

LINEAMIENTOS PARA LA PLANIFICACIÓN

Y EL DISEÑO DE SISTEMAS DE USO MÚLTIPLE DEL AGUA,
EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA

• INÉS RESTREPO, ISABEL DOMÍNGUEZ, SILVIA CORRALES Y SANDRA BASTIDAS •



Universidad
del Valle

Programa  Editorial

El concepto de Usos Múltiples del Agua se está aplicando como una de las estrategias para reducir la pobreza y el hambre, especialmente en las zonas rurales, en cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Su operativización implica diseñar marcos normativos y guías técnicas que faciliten la implementación de sistemas de abastecimiento de agua que además del consumo humano incluyan las pequeñas actividades productivas que desarrolla principalmente la mujer en el hogar. Estas actividades ayudan a la mejorar la alimentación de los niños y proporcionan ingresos que contribuyen al bienestar de la familia y a solventar necesidades básicas durante las crisis económicas. Este libro presenta lineamientos para el diseño de sistemas de abastecimiento rurales que apliquen el concepto de usos múltiples del agua. Además de lineamientos técnicos, incluye lineamientos para la administración, operación y mantenimiento de tales sistemas. Su estructura se basa en los principios que deben cumplir los sistemas de uso múltiple, buscando un servicio de agua sostenible, que satisfaga las distintas necesidades de la familia rural.



Lineamientos para la planificación y el diseño de sistemas de uso múltiple del agua

En zonas rurales de Colombia



Colección Ingeniería

INÉS RESTREPO TARQUINO

Ingeniera Sanitaria de la Universidad del Valle, con una Maestría en Ingeniería de Sistemas y un Doctorado enfocado en Transferencia de Tecnología para el Nivel Local. Fue participante por Colombia en el Comité Técnico Suramericano de GWP, Global Water Partnership (Asociación Mundial del Agua) durante seis años y miembro del jurado Water Prize, otorgado en la Semana Mundial del Agua en Estocolmo, durante seis años. Coordina el grupo de investigación en Gestión Integrada de Recursos Hídricos del Instituto Ciénaga de la Universidad del Valle y es profesora Asociada, con cursos en pregrado y posgrados en la Facultad de Ingeniería. Fue una de las 15 personalidades invitadas a escribir Las Palabras del Agua para la Exposición Internacional del Agua en Zaragoza (España). Ha sido nominada para el *Senior Water Prize*, llamado el Nobel de Agua, que se otorga en Estocolmo.

ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA

Ingeniera Sanitaria de la Universidad del Valle, vinculada desde el año 2004 al grupo de investigaciones en Gestión integrada del recurso Hídrico, en el que inició como joven investigadora de Colciencia y ha participado en varios proyectos. Con una Maestría en gestión del Agua y el Ambiente en el *Water Engineering and Development Centre* (WEDC) en la Universidad de Loughborough, Reino Unido becada por el Banco Santander.

SILVIA MILENA CORRALES MARÍN

Economista de la Universidad del Valle; desde el 2005 hace parte del grupo de investigación Gestión Integrada del Recurso hídrico y es investigadora del grupo en diversos proyectos de investigación. Ha asesorado estudiantes de pregrado durante la realización de trabajos de grado de varias disciplinas.

SANDRA PATRICIA BASTIDAS FOLLECO

Profesional del área social con pregrado en Trabajo Social, posgrado en Investigación Social y actualmente adelanta la maestría en Desarrollo Sostenible en la Universidad de Caldas. Vinculada a la sede de la Universidad del Valle en Caicedonia como docente del programa de Administración de Empresas y como coordinadora del Programa Agroambiental adscrito a la Facultad de Ingeniería, Eidenar. Igualmente ha tenido a su cargo la coordinación del área de Bienestar Universitario de la sede.

Lineamientos para la planificación y el diseño de sistemas de uso múltiple del agua

En zonas rurales de Colombia

Inés Restrepo T.

Isabel Cristina Domínguez R.

Silvia Milena Corrales M.

Sandra Patricia Bastidas F.



Colección Ingeniería

Lineamientos para la planificación y el diseño de sistemas de uso múltiple del agua en zonas rurales de Colombia / Inés Restrepo Tarquino ... [et al]. -Santiago de Cali: Editorial Universidad del Valle, 2011.

p. ; 24 cm. -- (Ciencias Naturales y Exactas)

Incluye bibliografía.

1. Abastecimiento de agua rural - Aspectos sociales - Colombia 2. Alcantarillado - Infraestructura - Colombia 3. Abastecimiento de agua - Aspectos socioeconómicos - Colombia 4. Utilización del agua - Aspectos sociales - Colombia 1. Restrepo Tarquino, Inés II. Serie

333.912 cd 22 ed.

A 1306245

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Angel Arango

Universidad del Valle Programa Editorial

Título: *Lineamientos para la planificación y el diseño de sistemas de uso múltiple del agua en zonas rurales de Colombia*

Autoras: Inés Restrepo Tarquino, Isabel Cristina Domínguez, Silvia Milena Corrales y Sandra Patricia Bastidas

ISBN: 978-958-670-913-2

ISBN PDF: 978-958-765-461-5

DOI: 10.25100/peu.54

Colección: Ingeniería

Primera Edición Impresa **septiembre 2011**

Edición Digital **junio 2017**

Rector de la Universidad del Valle: Édgar Varela Barrios

Vicerrector de Investigaciones: Javier Medina Vásquez

Director del Programa Editorial: Francisco Ramírez Potes

© Universidad del Valle

© Inés Restrepo Tarquino, Isabel Cristina Domínguez, Silvia Milena Corrales y Sandra Patricia Bastidas

Diseño de carátula: Anna Echavarría. Elefante

Diagramación y corrección de estilo: G&G Editores

Este libro, o parte de él, no puede ser reproducido por ningún medio sin autorización escrita de la Universidad del Valle.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros. El autor es el responsable del respeto a los derechos de autor y del material contenido en la publicación (fotografías, ilustraciones, tablas, etc.), razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.

Cali, Colombia, junio de 2017

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a todas las comunidades, instituciones y estudiantes que participaron en las Alianzas de Aprendizaje y los estudios de caso llevados a cabo durante las investigaciones. Especial agradecimiento al Dr. John Butterworth, coordinador del componente latinoamericano del proyecto internacional “Usos Múltiples del Agua como una estrategia para la reducción de la pobreza”.

Este documento tiene contribuciones de los siguientes miembros de la Alianza para el Aprendizaje del Valle del Cauca y funcionarios de Cinara:

<i>Adriana Zamora</i>	Cinara ¹ , Universidad del Valle
<i>Alberto Benavides</i>	Cinara, Universidad del Valle
<i>Alejandro Ospina</i>	Estudiante, Universidad del Valle
<i>Alexander Aponte</i>	Cinara, Universidad del Valle
<i>Andrés Echeverri</i>	Eidenar ² , Universidad del Valle
<i>Clara Eugenia Roa</i>	CIAT
<i>Hernando Díez</i>	PAAR ³
<i>Jorge Lizarazo</i>	Comité de Cafeteros ⁴
<i>Lina María Marín Burbano</i>	Cinara, Universidad del Valle
<i>Luis Darío Sánchez</i>	Cinara, Universidad del Valle
<i>Marino Viveros</i>	Secretaría de Vivienda de la Gobernación del Valle del Cauca
<i>Norberto Urrutia</i>	Eidenar, Universidad del Valle
<i>Omar Alfredo Suárez</i>	Secretaría de Vivienda de la Gobernación del Valle del Cauca
<i>Sandra Góez</i>	Comité de Cafeteros
<i>Shirley Paola Tamayo</i>	Cinara, Universidad del Valle
<i>Sonia Rodríguez</i>	Cinara, Universidad del Valle
<i>Ruth Amparo Eraso</i>	PAAR

¹ CINARA: Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico.

² EIDENAR: Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente.

³ PAAR: Programa de Abastecimiento de Agua Rural

⁴ Comité Departamental de Cafeteros del Valle del Cauca

**PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

*El gran poema lo fabrican todos
Los que pescan y barren,
Los que cuentan
Que se acabó el maíz en sus hogares
Y los que nunca cuentan nada
Y silenciosamente
Se quitan la camisa y los zapatos
Para dormir o trabajar
En medio del calor y del verano*

CARLOS CASTRO SAAVEDRA

(poeta colombiano)

La canción de la gente

**PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	21
ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	27
PRINCIPIO 1	31
PRINCIPIO 2	49
PRINCIPIO 3	69
PRINCIPIO 4	91
PRINCIPIO 5107
PRINCIPIO 6125
BIBLIOGRAFÍA.157
ANEXOS163

**PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Valores de la línea de pobreza e indigencia por persona al mes	35
Tabla 2	Ejemplo de actividades y metodología en la fase de diagnóstico	40
Tabla 3	Actividades sociales y económicas comprendidas en la fase de diseño	41
Tabla 4	Ejemplo de tabla para elaboración de un plan socioeducativo	43
Tabla 5	Valores de referencia para la demanda de agua para fines domésticos	52
Tabla 6	Valores de referencia para estimar la demanda de agua de los animales	53
Tabla 7	Coefficiente de cultivo en función del clima y la textura del suelo	56
Tabla 8	Parámetros de calidad del agua para consumo humano	64
Tabla 9	Parámetros de calidad del agua para uso pecuario	66
Tabla 10	Parámetros de calidad del agua para cultivo de peces	67
Tabla 11	Parámetros de calidad del agua para uso agrícola	68
Tabla 12	Estimación de la disponibilidad de agua a partir de aguas lluvias	71
Tabla 13	Estimación de la disponibilidad de agua a partir de fuentes superficiales	73
Tabla 14	Estimación de la disponibilidad de agua a partir de fuentes subterráneas	73
Tabla 15	Estimación de la disponibilidad de agua a partir de aguas residuales	75
Tabla 16	Información para identificar peligros relacionados con las fuentes de agua	76
Tabla 17	Ejemplo de una tabla para cuantificación de riesgos	78
Tabla 18	Ejemplos de definiciones de probabilidad de daño y gravedad según uso	78
Tabla 19	Determinaciones analíticas recomendadas para agua lluvia	79
Tabla 20	Determinaciones analíticas recomendadas para agua superficial	81
Tabla 21	Determinaciones analíticas recomendadas en agua subterránea	83
Tabla 22	Determinaciones analíticas recomendadas para agua residual	85
Tabla 23	Medidas de protección para el uso de agua residual en agricultura	88
Tabla 24	Medidas de protección para el uso del agua en acuicultura	89
Tabla 25	Esquemas tecnológicos para tratamiento de aguas residuales a nivel individual	102

Tabla 26	Algunas opciones tecnológicas para sistemas de uso múltiple	104
Tabla 27	Formato para el balance hídrico	112
Tabla 28	Eficiencia de riego de varias opciones tecnológicas y métodos de riego	115
Tabla 29	Matriz de calificación de organizaciones comunitarias	132
Tabla 30	Personal requerido para administración	142
Tabla 31	Formato de control para el mantenimiento de sistemas individuales	143
Tabla 32	Tareas de operación y mantenimiento	144
Tabla 33	Resumen de sistemas colectivos	147
Tabla 34	Resumen de sistemas crudo colectivo + tratamiento en vivienda	148
Tabla 35	Resumen de sistema de recolección de agua lluvia individual	148
Tabla 36	Resumen de sistema de saneamiento individual con reuso del agua	148
Tabla 37	Orden en que se deben incrementar las tarifas según actividad	155
Tabla 38	Ejemplo de rangos de animales y cultivos para cálculo de tarifas	156

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	Ciclo del proyecto	37
Fig. 2	Aspectos a tener en cuenta en la fase de diagnóstico	37
Fig. 3	Promedio de demanda de agua por tipo de actividad	59
Fig. 4	Relación entre salinidad y RAS	67
Fig. 5	Opciones tecnológicas para uso múltiple del agua en zonas rurales	92
Fig. 6	Sistema de uso múltiple colectivo con agua potable desde fuente superficial	94
Fig. 7	Sistema de uso múltiple a nivel colectivo con agua potable desde fuente subterránea	95
Fig. 8	Sistema de uso múltiple con acueducto y mejoramiento de calidad de agua en vivienda	97
Fig. 9	Sistema de uso múltiple a nivel individual con agua lluvia como única fuente	99
Fig. 10	Sistema de uso múltiple a nivel individual con agua superficial o subterránea como única fuente	101
Fig. 11	Sistema de uso múltiple: múltiples fuentes-tecnología multipropósito-múltiples usos	103
Fig. 12	Puntos en los cuales se pueden instalar medidores	119
Fig. 13	Esquema organizativo general de las JA y la AU	130
Fig. 14	Estructura organizativa propuesta	131

LISTA DE RECUADROS

Recuadro 1	La pobreza en Colombia	32
Recuadro 2	Perspectiva de género en el diseño de ingeniería	38
Recuadro 3	Demanda de agua según las investigaciones realizadas	58

LISTA DE ABREVIATURAS

ACV	Área de cultivos a atender por vivienda
CAP	Capacidad de pago
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
DAP	Disponibilidad a pagar
FL	Factor de Lang
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
ICV	Índice de condiciones de vida
lpd	Litros por dotación
lps	Litros por segundo
NBI	Necesidades básicas insatisfechas
PAAR	Programa de Abastecimiento de Agua Rural del Valle del Cauca
PML	Producción más limpia
PUC	Plan Único de Cuentas
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
URL	Así se referencian las páginas web

**PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

DEFINICIONES

Uso múltiple del agua: Utilización de diversas fuentes de agua en diferentes usos mediante tecnología multipropósito. Entre las fuentes se incluyen el agua residual tratada, el agua lluvia y el agua de niebla. El principio básico consiste en emplear la cantidad requerida para cada uso, con la calidad especificada para el respectivo uso.

Unidad Básica Territorial (UBT): Son las unidades que componen una localidad. Son UBT las viviendas, las instituciones escolares, las de salud, las militares, las tiendas, comercios, las industrias pequeñas, medianas y grandes, las fincas, entre otras posibles de encontrar en la zona rural.

Sistemas de uso múltiple por diseño: Sistemas que han sido diseñados contemplando el concepto anterior.

Sistemas de uso múltiple *de facto*: Sistemas que fueron diseñados sólo para uso doméstico o para irrigación, pero que en la realidad son usados para múltiples propósitos.

Sistemas de uso único: Sistemas diseñados y usados para un solo propósito. Por ejemplo, sistemas de riego o sistemas de acueducto diseñados sólo para uso doméstico, que efectivamente son usados para el propósito específico.

**PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

PRESENTACIÓN

Este documento, producto de investigación¹, es una contribución a la implementación de las Estrategias del gobierno nacional para la reducción de la pobreza y la desigualdad, en su componente de reducción de la pobreza rural, para la cual el agua es un elemento vital, en el marco de las acciones que se realizan para dar cumplimiento a los objetivos 1, 3 y 7 del Milenio (erradicación de la pobreza y el hambre, igualdad entre sexos, empoderamiento de la mujer y sostenibilidad ambiental). El Instituto Cinara ha trabajado el tema de los usos múltiples del agua aproximadamente desde el año 1999, realizando estudios exploratorios con estudiantes de pregrado y postgrado de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad del Valle, de 2004 a 2006, con financiación del CGIAR Challenge Program on Water and Food² y desde 2007 con la financiación de Colciencias. A través de la información recopilada en estos estudios ha sido posible tener evidencia sobre la relevancia de los usos productivos del agua para la familia rural pobre en el Valle del Cauca (Colombia) y sobre la forma en que esta situación es ignorada a diferentes niveles, debido a los marcos legales e institucionales que desconocen estas necesidades: mientras los sistemas de abasto son usados para múltiples propósitos en la zona rural, las políticas, leyes y regulación

1 Esta investigación se realizó en el marco de los proyectos “Usos Múltiples del Agua como una estrategia para la reducción de la pobreza”, financiado por el CGIAR Programme on Water and Food, coordinado por IWMI, con sede en Sur África, con la participación del IRC de los Países Bajos y el proyecto “Desarrollo de un modelo para la GIRH que promueva la equidad, la reducción de la pobreza y el desarrollo del país bajo el concepto de desarrollo sostenible”, financiado por COLCIENCIAS, ejecutado por la Universidad del Valle, la Universidad Tecnológica de Pereira - UTP y el Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT.

2 Disponibles en: www.musproject.net

para la planeación, diseño, operación, mantenimiento y administración, están orientados hacia el único propósito de proveer agua para el consumo humano, potable en unos pocos casos.

Es paradójico que las normas, los planificadores y los administradores, consideren apropiado el uso del agua de los sistemas de suministro para actividades productivas de tipo comercial e industrial de gran escala, tanto en zonas urbanas como rurales, pero no protegen la producción de los alimentos de los campesinos como lo indica el artículo 65 de la Constitución Nacional. Como resultado, los usuarios involucrados en actividades productivas de pequeña escala —generalmente la población más pobre— no encajan dentro de la estructura legal e institucional, por lo que sus necesidades a menudo son desconocidas. La consecuencia principal es que los sistemas de abastecimiento de agua fallan, los conflictos entre usuarios se incrementan, así como el hambre, la pobreza y el desplazamiento.

Ante esta problemática, el proyecto “Usos Múltiples del Agua como una estrategia para la reducción de la pobreza” en Colombia, enfocó su trabajo hacia la sensibilización mediante la preparación de casos de estudio y su socialización, la construcción de posibles soluciones, de manera conjunta con personas que se desempeñan en diferentes campos del sector agua, a través de alianzas para el aprendizaje —que es la estrategia para el trabajo participativo y la construcción conjunta de nuevo conocimiento— y el estudio de los marcos legales e institucionales para descubrir limitaciones y oportunidades e implementar sistemas de uso múltiple. En el marco del proyecto “Desarrollo de un modelo para la GIRH que promueva la equidad, la reducción de la pobreza y el desarrollo del país bajo el concepto de desarrollo sostenible” se están desarrollando propuestas para modificar el marco institucional en las zonas rurales.

El establecimiento de alianzas para el aprendizaje ha sido un punto crucial para la investigación de esta problemática de la zona rural. En noviembre de 2004, el Instituto Cinara invitó a quienes se desempeñan en el sector agua en el Departamento del Valle del Cauca a discutir sobre los usos múltiples del agua. Desde entonces se han realizado seis reuniones de trabajo con grupos intersectoriales, interinstitucionales e interdisciplinarios interesados en la temática. La dinámica de estas reuniones ha evolucionado desde transmitir información sobre el problema, hasta el trabajo conjunto y la búsqueda de alternativas de manera colectiva. En la Figura i aparece un esquema de la alianza de aprendizaje, donde se muestra el tipo de instituciones que se convocan alrededor de una situación que genera un proyecto de aprendizaje, en los niveles local, intermedio, nacional e internacional.

Se parte del ciclo del agua mostrado en la Figura ii y el modelo presentado en la Figura iii, según el cual, los sistemas de abastecimiento se deben centrar en las necesidades de agua de la Unidad Básica Territorial (UBT); en la Figura iii se muestra el predio familiar y se avanza en los distintos ni-

veles hasta alcanzar la microcuenca abastecedora. Otras UBT que se deben tener en cuenta son las instituciones (educativas, de salud, militares, etc.), el comercio y la industria, entre otras. Hay una estrecha relación entre los sistemas de agua y los de saneamiento, pues se considera el agua residual tratada como parte de la oferta hídrica disponible en los asentamientos humanos. La UBT en la cual se centra este estudio es el predio de las familias pobres, pues las demás UBT son generalmente tenidas en cuenta en el diseño del abastecimiento en el Sector de Agua y Saneamiento.

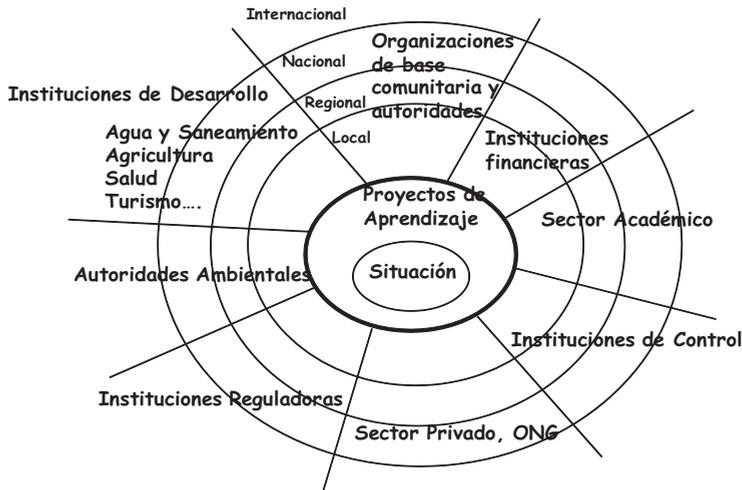


Figura i. Estructura de las alianzas para el aprendizaje

Fuente: Restrepo (2005)

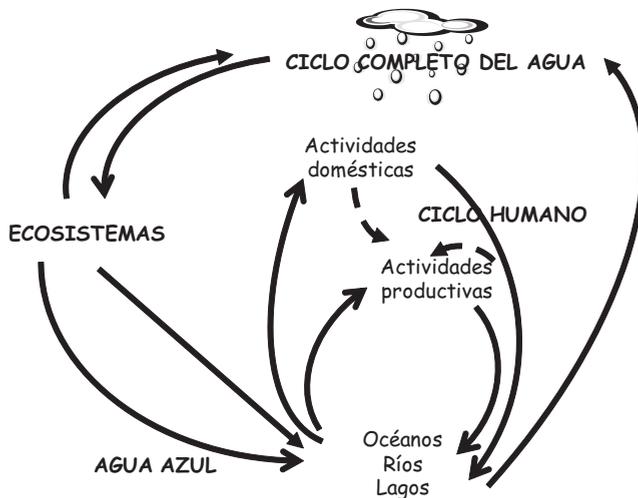


Figura ii. Ciclo completo del agua

Fuente: Restrepo (2004)



Figura iii. Usos múltiples del agua

Fuente: Restrepo (2004)

En el concepto de usos múltiples se considera que puede haber múltiples fuentes para múltiples usos y por lo tanto múltiples tecnologías simultáneamente —lo que se va poco a poco legitimando con la amenaza que implica para los seres humanos el cambio climático—. Los principios de producción más limpia se deben aplicar en la gestión del agua a todos los niveles, de tal forma que se extraiga del ambiente lo estrictamente necesario, se aproveche en el ciclo humano la oferta hídrica extraída el mayor tiempo posible y se produzca la menor cantidad de aguas residuales, cerrando el ciclo con su aprovechamiento.

Este documento presenta principios, acciones y herramientas para el diseño y administración de sistemas de abastecimiento de agua bajo el enfoque de usos múltiples, buscando principalmente sensibilizar a quienes trabajan en la planificación, ejecución y administración de sistemas de suministro de agua para zonas rurales, sobre las múltiples necesidades del líquido por parte de la gente del campo, que van más allá del consumo humano; busca ampliar el espectro de lo que se consideran alternativas para abastecer de agua a las poblaciones, tanto en términos de las fuentes como de las tecnologías que pueden considerar estos servicios y presentar estrategias para incorporar medidas de producción más limpia y uso eficiente del agua en las actividades domésticas y productivas de las comunidades rurales, de tal forma que los sistemas de uso múltiple contribuyan con la sostenibilidad

y la conservación del recurso hídrico. Además, incluye una aproximación hacia los aspectos organizativos, tarifarios y de costos, para lo que puede ser la administración de un sistema de abastecimiento de agua con estas características.

Los lineamientos aquí formulados son resultado de un proceso de investigación y aprendizaje conjunto de 5 años, desarrollado de manera participativa a través de la alianza. Es además uno de los pasos iniciales en torno a acciones concretas para implementar sistemas de abastecimiento de uso múltiple del agua, dado que quienes trabajan en proyectos de desarrollo han reconocido la existencia de limitaciones en la forma de suministrar agua y sobre la manera en que se debe planificar este tipo de servicios para atender múltiples propósitos en las zonas rurales. De la misma forma, se espera que pueda ser un insumo para la incorporación de enfoques innovadores en la formulación de políticas y normas para los sistemas de abasto en asentamientos rurales, dado que el censo DANE 2005 encontró que en el 73% de las viviendas rurales se desarrollan actividades productivas de pequeña escala. Además, es una contribución para cambiar el enfoque sectorial existente en los procesos de planificación relacionados con el agua, que dificultan la satisfacción de las necesidades integrales de la población.

**PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El documento ha sido organizado considerando “Principios”, “Acciones” y “Herramientas”. Los principios son las razones, ideas fundamentales y consideraciones primarias que deben regir la planificación y administración de un sistema de uso múltiple. Un ejemplo de principio es el siguiente:

El enfoque de usos múltiples debe permitir un acceso más equitativo al agua tanto para fines domésticos como para fines productivos de pequeña escala, contribuyendo a la reducción de la pobreza y a la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua.

Una “acción” es una actividad que posibilita el cumplimiento de lo planteado en el principio. Aparecen resaltadas con una viñeta de aprobación, como se muestra a continuación:



ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA CON BASE EN LOS MÚLTIPLES USOS DE LA FAMILIA RURAL CAMPESINA

Finalmente, las “herramientas” son ayudas que permiten desarrollar lo que se formula a través de las acciones. Las herramientas tienen una viñeta con un símbolo de llave de tuerca así:

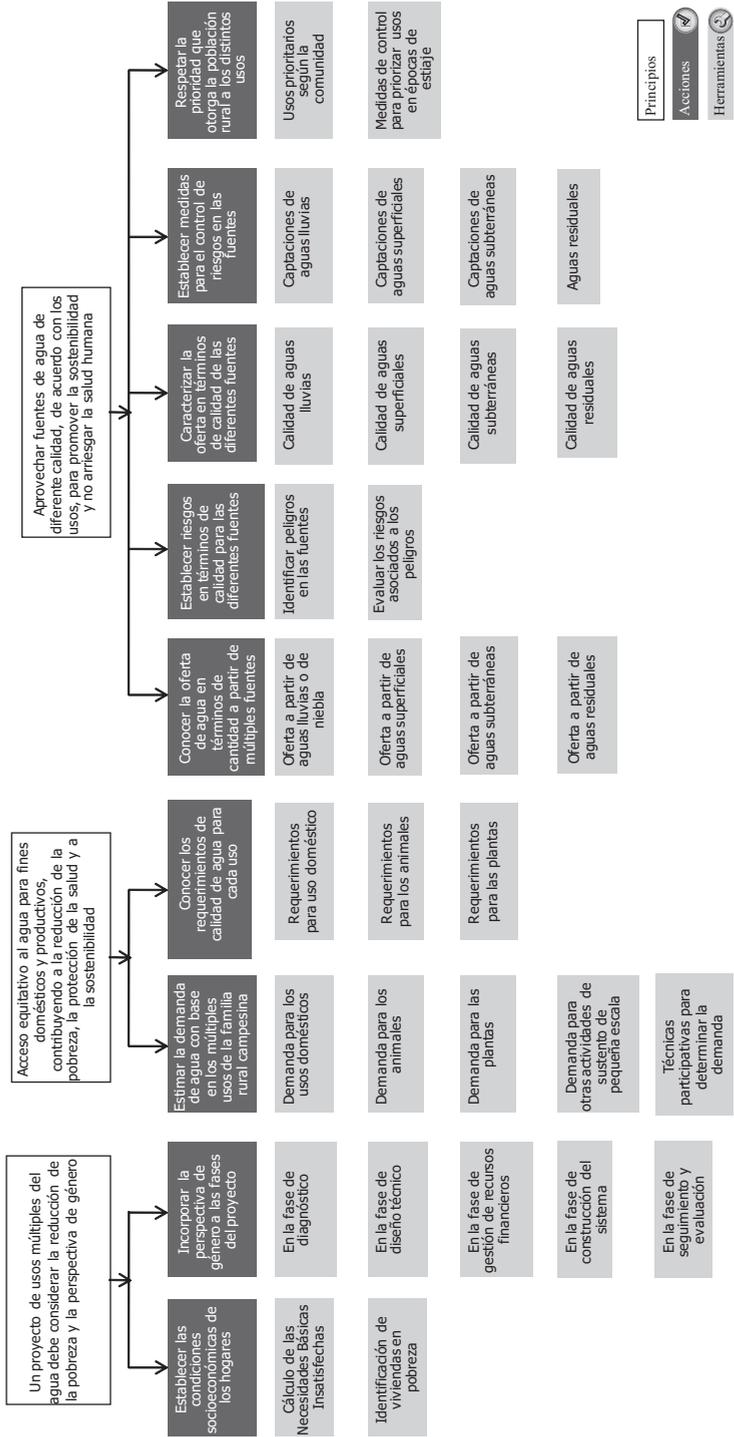


Estimación de la demanda de agua para los cultivos

Cabe resaltar que para un principio pueden existir varias acciones y para una acción varias herramientas.

Este documento contiene orientaciones pero no es una “receta” a seguir. Es una invitación a tener otras consideraciones en la planificación de servicios de agua y saneamiento, pues las soluciones dependerán siempre del contexto particular en cada caso.

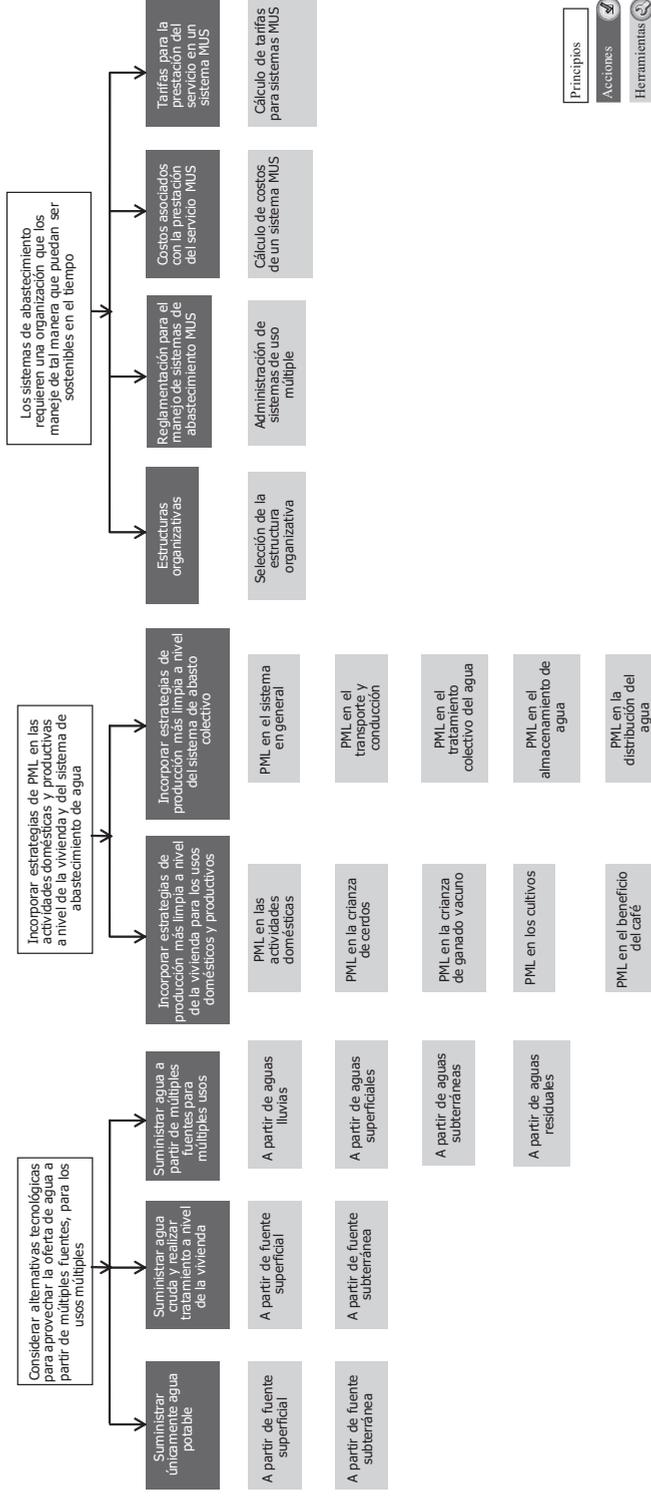
En la Figura iv aparece un esquema de la estructura del documento con los principios, acciones y herramientas.



Continúa

Figura iv Principios, acciones y herramientas para el diseño y gestión de sistemas de abastecimiento de agua para uso múltiple

Figura iv. (Cont.)



