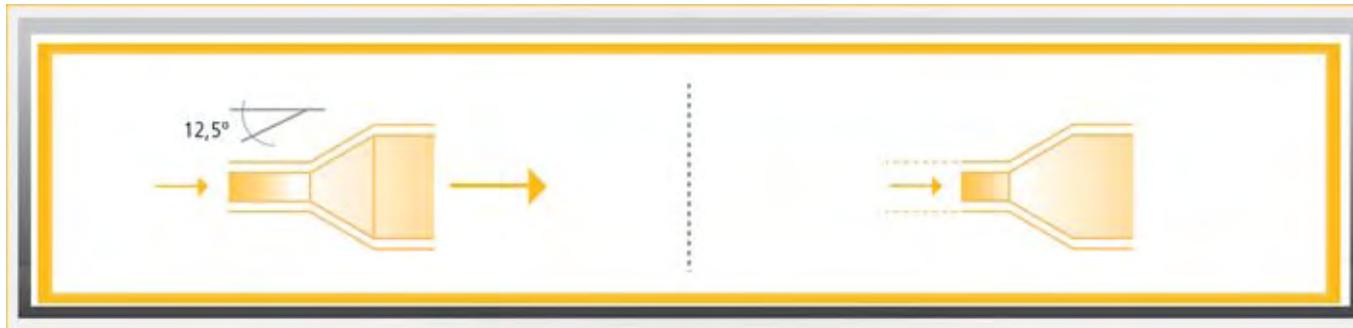




A. Zona de entrada o de transición

Tiene como función conseguir una distribución uniforme del agua cuando entra al desarenador, haciendo que la velocidad disminuya y evitando la formación de turbulencias.

Para lograr lo anterior, es conveniente que antes que el agua entre a la cámara de sedimentación exista una transición desde la unión del canal, que en forma progresiva se vaya ensanchando hasta el ancho de dicha cámara.



También es necesario que la entrada de agua no tenga curvas. De esta forma se evitan turbulencias y se logra que la velocidad del agua sea uniforme cuando llega a la cámara.

B. Zona o cámara de desarenación

El agua que proviene desde la toma conducida por un tramo de canal llega a la cámara de desarenación. Por el aumento de la sección se genera una disminución de la velocidad del agua, a un punto tal que las partículas que son arrastradas se van depositando en el fondo.

Por el tamaño de los desarenadores utilizados en pequeñas quebradas, en general la limpieza se realiza en forma manual, por lo cual un diseño rectangular y con una profundidad no mayor de 1 a 1,3 metros facilita esta tarea.

En algunos desarenadores de mayor tamaño, para la eliminación de la arena sedimentada, al fondo de la cámara se le da una pendiente de un 6 a 10%.

Esta pendiente permite el deslizamiento de la arena hacia una compuerta de fondo, ubicada sobre un lateral al final de la cámara, y desde allí a un canal de limpieza de los sedimentos. La pendiente del fondo facilita la salida del material depositado hacia la compuerta.

C. Zona de salida o vertedero

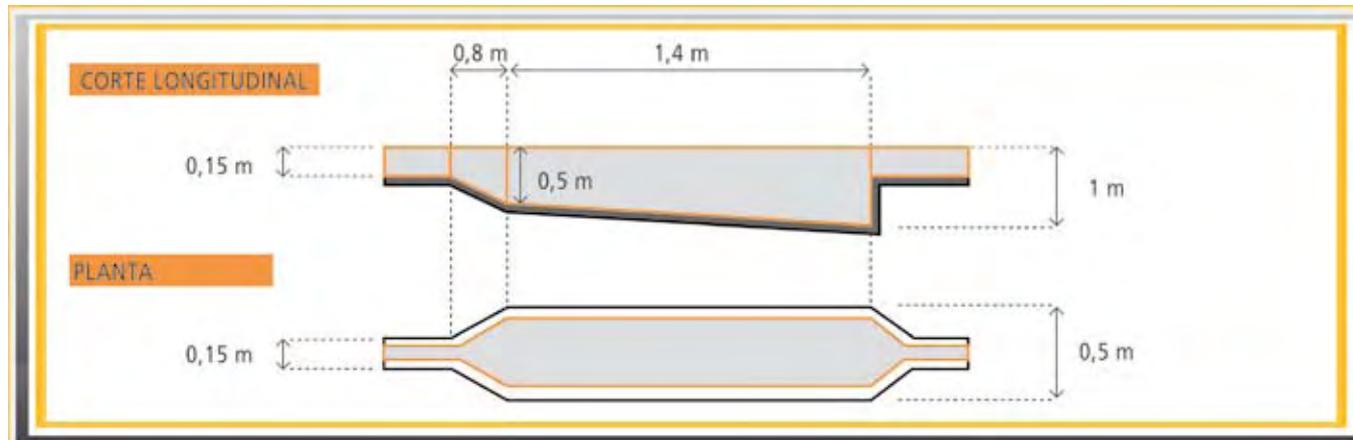
Es un vertedero desde donde el agua sale con un menor contenido de partículas hacia la conducción, y que toma finalmente las dimensiones del canal.

Cuando la profundidad del desarenador es mayor que la del canal de salida, se le construye un escalón hasta el nivel de la conducción.

A modo de ejemplo se presenta el diseño de tres desarenadores para un sistema de riego de 20, 50 y 100 litros/segundo, mediante captación desde una quebrada.

