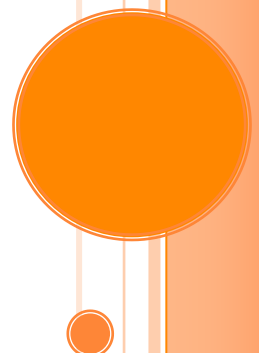


AGUA Y DESARROLLO HUMANO

MÓDULO 2: GESTIÓN EN LOS PROYECTOS DE COOPERACIÓN DE AGUA Y SANEAMIENTO

TEMA 4: PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA



ÍNDICE

Tema 4: PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA	2
4.1 INTRODUCCIÓN.....	2
4.2 HIDROLOGÍA.....	2
4.2.1. El ciclo hidrológico	2
4.2.2. Precipitación	4
4.3 HIDROGEOLOGÍA	6
4.3.1. Determinación de la disponibilidad del recurso.....	6
4.3.2. Tipos de acuífero	7
4.3.3. Propiedades hidrogeológicas de algunas rocas	8
4.4 LAS CUENCAS COMO UNIDAD DE GESTIÓN	10
4.5 LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO	11
4.5.1. La recarga de fuentes.....	11
4.5.2. Caudales ecológicos	12
4.6 PLANIFICACIÓN DE ACTUACIONES	13
4.7 BIBLIOGRAFÍA	16

MÓDULO 2

TEMA 4: PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se introducen nociones sobre el ciclo hidrológico del agua y la importancia de la preservación del recurso. Para ello se introduce el concepto de gestión de cuenca como la unidad de gestión más adecuada para gestionar los recursos hídricos según sus diferentes usos y el retorno al sistema.

Así mismo, especialmente en los proyectos de cooperación donde los actores pueden ser múltiples se destaca la importancia de planificar las acciones en una determinada área para que las prioridades de actuación sean analizadas de manera participativa. En muchos proyectos de abastecimiento y saneamiento fueron realizadas actuaciones puntuales en comunidades sin tener en cuenta la situación de las comunidades vecinas ni los impactos territoriales del proyecto. Así pues, se recomienda el estudio territorial, hidrológico, con visión de cuenca para cualquier actuación que se pretenda realizar en relación al agua y al saneamiento.

En los últimos tiempos varios países han ido incorporando estos conceptos en sus legislaciones y es posible que existan estudios realizados y/o planos de actuación. Será imprescindible consultar esta documentación antes de diseñar un nuevo proyecto.

4.2 HIDROLOGÍA

4.2.1. El ciclo hidrológico

Todos los proyectos de abastecimiento de agua deben considerar algunos factores para garantizar la permanencia en el tiempo de la cantidad de agua necesaria. Esto es debido a que, de una u otra forma, se necesita conocer el recurso disponible, su ubicación, sus características químicas, etc.

Igualmente, todos los proyectos de abastecimiento de agua deben estar ligados al saneamiento para minimizar el impacto del retorno al medio de las aguas usadas.

El ciclo hidrológico es un proceso continuo. No obstante, el movimiento del agua dentro del ciclo hidrológico se caracteriza por su irregularidad tanto en el espacio como en el tiempo.

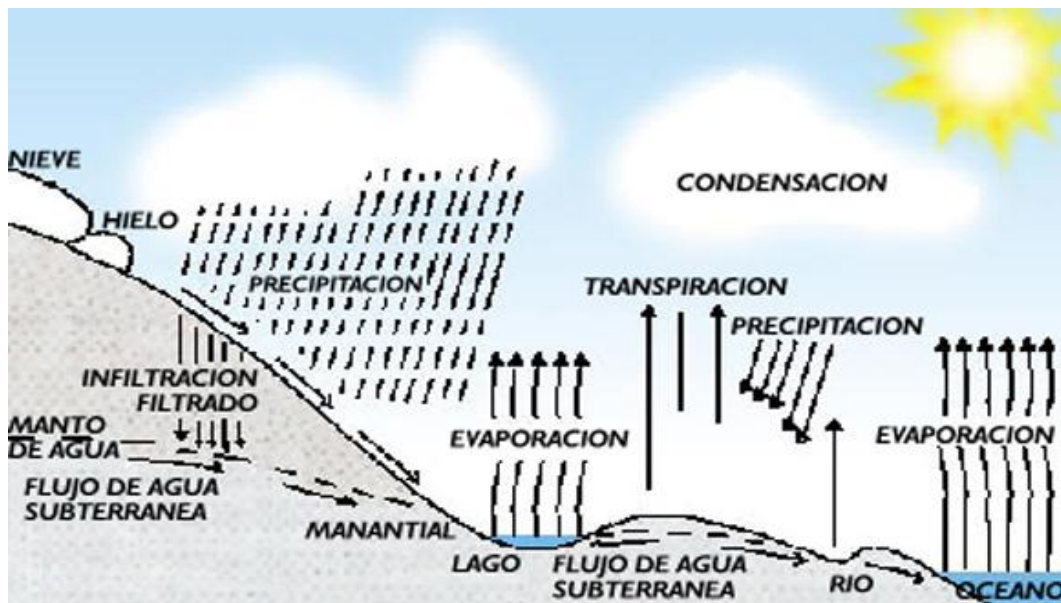


Gráfico 1. El ciclo hidrológico. Fuente: CUI Centro Uruguay Independiente.