PRINCIPIO 1

Un proyecto de usos múltiples del agua debe considerar la reducción de la pobreza y tener perspectiva de género (“la adopción de una perspectiva de género significa centrarse tanto en las mujeres como en los hombres y sus relaciones entre sí y con los recursos naturales” (GWA, 2002)

Para planificar un sistema de uso múltiple es indispensable considerar, además de los aspectos técnicos y ambientales, dos aspectos fundamentales del componente socioeconómico: la reducción de la pobreza y la perspectiva de género. A través de estas estrategias se busca, por una parte, que las familias pobres de los asentamientos rurales tengan acceso al agua y por otra, que exista equidad de género en el acceso y manejo de los recursos, tanto del(los) sistema(s) de abastecimiento como del control del agua.



1.1 ESTABLECER LAS CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS DE LOS HOGARES

Hay indicadores que pueden determinar el nivel de vida de las familias. Estos son los indicadores que permiten medir el nivel de pobreza de los individuos que habitan una comunidad. En Colombia, los indicadores usados con mayor frecuencia son el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), el Índice de Condiciones de Vida (ICV) y la línea de pobreza. Establecer estos indicadores puede ayudar a la redistribución de los recursos a través de la estratificación de las viviendas y esto contribuye con la reducción de la pobreza. Además, se pueden establecer indicadores locales de riqueza-pobreza con la propia comunidad. El Recuadro 1 presenta la situación de pobreza en Colombia.

Recuadro 1. La pobreza en Colombia

Según la Misión para el Empalme de las Series Empleo, Pobreza y Desigualdad – MESEP (2010), la pobreza en Colombia en el año 2009 asciende al 45.5% mientras que el 16.4% de la población se encuentra en la pobreza extrema, lo que equivale a 7.1 millones de habitantes colombianos. El 64.3% de la población rural es pobre comparado con el 30.6% de la población pobre en las zonas urbanas; mientras el 29.1% de la población rural vive en la pobreza extrema en contraste con el 7.1% de la zona urbana. Según el MESEP, Bucaramanga es la ciudad donde menos pobres hay, alcanzando esta cifra el 18.5%; mientras Manizales es la ciudad con más pobres del país con un 47.7% en esta condición. Los ingresos mensuales que definen si una persona es pobre o se encuentra en pobreza extrema han sido definidos por el Departamento Nacional de Planeación en \$281.384 y \$120.588 pesos mensuales, respectivamente. Se ha estimado que una familia está compuesta por 4 personas. (DNP, 2010)

El índice de NBI busca determinar, con ayuda de algunos indicadores simples, si las necesidades básicas de la población se encuentran cubiertas. Los grupos que no alcancen un umbral mínimo fijado son clasificados como pobres. Los indicadores seleccionados son: viviendas inadecuadas, viviendas con hacinamiento crítico, viviendas con servicios inadecuados, viviendas con alta dependencia económica, viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela (URL 1). Este indicador muestra el porcentaje de personas o de hogares que tienen insatisfecha una o más necesidades definidas como básicas para subsistir, con el fin de medir el nivel y la intensidad de la pobreza (Pérez, 2005). En las zonas rurales se debe analizar con cuidado el indicador de vivienda inadecuada, pues las características de la vivienda socialmente aceptada por una comunidad rural por lo general son diferentes a las características de una vivienda aceptada a nivel institucional. Dado que cada uno de los indicadores se refiere a necesidades básicas de diferente tipo, se clasifican como pobres aquellos hogares que tengan al menos uno de los indicadores mencionados y en situación de miseria los hogares que tengan dos o más de los indicadores simples de NBI.

Otro indicador significativo para medir los niveles de pobreza, es el Índice de Condiciones de Vida (ICV). Permite una aproximación a los perfiles de calidad de vida de los hogares y a la incidencia, brecha e intensidad de la pobreza en ellos. El ICV lo integran 12 variables relativas a educación y capital humano, calidad de la vivienda, acceso y calidad de los servicios, tamaño y composición del hogar. Es un índice que relaciona variables de infraestructura, de características demográficas y de capital humano (URL 2). En consecuencia, el ICV es un indicador que tiene en cuenta variables de tipo cualitativo que posteriormente son cuantificadas. Algunas de las características tenidas en cuenta para su construcción son las características físicas del hogar (sistema de abastecimiento de agua, recolección de basuras, materiales de pisos y paredes, etc.) y de educación (escolaridad y asistencia escolar). Este índice puede tomar valores entre 0 y 100, en donde valores cada vez más grandes representan mejores condiciones de vida del hogar (URL 3).

Otro indicador de pobreza de amplia consideración en Colombia es el porcentaje de familias en la pobreza o la indigencia a través de la llamada Línea de Pobreza. Este indicador muestra el porcentaje de familias que se consideran pobres e indigentes de acuerdo con los ingresos que obtienen. La línea de indigencia está determinada por el valor de la canasta básica de bienes, que a su vez está determinada por la cantidad requerida de alimentos nutricionales mínimos. Mientras tanto, la línea de pobreza se obtiene de multiplicar el valor de la línea de indigencia por el inverso del coeficiente que explica el peso que tiene el gasto en alimentos sobre el gasto total (Coeficiente de Engel).

Además, se pueden construir indicadores de riqueza-pobreza con la comunidad. Por ejemplo, en una localidad rural de tierra fría, cuya actividad principal era la producción de leche, se consideraba que una familia era pobre si tenía menos de 10 vacas, pues su producción de leche era apenas para la subsistencia. La vivienda no era indicador de riqueza-pobreza en esta localidad. En otra localidad rural cuya actividad productiva son los servicios asociados al turismo urbano, se consideraba que una familia era muy pobre si sus miembros caminaban a lo largo del río vendiendo papas cocidas, en ollas; era menos pobre si esas papas se vendían en una mesa colocada en el andén durante los días de visita de turistas; aún menos pobre si tenía la mesa con dos asientos ubicada en la zona de entrada de la vivienda y era rico si tenía un restaurante organizado.

Todos los indicadores de riqueza-pobreza pueden ser visualizados en mapas que los mismos miembros de la comunidad pueden dibujar en el asentamiento. Estas metodologías pueden ser utilizadas para estratificar los hogares de las comunidades y servir de insumo para apoyar el cálculo de las tarifas del servicio prestado, si este es colectivo. Las comunidades interesadas en determinar sus propios indicadores de pobreza podrían realizar encuestas que les permitan definir la situación de la población en cada aspecto y con los resultados, definir la estratificación de la comunidad. Debe tenerse en cuenta que para esto se requieren recursos, líderes sólidos y con iniciativa y personas capaces de interpretar los resultados; estos aspectos pueden ser de gran utilidad para garantizar un apoyo equitativo a la prestación de los servicios.



1.1.1. Cálculo de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

El cálculo de los indicadores que permiten medir la pobreza y la distribución de género depende del tipo de indicador que se utilice. Para el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas se utiliza la siguiente información (URL 1):

Viviendas inadecuadas: Este indicador expresa las características físicas de viviendas consideradas impropias para el alojamiento humano. La

propia comunidad puede definir lo que se considera socialmente como una vivienda inaceptable.

Viviendas con hacinamiento crítico: Con este indicador se busca captar los niveles críticos de ocupación de los recursos de la vivienda por el grupo que la habita. Se consideran en esta situación las viviendas con más de tres personas por dormitorio (excluyendo cocina, baño y garaje).

Viviendas con servicios inadecuados: Este indicador expresa en forma más directa la carencia de acceso a condiciones vitales y sanitarias mínimas. El indicador institucional incluye las viviendas que carezcan de unidad sanitaria y acueducto y que se aprovisionen de agua en río, manantial o de la lluvia. Para el caso de sistemas de usos múltiples, la fuente de abastecimiento de agua no es lo importante para determinar si la vivienda tiene o no servicios de agua y saneamiento inadecuados, pues todas las fuentes se consideran apropiadas, así como no es importante tener acueducto, que es solamente una de las tecnologías disponibles para tener acceso al agua. El indicador podría complementarse con el indicador de continuidad del acceso al agua y con el estado de la infraestructura domiciliaria, además de la distancia de acarreo de agua hasta la vivienda.

Viviendas con alta dependencia económica: Es un indicador indirecto sobre los niveles de ingreso. Se clasifican aquí las viviendas en los cuales haya más de tres personas por miembro ocupado y el jefe de hogar tenga, como máximo, dos años de educación primaria aprobados.

Viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela: Mide la satisfacción de necesidades educativas mínimas para la población infantil. Considera las viviendas donde vive por lo menos, un niño mayor de 6 años y menor de 12, pariente del jefe de hogar, que no asista a un centro de educación formal.

Se puede realizar un mapa con la comunidad, ubicando las viviendas que se consideran pobres (una NBI) o en condiciones de miseria (dos o más NBI), para estimar la magnitud de la pobreza en relación con la población.



1.1.2. Identificación de los hogares por debajo de la línea de pobreza

Para identificar los hogares por debajo de la línea de pobreza se procede con la siguiente metodología³:

³ La decisión sobre el ajuste se hace dependiendo del origen de la información de los ingresos. Si la información proviene de encuestas realizadas por personas de la comunidad en su misma localidad, ellos pueden determinar la calidad de la información según su apreciación del ajuste a la realidad de las respuestas obtenidas. Podría pensarse que si las respuestas fueron otorgadas por una comunidad con buena voluntad de participación, la información es confiable y no requiere ajustes; sin embargo, esta siempre será una decisión subjetiva del investigador. Para realizar ajustes a los ingresos hay diferentes métodos: ajuste a Cuentas Nacionales, Imputación del ingreso por la propiedad de la vivienda, etc.

1. Identificar la población objetivo: población del asentamiento rural
2. Determinar la fuente de información que servirá de base para obtener los ingresos de los hogares
3. Identificar y agregar las variables que componen el ingreso del hogar
4. Hallar el ingreso por persona del hogar
5. Comparar el valor del ingreso por persona con los valores de la línea de pobreza e indigencia de las zonas rurales en Colombia
6. Identificar los hogares pobres y en pobreza extrema (indigencia)

En Colombia, actualmente el Departamento Nacional de Planeación determina los niveles de pobreza con base en la implementación de la Gran Encuesta Integrada de Hogares⁴. Para el 2009 determinó que la línea de pobreza y de pobreza extrema o indigencia está determinada como lo muestra la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de la línea de pobreza e indigencia por persona al mes

Fuente de cálculo	Valor de la línea de pobreza	Valores de la línea de indigencia
DNP	\$281.384	\$120.588

Fuente: DNP, 2010

Generalmente, estos son indicadores estimados y utilizados por el gobierno nacional para establecer políticas económicas; no obstante, es información pública y una comunidad puede utilizarlos en la medida en que los requiera. Hay información disponible sobre población en pobreza o indigencia para las principales concentraciones humanas de Colombia, lo que implica que información de zonas rurales diferentes a las aldeañas a las principales ciudades no se encuentra. En este sentido, en caso de que una comunidad requiera información particular sobre su comunidad, podría adaptar el estudio a su localidad. Para esto tendría que documentarse sobre la forma de evaluar los indicadores y su forma de obtención.

Una forma de hacerlo con indicadores propios de la localidad es hacer un taller comunitario para identificar colectivamente los indicadores de pobreza-riqueza y con la comunidad identificar los hogares en pobreza y extrema pobreza de acuerdo con esos indicadores en un mapa a mano alzada del asentamiento.

⁴ Antes de 2006 la pobreza se medía con base en la Encuesta Continua de Hogares (ECH).



1.2 INCORPORACIÓN DE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN TODAS LAS FASES DEL CICLO DEL PROYECTO

El uso y manejo del agua dentro de la vivienda y en la comunidad se ve afectado por las relaciones de género. Es decir que las mujeres y los hombres se relacionan de manera diferente con el agua, pues mientras ellas tienen un contacto diario con el líquido para diferentes labores, entre ellas las domésticas (aseo de la vivienda, preparación de alimentos, lavado de ropa y aseo personal), el riego de huertas y las labores de crianza de animales pequeños, ellos por su parte se relacionan principalmente con el recurso en actividades productivas de mayor escala como cultivos, crianza de animales grandes y mantenimiento de los sistemas de agua. En el caso de estudio de La Castilla (Cali, Valle), se encontró que el acueducto es utilizado en diferentes usos: para consumo doméstico, crianza de animales de corral y riego de pequeños cultivos de hortalizas y legumbres. Alrededor de estos usos, la mujer tiene el manejo y control del agua en la vivienda y sus cercanías, mientras que el hombre se responsabiliza del manejo del agua para el riego de cultivos, crianza de animales mayores y el mantenimiento de las instalaciones hidráulicas cuando se presentan daños (Cinara, 2007a).

Es importante reconocer los roles, necesidades y responsabilidades de mujeres y hombres en su relación con el agua y la naturaleza, pues estas son piezas clave para asegurar el camino hacia el desarrollo sostenible. Para ello, es importante partir del reconocimiento de las responsabilidades y derechos de mujeres y hombres en relación con el uso y el manejo del recurso hídrico; por eso ambos deben ser involucrados como actores fundamentales en la toma de decisiones y el manejo del mismo. Desde este punto de vista, la perspectiva de género en un proyecto de ingeniería permite comprender que la asignación del caudal para un acueducto debe ser definido con la participación tanto de hombres como de mujeres, expresando cuáles son sus necesidades, usos del agua, aspiraciones y prioridades, para finalmente plantear soluciones sostenibles que contribuyan a mejorar la seguridad alimentaria y calidad de vida de las familias, asegurándose de incluir las más pobres.

Un proyecto de usos múltiples de agua comprende varias fases: diagnóstico, diseño, gestión de recursos financieros, construcción, gestión del servicio y seguimiento y control (Figura 1). Todas estas fases involucran una serie de actividades técnicas, sociales y económicas, que deben ser abordadas bajo una perspectiva de género, promoviendo la participación activa tanto de hombres como de mujeres en el reconocimiento de la realidad, identificación de problemas y planteamiento de soluciones.

La fase de diagnóstico comprende una mirada integral de la realidad desde varios campos del conocimiento: el ambiente, entendiendo el comportamiento del agua y los ecosistemas; la tecnología, comprendiendo los

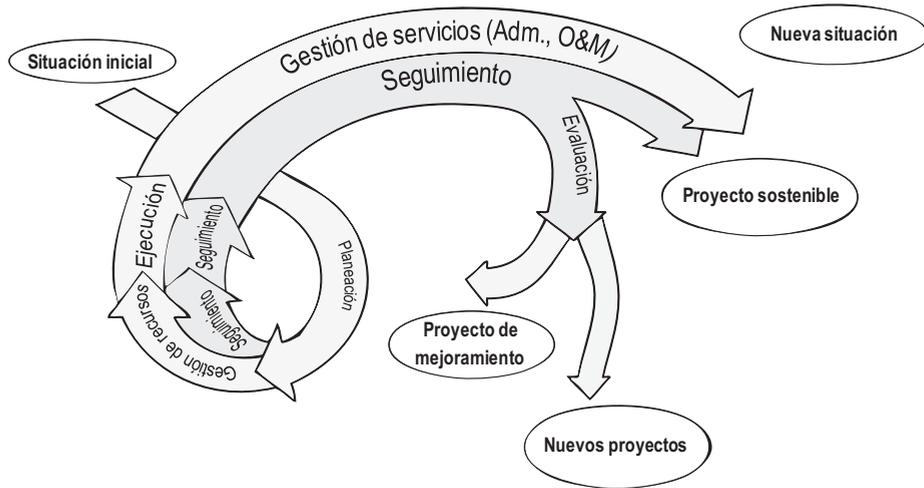


Figura 1. Ciclo del proyecto

Fuente: Cinara (1999)

distintos sistemas de acceso al agua; las ciencias económicas, analizando las condiciones socioeconómicas de las familias y su disposición y capacidad de pago por servicios ambientales; y las ciencias sociales, entendiendo las prácticas culturales de las familias, usos del agua, imaginarios colectivos del manejo y gestión del agua y la naturaleza. Desde esta visión, el diagnóstico involucra una revisión de varios aspectos, tal como lo señala la Figura 2.

La interrelación de estos campos del conocimiento en la fase de diagnóstico participativo con perspectiva de género, permite un análisis del proble-



Figura 2. Aspectos que se deben tener en cuenta en la fase de diagnóstico

ma del agua y sus usos, de forma integral, relacionando las prácticas de uso, con las condiciones socioeconómicas de las familias, la disponibilidad del recurso en la naturaleza y una mirada amplia del recurso desde diferentes actores sociales, ya que es analizado por hombres y mujeres, quienes expresan sus imaginarios colectivos sobre el manejo del agua y sus efectos, y aportan a la construcción de las posibles soluciones que son analizadas en las fases siguientes del proyecto.

Además de las actividades técnicas a tener en cuenta, mencionadas en este documento, en un proyecto de usos múltiples la fase de diseño debe comprender una serie de actividades sociales y económicas, paralelas a las técnicas, que llevan a perfilar y determinar las acciones educativas para promover la apropiación de las soluciones por parte de la población y a identificar los criterios para el diseño de las soluciones e identificar las condiciones socioeconómicas de la población sobre su capacidad y disponibilidad de pago para su sostenimiento. El diseño de ingeniería también debe tener en cuenta la perspectiva de género. Ejemplos de estas consideraciones de género en el diseño de ingeniería se presentan en el Recuadro 2.

Recuadro 2. Perspectiva de género en el diseño de ingeniería

El acceso al agua para el hogar debe ser consultado con la mujer. La distancia de la unidad sanitaria a la vivienda es importante para que pueda realizar adecuadamente sus labores, sobre todo considerando que generalmente la unidad sanitaria rural tiene sólo tres puntos de agua: el inodoro o taza sanitaria, la ducha y el lavadero –que hace las veces de lavamanos, lavaplatos y fregadero–. La disposición de cada componente es importante culturalmente. Por ejemplo, en un proyecto de saneamiento, las mujeres dejaron de usar el lavadero para lavar los utensilios de cocina porque estaba ubicado junto al inodoro. Culturalmente se consideraba sucio lavar los platos junto al inodoro. En otro ejemplo, la recolección de agua lluvia en la vivienda puede llevarle a la mujer el agua muy cerca a donde la requiere. Cuando la calidad o continuidad del agua del acueducto no es buena, se puede llevar directamente a la cocina, donde más la necesita y la puede proteger.

La fase de Gestión de Recursos Financieros comprende actividades para buscar y encontrar financiación de las obras y actividades que demanda un proyecto; esta búsqueda se realiza ante entidades gubernamentales nacionales, departamentales o municipales y/o ONG nacionales o internacionales. Posteriormente, se adelanta la construcción del sistema de usos múltiples acompañado de un grupo veedor y luego sería de vital importancia, realizar la evaluación de la eficiencia, eficacia y efectividad del proceso realizado.



1.2.1. Ejecución de la Fase de Diagnóstico

Para introducir la perspectiva de género en un proyecto de usos múltiples, durante la fase de diagnóstico participativo, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. El equipo de trabajo que ejercerá el rol de facilitador debe entender y aceptar la necesidad de involucrar este enfoque de manera transversal en el desarrollo del proyecto. Es importante que los equipos de trabajo se conformen por hombres y mujeres, buscando ser consecuentes con la teoría que se difunde. Se debe tener en cuenta que las diferencias entre hombres y mujeres, por sí mismas, no provocan desigualdad; esta se genera en el momento en que el grupo social asigna un mayor valor a uno de los géneros. Es precisamente esa valoración social la que impide que ambos géneros tengan las mismas oportunidades para su desarrollo personal y colectivo.
2. Diseñar un plan de intervención por fase, identificando las actividades que se van a realizar y la forma de abordarlas metodológicamente, para permitir la participación plena de hombres y mujeres. En la Tabla 2 se presenta un ejemplo de actividades y metodologías para desarrollar la fase de diagnóstico.
3. Seleccionar y elaborar herramientas o instrumentos para promover la participación activa de hombres y mujeres dentro del proceso. Se pueden emplear herramientas de tipo cualitativo desarrolladas por los Métodos de Investigación Rápida (Chambers, 1980) y de la Evaluación Participativa de Proyectos (Dayalt *et al.*, 2000). En el Anexo 1 se describen diversas técnicas que pueden ser utilizadas en el diagnóstico para promover la participación de hombres y mujeres.
4. Aplicar instrumentos participativos en espacios como el taller comunitario para identificar las apreciaciones de hombres y mujeres alrededor del agua. La promoción de actividades participativas con grupos focales o sectores de la comunidad, no son solamente un instrumento de recolección de datos por personal externo, sino que son también una herramienta de aprendizaje para las comunidades y el equipo de trabajo. Los instrumentos y los datos que resultan permiten a las comunidades tener una visión de su situación, aspecto que se convierte en la primera condición para generar cambios, si son necesarios. A menudo, las encuestas convencionales realizadas por personal externo sólo sirven para extraer información de las comunidades, para el uso exclusivo de los entrevistadores. Tales encuestas pueden ser una forma de explotación, cuando quienes responden dedican tiempo —el cual tiene un valor— y no reciben una retroalimentación de la información suministrada. Así mismo, la discusión abierta en grupos focales, con o sin estímulo, incrementa la posibilidad de obtener información con un alto nivel de credibilidad y relevancia, debido a que las respuestas sesgadas las tiende a controlar el grupo. No obstante, los grupos deben ser lo suficientemente homogéneos y debe haber un facilitador que asegure que todos los participantes tengan iguales oportunidades de opinión; de otra manera la sesión será dominada por los más presti-

Tabla 2. Ejemplo de actividades y metodología en la fase de diagnóstico

¿Qué se va a diagnosticar?	¿Para qué?: Objetivo	¿Cómo?: Técnicas	¿Con qué?: Materiales	¿Quiénes?: Respon- sabilidades	¿Dónde?	¿Cuánto tiempo? Cronograma
Composición del grupo de trabajo.	Composición del grupo en términos de hombres y mujeres con sus responsabilidades e imaginarios.	Las lanchas.	Papelógrafo, cinta, marcadores.	Hombre y mujer.	Localidad.	Una mañana.
Visión hombres y mujeres sobre el agua y los recursos naturales.	Expresar la visión de hombres y mujeres sobre el agua y los recursos naturales.	Gráfico histórico.	Papelógrafo, cinta, marcadores.	Hombre y mujer Niños y niñas.	Taller comunitario.	Una mañana.
Recursos naturales existentes en la comunidad.	Conocer y delimitar el acceso, uso, acuerdos de hombres y mujeres sobre el agua.	Diagrama de corte y transecto.	Papelógrafo, cinta, marcadores.	Hombre y mujer.	Localidad.	Dos días.
Cantidad y calidad de agua. Usos del agua.	Reconocer las oportunidades y limitaciones de hombres y mujeres.	Visitas a un río, microcuencia, visitas domiciliarias.	Guía de preguntas, bolígrafo, grabadora.	Hombre y mujer.	Localidad Viviendas.	Tres días.

giosos o los más extrovertidos. La experiencia en proyectos de desarrollo implementados por Cinara y otras instituciones en Colombia, señala que el uso de instrumentos participativos durante la fase de diagnóstico conduce a la apropiación de los resultados y de ese modo, a una mayor predisposición para encontrar respuestas a los problemas y plantear soluciones sostenibles por la población. El aprendizaje participativo le permite a todos los actores —hombres y mujeres en las comunidades, las instituciones y los equipos de proyectos y programas de agua y saneamiento— evaluar activamente las condiciones y analizar los resultados. Al ajustarse a la forma de aprendizaje de los adultos (principalmente a través de la experiencia), se aumentan las probabilidades de que se aprendan lecciones y se apliquen los resultados del aprendizaje.

5. Evaluar participativamente las actividades realizadas por fase. Esta actividad se puede hacer aplicando técnicas participativas que motiven

la intervención de hombres y mujeres en la evaluación del proceso. En el Anexo 2 también se puede encontrar una técnica participativa que se utiliza para conocer el nivel de satisfacción de los participantes.



1.2.2. Actividades de acompañamiento en la fase de diseño técnico del sistema

El proceso de diseño de un sistema de usos múltiples requiere de una serie de actividades de acompañamiento al proceso técnico, que ayudan a garantizar la sostenibilidad del sistema. En la Tabla 3 se presentan las actividades comprendidas en esta fase y que están relacionadas con trabajo social y económico.

Tabla 3. Actividades sociales y económicas comprendidas en la fase de diseño

Componente Social	Componente Socioeconómico
<ul style="list-style-type: none"> • Tipificación y priorización de hombres y mujeres sobre los principales problemas. • Diseño de un plan socioeducativo. • Elaboración de instrumentos de capacitación en el proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y aplicación de la encuesta de disposición y capacidad de pago de la población sobre el sistema colectivo de agua para usos múltiples, si lo hay.

COMPONENTE SOCIAL

Tipificación y priorización de problemas

En grupos focales de hombres y mujeres de una comunidad y preferiblemente personas que participaron en la fase de diagnóstico, se promueve la tipificación de los problemas (a nivel técnico, social, económico y administrativo) encontrados en el diagnóstico participativo. Para realizar esto, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Organizar dos grupos: Un grupo conformado por hombres y otro por mujeres; cada grupo debe revisar los problemas identificados en el diagnóstico participativo. Se hace una lista de problemas.
2. Los problemas se agrupan, identificando los comunes, en cuáles problemas son causas y en cuáles son consecuencias. Para los problemas comunes se define uno solo, el cual debe quedar bien enunciado. Los problemas que se seleccionan para el desarrollo de un plan socioeducativo son aquellos que tienen que ver con las causas.
3. Se revisa que los problemas estén escritos correctamente; ejemplo: escasez de agua en la vivienda para el riego de cultivos.

4. Se realiza una tipificación de los problemas escogiendo los estructurales, es decir, aquellos que por su dimensión generan otra serie de problemas. Ejemplo: Inadecuadas condiciones de suministro de agua en la vivienda generan problemas como desabastecimiento y pérdida de cultivos, inconformidad de la población, morosidad en el pago de la tarifa. Atacando el problema principal disminuyen las consecuencias del mismo.
5. Realizada la tipificación de los problemas por grupos (hombres y mujeres), se promueve un espacio para que los grupos argumenten los problemas tipificados. El propósito es obtener una sola lista de problemas, entre hombres y mujeres, a partir de los cuales se va a hacer la priorización.
6. Tipificados los problemas, hombres y mujeres proceden a priorizarlos y para ello se puede aplicar como instrumento de priorización la técnica “Escalando Problemas”, presentada durante la fase de diagnóstico participativo, que permite seleccionar entre todos los problemas, aquellos por los cuales la población estaría dispuesta a pagar para su solución (ver instructivo de la técnica en el Anexo 1). Se priorizan aquellos problemas relacionados con la temática del proyecto.
7. Priorizados los problemas por hombres y mujeres, se procede a analizar el nivel de gobernabilidad en la solución de los mismos: ¿cuáles problemas pueden ser resueltos por la intervención comunitaria? ¿Cuáles son de gobernabilidad de las instituciones?, y ¿cuáles de ambos? A partir de los problemas priorizados se elabora el plan socioeducativo.

Plan socioeducativo

Comprende la programación de las acciones o actividades que se deben realizar para contrarrestar los problemas priorizados en el proyecto. En la Tabla 4 se presenta un ejemplo que se puede utilizar para la elaboración de un plan socioeducativo con la comunidad. En la elaboración del plan socioeducativo, el facilitador debe velar por que hombres y mujeres participen activamente, evitando que la vocería se concentre en pocas personas o que las mujeres no expresen sus ideas. El plan se puede dibujar en papel Kraf de manera amplia y clara, para que el resto de la comunidad se entere de las actividades a realizar en el proyecto. Para mantener a la población informada, el plan debe exponerse en un sitio visible de la localidad que puede ser la caseta comunal, el puesto de salud o en algún sitio público de paso obligado y frecuente. Es importante que la comunidad defina un grupo de personas para que hagan seguimiento al cumplimiento del plan socioeducativo.

Tabla 4. Ejemplo de tabla para elaboración de un plan socioeducativo

Problema	Objetivos	Actividades por fases	Instrumentos	Responsable	Metas	Corto, mediano y largo plazo

Elaboración de instrumentos de capacitación

Definidas las actividades por fases, se analizan los instrumentos a utilizar en aspectos de capacitación a la comunidad, por ejemplo:

- Cartelera explicando las alternativas tecnológicas para usos múltiples del agua.
- Elaboración de maquetas de las alternativas tecnológicas.
- Guía para la veeduría comunitaria en la construcción de las obras.
- Visitas de campo.
- Guías para seguimiento y control del sistema de usos múltiples de agua.
- Video sobre la situación encontrada y las soluciones planteadas.

Hay que analizar detenidamente qué instrumentos se pueden utilizar, teniendo en cuenta el tiempo de ejecución del proyecto y los recursos financieros disponibles.

COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

Disposición y capacidad de pago de la población sobre el sistema de usos múltiples

Para lograr sistemas de usos múltiples de agua sostenibles por la población usuaria es necesario el recaudo de una tarifa diferencial si hay un sistema colectivo o acuerdos para el mantenimiento y reparación de sistemas individuales, de acuerdo con el consumo y tipo de actividades, que contribuya al sostenimiento financiero del sistema. Para lograr esto, es importante evaluar la capacidad que tienen los habitantes para pagar por el servicio de agua, además de encontrar la disponibilidad y buena voluntad que pueda tener los usuarios para hacerlo. Este, además, se convierte en un insumo de gran importancia para decidir la estratificación de la comunidad y evaluar sus niveles de pobreza, temas que ya fueron abordados en este documento.

Para medir la capacidad y disponibilidad de pago de la población se utiliza con frecuencia la metodología denominada Valoración Contingente, que busca obtener la valoración que otorga un individuo ante un cambio en el

bienestar como producto de una modificación en las condiciones de oferta del bien, que podría ser un bien ambiental (URL 4). Esta metodología comprende la realización de un estudio de Disponibilidad a pagar (DAP) y Capacidad de pago (CAP) de la población por contar con un sistema de usos múltiples del agua. Este estudio puede realizarse de forma directa e indirecta: indirecta a través de información secundaria y directa a través de la realización de una encuesta que mide las condiciones socioeconómicas de la población (tenencia de la vivienda, empleo, gastos, ingresos), percepción con respecto al bien por el cual se indaga y su disposición a pagar por un servicio (¿cuánto está dispuesto a pagar por tener agua en su vivienda para diferentes usos?).

La forma directa refleja resultados más precisos por lo que suele ser la más utilizada cuando se disponen los recursos. A continuación se describen los pasos para realizar estudios de DAP y CAP a través de encuestas en la localidad:

1. Se conforma un equipo de trabajo interdisciplinario: profesionales de carreras como la economía y el trabajo social, con el apoyo del equipo técnico que diseña el sistema de uso múltiple, teniendo en cuenta el enfoque de género (participación de hombres y mujeres).
2. Diseñar la encuesta que va medir la disponibilidad y capacidad de pago de las familias. En el Anexo 2 se presenta un modelo de encuesta. Este modelo debe ajustarse a las características de la localidad y del estudio en particular.
3. En un taller con la comunidad se socializa y explica la importancia del estudio, metodología de trabajo y resultados esperados.
4. Se conforma un grupo de la comunidad integrado por hombres y mujeres para analizar la encuesta (lenguaje utilizado, deficiencias, tipos de respuestas, etc.) y realizarla en la comunidad. El grupo se selecciona teniendo en cuenta que se conforme con personas de nivel medio de escolaridad residentes en la localidad. Este grupo debe ser capacitado para realizar la encuesta.
5. De acuerdo con el tamaño de la población se obtiene una muestra estadística representativa, a la cual se le aplicará la encuesta de DAP y CAP. Debe definirse la forma de obtener la muestra ya que hay diferentes modos de hacerlo.
6. Una vez seleccionado el tipo de muestra y obtenido el tamaño de la misma, se deben seleccionar los sectores de la localidad, el horario en que se va a diligenciar la encuesta, la distribución del equipo encuestador, además de considerar todos los aspectos logísticos (reproducción de la encuesta, distribución del material, almuerzos, refrigerios, etc.)