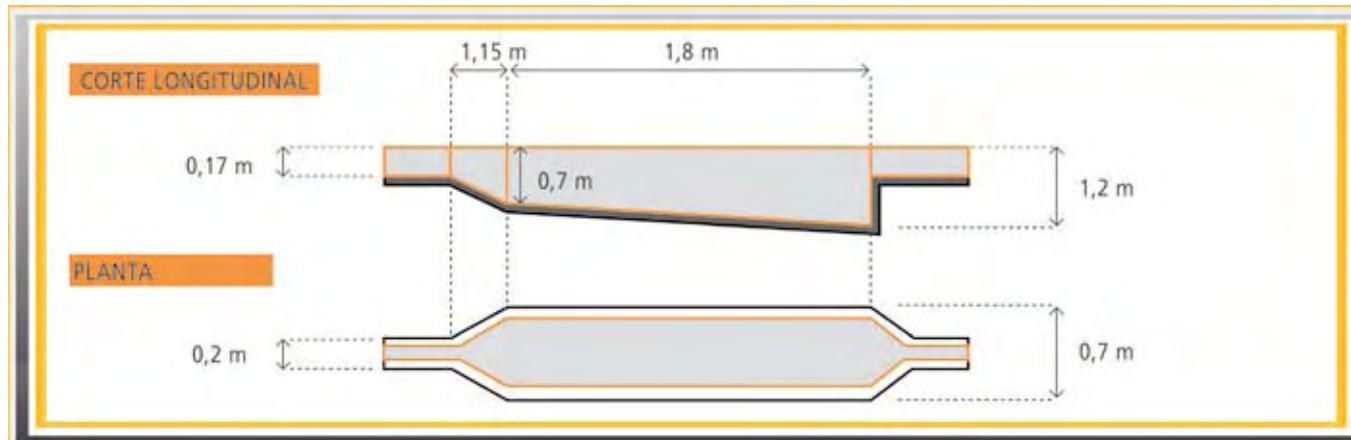
Ejemplo 1

- » Caudal de diseño: 20 l/s = 0,02 m³/s
- » Canal de entrada: 0,15 m de fondo y tirante de 0,15 m de agua
- » Velocidad de escurrimiento buscada en el desarenador: 0,15 m/s
- » Diámetro de la partícula a decantar: 0,5 mm
- » Ancho del desarenador: 0,5 m
- » Profundidad al inicio del desarenador: 0,5 m (altura de decantación)
- » Longitud de la cámara de desarenación: 1,4 m
- » Longitud de la transición del canal a la cámara de desarenación: 0,8 m
- » Profundidad al final del desarenador 1 m



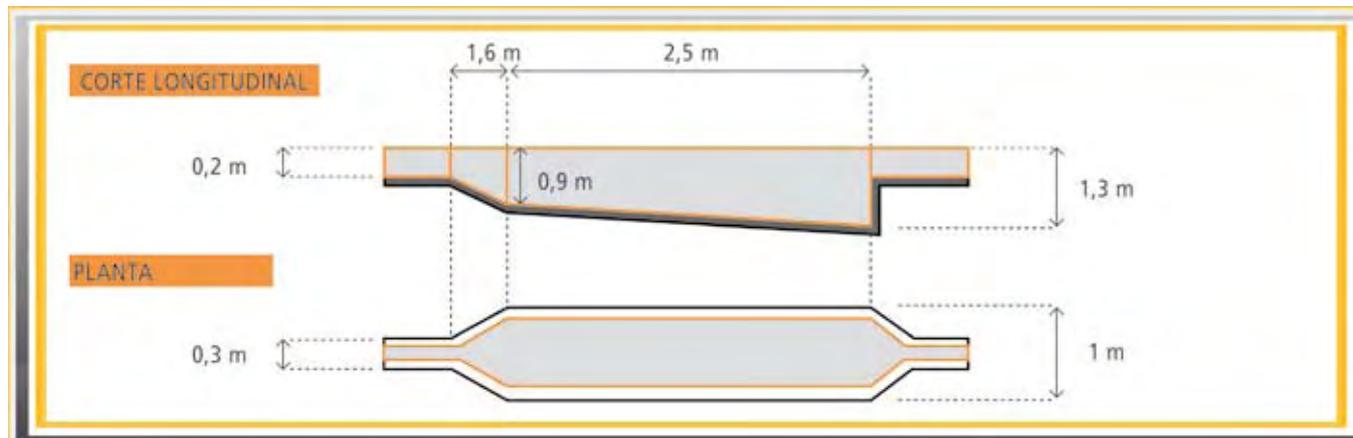
Ejemplo 2

- » Caudal de diseño: $50 \text{ l/s} = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$
- » Canal de entrada: 0,2 m de fondo y tirante de 0,17 m de agua
- » Velocidad de escurrimiento buscada en el desarenador: 0,15 m/s
- » Diámetro de la partícula a decantar: 0,5 mm
- » Ancho del desarenador: 0,7 m
- » Profundidad al inicio del desarenador: 0,7 m (altura de decantación)
- » Longitud de la cámara de desarenación: 1,8 m
- » Longitud de la transición del canal a la cámara de desarenación: 1,15 m
- » Profundidad al final del desarenador 1,2 m



Ejemplo 3

- » Caudal de diseño: $100 \text{ l/s} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$
- » Canal de entrada: 0,3 m de fondo y tirante de 0,2 m de agua.
- » Velocidad de escurrimiento buscada en el desarenador: 0,15 m/s
- » Diámetro de la partícula a decantar: 0,5 mm
- » Ancho del desarenador: 1 m
- » Profundidad al inicio del desarenador: 0,9 m (altura de decantación)
- » Longitud de la cámara de desarenación: 2,5 m
- » Longitud de la transición del canal a la cámara de desarenación: 1,6 m
- » Profundidad al final del desarenador 1,3 m



Es conveniente colocar una compuerta de cierre en la entrada y una compuerta lateral en el canal, anterior al desarenador, de tal manera que ante situaciones en que pueda ingresar mucho material por crecidas, permitan desviar el flujo al cauce de la quebrada.