Así, la ecuación básica de la hidrología se define por este equilibrio:

$$\text{Precipitación} = \text{Escorrentía Superficial} + \text{Escorrentía Subterránea} + \text{Evapotranspiración}$$

La hidrosfera, en sentido amplio, está constituida por agua en los tres estados (sólido, líquido y gaseoso), presente en la capa atmosférica (vapor de agua, nubes) y en la corteza terrestre (ríos, lagos, acuíferos).

El concepto del ciclo hidrológico, o ciclo del agua, parte del principio de que la cantidad o masa total de agua en la hidrosfera es constante en el tiempo, y esta consideración lleva implícita la del movimiento de masas de aguas de un lugar a otro y/o de un estado a otro.

Los componentes primarios del ciclo hidrológico engloban las fases en que el ser humano no explota directamente el agua: precipitación, evapotranspiración, la interceptación y la retención superficial del agua, infiltración y el agua en la zona no saturada. No obstante, los seres humanos pueden influir en ellas, provocando lluvias artificiales, reducción de la evaporación, recarga artificial, sistemas especiales de riego, etc.

Cuando por ejemplo se plantea realizar un manantial, el objetivo es aumentar la zona de recarga del manantial del que se toma el agua, así como el tiempo de permanencia del agua superficial en el suelo, de modo que aumente la cantidad infiltrada y, por tanto, la cantidad de agua almacenada.

Los otros componentes del ciclo hidrológico corresponden a las fases en las que las personas explotan directamente el agua: la escorrentía directa y la escorrentía subterránea forman el volumen total de agua explotable, en teoría, por los seres humanos. Por ejemplo: la construcción de embalses, la derivación de los ríos, la utilización de las aguas superficiales, la explotación de los acuíferos, la recarga artificial, la lucha contra la intrusión salina, etc.

4.2.2. Precipitación

La medición de la precipitación registrada en un episodio es un procedimiento sencillo. Consiste en acumular el agua precipitada en un recipiente, de manera que la altura de agua, en mm, es igual a la precipitación total, en l/m². Así se puede obtener la precipitación total anual, como suma de todos los episodios lluviosos del año.

Hay que tener en cuenta la altísima variabilidad espacial que puede tener la lluvia, especialmente en zonas costeras o de fuertes pendientes. Ello obliga a colocar, por ejemplo, un pluviómetro cada 5 o 10 km².

Para investigaciones regionales hay que tomar los datos de varias estaciones para un cálculo del promedio de las precipitaciones regionales.

La mayor parte de las precipitaciones a escala mundial cae sobre el mar.

Según la instalación que se esté calculando, será necesario un dato de precipitación u otro. Por ejemplo:

- Para estimar la recarga en un acuífero, se puede necesitar un dato promedio mensual para toda la cuenca de estudio.
- Para calcular el encauzamiento de un río, será preciso el dato de intensidad de lluvia máxima con un periodo de retorno de 25 años.

Evaporación y evapotranspiración

Una gran parte de las precipitaciones que cae a la tierra se evapora antes de formar parte de la escorrentía (ejemplo: en Europa central alrededor del 50 %), bien sea en forma de evaporación directa o en forma de evapotranspiración. La transpiración es el fenómeno por el cual el agua no llega al suelo porque es captada por las plantas en superficie o por otros elementos naturales.

En consecuencia, es necesario estimar estos parámetros para poder determinar la cantidad de agua que efectivamente llega al suelo.

La medición de la evaporación o evapotranspiración es uno de los problemas más complicados en la hidrología. Para determinar la evaporación en una zona hay que conocer detalles de muchas variables como:

- La radiación del sol.
- La temperatura del aire.

- La humedad del aire.
- La velocidad y los movimientos del viento.
- La composición del suelo.

En los cálculos de la evapotranspiración hay que incluir además factores biológicos, como la cantidad y los tipos de la vegetación.

Métodos para la determinación de la precipitación media en una cuenca

Con frecuencia necesitaremos calcular la precipitación media en una cuenca, como por ejemplo para:

- Determinar el balance hídrico.
- Dimensionar obras de retención.
- Evaluar sistemas de recogida de agua de lluvia.