7. Se realiza la encuesta por sectores con un control del trabajo de los encuestadores. La encuesta generalmente está dirigida al jefe de hogar o cónyuge⁵, teniendo en cuenta que sean hombres y mujeres.
8. Con la información recopilada en las encuestas se construye una base de datos para consignar dicha información.
9. Se analiza la información encontrada en el estudio de DAP en relación con variables sociales, económicas y de percepción de los usuarios sobre las condiciones del servicio.
10. Se modela la explicación de la disponibilidad a pagar por contar con un sistema de usos múltiples de agua. Para esto se utiliza software de modelación econométrica.
11. Se estima el valor de la disponibilidad a pagar por el servicio y el número de habitantes que está dispuesto a pagar.
12. Deben socializarse los resultados con la comunidad.

COMPONENTE TECNOLÓGICO

Diseño con perspectiva de género

Se debe consultar a hombres y mujeres por las fuentes de agua disponibles, tomando integralmente la oferta hídrica (agua lluvia, agua de niebla, agua superficial, agua subterránea, agua residual tratada). Generalmente la comunidad conoce bien el comportamiento histórico de las fuentes, sus niveles mínimos y máximos, los riesgos en la microcuenca, entre otros conocimientos. La percepción de los usos que pueden cubrir los distintos tipos de fuente es diferente para hombres y mujeres. Esto determina la aceptación social de cierto tipo de fuentes. El uso múltiple del agua está promoviendo el uso del agua atmosférica (el agua de Dios) junto con fuentes más tradicionales en las instituciones como los ríos y el agua subterránea y fuentes no tradicionales como las aguas residuales tratadas. La posibilidad de reuso del agua residual depende, por una parte, de la aceptación social y por otra, de la viabilidad técnica si hay actividades que faciliten el reuso.

La vivienda y sus cercanías son dominio de las actividades de la mujer, por lo que se debe promover activamente su participación en la localización de infraestructura (llaves, tanques de almacenamiento, unidad sanitaria, entre otras infraestructuras domiciliarias) y en la selección de los materiales y diseños de unidades en las que ella realizará sus actividades. Hay que tener en cuenta que las mujeres colombianas son de baja estatura (1,50-1,60 m) y que la mujer, por su constitución, no tiene la fuerza para mover infraestructura pesada. El diseño debe facilitarle a la mujer el cuidado del agua, por ejemplo, el agua lluvia se debe recolectar en tanques cubiertos, pero si

⁵ También pueden ser hijos mayores de edad con conocimiento de las condiciones socioeconómicas de la vivienda y con capacidad para determinar cómo se distribuye el ingreso en la familia.

el tanque está a nivel del piso, la tapa no debe ser tan pesada como para que ella no pueda sacar el agua. Lo ideal es que los tanques de almacenamiento sean altos y tengan llaves o tubería para la extracción del agua; así se protege su calidad. Hay que recordar que la familia le debe hacer el mantenimiento a la infraestructura domiciliaria, por lo que se debe diseñar para que realmente eso sea posible.



1.2.3. Gestión de recursos financieros

Inicia en el momento en que la comunidad o institución decide adelantar el proyecto. Puede tener varios momentos; por una parte, a veces se requiere gestión para iniciar el proyecto por lo que se gestionan recursos ya sea para la fase inicial de diseño o para diseño y construcción en su conjunto; también se presenta el caso de que la comunidad tiene diseños pero requiere recursos para construcción. Se deben identificar las posibles fuentes de financiación del proyecto y la identificación de la participación de la comunidad en la financiación de las obras: contribución en la gestión de los recursos; aporte de mano de obra o recuperación de la inversión vía tarifas⁶. Es muy importante cuantificar la contrapartida comunitaria y del municipio en el proyecto. En esta contrapartida se debe cuantificar no solo la participación de la comunidad en la construcción de la infraestructura con materiales, dinero o mano de obra, sino también el tiempo que la comunidad dedicará al proceso participativo.

Una vez identificadas las fuentes de financiación se procede a elaborar las fichas o perfil de proyectos ante instituciones solicitando los recursos. Generalmente, los formatos relacionan la cuantía, tipo de obra, población beneficiada y cronograma de trabajo, así como una explicación sobre la importancia y necesidad de que el proyecto se lleve a cabo. Estos formatos varían de acuerdo con el ente financiador. En cada país las instituciones gubernamentales y privadas tienen su propio diseño de solicitud de recursos y pueden pedirse en las instituciones y en muchos casos, descargarse de Internet. Es importante incluir a la mujer en las comisiones que gestionarán recursos y en los grupos de vigilancia de los recursos conseguidos.



1.2.4. Construcción del sistema

Esta fase involucra actividades relacionadas directamente con la construcción del sistema de usos múltiples, tanto la infraestructura colectiva (acueducto) como la infraestructura individual, si la hay. Generalmente, esta

⁶ Esta fase se adelanta siempre y cuando la comunidad no tenga garantizados los recursos de la inversión. Hay ocasiones en las cuales el desarrollo del proyecto se realiza porque existen los recursos para su culminación (incluyendo construcción del sistema).

actividad es contratada con terceros, que suelen ser agentes constructores conformados por profesionales del área de ingeniería hidráulica y estructural con sus respectivos equipos de trabajo, actividades que no se detallan en esta guía por no ser su objeto de análisis. La comunidad debe conocer todos los detalles del diseño técnico y los requerimientos operacionales, tanto de los sistemas colectivos como de los sistemas individuales.

Sin embargo, es importante señalar que para acompañar el proceso de construcción se debe conformar un Comité de Veeduría con personas voluntarias de la comunidad, integrado por hombres y mujeres, incluyendo preferiblemente miembros con conocimientos en construcción y lectura de planos. La veeduría es un mecanismo democrático de representación que tienen los ciudadanos o sus organizaciones para vigilar la gestión pública y privada encargada de la ejecución de programas, proyectos, contratos o de la prestación de un servicio. Es también un apoyo para la interventoría que realiza la entidad contratante. En un proyecto de usos múltiples de agua se promueve la veeduría comunitaria con el objetivo de motivar la participación de la comunidad durante la construcción de las obras, en el control y manejo del sistema de agua y en la apropiación y responsabilidad de su sostenimiento. Para el caso de los sistemas de uso múltiple, el Comité Veedor debería estar conformado por personas representantes de los diferentes tipos de actividades existentes en la zona, ya que cada uno puede tener observaciones de acuerdo con las necesidades de su respectiva actividad.

Es esencial que el grupo veedor tenga un pleno conocimiento de la(s) tecnología(s) que se va(n) a implementar. La capacitación al grupo veedor puede hacerse sobre maquetas de la infraestructura que se construirá y que la familia debe mejorar. Se debe establecer el procedimiento de contacto de la comunidad con el constructor y el interventor para evitar conflictos. Un ejemplo es que la comunidad lleve un cuaderno de observaciones de sus visitas a la obra (bitácora de obra), que sea firmado por el interventor cada vez que hace sus visitas. La comunidad no debe ordenar cambios; únicamente el interventor puede hacerlo, pero todo cambio sugerido por la comunidad en su bitácora debe tener la correspondiente nota de respuesta del interventor en el mismo cuaderno.



1.2.5. Seguimiento y evaluación del proceso

Para garantizar la sostenibilidad de un sistema es recomendable contar con una fase de seguimiento, que se desarrolla de forma paralela a todo el proceso. El seguimiento en la fase de diseño tiene dos formas: una interventoría de la institución que lo contrata y una veeduría comunitaria, lo cual garantiza una selección participativa de opciones tecnológicas y la participación de la comunidad. Durante la fase de construcción, el seguimiento también lo hace una interventoría por parte de la institución contratante y

un comité veedor de la comunidad, como se explicó en el ítem anterior. El seguimiento permite corregir durante el proceso cualquier desviación que no esté contemplada en el proyecto y que lo pueda afectar negativamente.

La evaluación se lleva a cabo al finalizar el proyecto y busca inicialmente determinar si se cumplieron los objetivos planteados. Uno de los objetivos a verificar es si las familias pobres tienen acceso efectivo al agua para todas sus necesidades y si las mujeres tienen equidad en ese acceso y participan en el control. Es ideal que, una vez finalizada la obra y conformada una organización comunitaria para el manejo de un sistema de uso múltiple, se realice un control al funcionamiento de las estructuras individuales y colectivas, así como al manejo del sistema y al desempeño de los encargados. La evaluación de eficiencia del proyecto (recursos vs productos) es casi siempre realizada por la institución contratante; la eficacia (productos vs objetivos específicos) y la efectividad (objetivos del proyecto vs objetivos de desarrollo) pueden ser medidas con la comunidad. Se debe recordar que la comunidad tiene derecho a conocer los contratos de los que intervienen en un proyecto y que tiene mecanismos de participación definidos por la Constitución y las leyes para hacer cumplir ese derecho.

La evaluación puede hacerse con formatos que califiquen el funcionamiento del sistema y las condiciones de acceso y control por parte de hombres, mujeres y familias pobres. Por otra parte, una vez el proyecto sea entregado a la comunidad, la entidad administradora y los grupos de veeduría ciudadana deben llevar a cabo evaluaciones periódicas. Las evaluaciones periódicas contribuirán a mejorar la sostenibilidad del servicio de abastecimiento y a identificar nuevos proyectos. Durante la fase de administración, operación y mantenimiento se deben medir indicadores sencillos tanto a nivel domiciliario (que pueden ser medidos por la mujer) como a nivel de la localidad. Es muy importante hacer una evaluación del funcionamiento, específicamente con la mujer en su hogar.

PRINCIPIO 2

El enfoque de usos múltiples debe permitir un acceso más equitativo al agua, tanto para fines domésticos como para fines productivos de pequeña escala, contribuyendo a la reducción de la pobreza, a la protección de la salud y a la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua.

En Colombia, como en muchos países de bajos ingresos, gran parte de la población depende de actividades agrícolas, pecuarias y pequeños negocios caseros para su sustento básico. Diferentes casos de estudio desarrollados en el marco del proyecto “Usos Múltiples del Agua como una estrategia para reducir la pobreza” han mostrado como en algunas áreas rurales del Valle del Cauca, en cerca del 80% de las viviendas, la gente desarrolla actividades productivas que dependen del agua, principalmente la crianza de animales y el riego de pequeñas áreas de cultivo: 84% de las viviendas poseen áreas cultivadas menores a una hectárea; 54% tienen gallinas o pollos, 25% cerdos, 19% vacas y 8% caballos⁷. A excepción de los pollos, para los cuales el 62% de las familias que los poseen pueden tener hasta 15 unidades, para los cerdos (69%), vacas (61%) y caballos (98%), la familia tiene menos de 5 animales en su predio. Las mujeres se encargan principalmente de las gallinas (78%) y los cerdos (47%), mientras los hombres trabajan en los cultivos y el cuidado de los animales como vacas y caballos. La im-

⁷ Estos datos son resultado del procesamiento de información recopilada por 6 casos de estudio relacionados con el tema de los usos múltiples del agua en sistemas de abastecimiento de agua y minidistritos de riego de localidades rurales del Valle del Cauca; pueden ser consultados en: www.musproject.net

portancia de las actividades de sustento en las viviendas de la zona rural se evidencia aún más en los datos recabados por el censo nacional del 2005, donde se indica que en el 73.4 % de los hogares ubicados en áreas rurales, se desarrolla alguna actividad de tipo agropecuario (DANE, 2005).

El aprovechamiento del agua en actividades productivas de pequeña escala genera beneficios a las familias pobres, ya sea en términos de ingreso o nutrición. Estas actividades tienen un importante impacto socioeconómico, pues se encontró en los casos estudiados que la cosecha de cultivos permite obtener beneficios mensuales que varían entre \$COL 15.000 (US\$7,8)⁸ y \$COL 1'120.000 (US\$590) por cada media plaza⁹ cultivada. Esta variación depende del tipo de cultivo. Los beneficios mensuales que generan los animales se encuentran entre \$COL 9.000 (US\$4,8) y \$COL 59.000 (US\$31) pesos, considerando un número determinado de animales que oscila entre 5 y 18 unidades dependiendo del tipo de animal (Cinara, 2007b). Por lo tanto, el acceso a una fuente cercana y confiable de agua permite el desarrollo de actividades de sustento, que de otra forma no podrían realizarse y que son clave para sobrevivir en medio de la pobreza (GWP, 2000).

Desafortunadamente, mientras los sistemas de abastecimiento de agua en la zona rural son usados para múltiples propósitos, las políticas, leyes y reglamentación para la planeación, diseño, operación, mantenimiento y administración de estos sistemas están orientadas hacia la provisión de agua potable para el consumo humano, lo que compromete la sostenibilidad de las intervenciones y el bienestar de la población rural. En menor medida, los sistemas de riego cuentan también con sus propios mandatos¹⁰. Como una alternativa para mejorar este panorama de soluciones poco sostenibles y contribuir con el alivio de la pobreza de las comunidades del campo, se propone que estos sistemas sean planificados teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:



2.1. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA CON BASE EN LOS MÚLTIPLES USOS DEL AGUA DE LA FAMILIA RURAL CAMPESINA

La demanda de agua para uso múltiple implica considerar, además de la demanda para las actividades domésticas, el agua necesaria para las actividades productivas de pequeña escala desarrolladas por la gente del campo en su predio, como la crianza de animales, el cultivo de pequeñas parcelas y

⁸ Se consideró una tasa de cambio de \$1.900 por dólar.

⁹ Una plaza equivale a 6.400 m²

¹⁰ Mayor información sobre los marcos legales e institucionales y como inciden sobre la posibilidad de que los pobres puedan emplear el agua en actividades productivas, puede encontrarse en el documento: Marcos legales e institucionales y su impacto sobre los usos múltiples del agua (www.musproject.net).

huertas y los pequeños negocios caseros. A continuación se presentan algunas herramientas para incluir estas demandas en la etapa de diseño:



2.1.1. Estimación de la demanda de agua para actividades domésticas

Para estimar la cantidad de agua necesaria para satisfacer los usos domésticos es importante conocer el tamaño de la población y su dinámica de crecimiento, así como aspectos relacionados con el uso, el manejo del agua y las condiciones socioeconómicas. La demanda de agua para actividades domésticas está comprendida fundamentalmente por el agua para la bebida, agua para la preparación de alimentos, agua para el aseo personal y de la vivienda y agua para el saneamiento. En cuanto al saneamiento, la cantidad de agua utilizada depende del tipo de tecnología empleada. Las opciones varían desde el saneamiento en seco que no demanda agua, hasta alternativas que requieren un suministro permanente del líquido en importantes cantidades como el inodoro. En la Fotografía 1 se observa una mujer preparando alimentos en una vivienda

En general, desde la perspectiva de la salud y la higiene, Howard & Bartram (2003) establecen que un mínimo básico de suministro de agua para la protección de la salud corresponde a 20 lpd, de los cuales, 7,5 l son requeridos para bebida y preparación de alimentos. Para uso doméstico en zona rural de los Andes colombianos, Roa (2005) sugiere que se necesitan 85 lpd para los usos relacionados con la bebida, preparación de alimentos, lavado de platos, ducha, aseo personal, lavado de ropa, aseo de la casa e inodoro. En la Tabla 5 aparecen datos que indican la demanda de agua por tipo de actividad.



Fotografía 1. Mujer preparando alimentos en La Palma - Tres Puertas. (Restrepo, Valle)

Tabla 5. Valores de referencia para la demanda de agua para fines domésticos

Actividad	Demanda (lpd)						Rango
	Gleick ^a (1996)	Smet, J. & van Wijk, C. ^b (2002)	Roa ^c (2005)	Barrios ^d (2008)	Howard y Bartram (2003)	Restrepo ^e (2008)	
Bebida	2.5 - 5.5	---	---	---	---	---	2.5 - 5.5
Preparación de alimentos	10	---	---	---	---	---	10
Bebida y preparación de alimentos	---	8	4	4	5	---	4 - 8
Lavado de platos	---	---	11	25	10	---	10 - 25
Ducha	15 - 25	20	12	20	20	---	12 - 20
Lavado de manos y dientes	---	---	2	4	--	---	2 - 4
Limpieza de la casa	---	15	4	---	---	---	4 - 15
Lavado de ropa	---	20	27	50	---	---	20 - 50
Saneamiento	---	18	13	39	50	---	13 - 50
Fosa ventilada mejorada	0	---	---	---	---	---	0
Letrina de doble hoyo ventilada mejorada	0	---	---	---	---	---	0
Letrina compostera	0	---	---	---	---	---	0
Compostaje continuo	0	---	---	---	---	---	0
Taza campesina						2 l por descarga	2 l por descarga
Inodoro	6 - 10	---	---	---	---	6 - 18 l por descarga	6 - 18 l por descarga
Inodoro + tanque séptico	7.5	---	---	---	---	---	7.5
Alcantarillado con- vencional ineficiente	> 75	---	---	---	---	---	> 75
Total	28 - 143	81	73	142	85		73 - 142

^a Estudios en diferentes regiones del mundo.

^b Valores para el sudeste asiático.

^c Valores en la microcuenca de Los Saínos (Valle del Cauca, Colombia).

^d Valores para fincas productivas en el Departamento del Quindío (Colombia).

^e Comunicación personal.



2.1. 2. Estimación de la demanda de agua para los animales

El agua para los animales no está incluida en ningún tipo de sistema de abastecimiento, ni en acueductos, ni en sistemas de irrigación. Para estimar la demanda de agua correspondiente a los animales en un proyecto de abastecimiento para uso múltiple, debe conocerse el número de animales por vivienda y las especies a las que pertenecen. En la Fotografía 2 aparecen

viviendas de la zona rural del Valle del Cauca que presentan tenencia de animales y en la Tabla 6, los consumos de agua de animales comúnmente encontrados en este tipo de viviendas. Se debe considerar que esta demanda es continua.



Fotografía 2. Animales en viviendas con uso múltiple del agua

Tabla 6. Valores de referencia para estimar la demanda de agua de los animales

Especie Animal	Demanda (l/cabeza/día)				Rango
	HR Wallingford (2003)	URL 5	URL 6	Smet, J. & van Wijk, C. (2002)	
Caballo	25 - 45	---	30 - 45	20 - 35	20 - 45
Vaca seca - baja producción	45 - 55	---	---	25 - 45	25 - 55
Vaca lechera - alta producción	80 - 110	38 - 110	40 - 60	---	38 - 110
Novillos engorda	30 - 38	26 - 66	25 - 45	---	25 - 66
Oveja	3,8 - 7,0	4 - 15	4 - 10	15 - 25	3,8 - 25
Cordero (engorda)	2,0	---	---	---	2,0
Cabra	4,5 - 8,0	---	4 - 10	---	4 - 10
Cerdos	18 - 26	---	10 - 20	10 - 15	10 - 26
Conejos	0,3 - 0,7	---	---	---	0,3 - 0,7
Coneja + 7 gazapos	2,3	---	---	---	2,3
5 gallinas	---	---	1 - 1.5	---	1 - 1.5
100 gallinas postura	18 - 24	25	30 - 40	15 - 25	15 - 40

El proyecto de abastecimiento de agua para múltiples usos se enfoca en el suministro del líquido a la familia rural para satisfacer actividades de sustento de pequeña escala. En este sentido, debe diferenciarse claramente cuando la tenencia de animales es para suplir la dieta y como fuente me-

nor de ingresos y cuando se está desarrollando una actividad comercial. El número de animales considerados como una actividad de pequeña escala deberá ser concertado con la comunidad, indicando que las posibilidades de suministro dependen de la oferta hídrica y del costo del proyecto. Se debe tener en cuenta que el acceso al agua para las actividades de pequeña escala para la supervivencia está por encima de usos como el lavado de pisos. Por ejemplo, el proyecto puede establecer que se considerará como actividad productiva de pequeña escala la demanda de agua de 10 gallinas, 2 cerdos y 1 vaca. Debe haber un mensaje claro, especificando que para las actividades pecuarias de carácter comercial e industrial se tendrá una modalidad de cobro diferente y que las actividades comerciales e industriales de gran escala deberán buscar fuentes alternas de agua cuando la oferta disponible solo alcanza para la población. Por otra parte, debe definirse una estrategia para el uso eficiente del agua con los usuarios que desarrollen actividades comerciales e industriales.



2.1.3. Estimación de la demanda de agua para las plantas

Entre los criterios de importancia para establecer la demanda de agua para uso agrícola se encuentran el tipo de cultivo o cultivos principales en la zona de proyecto y el área sembrada para cada uno de ellos (Tabla 7). Adicionalmente, se deben tener en cuenta factores climáticos e hidrológicos de la zona, como temperatura, humedad relativa, brillo solar, radiación solar, velocidad del viento y precipitación. Cada cultivo tiene una necesidad determinada de agua; dependiendo de su fase de crecimiento, estas necesidades están representadas a través del coeficiente k_c . Otros factores que inciden en la demanda de agua de las plantas son el tipo de suelo y el método de riego empleado (Pizarro, 1996). En la Fotografía 3 aparecen pequeños cultivos en zona de ladera en el Corregimiento de La Paz, zona rural del municipio de Cali. Las necesidades de riego para pequeños cultivos en un sistema de abastecimiento de agua para uso múltiple pueden estimarse a partir de la Ecuación 1:

$$D_{plantas} = CC_{mus} * E_{To} * A_{cv} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$D_{plantas}$ = Dotación de agua para las plantas (l/s).

CC_{mus} = Coeficiente de cultivo para sistemas de abastecimiento de uso múltiple.

E_{To} = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

A_{cv} = Área de cultivos por vivienda que atenderá el proyecto (Ha).



Fotografía 3. Pequeños cultivos en La Paz (Cali, Valle)

En la Ecuación 1, ET_o , es el valor de evapotranspiración calculado respecto a un cultivo de referencia, por lo general alfalfa; ese valor depende de la zona climática y de la temperatura que existe en cada zona. Existen cuatro métodos principales para estimar ET_o : los métodos de Blanny - Criddle, el método de la radiación, el método de evaporación de Pan y el método de Penman - Monteith. El método de Penman - Monteith es el recomendado siempre que sea posible, cuando se faciliten los suficientes datos meteorológicos (HR Wallingford, 2003).

La Tabla 7 incluye los coeficientes de cultivo para sistemas de uso múltiple, para los cultivos más representativos de la zona rural del Valle del Cauca, en sus fases de mayor demanda de agua. Los coeficientes que aparecen se seleccionan de acuerdo con la clasificación climática y la textura de suelo existente en el área de proyecto y han sido calculados para los métodos de riego localizado de alta frecuencia y aspersión. El riego localizado de alta frecuencia puede realizarse mediante las técnicas de goteo, microaspersión o exudación. La clasificación climática de la zona de estudio depende de la temperatura promedio y la precipitación promedio, que corresponden al Factor de Lang (FL), que se calcula con la Ecuación 2. Si el Factor de Lang es menor de 60, entonces el sitio es de clima árido. Si el Factor de Lang es mayor de 60, entonces el sitio es de clima húmedo.

$$FL = \frac{PrecProm}{TemProm} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

PrecProm = Precipitación promedio anual (mm/año)

TemProm = Temperatura promedio anual (°C)

Tabla 7. Coeficiente de cultivo (CC) en función del clima y la textura del suelo

Cultivo	Kc	CC en Riego Localizado de Alta Frecuencia *								CC en Riego por aspersión **
		Clima árido				Clima húmedo				
		Muy porosa	Arenosa	Media	Fina	Muy porosa	Arenosa	Media	Fina	
Tomate	1,15	0,174	0,164	0,156	0,156	0,228	0,197	0,174	0,164	0,317
Cebolla	1,05	0,159	0,150	0,142	0,142	0,208	0,180	0,159	0,150	0,289
Pimentón	1,05	0,159	0,150	0,142	0,142	0,208	0,180	0,159	0,150	0,289
Pepino	1	0,151	0,143	0,135	0,135	0,198	0,171	0,151	0,143	0,276
Repollo	1,05	0,159	0,150	0,142	0,142	0,208	0,180	0,159	0,150	0,289
Lechuga	1	0,151	0,143	0,135	0,135	0,198	0,171	0,151	0,143	0,276
Ají	1,13	0,171	0,161	0,153	0,153	0,224	0,194	0,171	0,161	0,311
Habi-chuela	1,1	0,166	0,157	0,149	0,149	0,218	0,189	0,166	0,157	0,303
Zanahoria	1,05	0,159	0,150	0,142	0,142	0,208	0,180	0,159	0,150	0,289
Cítricos	0,8	0,121	0,114	0,108	0,108	0,158	0,137	0,121	0,114	0,220
Maracuyá	1	0,151	0,143	0,135	0,135	0,198	0,171	0,151	0,143	0,276
Aguacate	0,85	0,129	0,121	0,115	0,115	0,168	0,146	0,129	0,121	0,234
Melón	0,85	0,129	0,121	0,115	0,115	0,168	0,146	0,129	0,121	0,234
Uva	0,85	0,129	0,121	0,115	0,115	0,168	0,146	0,129	0,121	0,234
Piña	0,5	0,076	0,071	0,068	0,068	0,099	0,086	0,076	0,071	0,138
Apio	1,05	0,159	0,150	0,142	0,142	0,208	0,180	0,159	0,150	0,289

* Para este cálculo se ha tenido en cuenta una profundidad de raíces menores de 0.75 m, un coeficiente de uniformidad de 0.9, y factores de eficiencia de aplicación entre 0.65 - 0.95, dependiendo del clima y la textura del suelo.

** Para este cálculo se ha tenido en cuenta un coeficiente de uniformidad de 0.7 y una eficiencia de aplicación de 0.6. Estos factores no están influenciados ni por el clima ni el tipo de suelo.

El área de cultivos a atender por vivienda (Acv) también debe concertarse con la comunidad de acuerdo con las condiciones del proyecto y con la oferta hídrica disponible. Por ejemplo, como resultado de esta concertación, se decide que cada vivienda podrá irrigar áreas de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ o 1 Ha y que áreas mayores, dependiendo de cada caso particular, serán consideradas como actividad comercial y deberán tener un tratamiento diferente y sus propias fuentes de agua.

Debe tenerse en cuenta que existen otras actividades agropecuarias que también demandan agua, como por ejemplo actividades poscosecha como el beneficio del café, que representa una demanda de carácter estacional dos veces al año. En el beneficio del café de forma tradicional o beneficio húmedo, se estima el uso de entre 40 y 60 litros de agua para la obtención de 1 kg de café pergamino seco (CPS) (URL 7). Esta importante demanda de agua ha hecho que se desarrollen opciones más amigables como el llamado beneficio ecológico, con el cual es posible reducir la cantidad de agua empleada hasta menos de 1 litro para la obtención del mismo kg de CPS (URL 8). Dado que la máquina que se utiliza en el beneficio ecológico tiene un alto costo para el pequeño productor, se ha desarrollado un método intermedio en tinas (Ospina, 2009). La piña, por ejemplo, es otro cultivo que no requiere agua para riego, pero necesita agua para la preparación de agroquímicos. El proyecto de abastecimiento de agua deberá identificar el tipo de demandas asociadas a los cultivos adicionales al riego y obtener estimaciones de la cantidad de agua requerida.



2.1.4. Estimación de la demanda de agua para otras actividades de sustento de pequeña escala

En las viviendas rurales también puede existir otro tipo de actividades como la venta de almuerzos, preparación de dulces, pan, lavado de carros, lavado de ropa, pequeñas actividades de tipo turístico, y un sin fin de medios a través de los cuales la gente busca opciones para garantizar su sustento. En un proyecto de abastecimiento de agua para uso múltiple, estas actividades deben ser identificadas y caracterizada su demanda de agua, de tal forma que sea incorporada en la planificación en caso de que se haya establecido que es significativa. En la Fotografía 4 aparece una mujer en Cajamarca (Roldanillo, Valle del Cauca) que prepara pandebonos en su vivienda 2 veces por semana.

Las demandas relacionadas con las microempresas caseras deben ser evaluadas caso por caso, teniendo en cuenta el tipo de actividad, el consumo de agua por actividad y si ésta es realizada por una proporción importante de la población o únicamente en unas pocas viviendas. Se debe definir cuáles son de pequeña escala con fines de supervivencia y cuáles son comerciales (Recuadro 3). La Figura 3 muestra el promedio de demanda de agua por persona por tipo de actividad estimada en el marco del proyecto MUS.

Nota: Como en cualquier otro proyecto de abastecimiento de agua, es necesario considerar los consumos de establecimientos especiales como jardines infantiles, escuelas, colegios, puestos de salud e inspecciones de policía, entre otros.



Fotografía 4. Preparación de pandebono en Cajamarca (Roldadillo, Valle)

Recuadro 3. Demanda de agua según las investigaciones realizadas

Por ejemplo, el estudio de Roa (2005,) en la microcuenca de Los Saínos en el Valle del Cauca, encontró que “una familia promedio en la microcuenca Los Saínos, conformada por cuatro personas, un perro, 10 gallinas, cinco cerdos y cinco cabezas de ganado, con 350 m² de cultivo y un jardín alrededor de la casa, puede gastar 191 l/p*día en los usos domésticos y productivos. Este consumo corresponde a un día en el que hubo riego, sin embargo no todos los días se realiza esta actividad. Normalmente es cada tres días en temporada seca. Si esta misma familia tiene un cultivo de café, el consumo se incrementa para su procesamiento hasta 249 l/p*día. Se debe tener en cuenta que este uso tampoco se da todos los días del año. Si además una familia tiene un estanque de peces en su finca, el consumo de agua se incrementa hasta 669 l/p*día”.

Cinara (2007a) identificó que la demanda promedio en las zonas rurales del Valle del Cauca estudiadas es de 213 l/p*d para cubrir las actividades domésticas y productivas de pequeña escala. Las viviendas con consumos hasta 20 m³/mes usaban el agua típicamente para actividades domésticas, las que utilizaban entre 20 y 40 m³/mes tenían actividades productivas de pequeña escala, mientras que consumos mayores de 40 m³/mes implicaban actividades comerciales, industriales o suntuarias.



2.1.5. Técnicas para determinar de manera participativa la demanda de agua para actividades de pequeña escala

Existen diferentes mecanismos para involucrar la comunidad en el establecimiento de la demanda de agua y obtener parámetros más acertados

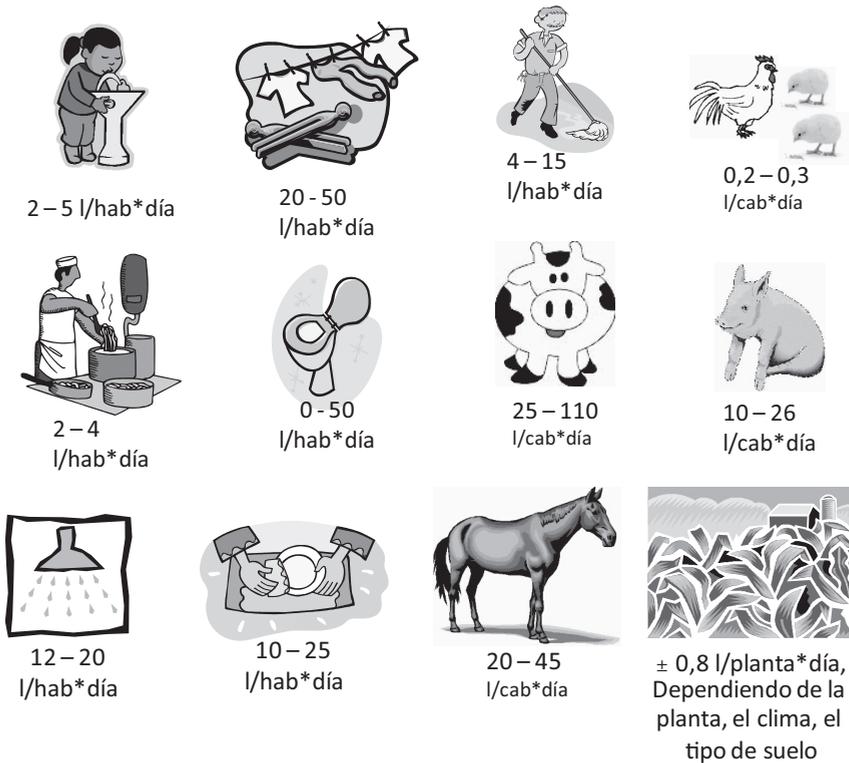


Figura 3 . Promedio de demanda de agua por tipo de actividad

que reflejen las verdaderas características de la población y necesidades de agua, de manera que los diseños obtenidos satisfagan las necesidades de la gente. Es muy importante acordar por consenso las familias pobres que tienen actividades de pequeña escala con fines de supervivencia. Entre las opciones que permiten involucrar la comunidad se cuentan:

Encuestas

Permiten recabar información importante sobre aspectos como las actividades realizadas a nivel del predio, las diferentes fuentes de agua y las cantidades requeridas para cada uso, el nivel de servicio y la demanda de agua *per cápita*. La comunidad puede participar activamente en esta fase del proyecto apoyando la realización de un censo en calidad de encuestadores. Para ello es necesario realizar una capacitación. Algunas preguntas que pueden hacerse son las siguientes:

- ¿Cuántas personas habitan la vivienda?
- ¿Cuáles son los usos del agua?
- ¿Tiene animales? ¿De qué tipo? ¿Cuántos?
- ¿Tiene cultivos? ¿Cuáles? ¿Cuál es el área sembrada por tipo de cultivo?