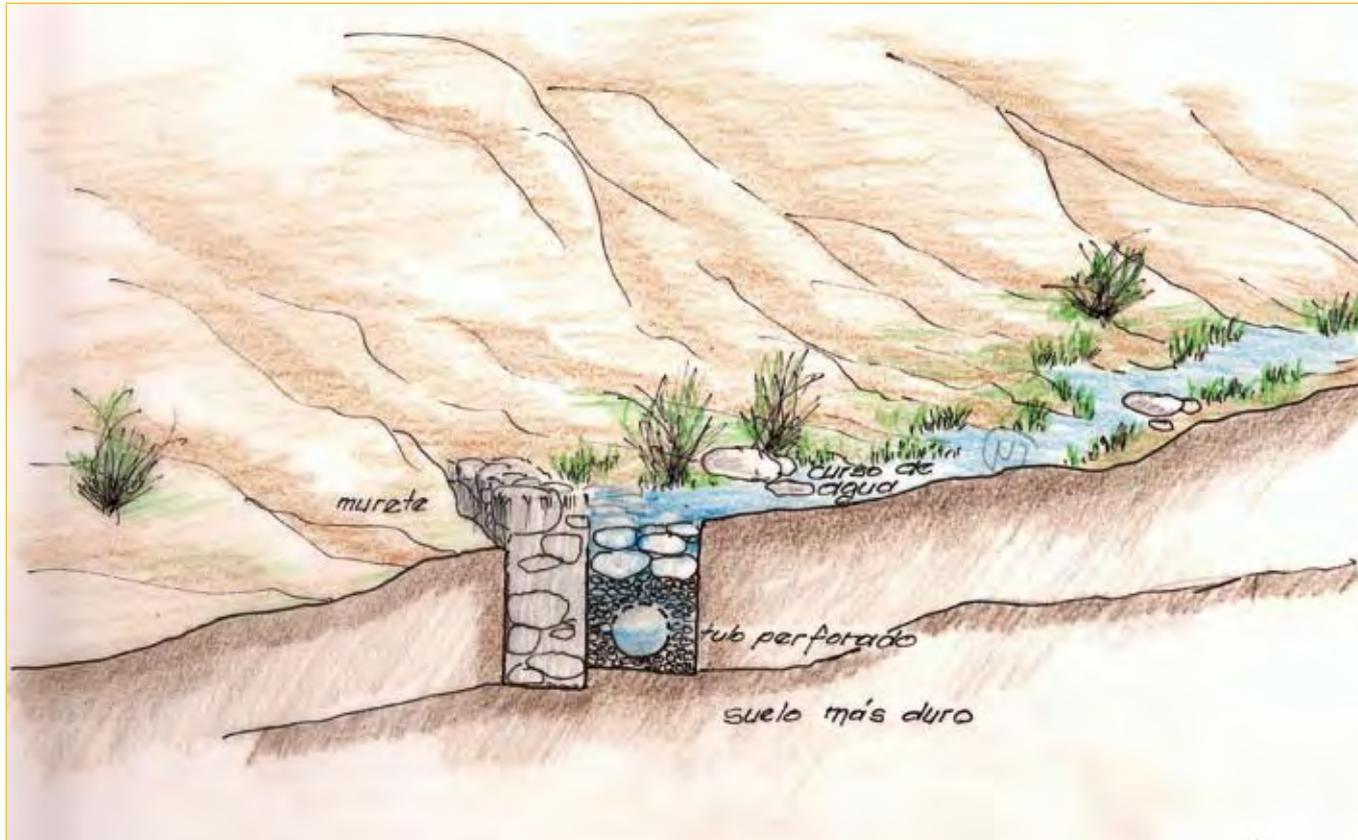
El volumen del desarenador por debajo de la altura de decantación permitirá ir acumulando el material depositado, y el período entre limpiezas del desarenador dependerá de la carga de material en el agua.

En el Anexo 4 se presenta una metodología paso a paso para pequeños desarenadores que permite profundizar en los diseños¹³.

¹³ La metodología utilizada para el diseño de desarenadores está basada en ABASTOFLOR, VÍCTOR, Curso: "Diseño de vertederos de excedencia y obras de toma", en *Especialización en el diseño de presas pequeñas en el manejo integral de cuencas*. Cochabamba. 2009.

5.3. Captación de pequeñas quebradas mediante caños filtrantes

Una de las alternativas que permiten captar el agua de pequeñas quebradas, con una estructura similar a la de captaciones de vegas o ciénegos, es la instalación de caños ranurados y muro de represamiento.



Captación en quebrada mediante muro y caño filtrante.

En estos casos se hace una excavación y limpieza del sitio, tratando de asegurar que el caño filtrante quede por debajo del flujo de agua y con la suficiente seguridad para que no se produzcan roturas durante las crecidas.

Este caño captará principalmente el flujo de agua superficial. La profundidad a la que se lo instala depende del tipo de material subyacente, de ser posible fundado sobre el lecho rocoso.

El muro se coloca en forma transversal a la quebrada, de manera tal que permita represar el agua para que se introduzca en el caño.

En general este pequeño muro se funda en la roca firme y se levanta unos centímetros por arriba de la superficie natural de la quebrada. Además se le da continuidad sobre las márgenes del curso de agua, para evitar socavamientos en esos puntos.

La altura del murete debe permitir el paso del agua en caso de crecidas. Se le debe generar un pequeño vertedero central que facilite la salida del agua.



Limpieza del sitio y construcción del muro. Urcuro. San Antonio de los Cobres. Salta

El diseño del caño filtrante obedece a las mismas relaciones que lo explicado para manantiales de ladera.
La posición del caño puede ser transversal o longitudinal, o de acuerdo con la forma o cavidad de la quebrada, buscando aprovechar el espacio para captar la mayor cantidad de agua posible.
El sitio se completa con piedra y ripio que permiten el paso del agua hacia el caño. Además se puede tapar con lajas o piedras de mayor tamaño que sirvan de protección.
Desde la pared o hacia un lateral se coloca la salida a la conducción o a una pequeña cámara de carga.





Armado e instalación del caño filtrante y salida a la conducción.
Terminado de la captación.

■ Comunidad Urcuro. Salta

5.4. OBRA DE TOMA CON REJILLA DE FONDO (TOMA PARRILLA)

Si bien este tipo de captación no es común en pequeñas quebradas, en algunas situaciones podemos encontrarla como una alternativa viable¹⁴.

La captación se efectúa por medio de una rejilla colocada en el fondo del cauce, en forma transversal al curso de agua, disponiendo sus barrotes en la dirección de la corriente. La rejilla debe tener una fuerte pendiente, aguas abajo, de 10 a 45°, asegurándonos de que sea mayor que la del río.

La toma rejilla se construye con un azud o murete de muy poca altura o prácticamente al nivel de la quebrada.

Los barrotes deben tener un perfil apropiado de modo que las piedras no se atasquen entre ellos. La separación es variable, en general oscila entre los 2 a los 6 cm.



Esquema del sistema mediante toma rejilla en una quebrada.

¹⁴ Aquí y en función de los objetivos de este manual, presentaremos sólo algunos elementos que faciliten la evaluación respecto a optar o no por este tipo de toma. Para el diseño hidráulico del sistema se deberá recurrir a bibliografía específica sobre el tema.

Inmediatamente debajo de la rejilla se dispone un canal colector que recibe el agua y la conduce a una cámara decantadora o desarenador. Junto con el agua ingresa material sólido del tamaño de la distancia entre barrotes, por lo cual el diseño del canal debe asegurar que las piedras y arenas que han pasado la rejilla puedan ser evacuadas hacia el desarenador-descripiador. Esto se logra dándole al canal una pendiente de al menos 3%.

La cámara desarenadora-descripiadora es imprescindible para este tipo de toma, para evitar que el material grueso ingrese al sistema de conducción. Esto requerirá un diseño más exhaustivo a fin de retener tanto el material grueso como los sólidos más finos en suspensión.

Este tipo de obra de toma ofrece como ventaja un menor obstáculo al escurrimiento. Como el agua tiene que pasar forzosamente sobre la rejilla, la captación es poco afectada por las variaciones de caudales en el cauce, y se garantiza captar el agua aun en las épocas de mayor estiaje.