Si se dispone de una cuenca con diversos puntos de medida de la precipitación, existen diversos métodos para obtener la precipitación media:

- Media aritmética: Es el método más sencillo, pero menos preciso. Consiste en calcular la media de los valores de cada estación meteorológica existente en la zona de estudio. Este método provee de una buena estimación si los pluviómetros tienen distribución uniforme en la cuenca.
- Polígonos de Thiessen. Este método consiste en obtener una media ponderada de las medidas de cada pluviómetro teniendo en cuenta el área de influencia de cada uno. Este método resulta apropiado si los pluviómetros tienen distribución no uniforme. No obstante, también tiene sus limitaciones: no tiene en cuenta las influencias orográficas.
- Mapa de isoyetas: Es el método más preciso. Se utilizan curvas de igual precipitación, cuyo trazado es semejante al de las curvas de nivel, en donde la altura de agua precipitada sustituye a la cota del terreno. Se deben considerar los fenómenos orográficos de la cuenca. Para obtener la precipitación media se debe integrar el mapa de isoyetas y dividir el resultado entre el área de la cuenca.
- Distribución de extremos Gumbel. Se utiliza para representar la distribución de máximos de un cierto fenómeno (por ejemplo, precipitación máxima anual, caudal máximo anual, etc.). Por tanto, sirve para conocer cuál es la precipitación P relacionada con un cierto periodo de retorno T .

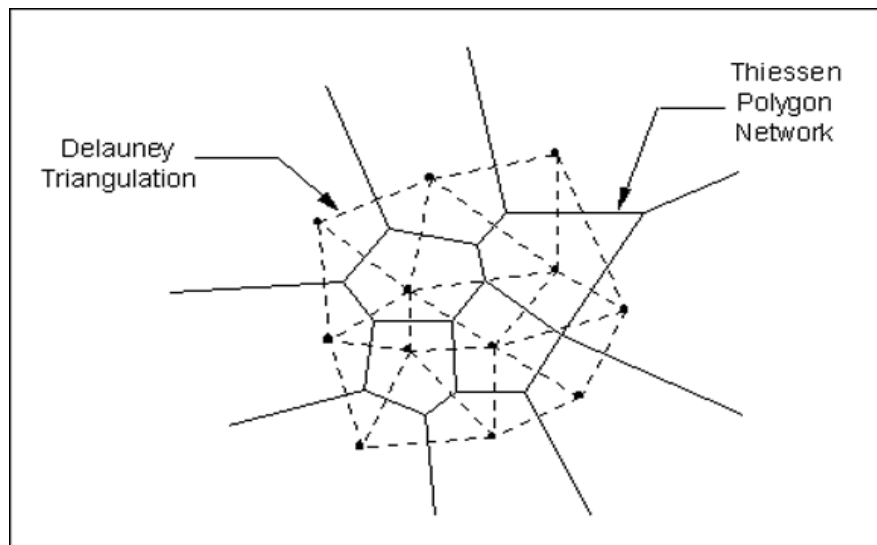


Gráfico 2. Representación gráfica de los Polígonos de Thiessen

4.3 HIDROGEOLOGÍA

La parte de la Geología que investiga el agua del subsuelo, especialmente el agua subterránea, es la Hidrogeología.

El movimiento del agua subterránea es muchísimo más lento que el del agua superficial. Dicho movimiento depende de la **porosidad y permeabilidad** del sustrato (la roca o el suelo). La investigación de los movimientos del agua subterránea y de las propiedades hidrológicas del subterráneo es una parte importante de la Hidrogeología.

4.3.1. Determinación de la disponibilidad del recurso

Cada día son más importantes los estudios de la explotación del agua porque, aunque el agua es un recurso natural renovable, su sobreexplotación y contaminación con sustancias nocivas son problemas graves en todo el mundo.

La Hidrogeología explora los distintos métodos de explotación del agua subterránea desde los siguientes puntos de vista:

- Cantidad de agua extraíble
- Calidad del agua subterránea

Cuando se plantea el abastecimiento de agua a partir de una fuente de agua subterránea (pozo artesanal o perforación) se deberá realizar un estudio hidrogeológico para conocer estos parámetros. Este tipo de estudios suelen ser costosos debido a la necesidad de realizar sondeos en el terreno. Otro factor determinante es la extensión del territorio que se pretende estudiar.

En cualquier caso, el inicio del estudio deberá ser una consulta bibliográfica y de la cartografía existente. También será imprescindible una inspección en el terreno para conocer las

profundidades de los pozos existentes en la zona, la cantidad de agua extraída y su calidad, siempre que sea posible, se realizarán ensayos de caudal para medir la productividad del acuífero.

Igualmente, antes de realizar un proyecto de saneamiento en una zona será necesario conocer mínimamente las características hidrogeológicas dado que las actuaciones previstas podrán tener un cierto impacto en el acuífero de la zona. Es especialmente importante tener cuidado con los acuíferos muy superficiales y con aquellos que estén sirviendo para abastecer de agua a la población.

Ejemplo: En un barrio de Maputo (Mozambique) ESF diseñó unas letrinas de baja profundidad e impermeables debido a la presencia de un nivel freático muy alto, el agua aparecía cavando entre 70 y 100 cm de profundidad. Una letrina más profunda no impermeabilizada habría empeorado la calidad del acuífero.