- ¿Cuánta agua usan en su vivienda por día?
- ¿El agua que emplean en la vivienda para los diferentes usos proviene de una sola fuente o de varias fuentes?
- ¿Cuáles son esas fuentes y qué tan lejos están de la vivienda?
- ¿Considera adecuada la cantidad de agua abastecida?
- De lo contrario, ¿cuánta agua necesita en realidad para los diferentes usos?
- ¿Quién recoge el agua de la vivienda?
- ¿Tiene sistemas para almacenar el agua? ¿Cuál es la capacidad?
- ¿Cuál es su sistema de manejo y evacuación de excretas y aguas residuales?
- ¿Cuántas veces al día se duchan?
- ¿Cuántas veces usan el sanitario?
- ¿Qué tan lejos en términos de tiempo toma ir hasta la fuente de abastecimiento más cercana?
- ¿Cuánta agua se puede traer en un solo viaje?
- ¿Cuántas veces se debe ir a traer agua en el día?
- ¿Cuál es el uso más importante del agua (cocina/aseo/animales/plantas/otros)?
- ¿Está satisfecho con el servicio de abastecimiento de agua actual?
- ¿Todas las viviendas tiene acceso igual al agua? ¿Hay personas en desventaja? ¿Por qué? ¿Quiénes?
- ¿Se tienen incentivos para la conservación del agua?
- ¿Hay voluntad de pagar por el agua? ¿Cuánto pagaría? ¿Qué tipo de servicio esperaría por el pago?
- ¿Ha recibido capacitación sobre los servicios de abastecimiento de agua disponibles?
- ¿Tiene tradiciones o creencias que afecten la aceptación de los servicios de abastecimiento de agua o saneamiento?

Medición del consumo de agua en las viviendas

Para tener datos más acertados sobre los consumos de agua típicos de la zona, Roa (2005) sugiere que puede hacerse investigación participativa con jóvenes de la zona, midiendo con recipientes aforados y con un cronómetro el flujo de las llaves, la cantidad de veces que se da vuelta al grifo y el tiempo que permanecen abiertas, para cuantificar la cantidad de agua empleada en las diferentes actividades. Ésta, además, es una forma indirecta de sensibilización de los jóvenes en cuanto al uso del agua, que los convierte en multiplicadores de mensajes sobre uso eficiente y cuidado del recurso. En la Fotografía 5 aparecen jóvenes de la localidad midiendo consumos de agua, a través de diferentes técnicas, en las viviendas de la microcuenca Los Saínos.



Fotografía 5. Técnicas participativas para medición de consumos de agua

Fuente: Roa (2005)

Entrevistas semiestructuradas

Pueden conducirse con grupos de diversos tamaños y los contactos claves en la comunidad. Son entrevistas informales, pero guiadas, preparadas por el agente de desarrollo y en las cuales solo algunas de las preguntas son predeterminadas. Nuevas preguntas o líneas de interrogación pueden surgir de las respuestas del entrevistado (FAO, 1994).

Talleres comunitarios

En talleres con la comunidad se puede indagar sobre los usos del agua y las prácticas asociadas con éstos. Pueden realizarse actividades que incluyen calendarios estacionales, jerarquización y estimación de consumos de agua aproximados. Entre las actividades a desarrollarse pueden estar:

Mapeo comunitario

Puede hacerse un mapeo con los miembros de la comunidad de las formas de abastecimiento de agua en los diferentes sectores, involucrando los distintos usos del recurso y las fuentes empleadas (Fotografía 6).

Establecimiento de los consumos de agua

La gente describe cuánta agua gasta por actividad, utilizando piedras, frijoles, maíz, etc. Las personas establecen las actividades en las cuales emplean mayor cantidad de agua en el predio familiar y valores aproximados para ello.

Ejercicios de jerarquización: Utilizando materiales disponibles, como piedras, frijoles o palitos de diferentes tamaños, la gente expresa sus preferencias o registra sus respuestas a preguntas como: ¿Cuál es su fuente de agua preferida? ¿Para qué tipo de usos? ¿Si tuviera muy poca agua, en qué actividades la utilizaría? Se recomienda que esta actividad se haga por grupos diferenciados de hombres, mujeres y niveles socioeconómicos.



Fotografía 6. Miembros de una comunidad participando en un taller

Calendarios estacionales: Mediante la preparación de calendarios por grupos específicos, por ejemplo de mujeres o pequeños agricultores, se pueden conocer las características y fluctuaciones periódicas de la demanda de agua. Se indaga la comunidad sobre sus actividades diarias, mensuales y anuales, y se construyen calendarios para registrar el uso del agua por vivienda en el año, indicando las actividades que se realizan en cada época y quién las ejecuta. Estos calendarios facilitan la identificación visual de los períodos críticos para el abastecimiento de agua, las cantidades demandadas y los factores pico diarios y horarios.

En el espacio de los talleres también se puede concertar con la comunidad las condiciones en las que se prestará el nuevo servicio, cuánta agua se necesita, cuánta agua es posible suministrar de acuerdo con las posibilidades de las fuentes, para cuáles usos y a qué escala, con qué fuentes, para qué usos, qué cambios implica esto en el manejo del agua a nivel de la vivienda y qué estrategias se implantarán para crear condiciones equitativas de acceso al agua para todos los usuarios.

Conformación de grupos focales

Reuniones con pequeños grupos posibilitan una discusión más profunda de las preocupaciones comunes. La identificación de tales grupos por la comunidad tendría que ser fomentada por el agente de desarrollo. Un número apropiado de participantes para reuniones de grupos pequeños sería de 6 a 12 personas (FAO, 1994).

Caminatas y observación directa

En compañía de líderes comunitarios pueden realizarse caminatas para identificar aspectos como: servicios existentes, tecnologías locales y tecnologías apropiadas en uso, sitios donde el agua es obtenida, estado de las zonas de captación, sitios de disposición de excretas y aguas residuales, distancia recorrida por las personas para obtener el agua, cantidad de agua que puede recoger una persona por viaje, hora del día en la que se recolecta más agua, que otras fuentes de agua están disponibles y si es posible su uso, los cultivos predominantes en la zona, la existencia de personas que tengan cultivos, críen animales a gran escala o tengan negocios donde se utilice el recurso en cantidades importantes.



2.2. IDENTIFICAR LOS REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE AGUA PARA CADA USO

En un sistema de uso múltiple de agua es importante conocer los requerimientos de agua no solo en cantidad sino también en calidad, a fin de proteger la salud de los usuarios del sistema de abastecimiento de agua y garantizar condiciones óptimas para un rendimiento adecuado en los pequeños sistemas productivos. A continuación se presentan los requerimientos de calidad de agua para múltiples usos:



2.2.1. Requerimientos de calidad de agua para consumo humano

La Tabla 8 contiene los valores guía reportados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006a y b) y la legislación colombiana (Resolución 2115 de 2007) para algunos de los constituyentes del agua de mayor importancia para el uso en el consumo humano y también los estándares de calidad que la legislación colombiana exige para fuentes de agua que serán utilizadas para abastecimiento humano (Decreto 1594 de 1984).



2.2.2. Requerimientos de calidad de agua para usos domésticos

Varios usos domésticos, como el lavado de ropa o el aseo personal, no requieren agua potable sino “agua segura”, es decir agua limpia y con baja contaminación. Algunos usos, como el lavado de pisos, no requieren agua de muy alta calidad, pero usos como el vaciado de inodoros se puede realizar con agua gris (aguas de lavado) pues no requiere una calidad especial del agua. Es un lamentable desperdicio utilizar agua potable para actividades que no requieren tal calidad. Alrededor del 80% del agua que entra a una vivienda no requiere la calidad de “potable” y cerca del 50% se emplea en vaciar el inodoro.

Tabla 8. Parámetros de calidad de agua para consumo humano

Parámetro	Valor guía		
	OMS (2006a y b)	MinAgricultura (1984)	Minproteccion Social y MAVDT (2007)
Turbiedad (UNT)		10	2
pH (Unidades)	6,5 - 8,0	6,5 - 8,0	6,5 - 9,0
Coliformes totales (UFC/100 ml)	0	20.000 NMP/100 ml	0
Dureza total (mg/l)	200 - 500 1		300
Alcalinidad (mg/l)			200
Calcio (mg/l)	100 - 300		60
Magnesio (mg/l)			36
Cloruros (mg/l)	200 - 300	250	250
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	0	2.000 NMP/100 ml	
Sulfatos (mg/l)	250 - 1000	400	250
Manganeso (mg/l)	0.1		0,1
Fluoruro (mg/l)			1,0
Color (UPC)	15	75 ¹ , 20 ²	15
Cromo (mg/l)	0,05 (P)	0,05 (Cr ⁶⁺)	0,05
Hierro (mg/l)	0.3		0,3
Nitrito (mg/l)	3; 0,2 (P)	1	0,1
Nitrato (mg/l)	50	10	10
Aluminio (mg/l)	0,2		0,2
Antimonio (mg/l)			0,02
Arsénico (mg/l)	0,01 (P)	0,05	0,01
Cianuro (mg/l)	0,07	0,2	0,05
Cadmio (mg/l)	0,003	0,01	0,003
Mercurio (mg/l)	0,006	0,002	0,001
Bario (mg/l)	0,7	1	0,7
Cinc (mg/l)	4	15	
Selenio (mg/l)	0,01	0,01	0,01
Plomo (mg/l)	0,01	0,05	0,01
Cobre (mg/l)	2,0	1,0	1,0
Fenoles (mg/l)		0,002	
Conductividad (µS/cm)			1000
Níquel (mg/l)			0,02
Molibdeno (mg/l)			0,07
Trihalometanos totales (mg/l)			0,2
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (mg/l)			0,01
Carbono Orgánico Total (mg/l)			5,0
Zinc (mg/l)			3
Fosfatos			0,5

¹ Para aguas que serán sometidas a tratamiento en ciclo completo.² Para aguas que serán únicamente desinfectadas.

En relación con la calidad de agua para usos domésticos, tales como lavado de pisos y descarga de inodoros, entre otros, aunque no existen estándares específicos emitidos para estos fines, no es necesario el uso de agua potable y pueden emplearse fuentes con menores niveles de calidad.



2.2.3. *Requerimientos de calidad de agua para los animales*

Los animales necesitan agua con calidad adecuada para mantener una salud óptima y la productividad. El contenido de sales totales es la característica más importante para determinar si un agua es apropiada para este uso (Pallas, 1986). La ingesta excesiva de agua salina puede causar enfermedades o muerte de los animales. La cantidad de magnesio en el agua es también un aspecto crítico. En la Tabla 9 se presentan algunos estándares sugeridos como criterios de calidad para el agua que se destina a fines pecuarios, recomendados por la literatura y la norma colombiana, Decreto 1594 de 1984, que reglamenta los criterios de calidad del recurso para diferentes fines. En el caso de la calidad de agua para el cultivo de peces, la Tabla 10 contiene los parámetros básicos.



2.2.4. *Requerimientos de calidad de agua para las plantas*

La calidad de agua para fines agrícolas se define en función de tres criterios principales: salinidad, sodicidad y toxicidad. Además de estos tres factores existen los “problemas varios”, que son exceso de nitrógeno, pH y contenido de magnesio. La salinidad evalúa el riesgo de que el uso del agua ocasione altas concentraciones de sales en el suelo, lo que exige a las raíces un esfuerzo adicional para absorber el líquido, ocasionando bajo rendimiento en los cultivos. Generalmente se mide a través de la conductividad eléctrica (CE). La sodicidad se genera cuando altos contenidos de iones de sodio en las aguas de riego desplazan el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) que conforman los complejos estructurales del suelo, reduciendo la infiltración de agua y aire a través de los poros que lo conforman. El índice más usado para expresar el riesgo de un agua para producir sodicidad es el RAS, propuesto por Richards (1954), que expresa la relación entre los iones de sodio, calcio y magnesio existentes en el suelo. El RAS se define con la Ecuación 3 (Pizarro, 1996).

$$RAS = \frac{[CNa]}{\sqrt{\frac{CCa + CMg}{2}}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

(C): concentración iónica en mol/m³

Na: Sodio

Ca: Calcio

Mg: Magnesio

El RAS guarda una estrecha relación con los niveles de salinidad del suelo; cuanto mayor sea el nivel de salinidad, mayor es el índice RAS que puede producir problemas de infiltración (URL 8). A partir de la Figura 4 se puede obtener el valor del RAS con el valor de la conductividad.

En el agua de riego pueden existir algunos iones que generan problemas al ser absorbidos principalmente por las raíces, acumulándose en las hojas mediante transpiración, llegando a alcanzar concentraciones nocivas. Los iones tóxicos más frecuentes en las aguas de riego son cloro, sodio y boro. En el caso del cloro, su toxicidad se presenta cuando éste no es adsorbido por el suelo y se mueve fácilmente en la solución desde donde es asimilado por la planta y circula en ella hasta acumularse en las hojas. Si la concentración sobrepasa la tolerancia del cultivo aparecen claros síntomas de toxicidad que incluyen hojas quemadas y necrosis de tejidos. El Nitrógeno y el pH son otros parámetros importantes de considerar (Pizarro, 1996). La Tabla 11 presenta un resumen de los criterios de calidad de importancia considerados en aguas de riego recomendados por la literatura.

Tabla 9. Parámetros de calidad de agua para uso pecuario

Parámetro	Valor guía
Sólidos disueltos totales (mg/l) ^a	< 1000
Magnesio (mg/l) ^a	< 60
Sulfatos (mg/l) ^a	< 290
Cromo (mg/l) ^b	1
Nitrito (mg/l) ^b	10
Aluminio (mg/l) ^b	5
Arsénico (mg/l) ^b	0,2
Cadmio (mg/l) ^b	0,05
Mercurio (mg/l) ^b	0,01
Zinc (mg/l) ^b	25
Plomo (mg/l) ^b	0,1
Cobre (mg/l) ^b	0,5 ²
Sodio (mg/l) ^a	< 230
Conductividad (S/cm) ^a	< 1600
Salinidad (mg/l) ^b	3000
Cloro (mg/l) ^a	< 360
Boro (mg/l) ^b	5

a FAO (1986).

b Decreto 1594 de 1984 (MinAgricultura, 1984).

Tabla 10. Parámetros de calidad de agua para cultivo de peces

Parámetro	Valor guía
Temperatura (°C) ^a	26 a 30
pH ^a	6,5 a 8,0
Oxígeno disuelto (mg/l) ^a	>5
Gas carbónico (mg/l) ^a	<10
Alcalinidad total (mg/l) ^a	>30
Dureza total (mg/l) ^a	>30
Amoníaco tóxico (mg/l) ^a	<0,2
Nitrito (mg/l) ^a	<0,3
Gas sulfhídrico (mg/l) ^a	<0,002
Salinidad (ppm) ^a	Depende de la especie en general <12 ppt para peces de agua dulce
Coliformes fecales (E. Coli / 100 ml ^b (media aritmética) ^b	≤ 10 ³ (trabajadores); ≤ 10 ³ (consumidores);
Huevos de trematodos ^b	No detectables

^a Akifumi y Kubitza (2003).

^b OMS (2006c).

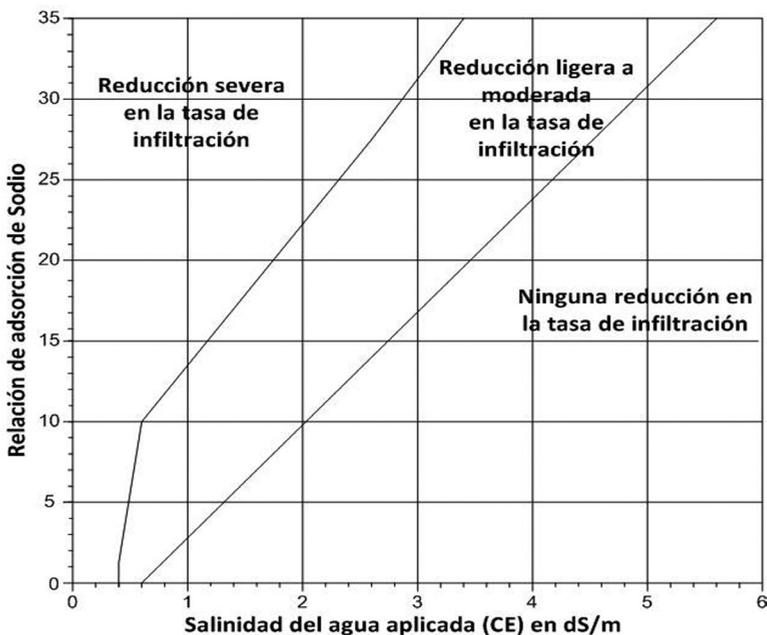


Figura 4. Relación entre salinidad y RAS

Fuente: URL 8

Tabla 11. Parámetros de calidad de agua para uso agrícola

Parámetro	Valor guía
pH (unidades)	6,5 – 8,4
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	< 2000
Coliformes fecales (media geométrica n°/100 ml)	< 1000
Nematodos intestinales (media geométrica n°/100 ml)	<= 1
Manganeso (mg/l)	0,2
Cromo (mg/l)	0,1
Hierro (mg/l)	5
Aluminio (mg/l)	5
Arsénico (mg/l)	0,1
Cadmio (mg/l)	0,01
Zinc (mg/l)	2
Selenio (mg/l)	0,02
Plomo (mg/l)	5
DBO (mg/l)	5 - 45
DQO (mg/l)	20 - 200
Níquel (mg/l)	0,2
Boro (mg/l)	< 3
Cloro (mg/l)	< 3
Nitrógeno (mg/l)	< 30
Conductividad eléctrica	< 3
Berilio (mg/l)	0,1
Cobalto (mg/l)	0,05
Litio (mg/l)	2,5
Molibdeno (mg/l)	0,01
Vanadio (mg/l)	0,1
RAS (unidades)	< 3,0
Cobre (mg/l)	0,2
Flúor (mg/l)	1

Fuente: Pizarro (1996)

PRINCIPIO 3

Es necesario aprovechar fuentes de agua de diferente cantidad y calidad, de acuerdo con los usos, de tal forma que se promueva la sostenibilidad en el uso del recurso y no se ponga en riesgo la salud humana.

En algunas regiones del país el agua es un recurso escaso y cada vez más, diferentes tipos de usuarios entran en conflicto por su acceso para múltiples actividades. De toda el agua que tradicionalmente se suministra en un sistema de abasto para uso humano y doméstico, tan solo entre 4 - 6 lpd requieren características de potabilidad. Sin embargo, la norma técnica exige que toda el agua que se suministra a una vivienda tenga calidad de “potable”. En la zona rural prácticamente no se construyen plantas de potabilización por los altos costos que implica, no solamente de inversión inicial sino de operación y mantenimiento. A pesar de esta situación, existe un bajo nivel de aprovechamiento de fuentes de agua alternativas para actividades que demandan agua de menor calidad, tales como el vaciado de inodoros, el aseo de la vivienda, el riego de cultivos o la limpieza de corrales de animales. Incluso la norma técnica RAS 2000 (MinDesarrollo, 2000) considera el agua lluvia como última opción para el suministro de agua (apartes del RAS 2000 relacionados con las fuentes de agua: B.3.1; B.4.4.18; B.4.2.1.1.).

En los casos estudiados por el proyecto sobre usos múltiples se encontró que el acueducto proporciona el agua para la mayoría de los usos. En los sistemas de La Castilla, Golondrinas y La Palma - Tres Puertas aproximadamente 97% de las viviendas usaban el agua del acueducto para la evacuación de excretas, 98% para la bebida y aseo de los animales y 62% para riego. En muchos casos, dado que el acueducto no había sido planificado

para otros usos, el uso del agua del acueducto, independientemente de los requerimientos de calidad de la actividad que la demanda, genera problemas de discontinuidad en los servicios y medidas administrativas coercitivas para quienes desarrollan actividades productivas y conflictos entre usuarios. Ante esta situación, un sistema de uso múltiple debe promover entre sus estrategias el aprovechamiento de diferentes fuentes de agua, dependiendo de los requerimientos de los usos, a fin de propender por la sostenibilidad y equidad en el acceso al agua, al tiempo que se protege la salud de la población. Es fundamental aceptar el hecho de que los usos múltiples del agua plantean la necesidad de soluciones creativas, que tendrán implicaciones técnicas, financieras y ambientales; igualmente, representan desafíos para el ejercicio tradicional de la ingeniería. Entre las opciones disponibles enmarcadas en este principio se propone:



3.1. CONOCER LA OFERTA DE AGUA EN TÉRMINOS DE CANTIDAD A PARTIR DE MÚLTIPLES FUENTES

El suministro de agua puede hacerse a partir de diferentes fuentes. Además de las tradicionales aguas superficiales y aguas subterráneas, pueden usarse las aguas lluvias y de niebla para todos los usos; los manantiales y las aguas residuales tratadas, especialmente para fines de riego y cultivo de peces. Esto implica conocer la oferta en cantidad a partir de estas fuentes, de tal forma que estos valores puedan ser verificados con el agua demandada por cada uso. A continuación se presentan algunas herramientas para estimar la oferta hídrica posible en un sistema de abasto de uso múltiple:



3.1.1. Estimación de la oferta de agua lluvia y de niebla

Para determinar la oferta de aguas lluvias es necesario conocer cuánto llueve, cuándo llueve, cómo llueve y el ritmo de las estaciones secas y lluviosas y cómo varían de un año a otro (Vargas y Piñeyro, 2005). El cálculo de la precipitación caída sobre una cierta área se realiza a partir de los datos recogidos en estaciones meteorológicas. Los pluviómetros miden la cantidad de precipitación, y los pluviógrafos la intensidad de las mismas. La fiabilidad de los datos obtenidos depende de la correcta ubicación de la estación, de su calibración y de la ausencia de errores accidentales.

Es importante tener en cuenta que la forma en que ocurre la lluvia presenta notables diferencias incluso en distancias cortas, de manera que las medidas de las estaciones pluviométricas no necesariamente pueden ser extrapoladas sin error a áreas extensas. Normalmente, existe información general sobre la precipitación, pero no sobre el lugar en el que se trabaja, por eso conviene desde el inicio del programa instalar pluviómetros y efectuar mediciones propias que tengan mayor validez para el lugar. Igualmente, una

fuentes muy confiables de medición de la variabilidad climática es la propia comunidad. Las mediciones locales pueden hacerse con recipientes caseros y una pequeña regla (Vargas y Piñeyro, 2005). En la Tabla 12 se presenta de manera sencilla un procedimiento para estimar la oferta de agua a partir de aguas lluvias. El cálculo de la precipitación media caída sobre un área se puede abordar a través de los métodos de la media aritmética, los polígonos de Thiessen, la curva hipsométrica o el método de las curvas isoyetas. El agua de niebla requiere instalar una pequeña estación piloto para determinar el rendimiento (Sandoval *et al.*, 2009)

Tabla 12. Estimación de la disponibilidad de agua a partir de aguas lluvias

Método	Descripción	Responsable	Instrumentos
Pluviómetros artesanales	Simular estación pluviométrica cumpliendo especificaciones. Mediciones diarias a la misma hora del día	<ul style="list-style-type: none"> • Fontanero • Estudiantes en servicio social • Personas de la zona • Trabajo para la mujer en compensación de la tarifa por el servicio de agua 	Recipiente graduado Formato



3.1.2. Estimación de la oferta de aguas superficiales

El caudal más importante que debe medirse para abastecimiento de agua a partir de fuentes superficiales —incluidos los manantiales— es el de verano, preferiblemente al final de la temporada. Es necesario considerar estructuras de captación, descargas de aguas residuales o pluviales que puedan afectar el régimen natural del curso de agua. También es importante considerar los caudales máximos, para prever en el diseño de las estructuras fenómenos como crecientes y avalanchas. En la Fotografía 7 se muestra una fuente superficial, el río Pance, ubicado en zona rural de la ciudad de Cali, en el Valle del Cauca.

Existen varios métodos para medir los caudales en fuentes superficiales, incluidos manantiales; en la Tabla 13 se presentan los métodos área - velocidad y el método volumétrico para caudales pequeños. Vale la pena señalar que el método empleado dependerá de la magnitud del curso de agua. En un río de magnitudes importantes es posible que la aplicación de métodos sencillos de aforo no sea viable. La comunidad también puede indicar los niveles mínimos y máximos históricos alcanzados por las fuentes superficiales. Si ya existe un acueducto comunitario de fuente superficial se debe medir el caudal de agua extraído.



Fotografía 7. Río Pance (Cali, Colombia)



3.1.3. Estimación de la oferta de aguas subterráneas

Para establecer la disponibilidad de agua a partir de fuentes subterráneas es necesaria la recolección de información hidrogeológica disponible, como reportes y mapas geológicos, topográficos, bitácoras de pozos entubados, reconocimiento geológico superficial, registros meteorológicos y datos hidrogeológicos. Las comunidades también pueden proporcionar información sobre la profundidad de las aguas subterráneas si existen pozos excavados en la zona así como de su variabilidad. Para sistemas de abasto comunitarios es necesario realizar investigaciones geofísicas, que algunas veces incluyen pruebas de pozos y medidas de resistividad eléctrica. Mediante ellas es posible establecer la ubicación, profundidad y extensión del agua subterránea (Smet, J. & van Wijk, C., 2002).

Cuando el sistema es de abasto individual a partir de aljibes, la comunidad es una buena fuente de información, realizando consultas a los pobladores de la zona usuarios de este recurso, o mediante ensayos sencillos, haciendo relaciones en cuanto a profundidad y localización de viviendas que hacen uso de este recurso. Las autoridades ambientales algunas veces tienen información sobre el agua subterránea de algunas zonas. Por ejemplo, en el caso del Valle del Cauca, la CVC tiene amplia información disponible del agua subterránea en el valle geográfico del río Cauca.

En los sistemas colectivos, a partir de la información recopilada que se ha mencionado, y los ensayos de bombeo en pozos, un hidrogeólogo puede determinar la tasa a la cual el agua debe extraerse sin peligro de agotar el agua almacenada. En la Tabla 14 aparece el procedimiento para estimar la disponibilidad de agua a partir de aguas subterráneas (Smet, J. & van Wijk, C., 2002).

Tabla 13. Estimación de la disponibilidad de agua a partir de fuentes superficiales

Método	Descripción	Responsable	Instrumentos
Método velocidad – área	<p>Con un metro se miden las secciones, ancho y profundidad, para establecer un área transversal promedio de la fuente de agua. La velocidad se determina midiendo el tiempo que tarda un flotador en recorrer una longitud establecida entre las secciones (lo más recto posible). Cuando la profundidad del agua es menor a 1 m, la velocidad promedio del flujo se considera el 80% de la velocidad superficial. La velocidad se tomará al menos 3 veces. El caudal se estima 1 vez por semana.</p> $Q = 800 * V * A$ <p>Q = Caudal en l/s V = Velocidad superficial en m/s A = Área de la sección transversal en m²</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fontanero ▪ Estudiantes en servicio social ▪ Personas que habiten en viviendas cercanas a la fuente de agua ▪ Trabajo para la mujer en compensación por la tarifa del servicio de agua 	<p>Metro Estacas Cronómetro Regla Lazo Flotador Formato</p>
Método volumétrico	<p>Encauzar el agua generando una corriente de fluido que pueda provocar un chorro. Recolectar un volumen de agua en un tiempo determinado, utilizando un cronómetro. El procedimiento se repite al menos 3 veces. El caudal se estima 1 vez por semana</p> $Q = V / t$ <p>Q = Caudal en l/s V = Volumen del recipiente en l t = tiempo promedio en s</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fontanero ▪ Estudiantes en servicio social ▪ Personas que habiten en viviendas cercanas a la fuente ▪ Trabajo para la mujer en compensación por la tarifa del servicio de agua 	<p>Recipiente graduado Cronómetro Formato</p>

Tabla 14. Estimación de la disponibilidad de agua a partir de fuentes subterráneas

Método	Descripción	Responsable	Instrumentos
Ensayos de bombeo	<p>Se realizan bajo condiciones de caudal constante o pruebas de abatimiento escalonado, trabajando al menos con 3 caudales con relaciones entre 2 caudales sucesivos de 2 a 3 ó 1 a 2. Se requiere de un pozo de control y al menos dos pozos de observación o satélites. Deben medirse niveles a intervalos adecuados en el pozo de bombeo y en los de observación durante todo el ensayo. Se hacen mediciones de nivel y caudal. Al final de la prueba se miden los niveles de recuperación en el pozo de bombeo y los de observación al menos dos horas. Con los resultados se construye una curva que relaciona los caudales extraídos y los abatimientos producidos (Villanueva, 1997).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ingeniero proyectista ▪ Auxiliares 	<p>Sonda manual Bomba sumergible con válvula de pie de pozo y válvula reguladora de caudal Manómetro Caudalímetro Tubo pitot Dispositivo de descarga de caudales extraídos Formatos</p>



3.1.4. Estimación de la oferta de aguas residuales

La estimación de los caudales de aguas residuales depende del tipo de sistema de saneamiento existente. En sistemas colectivos de zonas rurales (alcantarillados), los colectores de aguas residuales pueden transportar agua residual doméstica, agua residual de pequeñas actividades productivas, aguas lluvias e infiltraciones de aguas pluviales. La cantidad de agua residual doméstica varía dependiendo de diversos factores como el clima, el tamaño de la población, la densidad, el nivel económico, la fiabilidad y calidad del servicio, las restricciones para el acceso al agua, la existencia de medidores y las fluctuaciones en el consumo de agua, entre otros (Metcalf y Eddy, 1996). La cantidad de agua residual generada por pequeñas actividades productivas dependerá del tipo de actividad y será significativa por ejemplo cuando existe crianza de cerdos y no será relevante cuando hay riego de cultivos.

Cuando no hay separación de aguas grises, el caudal de aguas residuales puede calcularse teniendo en cuenta el consumo *per cápita* de agua por un coeficiente de retorno entre el 60 y el 85%, que varía dependiendo de las condiciones particulares de la población y especialmente de los usos productivos del agua. También es necesario tener en cuenta la recolección de aguas lluvias, la contribución de la infiltración y las aportaciones incontroladas. Pueden hacerse estudios de campo midiendo de manera directa el caudal de las descargas de los colectores de aguas residuales en períodos de tiempo representativos, por los métodos mostrados anteriormente. En sistemas individuales, la oferta de aguas residuales puede ser estimada realizando mediciones del consumo de agua en actividades generadoras de aguas grises y aguas residuales.

La Tabla 15 propone algunos métodos para estimar esta oferta a partir de sistemas individuales y colectivos.



3.2. ESTABLECER LOS RIESGOS EN CADA FUENTE EN TÉRMINOS DE LA CALIDAD NECESARIA PARA CADA USO

Es necesario realizar una evaluación de las situaciones relacionadas con la gestión del agua que pueden llegar a tener impacto sobre la calidad de las fuentes con potencial de aprovechamiento en el proyecto de abastecimiento para uso múltiple. Estas situaciones pueden condicionar los usos del agua, las necesidades de tratamiento y los costos asociados a estas. Para establecer los riesgos de calidad de las diferentes fuentes se propone identificar las situaciones generadoras de impacto y cuantificar estos impactos para tomar las acciones que permitan aprovechar la oferta hídrica de manera segura.



3.2.1. Identificar los peligros en las fuentes abastecedoras

Es necesario recopilar y evaluar toda la información pertinente disponible sobre las fuentes. Antes de realizar una caracterización muy costosa de todos los parámetros que pueden ser de interés para la calidad del agua, es necesario determinar las fuentes de contaminación potenciales, denominados peligros o sucesos peligrosos. La OMS (2006b) ha llamado peligro a un agente biológico, químico, físico o radiológico con capacidad de ocasionar daños y suceso peligroso a un incidente o situación que puede hacer que se materialice un peligro. La Tabla 16 proporciona ejemplos de aspectos que pueden ser indicativos de peligros de contaminación en las fuentes. Si ya existe un sistema de acueducto se debe hacer una inspección sanitaria de todo el sistema identificando los puntos críticos.