Asimismo, un buen diseño puede simplificar las tareas de operación por el manejo sencillo que reportan en comparación con la reconstrucción que exigen las tomas precarias.

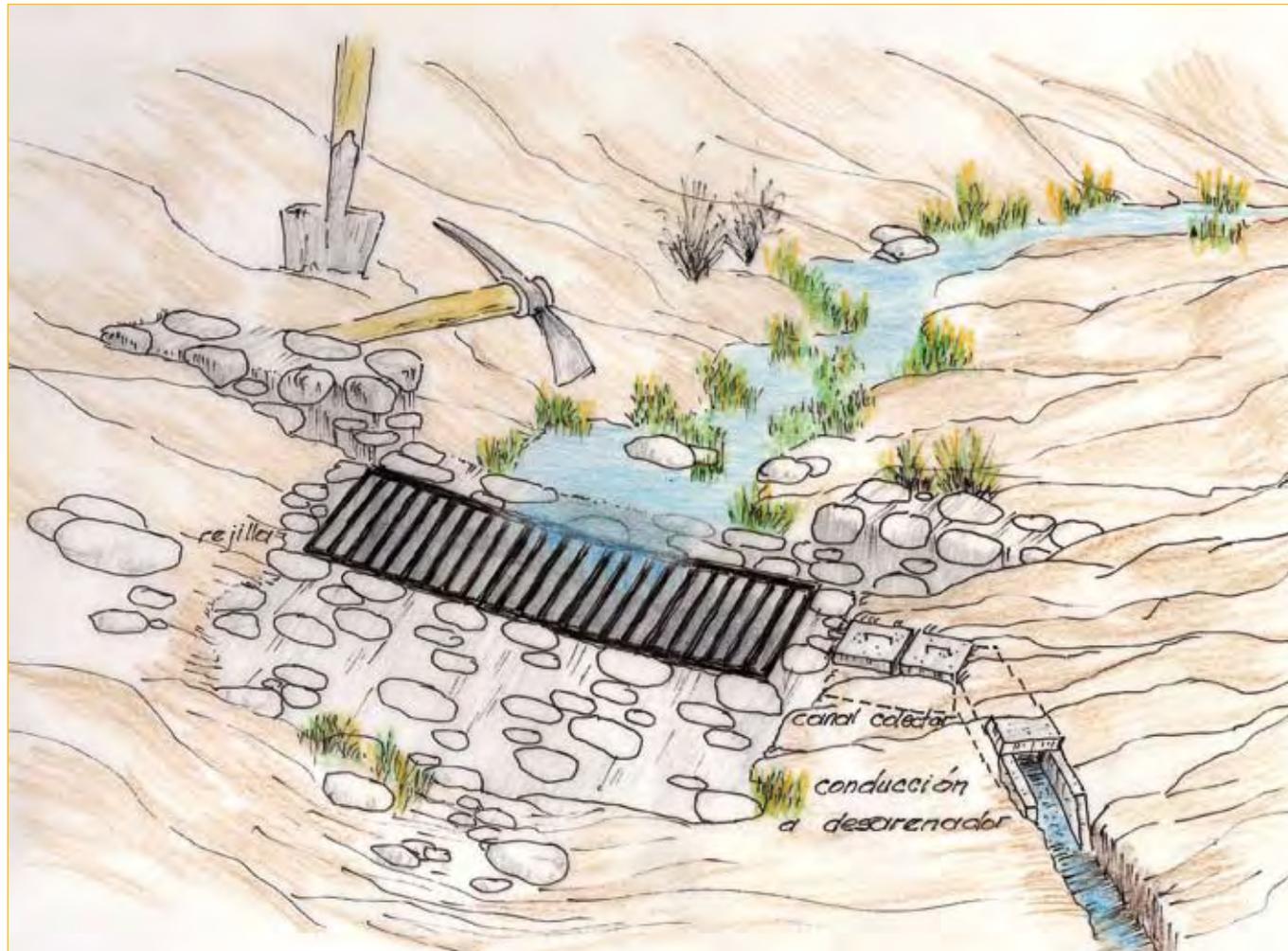
Sin embargo, para pequeñas quebradas caracterizadas por caudales bajos y que en general benefician a pocos usuarios, este tipo de toma puede tener desventajas. Las labores de operación y mantenimiento que precisa en estos casos generalmente hacen a la elección de una estructura más simple.

Entre las desventajas podemos mencionar: la colmatación de la rejilla por piedras y ramas que obturan las aberturas; la necesidad de una mayor periodicidad en la limpieza del desarenador; la presencia de mucho sedimento fino; un costo más alto para la construcción de la estructura y para los arreglos en caso de rotura por eventos extremos.

El sistema entonces es más útil cuando se implementa en cauces rectos de montaña, con fuertes pendientes (de más del 10%) con crecidas que llevan gran cantidad de piedras. En estos casos la disposición de la rejilla permite que las piedras pasen fácilmente deslizándose aguas abajo. O bien cuando las aguas contienen pocos sedimentos finos y son relativamente limpias o con escasa cantidad de sedimentos en suspensión.

Componentes

- » Vertedor frontal que soporta las crecidas.
- » Rejilla de fondo para captar el agua, de barras de hierro colocadas paralelamente a la dirección del flujo del río. La separación entre las barras varía de 2 a 6 cm, y la inclinación va de 10 a 30°.
- » Galería de fondo para conducir el agua bajo la rejilla.
- » Desarenador, como trampa para el material de arrastre.
- » Canal de limpieza, para evacuar lo que se acumula en el desarenador.
- » Pequeño azud o murete de hormigón o piedra emboquillada.



Esquema de una pequeña toma rejilla con la conducción al desarenador.

Ejemplo¹

- » Caudal: 50 l/s = 0,05 m³
- » Largo de la rejilla: 1 m
- » Largo de los barrotes (ancho de la rejilla): 0,3 m
- » Diámetro de los barrotes: 0,02 m (2 cm)
- » Espaciamiento entre barrotes: 0,02 m
- » Altura (tirante) de agua antes de ingresar a la rejilla: 0,05 m

Canal de captación por debajo de la rejilla:

- » Sección: rectangular
- » Pendiente: 15%
- » Ancho del canal por debajo de la rejilla: 0,26 m
- » Altura del canal al inicio de la rejilla: 10 cm
- » Altura del canal al final de la rejilla: 25 cm
- » Velocidad del agua al inicio: 1,52 m/s
- » Velocidad del agua a la salida: 2,17 m/s
- » Altura (tirante) de agua en el canal al inicio de la rejilla: 0,04 m
- » Altura (tirante) de agua en el canal a la salida de la rejilla: 0,08 m



Captaciones mediante toma rejilla. Los Corderos Catamarca y Maimará Jujuy.