4.3.2. Tipos de acuífero

El movimiento del agua subterránea se produce a través de espacios conectados entre sí en el suelo o la roca. Si no existen vacíos de algún tipo, o si los vacíos existentes están aislados (como burbujas de gas), no existe movimiento.

Tipos de huecos en suelo o roca

Espacio poroso: Los poros representan el único tipo de vacíos que poseen las rocas no consolidadas (suelos y sedimentos sueltos como arena, grava, etc.).

Grietas: Las grietas, fracturas y diaclasas son los tipos de vacíos principales e importantes en todas las rocas consolidadas (rocas sedimentarias como arenisca; rocas magmáticas o metamórficas como granito, andesita, pizarra, etc.).

No obstante, existen rocas sedimentarias (como conglomerados y areniscas) que cuentan a veces con una porosidad muy elevada. Algunas rocas volcánicas también pueden tener un espacio poroso notable. En función de la presencia y naturaleza de vacíos, algunas rocas permiten un flujo del agua y otras no lo permiten.

Acuífero y acuífugo

En función de la capacidad de flujo a través del terreno, los espacios se clasifican en:

- Acuífero, aquellas rocas o suelos que permiten el flujo del agua.
- Acuífugo, aquellas rocas o suelos que no permiten el flujo de agua (no necesariamente impermeables).
- Acuícludo o acuitardo, aquellas rocas o suelos que permiten un flujo muy limitado de agua.

Ejemplo:

Habitualmente una arcilla es considerada un acuífugo, aunque no es una roca absolutamente impermeable. Sin embargo, también a través de la arcilla puede producirse un flujo de agua subterránea, pero un flujo extremadamente lento. En cambio, una formación de sal de roca puede ser considerada como totalmente impermeable.

El gráfico siguiente muestra un ejemplo de una serie de rocas estratificadas con distintas propiedades hidrológicas, es decir, una secuencia de varios acuíferos y acuífugos.

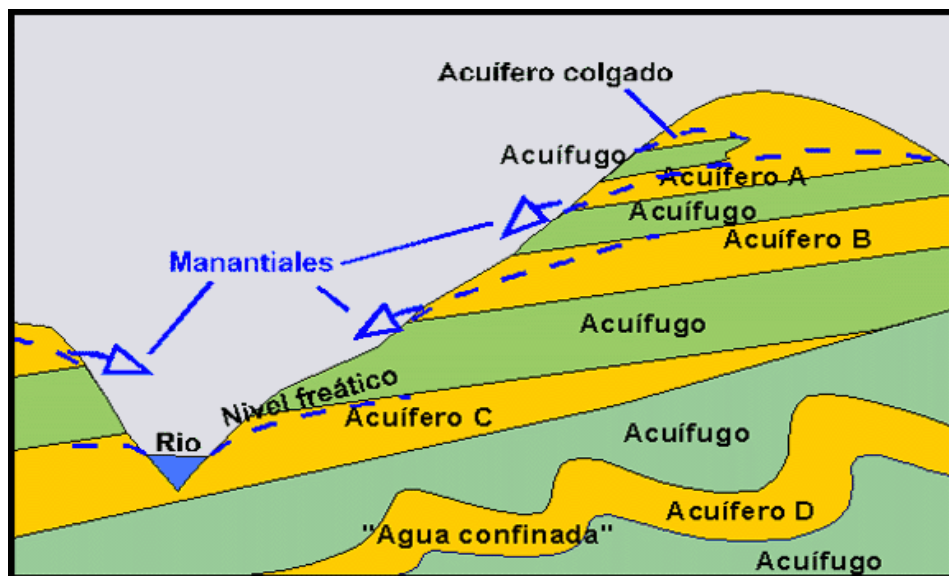


Gráfico 4. Ejemplo de distintos acuíferos.

Fuente: Departamento de Minas - Universidad de Atacama

4.3.3. Propiedades hidrogeológicas de algunas rocas

La siguiente tabla muestra algunas propiedades hidrogeológicas básicas de diferentes rocas. Por 'roca' se entiende rocas sólidas, consolidadas (como caliza, arenisca, granito, etc.) y rocas no consolidadas (como suelos y depósitos cuaternarios).

Tipo de roca	Tipos de vacíos	Porosidad	Permeabilidad	Caudal máximo de manantiales [l/min]
Grava	poros	elevada	elevada	3800
Arena	poros	elevada	elevada	1000
Arcilla	poros	elevada	muy baja	< 4
Arenisca poco cementada	poros y fisuras	variable, generalmente elevada	generalmente elevada	hasta 800
Caliza	poros, fisuras y cavernas	muy variable	variable, generalmente elevada	1700 frecuente; hasta 1.000.000
Roca Piroclástica poco cementada	poros	elevada	variable, generalmente elevada	hasta 2400
Basalto	poros, fisuras y cavernas	variable	variable	entre 1700 y 3800 frecuente
Riolita	poros y fisuras	variable, generalmente baja	variable, generalmente baja	entre 4 y 100 frecuente
Granito no alterado	fisuras	muy baja (casi nulo)	muy baja	4 - 40 frecuente
Gneis	fisuras	muy baja (casi nulo)	muy baja	< 40