Tabla 15. Estimación de la disponibilidad de agua a partir de aguas residuales

Tipo de Sistemas	Método	Descripción	Responsable	Instrumentos
Individuales	Estimativo por actividades generadoras	Medición a través de aforos, volúmenes de tanques, tiempos de vaciado, tiempos de uso de agua y otras técnicas sencillas, de la cantidad de agua consumida en 1 día en actividades que producen aguas grises y aguas residuales, tales como descargas del sanitario, duchas, lavamanos, lavaplatos, limpieza de cocheras, etc. Esto debe realizarse en 1 día de consumo máximo y en 1 día de consumo mínimo, identificando previamente con la comunidad cuándo se dan estas condiciones.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mujer en la vivienda ▪ Técnico ▪ Fontanero 	Capacitación Regla Formato
Colectivos	Estimativos por demanda de agua de la población*	<p>Se calcula teniendo en cuenta la dotación de agua para consumo y la población del proyecto. Se afecta considerando un factor que depende del tipo de actividades productivas, aspectos socioeconómicos, clima, calidad del servicio:</p> $Q = \frac{C * Pf * F}{86400}$ <p>Donde C: Dotación <i>per cápita</i> (l/hab/día) Pf: Población futura (habitante) F: Factor</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ingeniero diseñador 	
	Mediciones de campo	Medición directa de los caudales vertidos por los colectores de la red de alcantarillado. Esto debe hacerse en jornadas de 24 horas teniendo en cuenta las variaciones semanales en los caudales vertidos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fontanero ▪ Personas de la comunidad ▪ Ingeniero diseñador 	Baldes Cronómetros Formatos Molinete

* Es recomendable que los estimativos por demanda de agua se complementen con las mediciones de campo

Tabla 16. Información para identificar peligros relacionados con las fuentes de agua

Componente	Información que debe tenerse en cuenta
Cuencas de captación	<p>Geología: Sustancias químicas de origen natural</p> <p>Pautas meteorológicas y climáticas: Variaciones climáticas y estacionales; por ejemplo, lluvias copiosas, sequías y catástrofes naturales</p> <p>Usos del agua</p> <p>Usos de la tierra: Modificación de la cobertura de la tierra: ganadería, agricultura, silvicultura, industria, vertederos, minería y cambios en dichos usos</p> <p>Actividades extractivas</p> <p>Uso de sustancias químicas: Aplicación de fertilizantes, herbicidas, plaguicidas u otras sustancias químicas</p> <p>Presencia de ganado, aplicación de estiércol</p> <p>Saneamiento: Vertederos de excretas, alcantarillados y tanques sépticos</p> <p>Eliminación de residuos: Vertederos de residuos sólidos; vertederos de minas, en activo o cerrados; lugares contaminados; residuos peligrosos</p> <p>Descargas industriales, procesamiento poscosecha (como aguas mieles del café)</p>
Aguas superficiales (incluidos manantiales)	<p>Acceso de personas, actividades recreativas</p> <p>Variabilidad de caudales</p> <p>Construcción o modificación de vías fluviales y terrestres (vías)</p> <p>Protección (cercados, accesos)</p> <p>Zonas de amortiguación y vegetación inadecuadas</p> <p>Erosión del suelo</p> <p>Actividades recreativas y otras actividades humanas</p>
Aguas subterráneas	<p>Acuíferos confinados o no confinados: Acuífero no confinado y poco profundo (incluidas las que están en contacto directo con aguas superficiales)</p> <p>Características hidrogeológicas del acuífero</p> <p>Capacidad de dilución</p> <p>Zona de recarga</p> <p>Protección de la boca del pozo: Perforaciones sin revestimiento o con revestimiento inadecuado, inadecuadamente protegidas o utilizadas en condiciones antihigiénicas</p>
Agua de lluvia o niebla	<p>Presencia de excrementos de pájaros o de otros animales en el tejado o en los canales de recolección</p> <p>Tanques de recolección sin tapa</p>

Fuente: Adaptado de OMS (2006b)

En el caso del agua residual, como fuente de aprovechamiento para la agricultura y acuicultura, existen una serie de peligros asociados con su utilización. En la agricultura, la utilización de aguas residuales sin tratar o parcialmente tratadas puede causar problemas de contaminación del agua subterránea y superficial, así como de la tierra y los cultivos, lo que es especialmente peligroso si son cultivos de tallo corto que se consumen crudos. Uno de los problemas más graves en el agua subterránea es la acumulación de nitratos. En algunos casos, dependiendo de las actividades que se desa-

rrollen en la zona, las aguas residuales pueden contener contaminantes químicos, que pueden ser tóxicos para los seres humanos, las plantas y la biota acuática, como los metales pesados, las sustancias orgánicas no degradables y el boro.

La transmisión de enfermedades infecciosas es el peligro de mayor preocupación asociado al uso de aguas residuales, tanto en acuicultura como en riego. Los virus patógenos, bacterias, protozoarios y helmintos, provenientes de las excretas de personas infectadas, están presentes en las aguas residuales en concentraciones generalmente elevadas. Los helmintos son los patógenos de mayor interés por su resistencia. Cuando se usan aguas residuales para el cultivo de peces, existe la posibilidad de que los peces y las plantas cultivados con estas aguas transmitan patógenos de forma pasiva a quienes las manipulan o las consumen. El hecho de que los peces concentren bacterias y otros microbios como virus y protozoos en sus intestinos es de gran importancia para la salud pública. Varios animales sirven de reservorios y su presencia ayuda a sostener estos patógenos en diferentes áreas (OMS, 2006c).



3.2.2. Evaluar los riesgos asociados con los peligros identificados

Dado que los proyectos de abastecimiento de agua a menudo cuentan con recursos limitados, para optimizarlos es posible evaluar el nivel de riesgo que presentan los peligros identificados. La OMS (2006b) define el riesgo como la probabilidad de que los peligros identificados ocasionen daños a las poblaciones expuestas en un plazo temporal especificado, incluida la magnitud del daño en sus consecuencias. Para medir el riesgo se determinan por un lado los peligros que tiene el agua y por el otro, la vulnerabilidad del respectivo uso, que dependerá del contacto directo o no de los seres humanos, animales o plantas con el agua. Por ejemplo, es diferente la vulnerabilidad de una persona cuando lava pisos que cuando bebe agua. Una vez que se han determinado los factores de peligro potenciales y sus fuentes, es posible comparar los riesgos asociados a cada factor de peligro o suceso peligroso analizando el peligro frente al uso.

Aunque existen numerosos contaminantes que pueden afectar la calidad del agua para diferentes usos, no es necesario prestar el mismo grado de atención a todos los factores de peligro. El riesgo asociado a cada factor de peligro o suceso peligroso puede describirse determinando la probabilidad de que se produzca y evaluando la gravedad de las consecuencias en caso de producirse (OMS, 2006b). Esta evaluación deberá hacerse con un equipo en el cual participen como mínimo, responsables del proyecto de desarrollo, la autoridad ambiental en el área del proyecto y representantes de la comunidad.

Mediante una matriz semicuantitativa es posible asignar puntajes a los peligros, considerando información técnica obtenida de directrices, publicaciones científicas, etc., combinada con el criterio del grupo evaluador. La puntuación es específica para cada fuente. El uso de este tipo de sistema permite establecer el orden de prioridad de las medidas de control correspondientes a los peligros más significativos (OMS, 2006b). Pueden aplicarse diversos sistemas para determinar la importancia de los riesgos. La Tabla 17 presenta un ejemplo de matriz para la cuantificación de riesgos. La Tabla 18 muestra un ejemplo de definiciones que pueden utilizarse para evaluar la probabilidad de los factores de peligro o sucesos peligrosos y la gravedad de las consecuencias. Los esfuerzos se harán para los peligros con el puntaje de riesgo más elevado.

Tabla 17. Ejemplo de una tabla para cuantificación de riesgos

Peligro o suceso peligroso	Probabilidad de daño según el uso (P)	Gravedad del daño según el uso (G)	Riesgo (P*G)

Tabla 18. Ejemplos de definiciones de probabilidad de daño y gravedad según uso

Elemento	Definición	Puntaje
Categorías de probabilidad		
Casi cierta	1 vez al día	5
Probable	1 vez a la semana	4
Moderadamente probable	1 vez al mes	3
Improbable	1 vez al año	2
Excepcional	1 vez cada 5 años	1
Categorías de gravedad		
Catastrófica	Potencialmente letal para una población grande	5
Grave	Potencialmente letal para una población pequeña	4
Moderada	Potencialmente dañino para una población grande	3
Leve	Potencialmente dañino para una población pequeña	2
Insignificante	No produce ningún efecto	1

Fuente: Adaptado de OMS (2006b)



3.3. CARACTERIZAR LA OFERTA EN TÉRMINOS DE CALIDAD DE LAS DIFERENTES FUENTES

Una vez conocidos los factores de peligro, la vulnerabilidad y el riesgo que representan, el criterio del grupo evaluador establecerá cuáles son los análisis de calidad que deben tenerse en cuenta para cada fuente, de acuerdo con los usos que se pretenda dar a las mismas. A continuación se presentan las determinaciones analíticas para establecer si la calidad de agua de diferentes fuentes es apta para los distintos usos que se tienen en las viviendas rurales:



3.3.1. *Determinación de la calidad de las aguas lluvias o agua de niebla*

Con un tratamiento mínimo y cuidado adecuado del sistema, el agua lluvia o de niebla puede ser usada como agua para consumo humano y doméstico, uso agrícola y pecuario. En términos de los parámetros fisicoquímicos, el agua recolectada de los techos tiende a exhibir niveles de calidad comparables con los valores de referencia de agua potable de la OMS (UNEP, 2002). Sin embargo, como consecuencia del contacto con las áreas de captación, puede haber contaminación microbiológica, debido a la presencia de excrementos de pájaros, roedores, etc., o contaminación como consecuencia de tener sin tapa los tanques. Esta misma situación conduce a cambios en el pH por los materiales de las áreas de captación e incremento de los sólidos suspendidos debido a polvo y residuos de plantas, como hojas, ramas o presencia de patógenos por el contacto con excrementos. Para quienes deseen utilizar aguas lluvias o de niebla para uso potable, los contaminantes microbiológicos son probablemente la mayor preocupación, por lo que es importante utilizar indicadores como la E. Coli. La Tabla 19 presenta las determinaciones analíticas más importantes a tener en cuenta para esta fuente. Se recomienda desechar los primeros 15 minutos de lluvia para reducir el peligro.

Tabla 19. Determinaciones analíticas recomendadas para agua lluvia

Parámetro	Consumo humano	Uso pecuario	Uso agrícola
Turbiedad	X		
pH	X		
Sólidos suspendidos totales	X		
Coliformes totales	X		
Coliformes fecales	X		



3.3.2. Determinación de la calidad de agua de las fuentes superficiales

Las aguas superficiales pueden ser empleadas para consumo humano y doméstico, agrícola y pecuario. Pueden tenerse aguas superficiales en proyectos nuevos o en acueductos existentes. Este tipo de fuentes están expuestas a contaminación tanto microbiológica como fisicoquímica, pues pueden estar sometidas a descargas domésticas, agrícolas e industriales. Adicionalmente, pueden presentarse problemas de erosión en las cuencas, lo que conlleva a importantes variaciones en los niveles de turbidez. Dada la elevada variabilidad en estas fuentes para la planificación de su aprovechamiento, no es recomendable trabajar únicamente con parámetros promedio de calidad del agua y es importante realizar muestreos que incluyan períodos secos y lluviosos. Los parámetros básicos en este caso son la *E. coli*, turbiedad, pH y color. La Tabla 20 contiene el modelo de análisis de calidad de agua que puede requerirse cuando quiere emplearse este tipo de fuente para diferentes usos.

Actualmente, en adición a los parámetros fisicoquímicos en el estudio de la contaminación acuática, existen parámetros de naturaleza biológica, que pueden suministrar información valiosa sobre la calidad de los cuerpos de agua. Estos parámetros son llamados indicadores ecológicos de calidad de agua, y están constituidos por un grupo de macroinvertebrados bentónicos, que pueden ser monitoreados por las comunidades, incluyendo a los estudiantes en sus proyectos ambientales escolares (PRAEs).

Cuando existen problemas de calidad se presentan transformaciones y desequilibrios ecológicos sobre las poblaciones predominantes en aguas limpias, dando paso a organismos característicos de ambientes sépticos. La aplicación de índices de diversidad de especies como parámetro en la evaluación de cuerpos de agua se basa en la diferencia que exhiben las comunidades bentónicas, no solo en el tipo de organismos presentes, sino también en el número de especies diferentes y por ende en la diversidad biológica, cuando la calidad de las fuentes se halla perturbada por algún factor de tipo ecológico. Cuando una fuente de agua goza de buena calidad hay predominio de los macroinvertebrados pertenecientes al grupo de insectos inmaduros, sensibles a la contaminación orgánica: efemerópteros, plecópteros, tricópteros y odonatos, hallándose esta población muy diversificada. La aplicación de este tipo de indicadores requiere la descripción de los grupos taxonómicos de macroinvertebrados y la clasificación de su estado ecológico, de acuerdo con las características específicas del hábitat, entre otros (Zúñiga, 1996).

Tabla 20. Determinaciones analíticas recomendadas para agua superficial

Parámetro	Consumo humano	Uso pecuario	Uso agrícola
Turbiedad	X	X	X*
pH	X		X
Sólidos suspendidos totales	X		X
Coliformes totales	X		
Coliformes fecales	X		
Dureza total	X		
Alcalinidad	X		
Calcio	X		
Magnesio	X	X	
Cloruros	X		
Sulfatos	X	X	
Manganeso	X		X
Fluoruro	X	X	X
Color	X	X	
Cromo	X	X	X
Hierro	X	X	X
Nitrito	X	X	
Nitrato	X		
Aluminio	X	X	X
Antimonio	X	X	
Arsénico	X		X
Cianuro	X		
Cadmio	X	X	X
Mercurio	X	X	
Bario	X		
Zinc	X	X	X
Selenio	X		X
Plomo	X	X	X
Cobre	X		X
Fenoles	X		
Conductividad	X	X	X
Niquel	X		
Molibdeno	X		X
Trihalometanos totales	X		
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	X		
Carbono orgánico total	X		
Fosfatos	X		
Cloro		X	X
Boro		X	X
RAS			X
Vanadio			X
Litio			X
Berilio			X
Cobalto			X
Nitrógeno			X

* Por los equipos de riego.



3.3.3. Determinación de la calidad de agua de las fuentes subterráneas

Las aguas subterráneas pueden emplearse para los mismos usos descritos en las aguas superficiales y presentan algunas ventajas con respecto a estas, pues generalmente sus características y caudales son más regulares y están mejor protegidas de la contaminación y las variaciones climáticas. Sin embargo, si su extracción implica uso de energía y equipos mecánicos se debe ser cuidadoso en su selección por los costos para la población, sobre todo la más pobre.

Las aguas subterráneas contienen nueve constituyentes químicos mayores (Na, Ca, Mg, K, HCO_3 , Cl, SO_4 , NO_3 y Si) que representan el 99% del contenido de soluble de las aguas naturales y cuya proporción depende del origen geológico, los patrones de flujo del agua subterránea y su historia. El 1% restante lo componen elementos menores y traza, necesarios en pequeñas concentraciones, pero que pueden generar problemas de salud o inaceptabilidad para el consumo humano o animal (Foster *et al.*, 2000). Algunos de los parámetros de mayor importancia para aguas subterráneas son los fluoruros, el arsénico y el hierro soluble. Los nitratos, y algunas veces nitritos y amonio, pueden llegar a ser un problema cuando hay contaminación por prácticas agrícolas o de saneamiento inadecuadas. El agua de los manantiales puede tener las características de las aguas subterráneas.

En su empleo para fines agrícolas, los principales problemas están asociados con la salinidad, la toxicidad de solutos específicos y nutrientes excesivos. Los elementos tóxicos más importantes son Cl, Na y B, pero también pueden presentarse problemas asociados con Se, As, Ba, Cd, Cr, Pb y Ni. Los oxihidróxidos de hierro, algunas veces asociados con depósitos de manganeso, generan obstrucciones que afectan la infraestructura y su eficiencia. La contribución de procesos microbiales en la obstrucción es reconocida como importante (Foster *et al.*, 2000).

Las aguas subterráneas de acuíferos profundos y confinados son habitualmente salubres desde el punto de vista microbiológico y químicamente estables si no existe contaminación directa; sin embargo, los acuíferos poco profundos o no confinados pueden estar expuestos a contaminación por las descargas o filtraciones asociadas a las prácticas agrícolas, las redes de saneamiento y alcantarillado locales y los residuos industriales (OMS, 2006b). En la Tabla 21 se presentan los tipos de análisis de calidad de agua que pueden llegar a ser necesarios, en el caso de aguas subterráneas, dependiendo de su uso.

Tabla 21. Determinaciones analíticas recomendadas para agua subterránea

Parámetro	Consumo humano	Uso pecuario	Uso agrícola
Turbiedad	X		
pH	X		X
Coliformes totales	X		
Coliformes fecales	X		
Dureza total	X		
Alcalinidad	X		
Calcio	X		
Magnesio	X	X	
Cloruros	X		
Sulfatos	X	X	
Manganeso	X		
Fluoruro	X		X
Color	X		
Cromo	X	X	X
Hierro	X		
Nitrito	X	X	
Nitrato	X		
Aluminio	X	X	X
Antimonio	X		
Arsénico	X	X	X
Cianuro	X		
Cadmio	X	X	X
Mercurio	X	X	
Bario	X		
Zinc	X	X	
Selenio	X		X
Plomo	X	X	X
Cobre	X	X	X
Fenoles	X		
Conductividad	X	X	X
Níquel	X		X
Molibdeno	X		
Trihalometanos totales	X		
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	X		
Carbono orgánico total	X		
Fosfatos	X		
RAS			X
Cloro		X	X
Sólidos disueltos totales		X	
Sólidos suspendidos totales			X
Sodio		X	X
Boro		X	X
Nitrógeno			X
Berilio			X



3.3.4. Determinación de la calidad del agua residual

Las aguas residuales pueden ser empleadas en actividades como riego o acuicultura, desempeñando una importante función como sustituto de las fuentes tradicionalmente empleadas, lo que permite liberar el recurso para beber y para otros usos con requerimientos de calidad más restrictivos. Sin embargo, debe garantizarse su aprovechamiento asegurando la protección de la salud, por lo cual éstas solo pueden ser empleadas una vez se haya llevado a cabo un tratamiento que permita la eliminación de los riesgos a las personas, el ambiente y las plantas. Adicionalmente, las aguas grises pueden ser usadas en el vaciado de inodoros, existiendo ya en el mercado artefactos que unen el lavamanos y el inodoro en uno solo. En la Tabla 22 se presentan los parámetros que deben medirse cuando se vaya a utilizar esta fuente para riego y para uso acuícola.

Tabla 22. Determinaciones analíticas recomendadas para agua residual

Parámetro	Uso agrícola	Uso acuícola
pH	X	X
Temperatura		X
Oxígeno disuelto		X
Sólidos suspendidos totales	X	
Coliformes fecales	X	X
Nematodos intestinales	X	X
Cadmio	X	
DBO	X	
DQO	X	
Níquel	X	
Boro	X	
Cloruro	X	
Cloro	X	
Hierro		
Nitrógeno	X	
Nitrato		X
Manganeso	X	
Dióxido de carbono		X
Alcalinidad		X
Dureza		X
Gas sulfhídrico		
Amoniaco		X
Conductividad eléctrica	X	X
RAS	X	



3.4. ESTABLECER MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LOS RIESGOS ASOCIADOS CON LA CALIDAD DE LAS FUENTES

El cuidado de las fuentes constituye la primera barrera en la protección de la calidad del agua en un sistema de abastecimiento. Al reducir los factores de peligro para el aprovechamiento de la oferta hídrica se amplían las posibilidades de uso integral del agua y se reducen los factores de riesgo para las comunidades, las necesidades de tratamiento y los costos operativos. A continuación se presentan algunas medidas de control que pueden ponerse en práctica para proteger la calidad de captaciones de diferentes fuentes de agua:



3.4.1. Medidas de control para las captaciones de agua lluvia o agua de niebla

Para garantizar una buena calidad del agua lluvia o agua de niebla captada deben establecerse como práctica la limpieza periódica de los tejados y canales. Deben eliminarse las ramas que cuelgan sobre los tejados, pues ellas son fuente de restos vegetales que favorecen el acceso a las zonas de captación del tejado de pájaros y pequeños mamíferos, que como se ha explicado son fuente de contaminación microbiológica. Igualmente, los tanques de almacenamiento deben estar cubiertos y la extracción de agua debe hacerse a través de llaves o tuberías que conduzcan el agua hasta sus puntos de uso. Si el tanque de almacenamiento está elevado, debe preverse la estructura que facilite el lavado periódico que debe hacer la familia.



3.4.2. Medidas de control para las captaciones de agua superficiales

Para la protección de las aguas superficiales, incluidos los manantiales, se pueden establecer requisitos de calidad para los vertidos que se realicen antes de la zona de captación. También es importante formular restricciones al uso de la tierra y a las actividades aguas arriba que afecten la calidad natural del agua. En la medida de lo posible, deben adquirirse los terrenos comprendidos en el perímetro de protección inmediata y si esto no es posible, entrar en procesos de concertación para realizar trabajos de cercado de las áreas aledañas a la fuente, reforestación y saneamiento o drenaje. Puede concertarse con los agricultores de la zona promover procesos encaminados a la reducción del uso de fertilizantes y mejoras en las condiciones de manejo de los residuos sólidos. Esto hace evidente la necesidad de realizar procesos que convoquen, no sólo a la comunidad beneficiaria y a la entidad de desarrollo, sino también a los pobladores aguas arriba de las fuentes y otras instituciones presentes en la zona, relacionadas con agricultura, salud,

turismo, vivienda, etc., para que apoyen estas iniciativas y puedan contribuir con alternativas para quienes pueden salir potencialmente afectados por estas medidas. La eficacia de la protección de las fuentes depende básicamente de la concertación de medidas de protección con la población y con los diferentes sectores usuarios de la zona que se va a proteger.

Algunas acciones que se pueden desarrollar son (OPS y OMS, 1999):

- Determinación de usos del agua autorizados y controlados y de los usos no autorizados.
- Registro de sustancias químicas utilizadas en las cuencas de captación
- Control de las actividades humanas dentro de los límites de la cuenca de captación, relacionadas con vertimiento de aguas residuales sin tratar, disposición de residuos sólidos, actividades agrícolas, aplicación de estiércol, etc.
- Control de los usos de la tierra.
- Aplicación de normativas para regular las actividades potencialmente contaminantes.
- Inspecciones periféricas de las zonas de captación.
- Separación de los cauces locales de aguas pluviales.
- Protección de vías fluviales y terrestres.
- Intercepción de la escorrentía.
- Protección y vigilancia para impedir la manipulación del agua.
- Protección para impedir el acceso de animales a las fuentes de agua (se deben establecer las medidas para resolver el problema que se ocasiona a las personas que tienen ganado en sus tierras)
- Protección y vigilancia para impedir el acceso y la manipulación del agua no autorizados.



3.4.3. Medidas de control para las captaciones de aguas subterráneas

En el caso de las aguas subterráneas, lo más común es el establecimiento de perímetros de protección y la protección de la excavación, ya sea con tuberías para pozos perforados o con cubierta impermeabilizante de paredes por varios metros de profundidad en pozos excavados. Estos perímetros generalmente consideran tres zonas (OPS y OMS, 1999): una zona alrededor del pozo para impedir el deterioro de las instalaciones de captación y evitar el vertido de sustancias contaminantes en las zonas inmediatas. Los terrenos dentro de este perímetro deben ser adquiridos, cercados y mantenidos por las entidades que manejarán el sistema. Esta protección es fundamentalmente para prevenir la contaminación microbiológica. En esta zona se deben construir sistemas para drenar el agua lluvia. La segunda zona está relacionada con los riesgos de migración subterránea de sustancias contaminantes. Sus límites se establecen teniendo en cuenta el tiempo de

transferencia del agente contaminante. Dentro de esta zona se imponen servidumbres y se establecen límites o prohibiciones para actividades como: construcción, agricultura, industria, disposición de residuos, extracción de metales y vertimiento de aguas residuales. La tercera zona se establece para evitar riesgos por contaminación química o radioactiva y depende de las condiciones geológicas e hidrológicas. En esta zona pueden establecerse prohibiciones o únicamente restricciones. Además del establecimiento de zonas de protección, para la prevención de la contaminación de acuíferos pueden mencionarse las siguientes estrategias:

- Ubicación correcta de los pozos.
- Construcción correcta de pozos, incluida la protección sanitaria.
- Bocas impermeabilizadas para impedir la entrada de agua superficial o de agua subterránea de poca profundidad.
- Revestimiento de pozos hasta una profundidad razonable.
- Determinación de usos autorizados y controlados.
- Registro de sustancias químicas utilizadas en zonas aledañas.
- Requisitos de protección específicos.
- Control de las actividades humanas dentro de los límites de la zona de protección.
- Control de los efluentes de aguas residuales.
- Procedimientos de planificación de los usos de la tierra.
- Aplicación de normativas para regular las actividades potencialmente contaminantes.
- Protección y vigilancia para impedir el acceso y la manipulación no autorizados.
- Sistemas de extracción que no permitan la contaminación.



3.4.4. Medidas de control para el aprovechamiento de aguas residuales

Una variedad de medidas de protección pueden ser usadas para reducir los riesgos a la salud de consumidores, trabajadores, sus familias y comunidades locales. La Tabla 23 presenta una lista de las medidas de protección que pueden ser introducidas para reducir los riesgos relacionados con el uso de aguas residuales en la agricultura, mientras la Tabla 24 introduce las medidas de protección empleadas para la acuicultura.



3.5. RESPETAR LA PRIORIDAD QUE OTORGA LA POBLACIÓN RURAL A LOS DISTINTOS USOS

La prioridad de uso que tiene la comunidad es diferente a la que determinan las instituciones. Entre la comunidad, es distinta la prioridad de uso de

Tabla 23. Medidas de protección para el uso de agua residual en agricultura

Medida de protección	Consumidores	Agricultores y sus familias	Comunidad aledaña
Tratamiento de agua residual	X	X	X
Restricción de cultivos	X		
Técnicas de aplicación de agua residual que minimiza la contaminación (riego localizado)	X		
Períodos de suspensión que permiten la muerte de los patógenos luego de la última aplicación de agua residual	X		
Prácticas higiénicas en plazas de mercado y durante la preparación de los alimentos	X		
Promoción de la salud y la higiene	X	X	X
Lavado, desinfección y cocción	X		
Quimioterapia e inmunización	X	X	X
Uso de elementos de protección personal		X	
Acceso a agua segura de bebida e instalaciones de saneamiento en las fincas		X	
Control de vectores y de huéspedes intermedios		X	X
Reducido contacto con vectores		X	X
Acceso restringido a campos irrigados y estructuras hidráulicas			X
Acceso a aguas recreativas seguras especialmente para adolescentes			
Acceso a agua segura de bebida e instalaciones de saneamiento en comunidades			X

Fuente: Adaptado de OMS (2006c)

los hombres y de las mujeres, especialmente cuando ellas tienen actividades de pequeña escala en su predio. Algunas herramientas para determinar las prioridades, lo que es muy útil en época de estiaje, son:



3.5.1. Determinación de usos prioritarios por parte de la comunidad

Con la propia comunidad se puede hacer un muestreo para determinar cuáles son las prioridades que se otorga a cada tipo de uso como bebida y preparación de alimentos, bebida de los animales, riego de plantas (jardines, huertas y pequeños cultivos) y demás usos en el predio. Es muy importante incluir a los más pobres y a las mujeres que desarrollan actividades productivas de pequeña escala. Se debe entender que la población no puede sacrificar sus medios de sustento, especialmente su alimentación por las prioridades que determinen las instituciones. La prioridad institucional en general no tiene mucho que ver con la prioridad de las comunidades. Por ejemplo, en Costa Rica (Valle), era para todos prioritaria el agua para be-

Tabla 24. Medidas de protección para el uso del agua en acuicultura

Medida de protección	Consumidores	Agricultores y sus familias	Comunidad aledaña
Tratamiento de agua residual	X	X	X
Restricción de productos	X		
Control de trematodos y huéspedes intermedios	X		
Períodos de suspensión en aplicación de agua residual	X		
Depuración	X		
Prácticas higiénicas en la manipulación de los alimentos y preparación	X		
Procesamiento post cosecha	X		
Promoción de la salud y la higiene	X	X	X
Lavado, desinfección y cocción	X		
Quimioterapia e inmunización	X	X	X
Uso de elementos de protección personal		X	
Acceso a agua segura de bebida e instalaciones de saneamiento en las fincas		X	
Control de vectores y de huéspedes intermedios		X	X
Reducido contacto con vectores		X	X
Acceso restringido a instalaciones de acuicultura			X
Acceso a aguas recreativas seguras especialmente para adolescentes			X
Acceso a agua segura de bebida e instalaciones de acuicultura			X

Fuente: Adaptado de OMS (2006c)

bida, para preparación de alimentos y aseo personal, pero las mujeres que tenían actividades de pequeña escala (principalmente gallinas y cerdos) consideraban como la siguiente prioridad el agua para los animales y luego el agua para las plantas (Ríos y Correa, 2008). Usos como el lavado de pisos no era prioritario a pesar de que las instituciones consideran el uso para actividades domésticas como la prioridad No. 1. Las prioridades institucionales continúan con la prioridad para cultivos y no contemplan el uso del agua para los animales.



3.5.2. Medidas de control para priorizar usos en épocas de estiaje

Una vez se han priorizado los usos por consenso, se pueden establecer las medidas de control para cada uso. Por ejemplo, en época de estiaje se permitirá el riego de cultivos con agua del acueducto en áreas menores de 1 Ha, solamente 3 horas durante la noche. En época de estiaje solamente

se admitirá el barrido en seco de cocheras y establos. Este tipo de medidas deben quedar incluidas en el reglamento de uso del acueducto. Los sistemas individuales de la vivienda abastecidos por agua lluvia, de niebla o manantiales, podrán ser utilizados por la familia según sus conveniencias así como el uso del agua residual tratada de sus propios sistemas de saneamiento.

PRINCIPIO 4

Deben considerarse alternativas tecnológicas que permitan aprovechar la oferta de agua a partir de múltiples fuentes, para satisfacer la demanda de los diferentes usos de la familia rural, promoviendo la sostenibilidad del ambiente y mejorando la calidad de vida de los habitantes pobres del campo.

Resultados del proyecto sobre usos múltiples en los casos de estudio de La Castilla, Golondrinas, La Palma - Tres Puertas y Los Saínos indicaron que, en promedio, para actividades domésticas y productivas, las familias de estas zonas demandan aproximadamente 213 lpd. Cabe destacar que estos valores incluso pueden ser menores, si en los proyectos de infraestructura para el abastecimiento de agua se tienen en cuenta estrategias de producción más limpia, incluyendo las UBTs (entre ellas la vivienda) como parte integrante del sistema. Estos valores son cercanos a las dotaciones con las que se planifican los sistemas de abasto de los habitantes urbanos (RAS 2000), que normalmente no tienen actividades productivas, permanecen durante la mayor parte del tiempo fuera de la casa y su sustento no depende así del uso del agua en la vivienda.