¹ La metodología para el diseño y parte de los conceptos vertidos están basados en PROAGRO-GTZ (2009): *Criterios de diseño y construcción de obras de captación para riego. Tomas tirolesas*. Cochabamba. Bolivia. Diciembre 2008.



6. MANTENIMIENTO DE LAS CAPTACIONES

El objetivo del mantenimiento es el de anticiparse para evitar interrupciones en el abastecimiento de agua, asegurar su normal operación, además de prolongar la vida útil y un desempeño adecuado del sistema tanto como sea posible. Es parte fundamental en el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua.

Si bien aquí influye la parte técnica y la calidad de la infraestructura creada, el mantenimiento de las obras es un fuerte desafío en relación con la gestión, ya que el sistema sólo podrá cumplir sus funciones con una adecuada operación y mantenimiento.

Podemos visualizar, según el momento o los motivos, distintos tipos de mantenimiento: de readecuación, rutinario y preventivo, o de emergencia.

6.1. Mantenimiento de readecuación

Es el que se realiza una vez terminada la obra y que, en general, puede prolongarse durante un año.

Consiste en corregir o readecuar el sistema ante fallas que aparecen una vez que entra en funcionamiento. Puede contemplar, por ejemplo, fugas en la captación, acondicionamiento de conexiones, fallas en la mampostería, incorporación de llaves de paso, etc.

Decimos que este tipo de mantenimiento puede prolongarse durante un año porque es el período en que el sistema cumple todo el ciclo hidrológico. En la mayoría de los casos el momento de construcción está asociado a los meses más secos, y ocurre que en época de lluvias o ante eventos climatológicos se producen roturas y se deben efectuar modificaciones para el normal funcionamiento del sistema.

También la readecuación puede darse en años posteriores, como por ejemplo ante la incorporación de nuevos usuarios al sistema, lo que implicaría una ampliación de la capacidad de la captación.

6.2. Mantenimiento rutinario y preventivo

Son tareas que se llevan a cabo en forma periódica y repetitiva. La periodicidad depende del tipo de actividad y de la infraestructura del sistema.

Este tipo de mantenimiento puede ser normado y planificado, cuestión que permite cuantificar materiales, costos, mano de obra, así como determinar las épocas más convenientes para su realización (por ejemplo, fuera de las máxi-

mas demandas, en momentos de poco riego, etc.).

Como tareas dentro del mantenimiento rutinario preventivo de las captaciones podemos encontrar:

- » Girar las válvulas, abriéndolas y cerrándolas varias veces para evitar que se endurezcan. Esto es conveniente realizarlo con frecuencia, por ejemplo una vez al mes.
- » Mantener la zona de captación limpia de malezas, barro, piedras. Se puede realizar en forma trimestral e intensificarse a una periodicidad mensual en verano o en época de lluvias.
- » En captaciones mediante caño filtrante: levantar el caño filtrante enterrado, destapar ranuras, quitar raíces que se hayan atascado; limpiarlo y volverlo a colocar reacomodando además la excavación y revisando las obras complementarias al caño, como muretes y plásticos. La periodicidad para efectuar esta actividad es variable, pero en general se hace cada 1 o 2 años.
- » Aforar esporádicamente en la captación para ir evaluando su comportamiento.
- » Revisar la cámara de carga. Si se encuentran grietas o si el terreno alrededor está húmedo, es probable que existan fugas.
- » En caso de que el agua esté destinada a consumo doméstico, se debe limpiar y desinfectar la cámara de carga con hipoclorito de sodio/calcio.
- » En sistemas de tomas superficiales o bocatomas reguladas se deben pintar los elementos metálicos con pintura anticorrosiva una vez al año.
- » Lubricar las válvulas de control que lo requieran.
- » Los desarenadores requieren una limpieza periódica. Esta periodicidad va a depender del tiempo de colmatado, y se hará más recurrente en época de lluvias con mayor arrastre de sedimentos.

La periodicidad del mantenimiento en general dependerá del tipo de tareas y de la infraestructura. El seguimiento cotidiano, principalmente durante los primeros años de implementación, genera en los usuarios la experiencia y el conocimiento del sistema que permite identificar y planificar las actividades según sus requerimientos.

6.3. Mantenimiento de emergencia

Es el que se efectúa a partir de un daño producido de forma inesperada, sin que pueda ser previsto en el mantenimiento rutinario, y que interrumpe el funcionamiento del sistema o afecta la normal distribución.

Estos daños en general se producen ante un evento climático o hidrometeorológico extremo. Por ejemplo, en épocas de lluvia a raíz de un deslizamiento que afecta la captación. O también pueden ser daños provocados por el propio uso del sistema, como la rotura imprevista de una llave de paso.

*Protección de las
fuentes de **agua***



7. PROTECCIÓN DE LAS FUENTES

La protección de las fuentes de agua se puede definir como un conjunto de actividades en terreno y de gestión del recurso, que por un lado elimine o reduzca causas de erosión y contaminación y, por otro, mejore el uso, cuidado y manejo del agua. Esto debe garantizar la sostenibilidad del sistema, asegurando la permanencia del agua en cantidad y calidad adecuadas.

Las actividades en terreno se relacionan con determinadas prácticas y cuidados en el área cercana a la captación, en la superficie de terreno aguas arriba o microcuenca. Aquí es donde el agua infiltra y de donde se alimenta en gran parte nuestra fuente. Asimismo, implica actividades y cuidados en la zona propia de la captación.

Como ejemplo de estas acciones podemos mencionar:

- » Mantener el terreno aguas arriba con una buena cobertura vegetal, que permita la protección y conservación del suelo, asegurando una buena infiltración y la provisión de agua al manantial o quebrada.
- » Para esto será necesario evitar el sobrepastoreo, la remoción del suelo y las quemas de pastizales, la conservación de la cobertura arbórea o de pastizal en las cabeceras y en las cercanías de la captación.
- » Evitar la cría de animales en los terrenos cercanos a la fuente, así como el excesivo pisoteo, porque pueden ser causas de contaminación.
- » Tratar de no utilizar agroquímicos de elevada toxicidad y con alto poder residual, ya que pueden ser arrastrados a la fuente de agua y generar contaminaciones con consecuencias negativas para la salud humana.
- » Cercar un área perimetral que rodee la captación, principalmente cuando el agua pueda destinarse para consumo doméstico, para evitar la entrada de animales ya que pueden producir roturas en la infraestructura así como contaminación por heces u orina.