Gráfico 5. Propiedades hidrogeológicas de algunas rocas.
Fuente: Departamento de Minas - Universidad de Atacama

Nivel piezométrico y nivel freático en acuífero

Es fundamental distinguir entre nivel freático y nivel piezométrico en un acuífero pues, muy a menudo, estos dos niveles no coinciden. El nivel freático es el nivel en el que se encuentra la superficie del agua subterránea, en cambio el nivel piezométrico es el nivel de la presión del agua. En un acuífero libre, que no está a presión, la presión del agua coincide con la presión atmosférica, y por lo tanto los niveles freático y piezométrico coinciden también. Aquel acuífero en el que el nivel freático no coincide con el nivel piezométrico se denomina acuífero confinado.

En un acuífero confinado, donde el nivel piezométrico es superior al nivel freático, cuando se perfora para encontrar el agua, ésta sale a presión y sube hasta igualar su presión con la presión atmosférica.

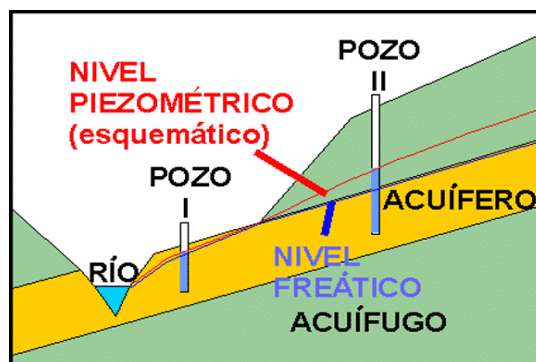


Gráfico 6. Acuífero confinado en un tramo.
Fuente: Departamento de Minas - Universidad de Atacama

4.4 LAS CUENCAS COMO UNIDAD DE GESTIÓN

Las cuencas hidrográficas son unidades territoriales cuyas aguas fluyen hacia un mismo punto que puede desembocar en un río, lago o mar. Pero más allá de su definición física las cuencas han pasado a ser en las últimas décadas una unidad fundamental para la gestión del territorio y de sus recursos naturales. Así pues, se definen como “unidades territoriales delimitadas por la propia naturaleza entorno al ciclo del agua: su captación, distribución y usos diversos que constituyen fuente de vida para las personas” (adaptación de PNUD, 2010).

Las cuencas cumplen cuatro tipos de funciones indispensables para la vida y el desarrollo social (PNUD, 2010):

- a) hidrológicas, referidas a captación, almacenamiento natural y esorrentía del agua;
- b) ecosistémicas, consistentes en sustentar a las comunidades de seres vivos que la habitan y conservar los ecosistemas;
- c) ambientales, relacionadas con mantener los suelos, regular el ciclo hídrico, conservar la biodiversidad y bancos de germoplasma, y ayudar a la absorción de anhídrido carbónico; y
- d) socioeconómicas, dadas por el suministro de los recursos naturales necesarios para las actividades productivas, el abastecimiento de agua a las ciudades, espacios para el turismo y producción de energía hidroeléctrica.

La gestión integral con visión de cuenca se refiere a la gestión de los recursos más allá de las divisiones políticas y administrativas para preservar los recursos y distribuirlos de manera equitativa entre los habitantes de la región. Así pues, una adecuada gestión de los recursos hídricos pasa por la existencia de organismos o entidades de cuenca que tengan en cuenta los distintos intereses de los colectivos de la región. Las entidades de cuenca deben funcionar de manera participativa, facilitando y coordinando las acciones que se lleven a cabo en la cuenca.

La coexistencia de límites jurisdiccionales, institucionales y naturales en una misma cuenca es el principal obstáculo para la gestión del recurso agua con visión de cuenca.