Para permitir tanto el consumo humano como los usos domésticos y productivos de pequeña escala, garantizando al tiempo la sostenibilidad de los sistemas, deben tenerse en cuenta varias opciones de suministro, pues en ocasiones la oferta de agua a partir de una sola fuente limitaría el acceso al líquido para algunos miembros de la comunidad o las actividades productivas para muchos. Para evitar estas circunstancias pueden plantearse varias opciones de abastecimiento, partiendo del hecho de que todas posibilitarán la utilización del agua para actividades productivas. La Figura 5 presenta

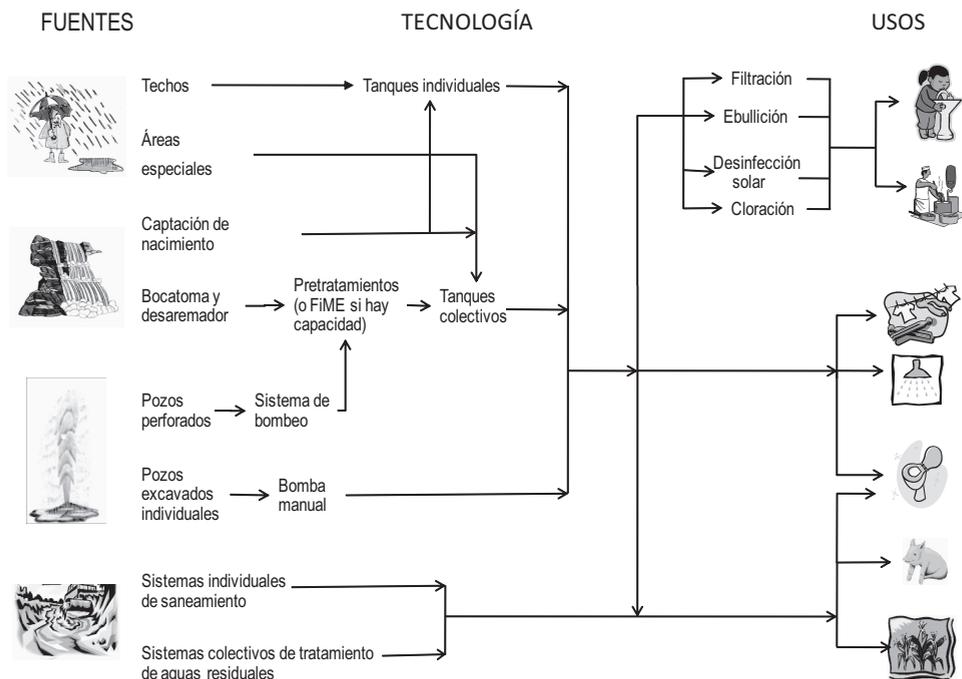


Figura 5. Opciones tecnológicas para uso múltiple del agua en zonas rurales

un esquema general de opciones tecnológicas para uso múltiple en zonas rurales. Las opciones que se plantean a continuación pretenden describir de manera general las posibilidades existentes. Los criterios de diseño para estas opciones han sido ampliamente estudiados y existe una gran cantidad de información al respecto, incluyendo modelos de selección de tecnología. A continuación se presentan algunos enfoques que permiten relacionar oferta y demanda para el suministro de agua en sistemas de uso múltiple:



4.1. SUMINISTRAR ÚNICAMENTE AGUA POTABLE PARA TODOS LOS USOS DE FORMA CENTRALIZADA

Esta puede ser la solución más costosa desde el punto de vista institucional y por la forma sectorizada y fragmentada de operar que tienen las instituciones gubernamentales, pudiera ser su única opción de intervención. En un sistema de uso múltiple puede ser posible tener una planta centralizada de potabilización de agua y distribuir el líquido a las viviendas, permitiendo que sea utilizado para todos los usos, aun cuando no todos requieran características de potabilidad. Esta opción puede considerar el abasto desde fuentes superficiales o subterráneas.



4.1.1. Suministrar agua potable únicamente a partir de fuente superficial

Esta alternativa implica contar con un sistema colectivo de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua. Existen diversos tipos de estructuras a partir de las cuales puede captarse el agua proveniente de fuentes superficiales. Entre las alternativas se encuentran las bocatomas laterales, la captación mediante lecho filtrante, las bocatomas sumergidas, dique tomas y canales de derivación, cuya selección depende de diversos factores, entre ellos el tamaño de la fuente. El agua captada y transportada a través de las conducciones debe ser almacenada en tanques para atender las variaciones del consumo y mantener las presiones de servicio en la red de distribución. Para el uso múltiple es importante también el almacenamiento en la vivienda y si hay riego de pequeñas parcelas, son importantes las tecnologías de riego utilizadas, el tiempo que dura el riego y la hora del día en que se hace, y deben estar reguladas por la administración del sistema. En sistemas alimentados por gravedad, los tanques deben tener la capacidad de compensar las variaciones horarias del consumo y los eventuales desperfectos en la línea de conducción.

En relación con el tratamiento, existe una gran variedad de opciones tecnológicas, cuya selección debe ser realizada con la comunidad y dependerá de factores técnicos, ambientales, económicos, sociales y culturales. Entre las opciones de tratamiento para la zona rural se encuentran los sistemas FiME (Filtración en Múltiples Etapas), que pueden usarse cuando la calidad del agua es apropiada y la capacidad y disponibilidad de pago permite una adecuada operación y mantenimiento del sistema. La Figura 6 presenta una de las posibles alternativas para este caso, un sistema de uso múltiple a nivel colectivo con agua potable desde fuente superficial, con tecnología de potabilización tipo FiME.

Como una variante a este esquema se puede considerar también la posibilidad de suministrar agua con pretratamientos (desarenación y filtración gruesa), de tal forma que sea menos costoso sostener el sistema y promover el tratamiento en la cocina para alcanzar la calidad de “potable” para los 6 lpd que se requieren realmente de esta calidad. En el ítem 4.2. se presentan las opciones tecnológicas para potabilizar el agua en la vivienda. Con pretratamientos ya es posible usar sistemas de riego por goteo de bajo costo, que mejoran la eficiencia en el uso del agua para pequeñas parcelas.



4.1.2. Suministrar únicamente agua potable a partir de fuente subterránea

Las aguas subterráneas pueden explotarse mediante sistemas de extracción horizontal como galerías, zanjas, drenes de infiltración y túneles, que

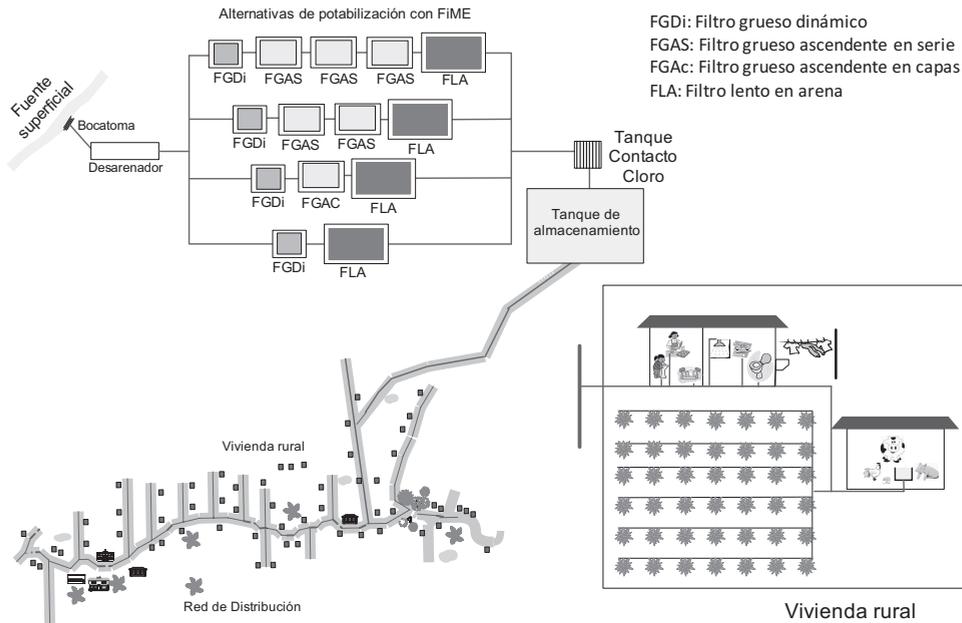


Figura 6. Sistema de uso múltiple colectivo con agua potable desde fuente superficial

no son muy utilizados en Colombia y sistemas de extracción vertical como los pozos de pequeño y gran diámetro. En los pozos de pequeño diámetro el agua es extraída por medio de tuberías. Estos pozos pueden ser perforados hasta profundidades de 200 m (CNA, 1997), aunque hay pozos de mucha mayor profundidad para el abastecimiento de asentamientos humanos, mediante diferentes mecanismos. Se pueden tener pozos perforados por diferentes métodos como pozos hincados, pozos perforados con chorros de agua a presión, y pozos perforados por barrenación. Los pozos deben contar con protección sanitaria como ya fue indicado anteriormente para el agua subterránea.

En cuanto a la elevación de aguas subterráneas desde pozos profundos, las bombas centrífugas son las que más ventajas ofrecen. Estas bombas pueden clasificarse en bomba vertical sumergida con motor eléctrico en superficie y grupo motobomba sumergible, donde tanto el motor eléctrico como los cuerpos de bomba trabajan conjuntamente debajo del nivel del agua. Existen además las bombas alternativas de émbolo o pistón y las bombas rotativas (Villanueva, 1997). Es necesaria la proyección de un tanque, generalmente elevado, para lo cual es importante conocer las variaciones de consumo horarias y diarias de la población; establecer si la alimentación será continua o discontinua, el número de horas de bombeo, caudal de bombeo, etc. La capacidad de esta unidad estará determinada por el período y tiempo de bombeo. Adicionalmente, se puede analizar la instalación de tanques

elevados de almacenamiento en la vivienda, para mejorar la disponibilidad de agua y la continuidad. La Figura 7 presenta una de las alternativas de abastecimiento de uso múltiple a nivel colectivo con agua potable desde fuente subterránea.

En relación con el tratamiento de aguas subterráneas, los parámetros de interés principal son el hierro (Fe), el manganeso (Mn) y la dureza, que provocan el rechazo de los consumidores. Para la eliminación de estos elementos existen diferentes alternativas; algunas de ellas se basan en la aplicación de compuestos químicos y otras no lo requieren. En la zona rural, para la remoción de estas sustancias puede emplearse la aireación - filtración, por ejemplo empleando aireadores por bandejas y filtros gruesos ascendentes en gravas, que alcanzan altas eficiencias de remoción. Existen otros tratamientos en los cuales la formación de precipitados se hace mediante la aplicación de químicos, tales como cloro, cal o coagulantes. También es posible la remoción del hierro y del manganeso por intercambio iónico, a través de zeolitas sódicas o mangánicas (Pérez, 1997). Sin embargo, estas tecnologías son más robustas y por lo tanto implican costos mayores.

Así como en el caso anterior, como una variante a este esquema, se puede considerar también la posibilidad de suministrar agua con pretratamientos (aireación), de tal forma que sea menos costoso sostener el sistema y promover el tratamiento en la cocina para alcanzar la calidad de “potable” para los 6 lpd que se requieren de esta calidad. En el ítem 4.2. se presentan las opciones tecnológicas para potabilizar el agua en la vivienda.

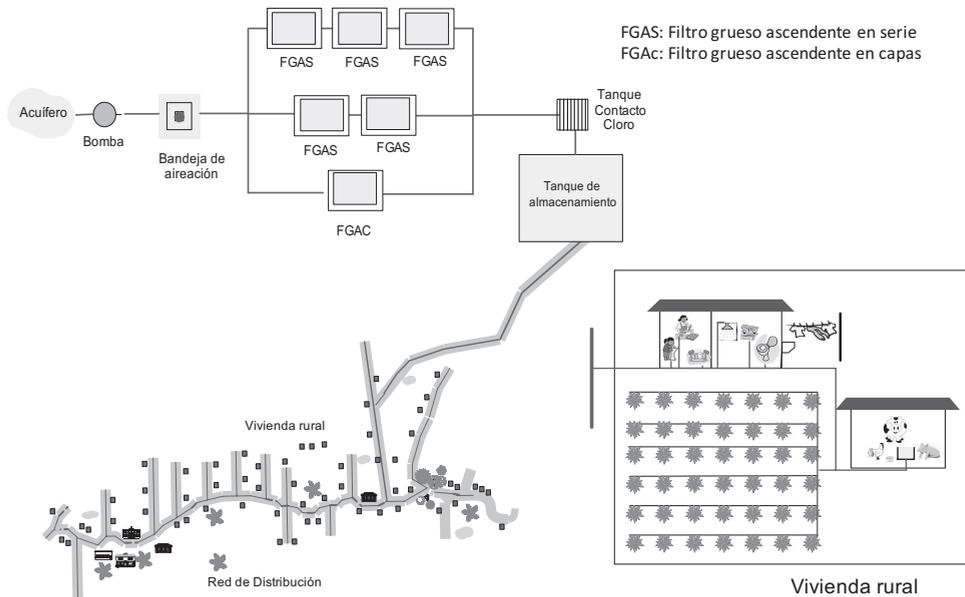


Figura 7. Sistema de uso múltiple a nivel colectivo con agua potable desde fuente subterránea



4.2. SUMINISTRAR AGUA CRUDA DE FORMA CENTRALIZADA Y PROMOVER EL TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO A NIVEL DE LA VIVIENDA

Este es el caso real de la mayoría de sistemas rurales construidos en Colombia, tal como los sistemas de abastecimiento construidos por el Programa de Abastecimiento de Agua Rural (PAAR), en comunidades rurales del Valle del Cauca desde el año 2003. Se basan en que es importante para la familia tener el agua en su predio, así no sea potable. Las intervenciones consisten en suministrar agua mediante acueductos sin planta de tratamiento, buscando fuentes abastecedoras de buena calidad. Estos acueductos, aunque han sido diseñados y construidos principalmente para uso doméstico, se han convertido en sistemas de uso múltiple *de facto*, pues las comunidades intervenidas generalmente tienen actividades productivas de pequeña escala.



4.2.1. *Suministrar agua cruda por sistema centralizado y promover el tratamiento del agua para consumo humano a nivel de la vivienda a partir de fuente superficial o subterránea*

Esta propuesta implica que se planifiquen sistemas de abastecimiento de agua colectivos (acueductos), con fuentes de relativa buena calidad de agua, ya sea superficial o subterránea, de la misma forma que en la opción anterior, pero obviando la planta de potabilización. Esta es la intervención institucional que con mayor frecuencia se realiza en la zona rural. En algunos casos las instituciones instalan un sistema de desinfección que ha probado no ser buena opción en la mayoría de los casos de las zonas rurales.

Cuando el abastecimiento es de este tipo, es importante promover la instalación de sistemas de filtración y desinfección a nivel individual, preferiblemente para el agua que vaya a utilizarse en la preparación de alimentos –sobre todo los jugos, la bebida, el lavado de platos y la cepillada de los dientes. Para la remoción de turbiedad pueden utilizarse filtros de arena caseros y la desinfección del agua puede llevarse a cabo mediante diferentes técnicas como ebullición, cloración (blanqueadores con base en hipoclorito de sodio), desinfección solar en botellas o mediante cocinas solares. Todas estas opciones pueden ser implantadas utilizando materiales de bajo costo, que pueden ser asequibles para la vivienda rural. La Figura 8 muestra un esquema de cómo puede suministrarse agua para uso múltiple y cómo puede mejorarse la calidad del agua en la vivienda.



4.3. SUMINISTRAR AGUA A PARTIR DE MÚLTIPLES FUENTES PARA MÚLTIPLES USOS

Este enfoque representa tener un conocimiento integral de la oferta hídrica y de sus posibilidades de aprovechamiento. Pueden usarse las aguas

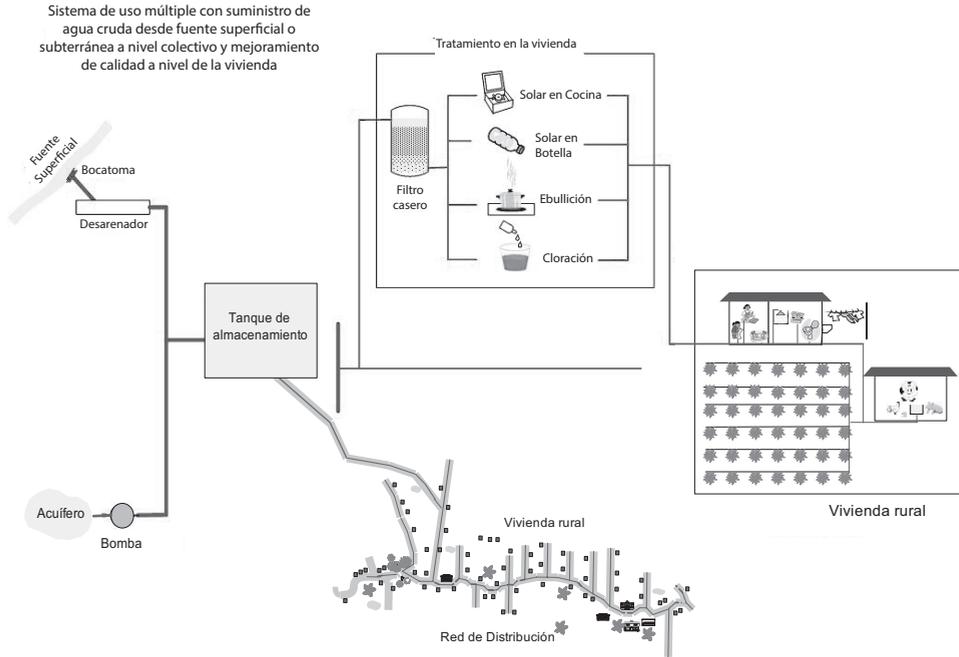


Figura 8. Sistema de uso múltiple con acueducto y mejoramiento de calidad de agua en la vivienda

lluvias o de niebla, manantiales, aguas superficiales o subterráneas como única fuente o contemplarse el uso de varias fuentes de manera simultánea, relacionándolas con los diferentes usos del agua y los requerimientos de cantidad y calidad de estos usos. Adicionalmente, se promueve el reuso de aguas residuales de los sistemas de tratamiento individual que pueden existir en la vivienda.



4.3.1. Abastecimiento a partir de aguas lluvias o de niebla a nivel de la vivienda

Estos sistemas deben considerar mecanismos de captación y almacenamiento y en algunos casos tratamiento de las aguas recolectadas. Las aguas lluvias pueden captarse en los techos o cubiertas de viviendas, cocheras o galpones o también mediante áreas especialmente acondicionadas. El agua de niebla puede colectarse a través de mallas que la entregan a canales colectores desde donde se puede llevar al sitio de uso (Sandoval *et al.*, 2009). Las cubiertas de los techos son las más usadas para la recolección de agua lluvia, preferiblemente las de materiales como metales, tejas de asbesto, materiales cerámicos o tejas de concreto. El techo de la edificación deberá

contar con pendiente y superficie adecuadas para facilitar el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección, que puede hacerse mediante canaletas dispuestas alrededor de los extremos de los techos, en materiales como PVC, metales, madera o guadua.

Durante los períodos secos el polvo se acumula en los techos, caen hojas, excrementos de pájaros y otros animales. Por esta razón es importante incorporar dispositivos que permitan separar los primeros enjuagues del techo, a fin de que esta suciedad no se acumule en los sistemas de almacenamiento y haga el agua inadecuada para su uso (al menos 15 minutos de lluvia se deben dejar perder). Cubriendo las áreas transversales de las tuberías verticales con mallas de alambre, se pueden retener hojas, pajas y sólidos gruesos. Si se colocan juntas flexibles en las tuberías verticales que van de los canales a los tanques de almacenamiento, también es posible la separación de éstos primeros enjuagues. En esquemas más elaborados, pequeños tanques retienen el primer enjuague hasta que se llenan y el agua limpia empieza a caer al tanque principal de almacenamiento.

La superficie del suelo puede acondicionarse con pendientes y materiales que permitan reducir la permeabilidad y favorecer la captación de aguas lluvias. También puede retirarse la vegetación, compactar la superficie e incluso considerar la cobertura del área de captación con asfalto, plásticos, etc. En áreas planas puede recogerse aproximadamente el 30% del agua lluvia, mientras en áreas impermeables y dotadas de pendientes el rendimiento puede ser hasta del 90% de la precipitación (Smet y Van Wijk, 2002).

Para el cálculo del área de captación deben tenerse en cuenta aspectos como el régimen de lluvias de la zona del proyecto, el coeficiente de escorrentía del material de la superficie de captación, número de personas que se abastecerán y la dotación *per cápita* de los usos a abastecer a partir de las aguas lluvias. El agua lluvia puede ser almacenada en recipientes, tanques o lagunas abiertas. Los recipientes se recomiendan cuando la lluvia cae de manera regular. Es importante resaltar que estos recipientes deben permanecer tapados y tener un adecuado mantenimiento para evitar la contaminación del agua almacenada. Los tanques deben usarse en sitios con variabilidad de precipitaciones. Pueden proyectarse en materiales como ladrillo, ferrocemento o concreto; pueden ser superficiales o enterrados. Cuando la recolección de aguas lluvias se realiza a través de áreas especiales, como canchas deportivas o zonas acondicionadas, el almacenamiento puede hacerse en reservorios abiertos, excavados en el suelo y dotados de materiales impermeables. Generalmente las aguas almacenadas en este caso se utilizan para riego, atención de animales, limpieza y actividades que no requieran agua de muy buena calidad.

En relación con el tratamiento de las aguas lluvias, cuando van a ser usadas para consumo humano y han sido recogidas en techos y almacenadas en recipientes con las precauciones debidas, puede decirse de manera gene-

ral, que pueden ser empleadas sin necesidad de tratamiento. Sin embargo, si se desea, es posible proyectar filtros de arena caseros y hervir el agua de la bebida y preparación de alimentos o adicionar hipoclorito de calcio (blanqueador) al tanque de almacenamiento en dosis apropiada. La Figura 9 muestra un esquema de sistema de suministro a nivel individual a partir de aguas lluvias.



4.3.2. Suministro de aguas subterráneas a nivel de la vivienda

El agua de los pozos poco profundos puede ser extraída utilizando bombas manuales o también utilizando cuerdas y baldes. En cuanto a las bombas manuales, éstas pueden clasificarse dependiendo de la profundidad desde la cual pueden extraer agua, es decir el desnivel de bombeo. Para pequeños desniveles, las bombas comúnmente usadas son las bombas manuales de tipo aspirante, que extraen agua desde profundidades de la capa freática menores a 7 m; una variante de éstas son las bombas de mecate nicaragüenses. Éstas son las bombas manuales más usadas en el mundo al servicio de familias, individualmente o por pequeños grupos. Para desniveles intermedios y grandes se tienen las bombas aspirantes e impelentes, donde el cilindro está sumergido bajo el nivel de agua. Son aptas para desniveles de hasta 45 m o más. Existen diferentes mecanismos de operación: en forma de palanca, volante o pedal. Para este tipo de desniveles también existen las bombas de

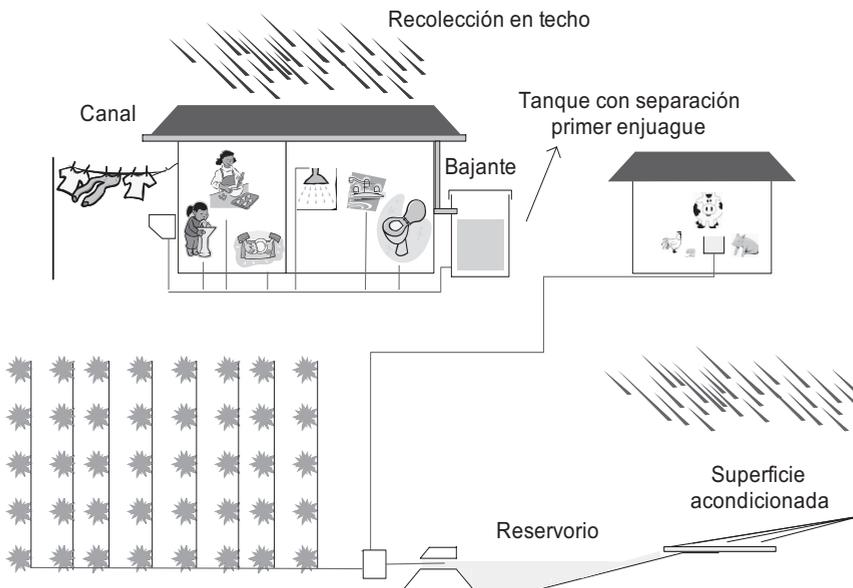


Figura 9. Sistema de uso múltiple a nivel individual con agua lluvia como única fuente

diafragma y las bombas de cavidad progresiva, pero su uso es más difícil de implantar en la zona rural (Arlosoroff *et al.*, 1988)

Cuando el suministro es a partir de fuentes subterráneas, debido a la presencia de hierro y manganeso que puede generar rechazo, sería adecuado realizar también aireación y filtración. Adicionalmente se puede llevar a cabo desinfección de estas aguas, aunque mientras provengan de pozos debidamente protegidos y libres de contaminación, por lo general son inocuas desde el punto de vista microbiológico.



4.3.3. Suministro de aguas superficiales a nivel de la vivienda

En este caso funcionaría el mismo sistema en el cual hay una toma directa de agua desde la fuente y se conduce hasta la vivienda en la cual se dispone de filtro casero y sistemas de desinfección a nivel individual. Se debe tener especial cuidado con la toma de agua de manantiales (nacimientos, ojitos de agua), ya que una estructura que lo proteja permitirá tener agua potable de forma directa en la vivienda, en la mayoría de los casos. Estos se presentan, con frecuencia, en forma de pequeñas pozas o lugares húmedos al pie de las colinas o a lo largo de las orillas de los ríos. Los dos tipos más corrientes de manantial son los de agua descendente y los de agua ascendente o artesianos. En los primeros, el agua subterránea corre sobre los estratos impermeables inclinados hasta que sale a la superficie; su rendimiento varía con las precipitaciones. En el segundo caso, el agua de una formación permeable o de una grieta confinada entre dos capas impermeables, asciende a presión hasta la superficie del terreno; su rendimiento es casi constante durante todo el año (Moreno, 2004).

Para el aprovechamiento de estas fuentes es importante proyectar estructuras de acondicionamiento, pues todos los manantiales y en particular los de gravedad, están expuestos a contaminación. Las estructuras de acondicionamiento constan de una estructura que aísla la fuente del ambiente externo que la contamina y otra que permite acumular el agua. Los diferentes tipos de manantiales requieren diferentes obras para su mejoramiento, que varían de acuerdo con la forma en que el agua aflora a la superficie, posición del punto de afloramiento con relación al terreno alrededor, tipo de material de substrato y número de puntos de afloramiento, entre otros aspectos.

Para los manantiales de fuentes ubicadas en grietas de rocas, se pueden hacer dos tipos de estructura de protección: estructura con caja de cemento o con relleno de piedras. Para los manantiales ubicados en el fondo de zanjones o pequeñas quebradas, se pueden construir dos tipos de estructura de protección: estructura con losa de concreto o con relleno de piedras. La Figura 10 presenta el esquema de un suministro de agua a nivel individual, cuando el abastecimiento es a partir de fuentes subterráneas o superficiales como única alternativa.

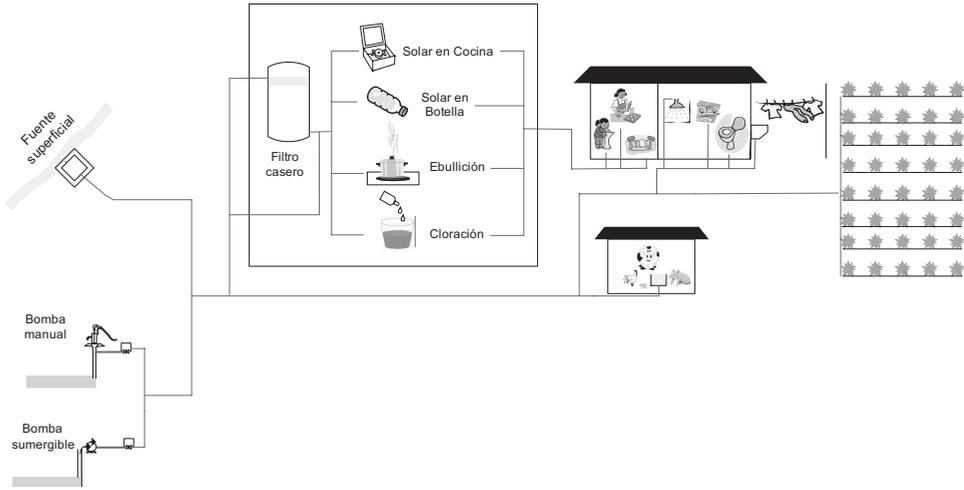


Figura 10. Sistema de uso múltiple a nivel individual con agua superficial o subterránea como única fuente



4.3.4. Suministro a partir de aguas residuales

En este caso se ha considerado el reuso de las aguas residuales tratadas en los sistemas de tratamiento individuales que pueden existir o ser proyectados en las viviendas. El reuso de aguas residuales de asentamientos rurales provenientes de alcantarillados con sistemas de tratamiento por lo general se puede hacer si las condiciones topográficas y los cultivos cercanos lo permiten. Las posibilidades de reuso dependerán del tipo de cultivos a irrigar. En cultivos de consumo directo, es decir, aquellos de tallo corto que se consumen crudos, debe implantarse un tratamiento para la remoción de patógenos, previo al uso del agua. Si esta fuente será utilizada para la irrigación de cultivos que serán procesados, puede realizarse un tratamiento sencillo para remover sólidos y grasas; sin embargo, los trabajadores deberán protegerse cuando entren al cultivo para evitar cualquier contaminación por manipulación.

Algunas opciones de tratamiento que permiten el reuso de aguas residuales incluyen el tanque séptico, seguido de las diversas opciones de tratamiento secundario como el filtro anaerobio o el filtro de arenas. En estas unidades es posible la eliminación de sólidos suspendidos y material flotante. Sin embargo, los efluentes de estas unidades pueden contener concentraciones significativas de materia orgánica, patógenos y nutrientes. Cuando se desea alcanzar un nivel de tratamiento mayor, es posible acompañar los tanques sépticos con humedales artificiales. Otra alternativa la constituyen los filtros

intermitentes en arena, los cuales son bastante eficientes en la remoción de microorganismos, sólidos suspendidos y demanda bioquímica de oxígeno y nitrógeno, lo que permite una amplia gama de posibilidades para reuso.

De acuerdo con la información reportada por la OMS (2006c), en los tanques sépticos se logran 0.5 unidades logarítmicas de reducción de patógenos y en un sistema de infiltración en el suelo se alcanzarían remociones hasta de 6.5 unidades. Los humedales alcanzan de 1-2 unidades logarítmicas de reducción de virus, de 0,5-3,0 de bacterias, 0,5-2,0 de protozoarios y de 1-3 huevos de helmintos. El uso seguro de aguas residuales implica que a través de distintas estrategias, tanto tratamiento de aguas residuales como prácticas de higiene (pelado de frutas, lavado de vegetales, ebullición o cocción), se alcancen hasta 7 unidades logarítmicas de remoción de patógenos. La Fotografía 8 muestra un humedal artificial y la Tabla 25 esquemas tecnológicos que permiten el aprovechamiento de aguas residuales a nivel individual en zonas rurales.



Fotografía 8. Humedal para el tratamiento de aguas residuales

Tabla 25. Esquemas tecnológicos para tratamiento de aguas residuales a nivel individual

Esquema de tratamiento		Nivel de tratamiento
Tanque séptico / Filtro anaerobio		Primario
Tanque séptico / Filtro anaerobio	Humedal de sub-superficial	Secundario
Tanque séptico / Filtro anaerobio	Filtro intermitente en arena	Terciario con remoción de patógenos

Nota: Es importante señalar que también es posible reutilizar el agua que provenga de sistemas de tratamiento colectivos (alcantarillados con planta de tratamiento de aguas residuales) de la misma localidad o localidades vecinas, en las circunstancias en que sea técnica, social, ambiental y económicamente viable.

La Figura 11 representa un ejemplo de sistema de abastecimiento de uso múltiple con posibilidad de suministro desde diferentes fuentes. La Tabla 26 muestra un resumen de algunas de las opciones tecnológicas disponibles para suministrar agua a partir de diferentes fuentes y los usos posibles de las alternativas expuestas.