En lo que hace a la gestión, en el mantenimiento y operación del sistema se trata de buscar una forma que minimice las pérdidas que se producen en situaciones de uso, como por ejemplo:

- » Es importante contemplar un almacenamiento adecuado a la demanda diaria, pero de manera tal que una vez satisfechas las necesidades, el sistema permita conservar en su curso natural el agua no utilizada, manteniendo el ecosistema de la quebrada o de manantiales.
- » Realizar un mantenimiento adecuado del sistema, para evitar la permanencia de fugas y el desaprovechamiento del

recurso. Es común ver tuberías con pérdidas que permanecen sin ser reparadas durante largo tiempo.

» Muchas veces las fuentes de agua se utilizan para el lavado de ropa, de enseres domésticos y de mochilas de fumigación, tareas que implican contaminación con sales, detergentes y/o pesticidas aguas abajo.

» En muchos sistemas la falta de organización respecto al uso genera condiciones de inequidad, enfrentamientos entre vecinos y una falta de preocupación por la sostenibilidad del sistema. Mientras que algunas familias no pueden aprovechar el recurso, otras lo desperdician. Esto deriva en situaciones de conflicto que afectan el sentido de pertenencia de la comunidad, o genera incongruencias entre el esfuerzo que una familia dedica a tareas de mantenimiento y los beneficios que obtiene.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- » Abastoflor, V., *Diseño de vertederos de excedencia y obras de toma*, Apuntes del curso “Especialización en el Diseño de Presas Pequeñas en el manejo Integral de Cuencas”, PROAGRO, Cochabamba, Bolivia, 2009.
- » Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica, *Código Alimentario Argentino actualizado 2007*, Ministerio de Salud y Ambiente, Argentina, 2007.
- » A.P.C.D. - CE.CA.ZO, *El agua: calidad para consumo y riego. Guía práctica para la interpretación de análisis físico-químicos. Proyecto de experimentación y provisión de agua para comunidades aborígenes de la provincia de Formosa*, Equipo de Pastoral Aborigen de Ingeniero Juárez, IN.CU.PO., Argentina, FALTA EL AÑO. NO TIENE
- » Cartillas y Apuntes realizados en los Procesos de Formación en Capacidades Técnicas Hídricas de las provincias de Jujuy y Catamarca; y en distintos talleres en comunidades rurales. Años 2008 y 2009.
- » Custodio, E. y Llamas, M. *Hidrología Subterránea*. Tomos I y II. Editorial Omega. España. 2001.
- » Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), *Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales*, Lima, Perú, 2004. <www.cepis.ops-oms.org>
- » Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), *Cantidad y calidad de agua*, 2010,
Disponible en:
<<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan/020867/020867-04.pdf>>
- » Departamento Académico de Hidráulica, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, *Abastecimiento de agua*, Lima, Perú, 2009.
- » Gandarillas, Humberto, *Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Riego*. Apuntes del curso “Especialización en el Diseño de Presas Pequeñas en el manejo Integral de Cuencas”, PROAGRO. Cochabamba, Bolivia, 2009.

- » García, R. F.; Rocha Fasola, M. V. Apuntes teóricos de la Cátedra de Hidrogeología Aplicada. Universidad Nacional de Salta. Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Salta, 2003.
- » Montaña González, H., *Gestión Campesina de Sistemas de Riego*. Apuntes del curso “Especialización en el Diseño de Presas Pequeñas en el manejo Integral de Cuencas”, PROAGRO. Cochabamba, Bolivia, 2009.
- » PROAGRO, *Criterios de Diseño y Construcción de Obras de Captación para Riego. Tomas Tirolesas*, Cochabamba, Bolivia, 2009.
- » RIEGO Y DRENAJE. CAPÍTULO III. “Necesidad de agua para riego”. <ing.unne.edu.ar/pub/riegoydrenaje/capitulo3.doc>. Acceso a la página 22 de junio de 2010.
- » VASQUEZ VILLANUEVA, A., *Manejo de Cuencas Alto andinas*, Tomos 1 Y 2, Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela Superior de Administración “Charles Sutton”, Perú, 2000,
- » VIEIRA, M. J., *Protección y captación de pequeñas fuentes de agua*, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Proyecto CENTA-FAO-Holanda, El Salvador, 2002. (Algunos de los dibujos de este manual son adaptaciones de esta publicación).
- » UNESCO. *Agua, vida y desarrollo. Manual de uso y conservación del agua en zonas rurales de América Latina y el Caribe*. INCA Editorial. Montevideo. Uruguay. 1986.



Anexos

ANEXO 1

ELEMENTOS QUE HAY QUE CONSIDERAR PARA REALIZAR EL DIAGNÓSTICO

Aquí presentamos un extracto de la sistematización de un taller realizado en el marco del “Proceso de formación en capacidades técnicas hídricas”, dictado en Catamarca en junio de 2009.

Se pretenden identificar **los elementos que hay que tomar en cuenta para realizar un diagnóstico previo a definir la obra de captación de agua.**

DIAGNÓSTICO

- » Definir la cuenca o área de captación del agua.
- » Armar un mapa parlante. Ubicar geográficamente el norte, sur, este y oeste.
- » Determinar la cantidad de población máxima en el año.
- » Identificar las fuentes de agua: manantiales, lluvia, nieve, granizo, río, neblina, arroyos, lagos, lagunas, acuíferos.
- » Investigar sobre registros climáticos, época de ocurrencia.
- » Determinar el caudal.
- » Determinar los cultivos: época, superficie, tipo.
- » Determinar los animales: tipo, cantidad.
- » Determinar las industrias radicadas en el lugar.
- » Observar si el agua es utilizada por otras poblaciones, a quién puede afectar.
- » Graficar caminos, ríos, acequias, etc.
- » Ver si el agua puede abastecer a futuro a la población creciente.
- » Determinar la calidad del agua (análisis del agua).
- » Medir distancias de fuentes, población, cultivos, etc.
- » Observar el estado de la vegetación o cobertura del suelo y labores que se realizan en la cuenca.
- » Estimar la evapotranspiración.



SÍNTESIS PARA EL DIAGNÓSTICO DE AGUA

1. Determinar el lugar.
2. Averiguaciones/consultas a vecinos del lugar para armar el mapa parlante.
3. Datos:

- » Determinar la finalidad del uso del agua.
- » Cantidad de habitantes (épocas).
- » Animales → cuáles
→ cuántos
- » Superficies para regar.
- » Identificar la cuenca y la fuente de agua a trabajar.
- » Datos climáticos.
- » Aguas subterráneas y superficiales.
- » Determinar la calidad del agua a través de análisis.
- » Determinar la demanda y la oferta.