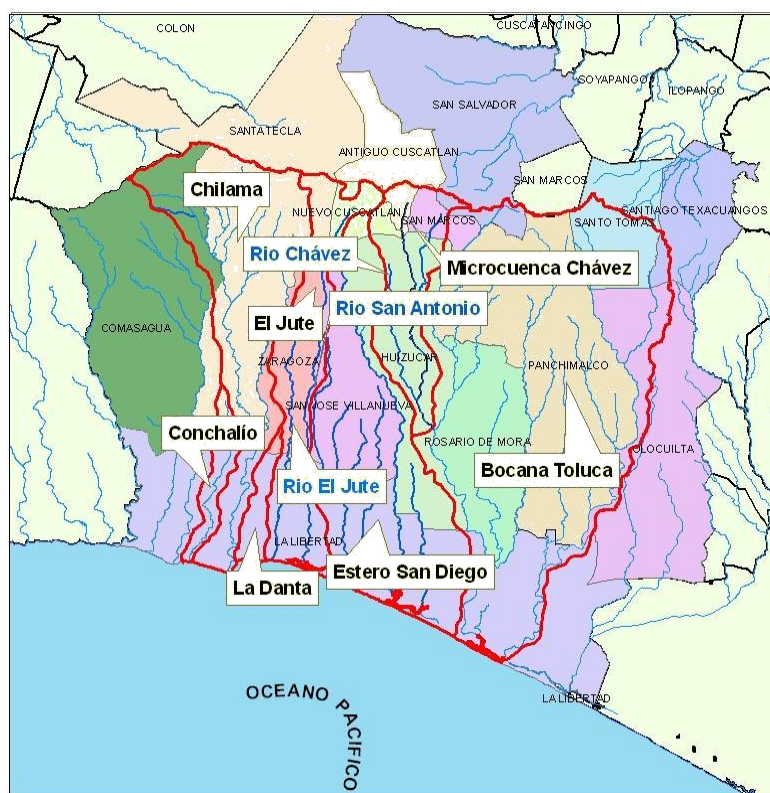


Gráfico 7. División por cuencas y límites municipales en el sur del Departamento de La Libertad (El Salvador).
Fuente: ESF, 2010.

4.5 LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO

Tanto en los proyectos de planificación hidrológica de un cierto alcance territorial (cuencas o unidades administrativas) como en los pequeños proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento a nivel de la comunidad será necesario tener en cuenta la conservación del recurso, es decir, cómo garantizar su cantidad y mejorar en lo posible su calidad.

Así mismo, en cualquier actuación deberá tenerse en cuenta la visión integral de cuenca para evitar el consumo excesivo en unas zonas en detrimento de otras o la contaminación descontrolada sin tener en cuenta quien aprovecha el mismo recurso aguas abajo.

4.5.1. La recarga de fuentes

Para el análisis de las componentes naturales y para el proyecto de abastecimiento en general, la topografía desempeña un papel importante en controlar la tarifa de la recarga. Otro aspecto importante es la correcta protección de la zona de recarga. Las medidas de protección de fuentes de agua son fundamentales: ubicación de casas y letrinas aguas arriba y alejadas de dichas fuentes, abrevaderos específicos para animales, evitar el uso de pesticidas para no contaminar los acuíferos.

Otras medidas que deben servir para aumentar el caudal de un manantial (o de un acuífero subterráneo) es la **reforestación**, ya que de esta forma la infiltración aumenta y la escorrentía disminuye. En general, las zonas que han sufrido pérdidas importantes de masa forestal, particularmente por incendios o talas masivas, tienen mayor riesgo de conducir el agua con mayor velocidad, aumentando el riesgo de inundaciones aguas abajo y reduciendo la capacidad de almacenar agua en manantiales o acuíferos.

4.5.2. Caudales ecológicos

Uno de los aspectos naturales que debe respetarse en un proyecto de abastecimiento de aguas es el mantenimiento de un caudal ecológico en cualquier actuación de extracción de agua, particularmente en un río. Los caudales ecológicos han sido tradicionalmente definidos como caudales mínimos medioambientales, y no existe una definición consensuada para cuantificarlos. Así, hay organismos que utilizan datos estrictamente hidrológicos, o que definen estos caudales como aquellos que puedan diluir los efectos de un vertido aguas abajo.

En la actualidad se integran también conceptos como la exigencia de agua del hábitat de la fauna fluvial en relación con los caudales circulantes, o incluyendo también el concepto de perímetro de la cuenca como parámetro representativo de la capacidad biogénica del río.

Una posible definición podría ser:

El caudal ecológico es la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para mantener el hábitat del río y su entorno en buenas condiciones, considerando las necesidades de las poblaciones humanas, animales y vegetales, así como los requerimientos físicos para mantener su estabilidad y cumplir sus funciones tales como la de flujo de dilución, capacidad de conducción de sólidos, recarga de acuíferos, mantenimiento de las características estéticas y paisajísticas del medio (Ministerio de Agricultura de Perú).

Una forma de estimar históricamente el caudal ecológico ha sido estipulando dicho valor en el 10% del caudal medio anual del río. Sin embargo, ahora existen formulaciones más específicas.

La legislación suiza, con una larga trayectoria en materia de protección del medio ambiente establece el caudal ecológico en función del caudal Q347, es decir, el que es superado 347 días al año, teniendo además en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para los cursos de agua cuyo Q347 sea inferior a 1.000 l/s, el caudal ecológico debe corresponder por lo menos al 35 % del caudal Q347,
- El caudal ecológico será al menos de 50 l/s,
- Exigencias mínimas generales,
- Exigencias mínimas para las aguas piscícolas.

Un ejemplo de establecimiento de caudales ecológicos en programas de cooperación al desarrollo en abastecimiento de aguas es el “Plan Director para el abastecimiento y saneamiento de aguas en el Sur de La Libertad. (El Salvador)”. En este Plan Director, realizado por la Asociación para la Cooperación y el Desarrollo Comunal de El Salvador (CORDES), ONG Salvadoreña, y la Asociación Catalana de Ingeniería Sin Fronteras (ESF-Catalunya), se establece como caudal ecológico el 23% del caudal natural.