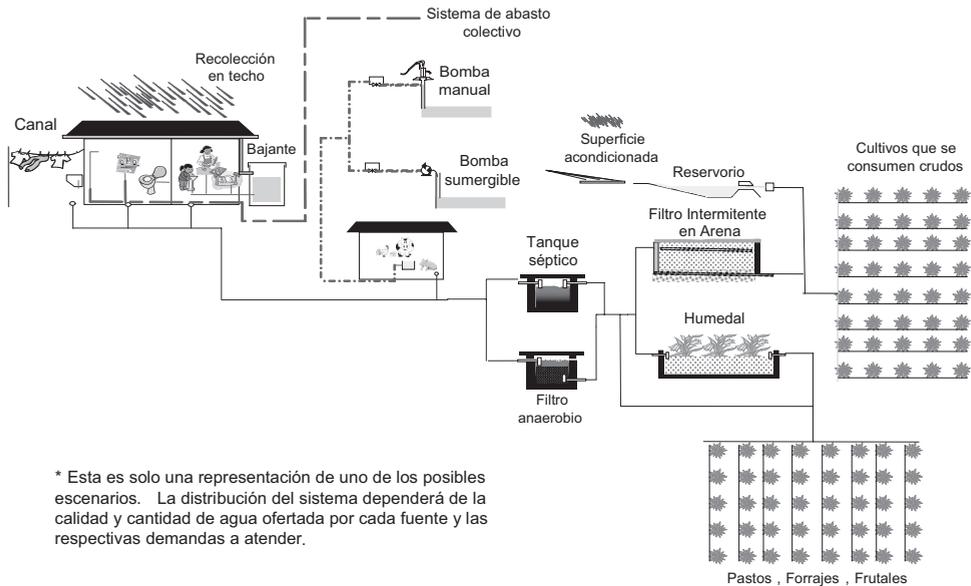


Figura 11. Sistema de uso múltiple: múltiples fuentes-tecnología multipropósito-múltiples usos

Tabla 26. Algunas opciones tecnológicas para sistemas de uso múltiple

Oferta	Tecnologías								Usos del agua *							
	Captación	Tratamiento a nivel colectivo	Desinfección	Almacén	Tratamiento a nivel individual	1	2	3	4	5	6	7	8			
Superficial	Desarena- Bocatoma	Filtro Grueso Dinámico	Filtro Lento en Arena	Tanque de con- tacto de Cloro	Tanque	x	x	x	x	x	x	x	x			
Superficial	Desarena- Bocatoma	Filtro Grueso Dinámico	Filtro Lento en Arena	Tanque de con- tacto de Cloro	Tanque	x	x	x	x	x	x	x	x			
Superficial	Desarena- Bocatoma	Filtro Grueso Dinámico	Filtro Lento en Arena	Tanque de con- tacto de Cloro	Tanque	x	x	x	x	x	x	x	x			
Superficial	Desarena- Bocatoma	Filtro Grueso		Tanque	Tanque	x										
Superficial	Desarena- Bocatoma	Filtro Grueso	Filtro casero	Tanque	Filtro casero	x										
Superficial	Desarena- Bocatoma	Filtro Grueso	Filtro casero	Tanque	Filtro casero	x										
Superficial	Desarena- Bocatoma	Filtro Grueso	Filtro casero	Tanque	Filtro casero	x										
Superficial	Desarena- Bocatoma	Filtro Grueso	Filtro casero	Tanque	Filtro casero	x										
Subterrá- nea	Bombas de Aireación	Filtro Grueso Ascendente en Serie (3)	Tanque de con- tacto de Cloro	Tanque	Tanque	x	x	x	x	x	x	x	x			
Subterrá- nea	Bombas de Aireación	Filtro Grueso Ascendente en Serie (2)	Tanque de con- tacto de Cloro	Tanque	Tanque	x	x	x	x	x	x	x	x			

>>> Sigue

Tabla 26. (Cont.)

Oferta	Tecnologías					Usos del agua *							
	Captación	Tratamiento a nivel colectivo	Desinfección	Almacén	Tratamiento a nivel individual	1	2	3	4	5	6	7	8
Subterránea	Bomba	Filtro Grueso Ascendente en Capas	Tanque de contacto de Cloro	Tanque		x	x	x	x	x	x	x	x
Subterránea	Bomba	Bandejas de Aireación	Tanque	Tanque		x	x	x	x	x	x	x	x
Subterránea	Bomba		Tanque	Filtro casero	Cocina solar								
Subterránea	Bomba		Tanque	Filtro casero	Botellas	x							
Subterránea	Bomba		Tanque	Filtro casero	Ebullición	x							
Subterránea	Bomba		Tanque	Filtro casero	Cloración	x							
Aguas Iluvias	Techos	Separación primer enjuague	Tanque	Tanque		x	x	x	x				
Aguas Iluvias	Techos	Separación primer enjuague	Tanque	Filtro casero	Cocina solar	x							
Aguas Iluvias	Techos	Separación primer enjuague	Tanque	Filtro casero	Botellas	x							
Aguas Iluvias	Techos	Separación primer enjuague	Tanque	Filtro casero	Ebullición	x							

>>> Sigue

Tabla 26. (Cont.)

Oferta		Tecnologías				Usos del agua *							
Fuente	Captación	Tratamiento a nivel colectivo	Desinfección	Almacén	Tratamiento a nivel individual	1	2	3	4	5	6	7	8
Aguas lluvias	Techos	Separación primer enjuague		Tanque	Filtro casero	x							
Aguas lluvias	Superficies		Reservorios					x	x	x	x	x	x
Aguas residuales					Tanque séptico								x
Aguas residuales					Filtro In-termitente en Arena					x	x	x	x
Aguas residuales					Tanque séptico						x	x	x
Aguas residuales					Filtro anaero-bio								x
Aguas residuales					Filtro anaero-bio					x	x	x	x
Aguas residuales					Filtro anaero-bio								x

Usos del agua *

- 1 Bebida y preparación de alimentos
- 2 Lavado de ropa, limpieza hogar
- 3 Bebida de animales
- 4 Aseo de animales
- 5 Cultivos de consumo directo
- 6 Saneamiento
- 7 Cultivos de consumo indirecto, forrajes, ornamentales
- 8 Cultivos forestales, maderables

PRINCIPIO 5

Es necesario incorporar estrategias de producción más limpia (PML) en las actividades domésticas y productivas, tanto a nivel de las Unidades Básicas Territoriales (UBTs) como a nivel del sistema de abastecimiento de agua para uso múltiple, a fin de posibilitar los usos productivos del agua, contribuyendo con el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.

La PML es uno de los enfoques que se proponen para orientar el Desarrollo hacia la sostenibilidad. Fomenta no sólo la reducción del impacto de las actividades humanas sobre el ambiente, sino también el mejoramiento del desempeño general de las actividades. Cuando fue introducida en 1989 por PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), su énfasis inicial fue hacia las actividades industriales, pero poco a poco se está aplicando en otros sectores como el del agua para mejorar su uso como materia prima de muchos procesos humanos (Restrepo, 2004). En un servicio de suministro de agua para uso múltiple se referiría a la conservación y uso eficiente del agua en su captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y utilización, disminuyendo dentro de este proceso el uso del agua, de materias primas tóxicas y reutilizando el agua al máximo antes de eliminarla del sistema, minimizando así la producción de las aguas residuales. Para ello se proponen las siguientes opciones:



5.1. INCORPORAR ESTRATEGIAS DE PML A NIVEL DE LA VIVIENDA PARA LOS USOS DOMÉSTICOS Y PRODUCTIVOS

En este punto se tratarán las acciones a nivel de vivienda únicamente. Es necesario analizar los procesos en las demás UBT del asentamiento rural

para decidir el tipo de medidas de PML que se pueden incorporar. Tanto en la vivienda como en el sistema deben adelantarse estrategias que permitan un mejor uso del agua, de tal forma que haya disponibilidad del recurso para diferentes usos:



5.1.1. PML en el uso del agua para las actividades domésticas

Instalación de aparatos de bajo consumo

Los inodoros tradicionales utilizan de 16 a 18 litros por descarga, lo que significa un consumo de 80 a 90 lpd (Arreguín, 2000). Los de bajo consumo pueden ahorrar hasta un 70% de agua por descarga, pues utilizan alrededor de 4-6 litros, encontrándose ya en el mercado inodoros de doble válvula que permiten vaciar 2 o 4 litros. Además, se venden orinales para los hombres, que pueden ser considerados en la vivienda no solo por ahorro de agua sino por higiene. Recientemente se empezaron a comercializar orinales en seco. Al instalar artefactos de bajo consumo, dependiendo del sistema empleado pueden lograrse ahorros entre 15 y 67% del agua utilizada en el consumo doméstico. Cuando no es posible realizar inversiones para el cambio de aparatos, solamente ajustando los flotadores o colocando 1 o 2 ladrillos dentro de la cisterna es posible reducir el consumo de agua en aproximadamente 3% sin requerir inversiones significativas (HR Wallingford, 2003). También es posible utilizar duchas de bajo consumo, una ducha corriente gasta aproximadamente 12 l/min, la ducha de bajo consumo puede reducir esta cantidad a la mitad o más (URL 9). Además de las duchas, existen los grifos de bajo consumo, en los cuales, la reducción del flujo se logra por medio de aireadores, que incluyen aire y dispersan el chorro, incrementando el área de cobertura y por lo tanto, la eficiencia de lavado. Un aireador puede llegar a reducir el flujo hasta en un 6% (Arreguín, 2000).

Uno de los inconvenientes de la instalación de artefactos de bajo consumo es su costo, muy elevado algunas veces para las familias en zona rural. Una posibilidad de financiación es la compra en bloque a las Fundaciones de las empresas productoras. La compra podría ser hecha a través de la Organización Administradora o la Junta de Acción Comunal y podría ser financiada a la familia durante, por ejemplo, un año y pagada a través de la tarifa, junto con el servicio de instalación. Este cambio contribuiría al cumplimiento de la Ley 373 de 1997 (Congreso de Colombia, 1997) sobre uso eficiente del agua, que debe ser cumplida por las empresas de servicios y controlado su cumplimiento por las autoridades ambientales.

Saneamiento ecológico

Los sistemas de saneamiento ecológico son otra alternativa de PML a nivel de la vivienda, pues permiten que los 31.000 l de agua por persona por año en promedio utilizados para el transporte de orina y materia fe-

cal puedan emplearse para otras actividades. El saneamiento ecológico está orientado hacia la implantación de esquemas para tratar de manera separada los distintos flujos de residuos que se producen, teniendo en cuenta que su diferente calidad requiere tratamientos diferentes. El inodoro ecológico más comúnmente usado es el de separación de orina, donde esta es llevada aparte de las heces, recolectada, diluida con agua y usada como fertilizante para las plantas sin necesidad de tratamiento adicional. Este tipo de inodoros ya se produce comercialmente en porcelana sanitaria. Las heces son depositadas en una cámara de recolección del inodoro, adicionándoles cal, aserrín, tierra u otros materiales después de cada uso. Las heces son seguras después de su tratamiento o almacenamiento por unos meses, para garantizar la destrucción de patógenos. Los huevos de helminto son el factor de riesgo más duradero (hasta 2 años) (Ersey *et al.*, 2001).

Otro tipo de sanitario ecológico es el inodoro de compostaje. En este sanitario es necesario mantener una humedad apropiada y un buen nivel de flujo de aire en la cámara de defecación para garantizar una óptima degradación de los excrementos humanos. El producto en forma de humus puede ser retornado al suelo, cerrando el ciclo de los nutrientes.

Reparación de instalaciones hidráulicas y sanitarias

La detección y reparación de fugas debidas a roturas y escapes en las tuberías, accesorios hidráulicos y sanitarios es una medida importante que conduce al ahorro de agua en la vivienda (Arreguín, 2000). El inodoro y las llaves son las unidades que presentan mayor cantidad de fugas. Dado que son las mujeres las que permanecen el mayor tiempo en la vivienda rural, es conveniente que sean capacitadas en fontanería básica. Por otra parte, la Organización Administradora o la Junta de Acción Comunal podrían tener un pequeño almacén de repuestos, que podrían vender al usuario de forma directa o financiárselos con instalación incluida a través de la tarifa.

Aprovechamiento de aguas lluvias

La recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, que ya se mencionó anteriormente, reduce la presión sobre el sistema de abasto colectivo, cuando se cuenta con él y permite tener una fuente de agua, ya sea para consumo humano, doméstico o productivo. Cuando el agua lluvia va a ser empleada como fuente única de abastecimiento para todos los usos, se requiere un cálculo preciso de la oferta y la demanda, dimensionando el área de captación y la capacidad de almacenamiento para satisfacer la demanda de agua durante el intervalo de sequía más largo (Texas Water Development Board, 2005).

Al incluir los usos productivos del agua debidos a actividades de pequeña escala, como actividades legítimas del sistema de abasto, es necesario incluir estrategias de PML para garantizar la sostenibilidad en el uso del agua. Las opciones incluyen:



5.1.2. PML en el uso del agua en la crianza de cerdos

Camas profundas

Consiste en colocar en los corrales de levante y engorde un material como cama ya sea de viruta, bagazo, cascarilla de arroz, etc. Los animales al entrar a los corrales presentan un mayor confort, delimitan un área seca y otra húmeda y no se requiere utilizar agua para el lavado de los corrales. Una vez sale el lote de engorde para su beneficio se cambia la cama del corral. La cama de estiércol y material vegetal del lote anterior se usa como fertilizante en los cultivos (MinAmbiente, SAC y ACP, 2002).

Bebederos

Los bebederos por cazoleta reducen el consumo hasta en un 20%, si se compara con los bebederos de chupo o tetina. Los bebederos de chupo o tetinas ubicados en los comederos de manera tal que el animal tenga poca posibilidad de desperdiciarla, puede incidir en una reducción de hasta 40% en las pérdidas de agua.

Recolección de aguas lluvias

Su recolección desde los techos de las cocheras y su utilización para el lavado de los espacios o su uso en los bebederos puede ser también de utilidad para reducir el consumo del agua del acueducto.

Otras medidas de manejo para reducir el consumo de agua en la cría de cerdos son la instalación de sistemas de cierre en las mangueras de lavado, sistemas de alta presión, el barrido en seco de la porquinaza y la disminución de la frecuencia de lavado de los corrales (ej. día de por medio, dos veces/semana).

Aprovechamiento de porquinaza

La porquinaza, formada por heces fecales y orina de los cerdos, mezcladas con el material utilizado como cama, residuos de alimento, polvo, otras partículas y una cantidad variable de agua proveniente de las labores de lavado y pérdidas desde los bebederos, puede almacenarse en tanques durante un tiempo prudencial y ser aprovechada en el riego de gramíneas, pastos o forrajes en zonas de pastoreo de ganado, reduciendo la presión sobre otras fuentes de agua, que tradicionalmente se emplean para el riego.

Sistemas de descontaminación productiva

Son procesos biológicos de descontaminación, que generan subproductos como compost, fertilizante, biogás y material verde con alto contenido de proteína. Según Pedraza *et al.* (1998), estos sistemas están constituidos por cuatro componentes:

- Un biodigestor, donde se fermenta la materia orgánica de las heces de los porcinos. Un volumen de 3 m³ es suficiente para tratar el agua de lavado generada por un número de 3 a 6 cerdos para los que se emplea un máximo de 100 l/día para lavado. Este mismo biodigestor puede recibir las aguas residuales provenientes del uso doméstico.
- Canales con plantas acuáticas, que son estanques donde se siembran plantas como el buchón de agua, la salvinia, la lechuguilla, la lemna y la azolla, que descomponen la materia orgánica presente en el agua residual, a la vez que absorben sus nutrientes. El agua debe permanecer en los canales 15 días para garantizar una adecuada depuración del efluente. Para una producción de aguas residuales de 100 l/día, se necesitan canales de 0.4 m de profundidad, por 0.4 m de ancho, por 10 m de largo.
- Estanques para reservorio de aguas tratadas y/o peces: Son estanques abonados con aguas residuales donde funcionan en equilibrio las algas, los microorganismos de origen animal, las bacterias y los peces. La densidad adecuada para mantener la estabilidad es de 1 pez/m². Las especies que se pueden emplear son la tilapia, el bocachico y la cachama, para climas cálidos; la tilapia y la carpa en zonas de clima medio.
- Cultivos agrícolas: Alrededor de los canales y estanques de descontaminación se pueden establecer cultivos que permiten aprovechar los nutrientes aportados por las plantas acuáticas cosechadas y los sedimentos extraídos del fondo de los estanques o canales. Algunos de los cultivos que se pueden integrar son: plátano, banano, árboles de forraje para animales como el nacedero, frutales, bore y hortalizas.



5.1.3. PML en el uso del agua en la tenencia de ganado vacuno

Instalación de flotadores en bebederos

Esta sencilla medida permite que el agua se renueve, únicamente en la medida en que va siendo consumida por los animales, evitando las pérdidas y generando un impacto significativo en la reducción de los consumos de agua en este tipo de actividad.



5.1.4. PML en el uso del agua en los cultivos

Preparación del balance hídrico

Los cultivos tienen una demanda de agua que se compone de la demanda biológica, la evaporación y la filtración. Para un manejo adecuado del agua en un sistema de uso múltiple es necesario conocer esta demanda, no sólo en cantidad, sino también en calidad, de tal forma que pueda ser planificada la manera de sembrar, en armonía con la oferta de agua proveniente de múltiples fuentes. La cuantificación de las necesidades de agua de las plantas

se realiza a través del balance hídrico del área de estudio. Para la elaboración de un balance hídrico es necesario identificar las diferentes fuentes de agua y su variación estacional, para conocer las diferencias entre la oferta y demanda durante el año agrícola. El análisis de la estacionalidad permite determinar si existen épocas del año donde se presente déficit, pues el agua debe también estar distribuida de acuerdo con las necesidades de los cultivos, las cuales pueden variar significativamente a lo largo de su periodo de crecimiento (FAO, 2002).

Las aguas residuales se pueden agregar a la oferta de agua para riego, permitiendo que se cultive todo el año si las lluvias se concentran en épocas determinadas y el volumen de aguas residuales es importante. Para calcular el balance hídrico mensual se determina la diferencia entre la oferta y la demanda mensual de agua, lo que arroja un déficit o superávit que permite evaluar opciones de manejo, como las mejoras en los sistemas de riego o la instalación de reservorios (Moscoso y Egocheaga, 2002). En la Tabla 27 aparece un formato para la realización del balance hídrico.

Tabla 27. Formato para el balance hídrico

Componente	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Oferta (+)												
Agua lluvia												
Aguas residuales												
Agua superficial												
Agua subterránea												
Demanda (-)												
Requerimiento cultivo												
Balance												

Conservación de agua in situ

En las zonas secas, el mal manejo de las tierras puede reducir significativamente la productividad de los cultivos. El volteo inadecuado del suelo, a mano, con tracción animal o con un tractor, es una de las causas de degradación de las tierras, que afecta la superficie del suelo, dando lugar a la formación de costras y otros fenómenos que impiden la infiltración del agua de lluvia. Esto incrementa la escorrentía y deja el suelo expuesto y susceptible a la erosión hídrica y eólica (FAO, 2002).

La productividad de los cultivos puede mejorarse y la erosión reducirse mediante métodos de labranza alternativos, tales como voltear el suelo sólo a lo largo de las líneas de plantas, el laboreo profundo para romper las costras superficiales, la construcción de camellones altos adaptados a las

curvas de nivel, la siembra de cultivos en pequeñas cubetas, y construyendo alcorques alrededor de árboles y arbustos (FAO, 2002). Estas formas de manejo del suelo contribuyen a incrementar la productividad del agua y se constituyen en prácticas apropiadas para pequeños agricultores. Algunas de las técnicas que contribuyen a la conservación del agua *in situ* son:

- **Reducción de evaporación con cama de rastrojo:** Consiste en cubrir el suelo con un material orgánico, destinado a protegerlo y eventualmente, a fertilizarlo. Se realiza fundamentalmente en horticultura y fruticultura (Benítez y Castellanos, 2003). Este tipo de cobertura reduce las pérdidas de agua por evapotranspiración en cerca de 70%, previene el escurrimiento excesivo de la lluvia, inhibe el crecimiento de maleza y suministra nutrientes al suelo (IUCN, 2003). El matillo puede ser hecho de viruta de madera, corteza de árbol, paja, estiércol, turba, musgo, helechos, heno, hojas de hortalizas, hierba joven, compost, etc., y es una de las medidas más efectivas para reducir los requerimientos de agua de las plantas.
- **Labranza mínima:** Consiste en realizar la siembra sobre los residuos del cultivo anterior, lo que implica la ausencia o la limitación de la labranza que incorpora los residuos superficiales o que causa la disrupción de la porosidad. Esta técnica ha sido desarrollada con el fin de evitar los problemas en el suelo generados por las formas tradicionales de cultivar y utilizar instrumentos de labranza. Su éxito es atribuido al mejoramiento de la porosidad superficial, lo cual da lugar a un incremento de la infiltración, a una menor escorrentía, evaporación y a una mayor disponibilidad de agua para los cultivos.

Control del tránsito en el campo

Asegura que el tránsito en el campo de personas, equipos, etc, siga caminos permanentes y restringe la compactación del suelo a áreas determinadas. Cuando esto se combina con la labranza mínima, la porosidad del suelo y la infiltración de agua se maximizan, los gusanos y otros animales del suelo prosperan y no se pierde materia orgánica sino que ésta llega a unirse e integrarse con el suelo. Esto tiene como impacto global un sistema edáfico productivo, con un mejor almacenamiento de agua en el suelo (Benítez y Castellanos, 2003).

Construcción de zanjas

Es posible construir pequeñas zanjas para evitar la escorrentía natural de las aguas de riego. De la misma forma pueden crearse pequeños montículos de tierra alrededor de plantas específicas para ser regadas individualmente, cuando sea necesario (IUCN, 2003).

Rotación de cultivos

La rotación de diferentes cultivos, con sus diferentes sistemas radiculares, optimiza la red de canales de las raíces, propiciando el incremento de la penetración del agua y la capacidad del suelo para el mantenimiento de la humedad, así como una mayor disponibilidad de agua para uso del cultivo en suelos más profundos (Benítez y Castellanos, 2003).

Monitoreo de la humedad del suelo

Conocer cuánta agua existe en el suelo disponible para la planta antes de la siembra, puede ayudar a tomar una buena decisión sobre qué cultivo sembrar. Se pueden hacer mediciones del contenido del agua del suelo con una variedad de equipos, pero es posible hacer una estimación basada en el tacto y apariencia de su suelo, que variará según la textura y el contenido de humedad del mismo. En general los agricultores tienen experiencia y es posible hacer estimaciones con precisiones aproximadas del 95% (Benítez y Castellanos, 2003).

Selección de plantas

Las plantas que consumen más eficientemente el agua en una región son las nativas. La combinación de éstas con rocas y grava puede dar una apariencia atractiva y consumir muy poca agua. La eliminación de malezas, que compiten con las plantas por el agua, los nutrientes y la luz solar, es muy importante para el ahorro de agua (Arreguín, 2000).

Mejoramiento de las técnicas de riego

Este es un aspecto de extrema importancia para el ahorro de agua en la vivienda rural, dado que las pérdidas de agua para riego a nivel del predio varían con el método de distribución y aplicación. La elección apropiada de un sistema de riego, acorde con las condiciones del suelo, topografía, tipo de cultivo, disponibilidad de agua, calidad, clima, etc.; es uno de los aspectos de mayor interés. En la Tabla 28 aparecen la eficiencia aproximada de riego para varios sistemas y métodos (IWMI, 2006).

Existen diferentes alternativas de riego localizado que ofrecen resultados atractivos para el ahorro de agua, con reducciones del 30 al 60 % si se compara con el uso del agua de sistemas por gravedad o aspersión. Algunos sistemas incluyen el riego por goteo, los kits con canecas y baldes, los microaspersores, los sistemas de goteo por microtubos, etc. Las investigaciones de tecnología de riego por goteo de bajo costo ha permitido tener disponibles paquetes conformados por mangueras y bolsas plásticas en algunos países como Bolivia y Nepal. Las tecnologías tradicionales de riego por goteo todavía son costosas para la mayor parte de los pequeños agricultores. Los factores clave para mantener los costos bajos son utilizar materiales sencillos y de fácil transporte (FAO, 2002). En vez de que cada

Tabla 28. Eficiencia de riego de varias opciones tecnológicas y métodos de riego

Sistema / método	Eficiencia de aplicación (%)
Red de canales en tierra: métodos superficiales	40 - 50
Red de canales con recubrimiento: métodos superficiales	50 - 60
Red de tuberías presurizadas: métodos superficiales	65 - 75
Sistemas de riego por manguera	70 - 80
Sistemas de aspersión de media a baja presión	75
Microaspeores, microjet y miniaspeores	75 - 85
Riego por goteo	80 - 90

Estos valores de eficiencia son indicadores. Los valores reales pueden fluctuar en un rango considerable dependiendo del nivel de gestión, las características del suelo y el método de aplicación.

línea de cultivo tenga su propio lateral con goteros, la misma tubería puede trasladarse cada intervalo de tiempo, dependiendo de las necesidades hídricas del cultivo. Algunas técnicas de riego localizado han sido promovidas ampliamente entre campesinos pobres, con períodos de recuperación de la inversión inicial entre 1 y 3 años, dependiendo del tipo de cultivo (IWMI, 2006).

Otro de los métodos de riego que permite un uso racional del agua consiste en colocar vasijas porosas de arcilla en el suelo alrededor de las líneas de cultivos. Las vasijas se llenan de agua manualmente de acuerdo con las necesidades. Los tubos porosos o perforados enterrados tienen el mismo propósito y generalmente pueden usarse para regar dos líneas de cultivo, una a cada lado de la tubería. Aunque la frecuencia de aplicación puede controlarse, el caudal no, ya que depende del tamaño de las perforaciones y de las características del suelo (FAO, 2002). El control de los tiempos de riego es otro aspecto que contribuye al mejoramiento de las técnicas de riego para minimizar el consumo de agua. Los tiempos de riego deben restringirse a las mañanas o las noches, pues el fenómeno de evaporación es mayor entre las 10:00 y las 16:00, período en que el riego debe limitarse (IUCN, 2003).

Irrigación con déficit

En situaciones en las que existe escasez de agua, se puede elaborar un programa de riego tal que una parte de la parcela sea plenamente regada, otra regada con déficit, y finalmente una tercera parte que solo disponga de la precipitación y los excedentes de las dos anteriores (Martínez, 2003). Esta estrategia es útil para maximizar la productividad del agua, permitiendo a los cultivos sostener algún grado de déficit de agua y reducción del rendimiento. Visto a nivel parcela, este sistema producirá menos que si fuera completamente regado, sin embargo, ante la escasez del recurso,

la producción global del sistema puede verse aumentada, al no producirse pérdidas por salidas a los drenajes. Para que el riego deficitario tenga éxito es necesario conocer el déficit permitido en cada una de las etapas del crecimiento, el nivel de estrés de agua en la zona radical y controlar el tiempo y cantidad de aplicación (IWMI, 2006).

Uso de fuentes alternativas

Mejorar la productividad del agua implica utilizar agua de acuerdo con la calidad demandada por el uso. Es así como se hace viable el aprovechamiento de fuentes alternativas tales como las aguas residuales y la captura de aguas lluvias como parte de la oferta hídrica que debe ser aprovechada y maximizada para garantizar las necesidades hídricas de los cultivos, que contribuyan con la seguridad alimentaria y soporten las actividades productivas de pequeña escala de las comunidades rurales.

Uso de aguas lluvias

La captura de una porción del agua lluvia en el sitio en que cae no solo incrementa la disponibilidad del agua para las plantas y las personas en ese lugar, sino que también previene la erosión del suelo. El agua lluvia puede ser utilizada como agua verde, ubicando piedras en la línea de contorno para mejorar su retención en el suelo. Cuando el agua lluvia va a ser usada solamente para riego, una estimación gruesa de la demanda, necesidad de suministro y capacidad de almacenamiento es suficiente. Existen métodos para almacenar la escorrentía de períodos lluviosos para utilizarla durante períodos secos; en muchas zonas se usan estanques, balsas, cisternas y presas de tierra para el riego suplementario. Aunque estas obras son más costosas y los agricultores que las construyen necesitan ciertos conocimientos, tienen la ventaja de reducir significativamente las pérdidas de rendimiento, o incluso de toda la cosecha, que frecuentemente ocasionan las sequías (FAO, 2002).

Reuso de aguas residuales tratadas

El empleo de aguas residuales para el riego de cultivos contribuye a reducir la presión sobre fuentes de agua de mejor calidad, dejando esta agua disponible para los usos más exigentes. También disminuye el impacto de la descarga de aguas residuales sobre fuentes de agua y permite el reciclaje de nutrientes que de otra forma podrían eutrofizar y deteriorar la calidad de cuerpos receptores.

Las aguas residuales tienen gran valor fertilizante, aportando nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio. Son muy importantes sus contenidos de micronutrientes como el Zinc que no se consiguen fácilmente en abonos sintéticos. Para el reuso de aguas residuales con fines agrícolas, es importante una selección de los cultivos en función de la calidad del efluente

generado por el sistema de tratamiento, de tal forma que no implique un peligro potencial para la salud. Bajo este criterio se pueden clasificar los cultivos en los siguientes grupos (Moscoso, 1995):

- a) Forestales: maderables y de protección ambiental
- b) Ornamentales: zonas sin acceso o acceso
- c) Forrajes: de pastoreo directo y cosechados
- d) Alimenticios: de consumo crudo y cocido

Los primeros cultivos son los menos exigentes en calidad de agua, ya que no son comestibles ni involucran el contacto directo con el público. En cambio una elevada calidad sanitaria será requerida para los cultivos alimenticios, especialmente los de consumo crudo (Moscoso, 1995).

En un sistema de reuso de aguas residuales, el riego por surcos es el método más recomendado, ya que permite aplicar los nutrientes y la materia orgánica al suelo en forma directa y no demanda volúmenes de agua tan grandes como la inundación. También reduce la contaminación de los cultivos. Sin embargo, bajo este método, dependiendo de la calidad del agua residual, deben tenerse mecanismos de protección para los cultivadores en contacto con esta agua, para no poner en riesgo su salud. Los métodos de riego por inundación, por aspersión y por goteo, presentan limitaciones para el reuso de aguas residuales, por lo cual no se recomienda su aplicación bajo ninguno de estos métodos (Moscoso, 1995).

Un aspecto a considerar es la salinidad del agua residual. La mayoría de las aguas residuales tratadas no son muy salinas. Los niveles generalmente se sitúan entre 200 y 500 mg/l. Eventualmente pueden presentarse efluentes con niveles de salinidad que excedan los 2.000 mg/l y que restrinjan la absorción de agua en ciertos cultivos. La mayoría de las hortalizas y tubérculos presentan una sensibilidad moderada. Casi todos los cultivos de frutas son bastante sensibles a la salinidad, salvo en el caso de la papaya y la piña que muestran tolerancia moderada. Cuando las concentraciones salinas de los efluentes tratados excedan los 2000 mg/l se deben efectuar prácticas de riego que eviten la acumulación salina, como aplicar volúmenes restringidos de agua y facilitar una buena percolación y drenaje del suelo. Si se dispone de un recurso hídrico alternativo, es posible que las aguas residuales salinas puedan ser diluidas, por ejemplo aprovechando las aguas lluvias (Moscoso, 1995).



5.1.5. PML en el beneficio de café

Beneficio ecológico de café

Con el beneficio ecológico se utiliza el agua estrictamente necesaria para procesar o transformar los frutos de café (café cereza) en café pergamino

seco (CPS) (café seco y sin cáscara), aprovechando los subproductos y evitando la contaminación de las fuentes de agua. En un beneficiadero tradicional se emplean altos volúmenes de agua para el transporte del café cereza hasta la máquina despulpadora, el despulpe de café y el transporte de la pulpa de café a la fosa para el proceso. En Colombia, CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones del Café) desarrolló la Tecnología Becolsub, en la cual se integran: El despulpe sin agua del café, el desprendimiento del mucílago, lavado del café y mezcla de la pulpa y el mucílago por medio de un equipo mecánico, eliminando el uso de agua y el transporte del café a la fosa, también sin agua. Al ser comparada con el beneficio tradicional, la tecnología Becolsub permite reducir en un 92% la contaminación de las aguas y reduce el consumo de agua en el proceso de beneficio de 40-60 litros/Kg de café pergamino seco hasta menos de 1 litro de agua/Kg de café pergamino seco (URL 7).

Sin embargo, el Becolsub es aún muy costoso para el pequeño productor, por lo que CENICAFE propone el beneficio por el método Tanque Tina que incorpora una concientización de bajo consumo de agua y PML, donde se realiza el despulpe en seco. Luego se aplican 4 enjuagues, de los cuales en el 3 y 4 se hace la clasificación y finalmente, el transporte se realiza por gravedad o por medio de un tornillo sin fin. Estas prácticas involucran aprovechamiento de subproductos. El sistema requiere de 4,2 litros/Kg CPS frente a los 40 litros/Kg CPS del beneficio tradicional (Ospina, 2009).