Identificar la población y su demanda:

- » Composición
- A) FAMILIAR = edades, cuántos. Cuentan o no con el servicio de agua potable.
- B) DE LA COMUNIDAD = qué hacen, qué producen.

A) Familia:

- » Cuentan con el servicio de agua.
- » De dónde proviene y cómo llega a su casa.
- » Qué cantidad de agua les llega a la casa.
- » ¿Cuenta todo el año con esa agua?
- » Si no cuentan con el agua durante todo el año, ¿en qué momento?
- » Qué calidad de agua tienen.

B) Comunidad

- » Qué producen
 - Agricultura → cultivo anual
 - cultivos frutales
 - pasturas
 - cultivo a secano
 - cultivo a riego:
 - » Todo el año o no
 - » Qué sistema de riego
 - » Tienen extrafinca e intrafinca
 - Ganado → vacuno, caprino, camélido, ovino, cerdo, gallina, pato, pavo.
 - cantidad, edad, estado
 - tipo de manejo → a corral
 - a campo
 - si hay bañadero comunitario, dónde.
 - » De dónde proviene la fuente de agua → lluvia - deshielo
 - subterránea
 - superficial → río/arroyo/vertiente
- Vemos paisaje - ubicación.
 Mapa parlante (herramienta).

ANEXO 2

MEDICIÓN DE CAUDAL

Aquí presentamos otro extracto de la sistematización de un taller realizado en el marco del “Proceso de formación en capacidades técnicas hídricas”, dictado en Catamarca en junio de 2009.

Se acerca un ejemplo destinado a ejercitar la **medición del caudal de agua**.

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

- » Elegir el lugar adecuado: que esté parejo, accesible, uniforme.
- » Acondicionar el lugar que se va a medir.
- » (Directa) $Q = \text{Volumen} / \text{Tiempo}$
- » (Indirecta): $Q = \text{Área} \times \text{Velocidad}$
- » Velocidad:
 - » Medir en el cauce una distancia de 1 m.
 - » Soltar el corcho y medir el tiempo que tarda el corcho en recorrer esa distancia.
- » Área:
 - » Sacar un promedio del ancho.
 - » Sacar un promedio de profundidad.
 - » Tomar las medidas de ancho y profundidad en el mismo lugar.
 - » Hacer las cuentas:

Área = ancho x profundidad

Velocidad = Distancia / Tiempo

1 m = 100 cm (distancia)

1 m² = 10.000 cm² (áreas, o superficie, sección)

1 m³ = 1000 litros (volumen)

1 hora = 60 minutos = 3600 segundos (tiempo)

Medida de caudal con el corcho u otro elemento flotante

1. Elegir y preparar el lugar.
2. Medir la distancia del recorrido.
3. Con un corcho y un cronómetro medir la velocidad. Repetir al menos cuatro veces para sacar un promedio.
4. Medir el ancho entre los dos “pelos” de agua.
5. Medir la profundidad del agua:
 - » Si es un canal o terreno nivelado, se toma una sola medida.
 - » Si el terreno no fuera uniforme, se toman varias medidas para sacar el promedio.
6. Una vez obtenidos todos los datos del procedimiento, estamos en condiciones de obtener los datos del caudal.

Cálculo del corchito

Pasos:

1. Llevar un corcho, cinta y reloj.
2. Ir a la quebrada o arroyo y elegir el lugar.
3. Medir 1 metro o una distancia definida y marcar con cinta y estacas.
4. Se mide el tiempo que el corcho tarda en recorrer esa distancia. Se repite 3 veces y se promedian los datos.
5. Se mide el ancho y el alto del arroyo. Se calcula el área.

$Q = \text{velocidad} \times \text{área}$



ANEXO 3**CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO**

Calidad de agua potable para consumo humano. Código Alimentario Argentino (2007).

	ADMISIBLE
TURBIEDAD	MÁX. 3 NTU
COLOR	MÁX. 5 ESCALA PT-CO
OLOR	SIN OLORES EXTRAÑOS

Agricultura Familiar

Características químicas

	MÁXIMO ADMISIBLE
PH	6,5 - 8,5
AMONÍACO (NH ₄ ⁺) MÁX.	0,20 mg/l
ANTIMONIO MÁX.	0,02 mg/l
ALUMINIO RESIDUAL (AL) MÁX.	0,20 mg/l
ARSÉNICO (AS) MÁX.	0,01 mg/l
BORO (BO) MÁX.	0,5 mg/l

Agricultura Familiar

	MÁXIMO ADMISIBLE
BROMATO MÁX.	0,01 mg/l
CADMIO (CD) MÁX.	0,005 mg/l
CIANURO (CN-) MÁX.	0,10 mg/l
CINC (ZN) MÁX.	5,0 mg/l
CLORURO (CL-) MÁX.	350 mg/l
COBRE (CU) MÁX.	1,00 mg/l
CROMO (CR) MÁX.	0,05 mg/l
DUREZA TOTAL (CACO3) MÁX.	400 mg/l
HIERRO TOTAL (FE) MÁX.	0,30 mg/l
MANGANESO (MN) MÁX.	0,10 mg/l
MERCURIO (HG) MÁX.	0,001 mg/l
NÍQUEL (NI) MÁX.	0,02 mg/l
NITRATO (NO3-) MÁX.	45 mg/l
NITRITO (NO2-) MÁX.	0,10 mg/l
PLATA (AG) MÁX.	0,05 mg/l
PLOMO (PB) MÁX.	0,05 mg/l
SELENIO (SE) MÁX.	0,01 mg/l
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES, MÁX.	1500 mg/l
SULFATOS (SO4=) MÁX.	400 mg/l
CLORO ACTIVO RESIDUAL (CL) MÍN.	0,2 mg/l.
FLUORURO (F-): para los fluoruros la cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida	

	MÁXIMO ADMISIBLE
TEMPERATURA MEDIA Y MÁXIMA DEL AÑO (°C) 10,0 - 12,0	Contenido límite recomendado de Fluor (mg/l), límite inferior: 0,9; límite superior: 1, 7
TEMPERATURA MEDIA Y MÁXIMA DEL AÑO (°C) 12,1 - 14,6	Contenido límite recomendado de Fluor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,5
TEMPERATURA MEDIA Y MÁXIMA DEL AÑO (°C) 14,7 - 17,6	Contenido límite recomendado de Fluor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,3
TEMPERATURA MEDIA Y MÁXIMA DEL AÑO (°C) 17,7 - 21,4	Contenido límite recomendado de Fluor (mg/l), límite inferior: 0,7; límite superior: 1,2
TEMPERATURA MEDIA Y MÁXIMA DEL AÑO (°C) 21,5 - 26,2	Contenido límite recomendado de Fluor (mg/l), límite inferior: 0,7; límite superior: 1,0
TEMPERATURA MEDIA Y MÁXIMA DEL AÑO (°C) 26,3 - 32,6	Contenido límite recomendado de Fluor (mg/l), límite inferior: 0,6; límite superior: 0,8

Agropecuaria Familiar

Características microbiológicas

BACTERIAS COLIFORMES: NMP A 37 °C- 48 HS. (CALDO MC CONKEY O LAURIL SULFATO), EN 100 ML.	IGUAL O MENOR DE 3
Escherichia coli	Ausencia en 100 ml.
Pseudomonas aeruginosa	Ausencia en 100 ml.