4.6 PLANIFICACIÓN DE ACTUACIONES

La planificación hidrológica en proyectos de cooperación puede tener varias vertientes, desde la capacitación de técnicos de organizaciones o instituciones que quieren reforzar sus capacidades para la planificación y gestión de proyectos hídricos, hasta la propia elaboración de planes directores de actuaciones en una cierta región.

Los enfoques de la planificación pueden ser varios, aquí se exponen algunos puntos en común que los procesos de planificación deberían tener:

1. Diagnóstico: descripción de demandas y de los recursos disponibles.
2. Análisis de las posibles propuestas técnicas.
3. Criterios de priorización de actuaciones.
4. Agenda de actuaciones contrastada con los recursos disponibles (económicos, técnicos).

El diagnóstico incorpora una primera fase de recogida de información bibliográfica, tanto de la legislación como de otros estudios realizados. Igualmente es necesario juntar la cartografía disponible donde deben estar reflejados entre otros los cursos de agua, la orografía y las poblaciones u otras potenciales demandas (campos de cultivo, fábricas, etc.).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representan una herramienta muy útil para la representación gráfica de los elementos (recursos y demandas) y su posterior análisis, en otro capítulo se verá más en detalle.

Durante el análisis de las propuestas técnicas de un lado se estudiarán posibles soluciones técnicas adaptadas al lugar y de otro se pueden realizar unos primeros cálculos hidráulicos para definir las necesidades más concretas (volúmenes de los depósitos, distancia de tubo entre las fuentes y los puntos de consumo, etc.).

Normalmente las inversiones necesarias en la región de estudio no será posible realizarlas todas al mismo tiempo, por lo tanto, habrá que priorizar en el tiempo. Para tal existen varios criterios que pueden tenerse en cuenta: organización de las comunidades, situación de precariedad en relación al abastecimiento de agua, simplicidad de la actuación propuesta, entre otros. Conviene establecer estos criterios de manera clara y transparente con todos los actores, la aceptación de la agenda de actuaciones dependerá del consenso en la selección de estos criterios.

La agenda de actuaciones deberá ser realizada por la entidad gestora local ya sea agrupación de comunidades, ONG local o administración. Deberá hacer una previsión de los recursos económicos disponibles para dedicar a las inversiones tanto de abastecimiento de agua como de saneamiento y protección del recurso. Así mismo, será necesario evaluar los recursos

humanos disponibles, sus capacidades técnicas y prever en caso necesario formaciones en los aspectos que sean necesarios: planificación, construcción, gestión, etc.

La participación de todos los sectores de la población es imprescindible en todas las fases de este proceso, como ya se ha comentado en temas anteriores. El equipo técnico deberá tener un diálogo constante con la población estableciendo foros y encuentros periódicos, tanto con los representantes de las comunidades como con la propia población, siempre con enfoque de género.

Ejemplo: Plan Director de Abastecimiento de Agua y Saneamiento en comunidades rurales de El Salvador

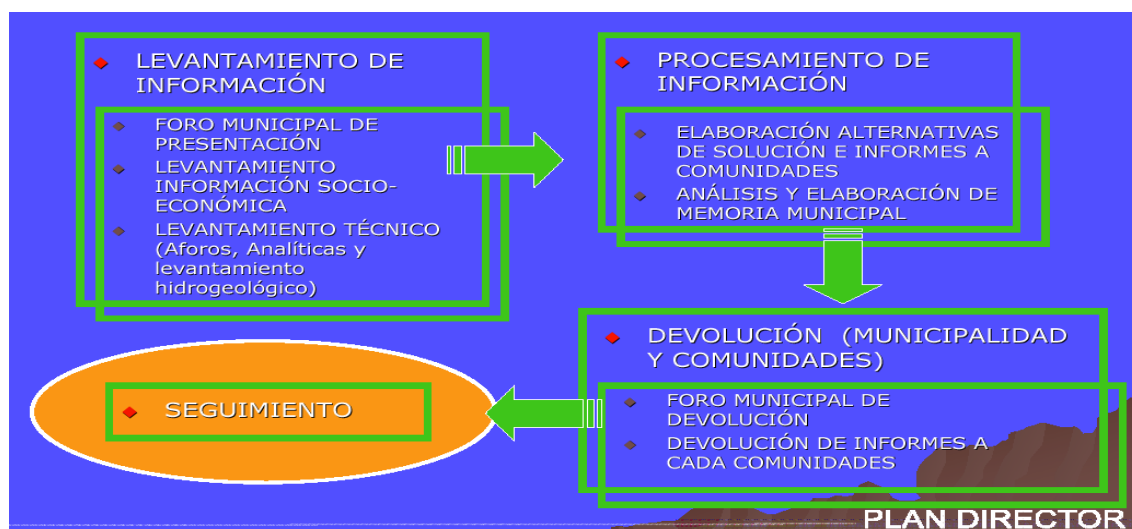


Gráfico 7. Esquema del proceso de elaboración del Plan Director de Abastecimiento y Saneamiento en comunidades rurales de El Salvador. Fuente: ESF, 2010.

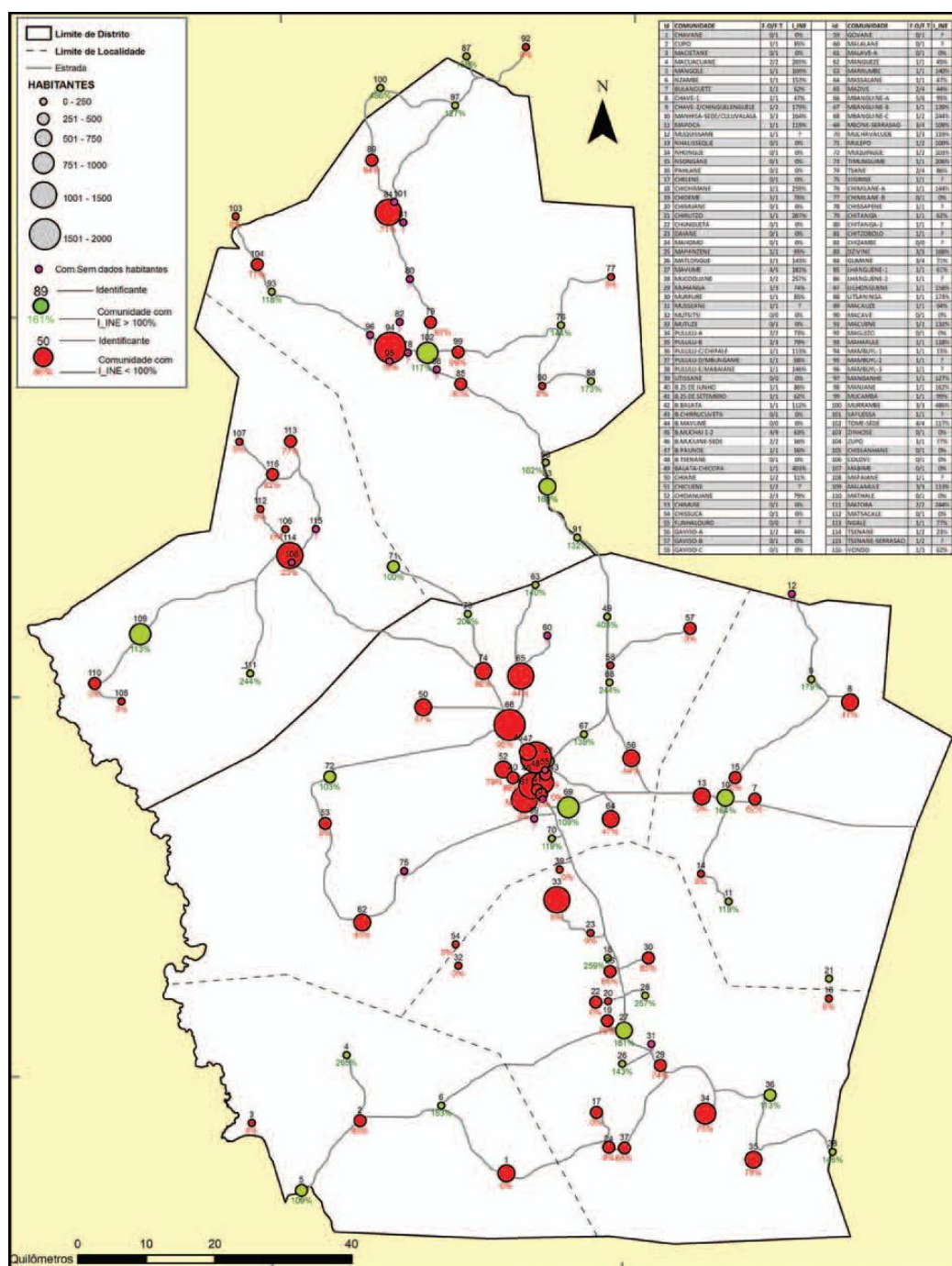


Gráfico 8. Índice de cobertura personas por fuente. Diagnostico de recursos y necesidades en el Distrito de Funhalouro, Mozambique. Fuente: UNAC - ESF, 2010.

4.7 BIBLIOGRAFÍA

PNUD (2010), *Cartilla II: Agua para beber, agua para vivir*. Proviene del: *Informe sobre Desarrollo Humano Perú, 2009. Vol 2: Una visión desde las cuencas*. PNUD, Perú. Rescatado el 20/06/2012 de <http://www.pnud.org.pe/data/publicacion/PNUD%20cartilla%202%20film.pdf>

Ros, C. & Unzeta, C. (2010), *Estudo dos Recursos e Necessidades Hídricas do Distrito de Funhalouro*, UNAC – ESF.