Agropecuaria Familiar

ANEXO 4

DISEÑO DE PEQUEÑOS DESARENADORES

Para el caso de obras de tomas libres superficiales en pequeñas quebradas, podemos dimensionar un pequeño desarenador sobre la base de los siguientes cálculos¹⁵:

1. Determinamos la velocidad de escurrimiento (velocidad en la cámara del desarenador), que permita depositar el material y que no sea arrastrado nuevamente. Lo podemos fijar nosotros en forma arbitraria, desde, por ejemplo, 0,1 a 0,4 m/s (bajas velocidades, por ejemplo 0,15 para arenas finas y 0,21 para arenas gruesas).

ARENA FINA	0,1 a 0,2 m/seg
ARENA GRUESA	0,2 a 0,3 m/seg

Agricultura Familiar

También podemos estimarla mediante la fórmula de Camp de la velocidad crítica.

$$V_e: a \times \sqrt{D}$$

$V_e: a \times \sqrt{D}$

V_e : velocidad de escurrimiento (cm/s)

D : diámetro de la partícula a decantar (mm)

a : coeficiente que depende de D

¹⁵ La metodología utilizada para el diseño de desarenadores está basada en ABASTOFLOR, VÍCTOR: Curso *Diseño de vertederos de excedencia y obras de toma*. En "Especialización en el Diseño de Presas Pequeñas en el Manejo Integral de Cuencas". Cochabamba. 2009.

DIÁMETRO DE LA PARTÍCULA A DECANTAR D	Coficiente a
D < 0,1 mm	0,51
0,1 mm < D < 1 mm	0,44
D > 1 mm	0,36

Agropecuaria Familiar

2. Definimos el ancho de la cámara. Dado que en las condiciones de montaña va a depender del espacio con que contemos, lo definimos nosotros de acuerdo con las condiciones del lugar, tratando de que sea lo más ancho posible, para que nos permita disminuir la altura de la cámara.

3. Calculamos la altura al inicio de la cámara:

$$H: Q/V_e \times B$$

Donde:

H: altura de la cámara de sedimentación (m)

Q: caudal (m³/s)

Ve: velocidad de escurrimiento (m/s)

B: ancho de la cámara (m)

En estos casos, para facilitar la limpieza manual, conviene que la altura no supere 1,3 m.

4. Longitud de la cámara de sedimentación:

$$L = (K \times h \times V) / W$$

Donde:

L: longitud de la cámara (m).

K: coeficiente de seguridad, varía de 1,2 a 2; depende de la velocidad de escurrimiento según tabla.

VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO VE (m/s)	K
0,2	1,25
0,3	1,5
0,5	2,00

Agropecuaria Familiar

H: profundidad de la cámara en metros

V: velocidad de escurrimiento media del flujo en la cámara en m/s

W: velocidad de sedimentación en cm/s, en función del diámetro de la partícula a sedimentar. La tabla de Arkhangel'ski nos da la velocidad de sedimentación para distintos tamaños de partículas a decantar, con la cual definimos W de acuerdo con el diámetro máximo que queremos decantar.

Teniendo L podemos darle más profundidad al desarenador que nos permitirá hacer más espaciadas las limpiezas.

En general en los sistemas de riego se aceptan diámetros de hasta 0,5 mm.

DIÁMETRO DE LA PARTÍCULA (MM)	W (m/s)	DIÁMETRO DE LA PARTÍCULA (mm)	W (m/s)
0,05	0,00178	0,50	0,054
010	0,00692	0,55	0,0594
0,15	0,0156	0,60	0,0648
0,20	0,02	0,70	0,0732
0,25	0,03	0,80	0,0807
0,30	0,0324	1,00	0,0944
0,35	0,0378	2,00	0,1529
0,40	0,0432	3,00	0,1925
0,45	0,04806	5,00	0,249

Agricultura Familiar

Tabla valores de W para diferentes diámetros calculados por Arkhangelski.

5. La longitud de la transición. Se puede calcular según Hinds:

$$L_t: T_2 - T_1 / 2 \tan(12,5^\circ)$$

Donde:

Lt: longitud de la transición (m)

T2: ancho de la cámara de sedimentación (m)

T1: ancho del canal de entrada (m)

6. Para la salida también se deben evitar cambios bruscos y un aumento en la velocidad del agua. Esto se logra reduciendo de forma progresiva el ancho hasta igualar la sección hasta el canal.

La Agricultura Familiar expone como principal demanda el acceso a los recursos naturales. El agua para consumo humano y productivo, en cantidad y calidad, es una de las necesidades básicas priorizadas por este sector, y en las que el INTA trabaja para profundizar su respuesta. A partir de numerosos encuentros y capacitaciones, entre otras actividades, se pusieron en común saberes teóricos y prácticos entre diversos actores del territorio. Junto a numerosas instituciones y organizaciones se fueron buscando estrategias con el fin de abordar una problemática tan trascendental.

Este manual, que integra la colección "Agricultura Familiar" del CIPAF – INTA, no es sólo una herramienta práctica para facilitar el acceso al agua en regiones de altura. Como expresa el Biólogo Leopoldo Montes en el prólogo: "De esta forma el INTA como institución del Estado Nacional a través del CIPAF y sus Institutos, responde al compromiso de brindar soluciones prácticas y apropiadas en su papel de organismo de Investigación y Desarrollo, aportando al esfuerzo cotidiano de tantos otros actores públicos y privados que trabajan en desarrollo rural; en la urgente tarea de dotar de derechos fundamentales -como lo es el del acceso al agua segura en cantidad y calidad-, humanizar el trabajo familiar, posibilitar la mejora habitacional, la salud y la producción, y en síntesis, mejorar la calidad de vida"

ISBN: 978-987-679-030-7



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Rivadavia 1439 (C1033AAE) - Buenos Aires