5.2. PML EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO

En los sistemas de abasto colectivos es posible implementar estrategias de uso eficiente del agua en varias de las etapas desde la captación hasta la distribución del agua:



5.2.1. PML en el sistema en general

Medición

La medición de los volúmenes de agua suministrados es parte esencial de la estrategia de gestión de la demanda, control de pérdidas o racionalización del consumo. Para una adecuada gestión del recurso, la fácil identificación de las pérdidas y la toma de acciones tendientes a su reducción, es necesario conocer los flujos de agua en los puntos mostrados en la Figura 12, donde M1 a M5 indican los lugares donde deben instalarse aparatos de medición, siendo M5 los micromedidores que podrán ser instalados si la comunidad puede asumir los altos costos que implican.

En el caso específico de la micromedición (M5) su aplicación es cuestionada en sistemas de abastecimiento de agua de comunidades rurales, dado que se tienen limitaciones por los elevados costos de inversión inicial y la

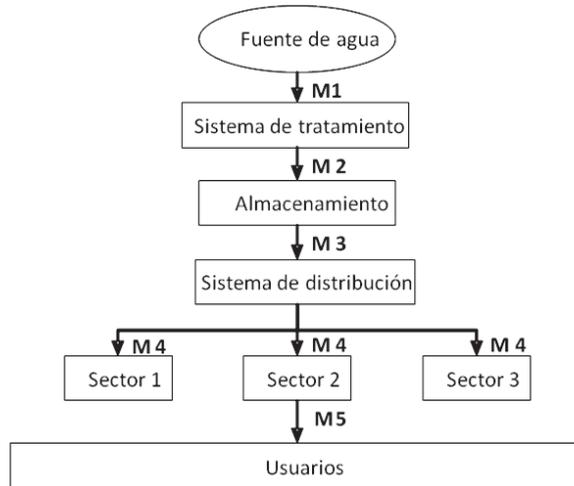


Figura 12. Puntos en los cuales se pueden instalar medidores

Fuente: HR Wallingford (2003)

infraestructura que debe montarse alrededor de los sistemas para garantizar un adecuado funcionamiento de los mismos, lo que a veces es complicado para pequeños sistemas de comunidades rurales. Desde el punto de vista cultural, la micromedición también puede generar rechazo en algunas comunidades. No obstante, hay voces a favor de esta alternativa, indicando sus bondades para la reducción del consumo y hacer más justo el cobro por el servicio de abastecimiento de agua. Algunos datos indican que con la micromedición y el cobro basado en consumo, es posible alcanzar reducciones en el consumo de agua hasta del 25%.

Cuando no existe micromedición y quiere implementarse, será necesario concertar con la comunidad, para lo cual debe existir un proceso previo de educación. Cuando la micromedición existe es importante realizar mantenimiento y control de medidores defectuosos o que sub registran. En ausencia de micromedición, un aspecto clave será conocer cuáles son las actividades productivas que demandan agua en la población, sus escalas y su volumen aproximado de uso del agua, así como el seguimiento a los grandes consumidores, para tener control sobre el uso del agua en un sistema de abasto para uso múltiple. Adicionalmente, una forma de control del consumo es la definición del número de puntos de agua que puede tener una familia y cobrar la tarifa según el número de puntos de agua. Otro mecanismo que puede emplearse cuando la comunidad no acepta la instalación de micromedidores y que permite controlar el gasto de agua en las viviendas, es la instalación de reductores de presión.

De acuerdo con la topografía y el gradiente hidráulico disponible en la red de distribución de un sistema de abastecimiento de agua, las presiones

serán mayores o menores. Si se suman los daños frecuentes que se presentan en viviendas, como grifos en mal estado, inodoros goteando, tuberías rotas o deterioradas y la cultura o a veces la necesidad de dejar llaves abiertas para evitar daños en los artefactos domiciliarios por las altas presiones en las redes, las pérdidas de agua pueden ser altas a nivel domiciliario, generando descompensación de la presión en la red de distribución, que ocasiona en localidades con topografía ondulada, presiones menores o nulas en los puntos altos y altas presiones en los puntos bajos.

En estas circunstancias, es posible instalar accesorios en los puntos de presiones elevadas para obligar, hidráulicamente, a compensar el déficit de presiones en el sistema. Estos reductores deben obedecer a un cálculo hidráulico, procurando obtener presiones “más estables” en la red de distribución. En la instalación de estos accesorios se deben dejar en la red cámaras de control para facilitar el mantenimiento o cambios de los diámetros en la medida que la red se vaya ampliando; también para removerlos, cuando los procesos sociales, la sensibilización de la comunidad y la implantación de otras estrategias de uso eficiente, permitan otros controles en el uso del recurso. El material debe ser resistente a la presión resultante y cuando las presiones sean muy altas, puede requerirse la instalación de varios reductores en una misma red principal.

En sitios donde las presiones críticas en el sistema no son tan altas y el terreno presenta topografía plana, es posible la instalación de accesorios de menor diámetro para incrementar pérdidas en las acometidas domiciliarias, como es el caso de bujes de $\frac{1}{4}$ " o $\frac{3}{8}$ " de diámetro para acometidas de $\frac{1}{2}$ ". En este caso hay que tener cuidado de las pérdidas totales que se generan y las presiones resultantes finales en los momentos de mayor y menor consumo.

Para la adopción de estas estrategias, debe haber un manejo muy cuidadoso con la comunidad, pues cuando ellos advierten esta situación, al ver disminuida la presión del agua en la vivienda, consideran que el servicio se ha deteriorado y terminan eliminando los reductores. Todas estas medidas deben ir acompañadas de un programa de sensibilización y de instalación de aparatos de bajo consumo de agua.



5.2.2. PML en transporte y conducción

Detección y reparación de fugas en tuberías

Las pérdidas en los sistemas de abastecimiento de agua rurales se deben principalmente a la presencia de fugas en las redes que conforman el sistema, entre ellas las redes de conducción. Es necesario contar con un plan para la detección de fugas visibles y no visibles. Existen tres métodos principales para la detección de fugas: la inspección visual, el sondeo periódico y el control de la presión (IUCN, 2003).

Disminución de infiltración en la conducción en canales

Un sistema de abasto de agua de uso múltiple podría considerar el uso de canales abiertos para transportar agua que podría ser empleada para fines agropecuarios. Las pérdidas por infiltración en canales no revestidos son la principal causa, desde el punto de vista hidráulico, de pérdidas de agua en la conducción (Martínez, 2003). Una de las formas más importantes de incrementar la eficiencia del agua derivada para riego es reducir la cantidad de agua que se pierde por infiltración durante el transporte hasta los predios de los agricultores. Esto puede lograrse con el recubrimiento de canales, utilizando materiales como concreto, ladrillos o geomembranas flexibles protegidas con un recubrimiento rígido o material suelto. El recubrimiento, aunque es costoso, permite ahorrar cerca del 60-80% de las pérdidas de agua que ocurren en los canales (IWMI, 2006).



5.2.3. PML en la planta de potabilización del agua

Disminución del agua en el lavado de estructuras

En sistemas con planta de potabilización puede disminuirse el consumo de agua en actividades como lavado de filtros, purgas en la conducción y redes de distribución, limpieza y desinfección de tanques, reparaciones de redes y tuberías y lavado y desinfección de redes nuevas. Estos consumos pueden llevarse a los estándares admisibles recomendados para estas prácticas, formulados bajo la premisa de la eficiencia en el uso del recurso.



5.2.4. PML en el almacenamiento de agua

Control de reboses

Pueden instalarse válvulas de flotador en los tanques de almacenamiento, para evitar las pérdidas físicas generadas por reboses que se presentan especialmente en la noche. El agua de rebose de los tanques de almacenamiento comunitarios puede almacenarse en reservorios para riego. En todo caso debe en lo posible ser devuelta a las fuentes naturales.



5.2.5. PML en la distribución del agua

Catastro de redes

El conocimiento de la ubicación exacta de tuberías, válvulas y accesorios en redes de distribución permite adelantar de manera exitosa iniciativas para el control de pérdidas. Esta debe ser una actividad prioritaria en cualquier programa de operación y mantenimiento de un sistema organizado de abastecimiento de agua.

Gestión de la presión

La reducción de la presión en un sistema de distribución de agua puede ser uno de los métodos más simples para reducir la demanda de agua. Las altas presiones incrementan las pérdidas de agua a través de fugas e incrementan el uso de la cantidad de agua basado en el tiempo en que el volumen de agua es descargado (HR Wallingford, 2003). La relación entre la presión y las pérdidas en el sistema puede ser aproximadamente de uno a uno. Esto quiere decir que si la presión en un sistema se reduce al 50%, las pérdidas también disminuirán en un valor cercano al 50%. El objetivo de las estrategias para el control de la presión deberá ser minimizar la excesiva presión tanto como sea posible, a la vez que se asegura que la presión suficiente se mantenga a través de la red de distribución para que la demanda del consumidor pueda ser satisfecha en todo momento (IUCN, 2003).

Balance de masas del sistema

Se requiere para tener claridad sobre los tramos con más fugas. Para esto es importante la instalación de macromedidores y micromedidores, para conocer los caudales producidos y consumidos. Para realizar esta labor, el área abastecida necesita ser dividida en zonas y esas áreas deben ser abastecidas solamente en uno o dos puntos. En estos puntos deben instalarse medidores de agua. Estos medidores deben ser leídos regularmente y se debe preparar un balance de agua para cada zona. Es necesario realizar mediciones de los caudales mínimos nocturnos, que se presentan cuando la mayoría de los consumidores están dormidos. Esto puede hacerse mediante la instalación de un aparato medidor de caudal y de presión, al menos durante una semana. El caudal durante la noche puede ser atribuido a fugas de la red de distribución o en las propiedades. Si este tipo de fugas es elevado, se necesita su reparación, el manejo de la presión o el reemplazo de tuberías u otra infraestructura (IUCN, 2003).

Labores de mantenimiento

Estas labores pueden clasificarse en mantenimiento rutinario preventivo, preventivo-correctivo y correctivo. Estas actividades incluyen inspecciones regulares para determinar las características de deterioro y la evaluación de la condición de mantenimiento de los sistemas, como medidores de agua y válvulas reductoras de presión. El mantenimiento preventivo-correctivo se dirige a la reparación de los componentes que se sabe están deteriorados, como tuberías de agua, medidores y válvulas reductoras de presión. El mantenimiento correctivo incluye la respuesta a daños menores tales como bombas rotas, tuberías y válvulas reductoras de presión, así como daños mayores que afectarían los servicios o generarían otros riesgos. Los daños mayores requieren planes de contingencia de acuerdo con procedimientos específicos. Esto incluye el reporte de fugas del sistema y garantiza a los

consumidores que la fuga reportada será reparada en un cierto período de tiempo (IUCN, 2003).

Optimización de infraestructura

Es posible promover incentivos y promociones dirigidas a diferentes grupos de usuarios (doméstico, comercial, etc.) para el cambio de aparatos sanitarios, duchas y en general tecnologías de bajo consumo. Este tipo de acciones tienen efecto en la demanda promedio y pico del sistema (Sánchez y Sánchez, 2004).

Infraestructura paralela para diferentes clases de agua

A nivel de sistema también es posible la construcción de infraestructura paralela que transporte agua de diferentes calidades para diferentes usos y que sea distribuida a los usuarios. Es importante garantizar instalaciones domiciliarias que eviten interconexiones entre este tipo de redes y la contaminación de las aguas de buena calidad que se empleen para los usos que requieren calidad de agua exigente, como el agua de bebida y de preparación de alimentos.

Reglamentación de los estándares de calidad en plomería: La formulación y aplicación de estándares de construcción, aparatos sanitarios, materiales de tuberías y necesidades de mantenimiento, es una estrategia de utilidad para reglamentar la existencia de aparatos de bajo consumo, la construcción de edificaciones con tuberías de materiales resistentes que disminuyan la presencia de fugas y en general de pequeñas acciones que contribuyen a un uso más eficiente del agua por parte de los usuarios. Es importante buscar mecanismos para que este tipo de estándares se socialicen y sean conocidos por la comunidad.

Extensión de las actividades productivas

Cuando el agua en un sistema para múltiples usos es escasa y hay limitaciones para el uso de fuentes alternas, será necesario limitar la escala de las actividades productivas, de tal forma que éstas se armonicen con la oferta hídrica y permitan un uso equitativo del recurso, donde todos tengan acceso al agua y se puedan garantizar los usos productivos, pero con algunas restricciones, que dependerán de la oferta y de las demandas para este tipo de actividades. Esto debe ser resultado de un proceso de concertación con los usuarios.

Campañas de uso eficiente

Para que todo programa de uso eficiente del agua tenga éxito, debe contar con la participación de la comunidad y para ello es indispensable establecer acciones de comunicación y educación. Los medios para hacer conocer de los usuarios los objetivos, metas y resultados del programa son variados. Se

estima que este tipo de programas puede llegar a producir ahorros de entre un 4 y un 5% de la producción total de agua (Arreguín, 2000).

Los aspectos relacionados con el uso eficiente del agua pueden ser incluidos en los currículos de las escuelas y colegios, mediante acciones para que un niño o joven pueda hacer un uso adecuado del agua para fines domésticos y productivos y que pueda replicar estos principios y estrategias a los demás miembros de su familia. También es importante realizar campañas con personas o gremios que desarrollen actividades productivas que dependen del agua, de tal forma que puedan transmitirse a ellos buenas prácticas relacionadas con el mejor uso del agua para el riego, la crianza de animales o el tipo de microempresas caseras existentes en la zona, en caso de que estas actividades tengan impacto importante sobre las demandas y disponibilidad de agua en el sistema.

PRINCIPIO 6

Los sistemas de abastecimiento de uso múltiple requieren una organización que los maneje de tal manera que puedan ser sostenibles en el tiempo.

Las organizaciones surgen para satisfacer necesidades que faciliten la subsistencia. Una de estas necesidades es el abastecimiento de agua y el saneamiento, que pueden ser manejadas por la comunidad. Estas organizaciones de base comunitaria se conforman y consolidan para realizar las actividades relacionadas con la administración, operación y mantenimiento del (de los) sistema(s). En sistemas colectivos, entre otras cosas, las estructuras que se conformen para prestar servicios públicos deben considerar las tarifas teniendo en cuenta los costos del sistema. En sistemas individuales, aunque la responsabilidad sea de la familia, se requiere un mínimo de organización comunitaria para el mantenimiento y reposición de unidades. Para el buen manejo de un sistema de uso múltiple deben considerarse aspectos como el tipo de estructura organizativa, los costos asociados al sistema y la sostenibilidad del mismo, además de las actividades específicas de la comunidad, lo que incluye un estudio de sus necesidades de agua, para prestar un servicio adecuado a las condiciones de las zonas rurales.



6.1. TIPOS DE ESTRUCTURAS ORGANIZATIVAS

En Colombia se han establecido las normas y leyes por medio de las cuales se componen organizaciones para la prestación de servicios públicos de forma comunitaria. El Ministerio de Ambiente, Desarrollo y Vivienda Territorial (MADVT) ha definido los tipos de organizaciones que pueden

crearse para manejar un sistema ya sea de acueducto o de alcantarillado en zonas rurales. Los esquemas de organización comunitaria definidos por el MADVT son: Juntas de Acción Comunal, Juntas Administradoras del Servicio, Asociación de Usuarios y Administración Pública Cooperativa. Estos esquemas de juntas pueden organizarse para cualquier tipo de sistema y la selección debe considerar las características de la localidad. Estas formas organizativas a veces no corresponden a las formas tradicionales de las comunidades para realizar actividades como las económicas.

Junta de Acción Comunal (JAC)

Propenden al bienestar de la comunidad mediante el desarrollo de diversas actividades, dentro de las cuales puede ubicarse la administración de los servicios públicos. Es así como las JAC comenzaron a apoyar y asumir de manera directa la prestación de los servicios públicos a la comunidad, dentro de las múltiples labores que cumplen.

Juntas Administradoras del Servicio

Debido a las múltiples labores que las Juntas de Acción Comunal deben desempeñar, se impulsó la creación de Juntas Administradoras encargadas de desarrollar una labor específica como la prestación de un servicio de agua o de saneamiento. En estas juntas puede participar la JAC así como otros miembros de la comunidad y del gobierno. Las Juntas Administradoras tienen como objeto específico velar por la efectiva prestación del servicio a la comunidad.

Asociación de Usuarios

Busca la participación de todos los beneficiarios de un servicio. Todos tienen derecho, en igualdad de condiciones, a participar en la Junta que se conforme para la administración del servicio, sin que sea obligatorio vincular a los miembros de la JAC, ni a representantes del Concejo Municipal o del gobierno. Busca que la comunidad sea la que elija a quienes deben componer la Junta de acuerdo con sus capacidades y la legitimidad que tengan en sus respectivas localidades.

Administración Pública Cooperativa

Empresa asociativa sin ánimo de lucro en la cual los trabajadores o socios, según el tipo, son simultáneamente aportantes y gestores de la empresa. Son creadas para producir o distribuir eficientemente bienes o servicios para satisfacer las necesidades de sus asociados y de la comunidad. Estas empresas son promovidas por la comunidad para resolver necesidades sociales mediante la producción de un bien o la prestación de un servicio.

Adicional a estos esquemas administrativos comunitarios, existen otras formas de agrupación para la prestación de servicios públicos:

Administración Directa

Los municipios pueden prestar el servicio cuando las características técnicas y económicas y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen. Esto sucede cuando se ha invitado a empresas prestadoras u otros municipios y no haya habido respuesta o cuando habiendo respuesta los estudios de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) demuestren que los costos de prestación directa para el municipio son menores que los de las empresas interesadas y el servicio sea al menos igual que el que podrían ofrecer estas últimas.

La Ley contempla que la prestación de los servicios públicos hecha directamente por la administración municipal debe ajustarse a los lineamientos establecidos para tal fin. Generalmente este tipo de administración es aplicable en las cabeceras municipales para lo cual puede crearse una dependencia en la alcaldía municipal. Esta dependencia puede consistir en una unidad, división o funcionario subordinado por el Alcalde y puede ser apoyada por las demás oficinas de la administración municipal.

Empresas privadas prestadoras del servicio

Son empresas con ánimo de lucro cuyo objeto social es la prestación de servicios públicos.

Los esquemas administrativos mencionados tienen estructuras internas similares: la Asociación de Usuarios, la Junta de Acción Comunal y la Junta Administradora del servicio son organizaciones comunitarias sin ánimo de lucro, conformadas por los usuarios del servicio. Estas organizaciones deben constituirse como personas jurídicas mediante un documento privado con el fin de prestar el servicio. Tienen autonomía administrativa y financiera y una duración indefinida pero se pueden liquidar por decisión de los asociados ya que funcionan bajo el principio de participación democrática y todos los asociados tienen igualdad de derechos y obligaciones. El patrimonio es variable e ilimitado pero son de responsabilidad limitada, lo que implica que los asociados no responden con su patrimonio ante deudas y obligaciones contraídas. Estas organizaciones están conformadas por los siguientes estamentos:

- *Asamblea General de Usuarios:* Se constituye en la máxima autoridad de la organización. Está conformada por los usuarios del servicio.
- *Junta Directiva:* Tiene a cargo la dirección de la organización y está integrada por un presidente, un vicepresidente, un secretario, unos vocales y un revisor. Esta Junta debe estar conformada por un número impar de miembros.
- *Área administrativa y operativa:* Está conformada por un tesorero o administrador quien es responsable de administrar y representar legalmente la organización y por los demás funcionarios que se requiera para administrar, operar y mantener el sistema.

- *Revisor fiscal*: Asume el control y vigilancia de las actuaciones de los demás estamentos de la organización.

Cuando las organizaciones son pequeñas, es posible que solo sea necesario contar con la Asamblea de Usuarios, la Junta Directiva y un administrador, además del respectivo operador del sistema. Todos asumen las actividades del área directiva y administrativa. Esto implica que de acuerdo con el tamaño de la población beneficiaria se determinan las funciones de cada uno, lo que ayuda a determinar también la cantidad de personas necesarias para la administración del sistema.

Las administraciones públicas cooperativas (esquema asociativo) también son organizaciones sin ánimo de lucro en las que los asociados son a la vez aportantes y gestores de la empresa. Se crean por iniciativa de la Nación, los Departamentos y los Municipios, mediante leyes, ordenanzas y acuerdos. Se constituyen mediante documento privado y deben registrarse ante la Cámara de Comercio con jurisdicción en el domicilio principal de la organización. Tienen autonomía administrativa, económica y financiera. El ingreso y retiro de los asociados es voluntario y el número de asociados es ilimitado pero no puede ser inferior de cinco. Así como las demás organizaciones mencionadas, también es de responsabilidad limitada y tiene duración indefinida aunque puede liquidarse por decisión de los asociados. También funcionan bajo el principio de participación democrática, favoreciendo los intereses de los asociados, quienes escogen los miembros encargados de administrar y vigilar el funcionamiento de la cooperativa. Los asociados tienen igualdad de derechos y obligaciones sin importar el monto de sus aportes. El patrimonio es variable e ilimitado, sin embargo, los estatutos establecen un monto mínimo de aportes que no son reducibles. A este tipo de cooperativas pueden asociarse la Nación, los Departamentos, los Municipios, las personas jurídicas, las formas asociativas de carácter privado sin ánimo de lucro que sean contempladas en los estatutos, los establecimientos públicos y las empresas industriales y comerciales del Estado que reciban autorización. Las cooperativas tienen la siguiente estructura para el desarrollo de sus actividades:

- *Asamblea General*: Es el estamento de máxima autoridad en la administración. Está constituida por todos los asociados o por los delegados de los mismos. La Asamblea establece las políticas y directrices generales de la cooperativa.
- *Consejo de Administración*: Está encargado permanentemente de la administración y dirige la cooperativa.
- *Gerente*: Equivale al administrador de los otros tipos de organizaciones.
- *Revisor Fiscal*: Controla y vigila las actividades de la cooperativa. Existe también una Junta de Vigilancia.

Debe tenerse en cuenta que las organizaciones de base comunitaria tienen apoyo de un gran número de entidades nacionales que planifican, regulan y vigilan. Las más destacadas son el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) que tiene entre sus funciones la planificación y coordinación de la prestación de los servicios de agua y saneamiento, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA) que debe reglamentar la prestación del servicio, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) que está encargada del control, inspección y vigilancia de las entidades que prestan servicios públicos domiciliarios, los Departamentos que funcionan como planificadores de los servicios prestando apoyo financiero, técnico y administrativo a las empresas y que deben facilitar la organización de los sistemas como tales y los municipios, que son responsables directos de la prestación de los servicios.

Es importante identificar la organización que mejor se adapte a las características particulares de cada comunidad. Las cabeceras municipales pueden funcionar a través de Organización Comunitaria o Administración Directa, los sistemas regionales a través de una Organización Comunitaria o una Administración Pública Cooperativa y las comunidades rurales y pequeñas cabeceras pueden funcionar a través de Organización Comunitaria. Además, para la selección del tipo de estructura organizativa a conformar debe contemplarse el tipo de sistema que se va a manejar.

Experiencias como la del PAAR indican que para manejar sistemas en comunidades rurales los esquemas administrativos más convenientes son las Juntas Administradoras o las Asociaciones de Usuarios, sin embargo, no se debe descartar la Junta de Acción Comunal, ya que son las organizaciones más comunes en las poblaciones rurales. No obstante, deben separarse de manera clara las actividades relacionadas con la prestación de los servicios de abastecimiento y saneamiento de las demás actividades que realizan este tipo de organizaciones. De manera gráfica, la Figura 13 muestra el esquema organizativo utilizado por las Juntas Administradoras (JA) y las Asociaciones de Usuarios (AU).

Estas organizaciones suelen ser las más comunes en la prestación de servicios públicos en comunidades rurales, sin embargo, se deben tener algunas consideraciones para los sistemas de abastecimiento que suministran agua para actividades domésticas y productivas simultáneamente, es decir, para sistemas de uso múltiple. Adicionalmente, deben tenerse presentes las condiciones de las comunidades rurales de alta montaña, cuya distancia con las cabeceras municipales y más aún, con los grandes municipios, ha dificultado su acceso a tecnologías que faciliten el manejo de la información y la contabilidad. Igualmente, deben fortalecerse las capacidades de la comunidad para cumplir con las exigencias de la Ley. Para la administración de sistemas de abastecimiento de uso múltiple en comunidades rurales, el PAAR ha encontrado que uno de los esquemas más eficientes y de menor

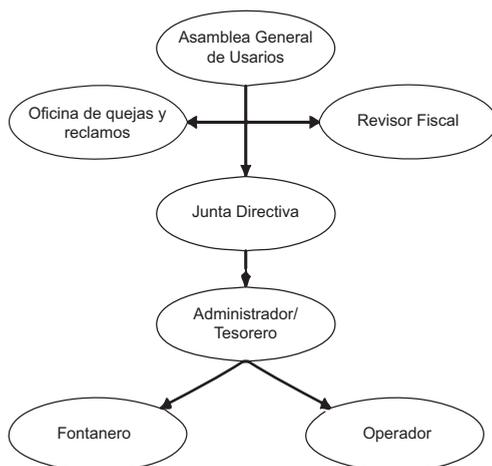


Figura 13. Esquema organizativo general de las JA y la AU

costo para los consumidores es una Asociación Comunitaria de Usuarios. Sin embargo, los integrantes del PAAR exponen que para las comunidades más alejadas de las ciudades y con menos recursos se deben tener consideraciones en la parte legal. El PAAR explica que la estructura administrativa de la organización debería conformarse bajo la legalidad y con la aceptación de la comunidad y debería establecerse mediante un documento privado con el fin de prestar el servicio.

Para equilibrar la conformación de la Junta Directiva de la Asociación Comunitaria de Usuarios y darle enfoque de usos múltiples, podría considerarse que la Junta esté conformada por un representante de cada uno de los diferentes sectores productivos servidos por el sistema de suministro. Sin embargo, se debe establecer el voto igualitario para cada uno de ellos, con el fin de no favorecer ni limitar a ninguno de los sectores participantes. Es importante asegurar la representación femenina y la de las familias más pobres. De este modo, es posible que cada sector tenga participación activa y voto en las decisiones que se tomen en torno al sistema.

Para la administración de sistemas podría evaluarse la opción de que los prestadores del servicio realicen la labor sin revisión fiscal. En una Asociación Comunitaria de Usuarios los miembros de la comunidad lideran la administración, pero representan las decisiones tomadas por la Asamblea General conformada por todos los suscriptores del sistema. Adicionalmente, es posible reducir costos administrativos debido a la no obligatoriedad de tener revisión fiscal de un experto, lo que no significa que los sistemas que puedan pagarlo no lo tengan. Sin embargo, la administración del sistema debe incluir un representante legal; para esto hay que separar las responsabilidades de la Junta Directiva y particularmente del presidente de la Asocia-

ción y del administrador del sistema que actuaría como representante legal. En consecuencia, la Junta Directiva, además de los servicios de fontanería, debe contratar los servicios de un administrador/tesorero. La Asociación Comunitaria propuesta tendría la estructura que se muestra en la Figura 14.

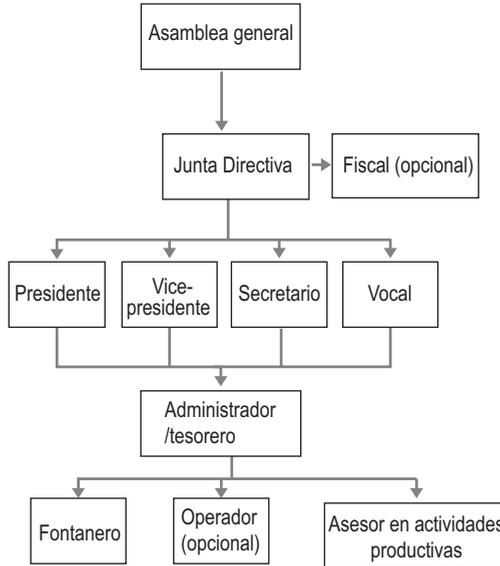


Figura 14. Estructura organizativa propuesta



6.1.1. Selección de organización para manejo de sistemas de abastecimiento de agua para usos múltiples

Para seleccionar el esquema que más se ajusta a las condiciones socio-culturales puede utilizarse la matriz que se expone en la Tabla 29, que se aplica a cada tipo de organización. En ella se presentan variables cualitativas que permiten calificar las opciones administrativas según las características comunitarias. A mayor calificación mejores oportunidades para la empresa. Se seleccionaría el tipo de organización que mayor calificación obtenga. La descripción de los indicadores de la Tabla 29 es la siguiente:

- **Respaldo de la administración municipal:** Este indicador hace referencia al interés y apoyo del gobierno municipal por la forma administrativa propuesta. Se evalúa teniendo en cuenta las opiniones percibidas por la administración municipal (Alcalde y Concejo).
- **Viabilidad legal y política:** Se analizan las facilidades para la creación e implementación de la alternativa institucional propuesta según lo establecido en la Ley 142 de 1994 (Ley de Servicios Públicos Domiciliarios).

Tabla 29. Matriz de calificación de organizaciones comunitarias

Indicadores		Medición	Valores posibles	Valores deseados	Calificación
%	Nombre				
40%	Respaldo de la Administración Municipal	Aceptación del Alcalde para implementación (CM)	10 si CM = Alto 6 si CM = Medio 2 si CM = Bajo	Alto	
15%	Viabilidad legal y política	Facilidades para implementación (FI)	10 si FI = Alto 6 si FI = Medio 2 si FI = Bajo	Alto	
15%	Apoyo institucional	Posibilidad de reconocimiento y apoyo externo (RE)	10 si RE = Alto 6 si RE = Medio 2 si RE = Bajo	Alto	
15%	Autonomía política administrativa	Grado de autonomía política - administrativa (AP)	10 si AP = Alto 6 si AP = Medio 2 si AP = Bajo	Alto	
15%	Capacidad de respuesta de la organización	Posibilidad de dar solución a situaciones que se presenten (CR)	10 si CR = Alto 6 si CR = Medio 2 si CR = Bajo	Alto	
Total					

Fuente: Cínara (2006)

- **Apoyo institucional:** Este indicador está dirigido a evaluar la facilidad de la forma organizativa propuesta para encontrar programas y convenios interinstitucionales (a nivel local, regional y nacional) que complementen las políticas y estrategias de la organización y la conduzcan a un mejoramiento continuo en la prestación del servicio.
- **Autonomía político administrativa:** Se mide el grado de autonomía para la toma de decisiones en la prestación del servicio. Esto implica la posibilidad de realizar procesos de administración sin injerencia de intereses políticos que desvirtúen el criterio social y empresarial atribuido a un servicio público domiciliario.
- **Capacidad de respuesta de la organización:** Este indicador evalúa la sostenibilidad de la forma organizativa propuesta en caso de que la continuidad del servicio se vea afectada. Se hace un análisis de la capacidad que tiene la organización para reaccionar en los aspectos técnicos, sociales e institucionales frente a un problema local.

Cada uno de estos indicadores cuenta con una calificación cualitativa de Alto, Medio y Bajo, que numéricamente se expresan con valores de 10, 6 y 2, respectivamente. Además, se ha definido una ponderación a cada indicador como lo muestra la Tabla 29. Las ponderaciones pueden variar depen-

diendo de la importancia de cada ítem para la comunidad. Así mismo, la comunidad podría, en caso de creerlo necesario, incluir otros factores para la selección. Si esto se hace, debe prestarse especial cuidado a la ponderación de los factores, ya que la suma de los porcentajes de ponderación no puede exceder el 100%. Para realizar el cálculo de la calificación total del tipo de empresa a evaluar se aplica la siguiente fórmula a cada indicador: Posteriormente se suman los valores de cada indicador y esta sumatoria es el puntaje total de la forma organizativa evaluada. El puntaje máximo de un tipo de empresa evaluada es de 10.0 puntos.

$$\text{Calificación} = \text{valor asignado} * \text{peso porcentual del indicador} \quad (\text{Ecuación 4})$$



6.2. REGLAMENTACIÓN PARA EL MANEJO DE SISTEMAS DE USO MÚLTIPLE

Dependiendo del tipo de sistema es el nivel de compromiso que adquiere la organización administradora y las familias, ya que la variación más importante en la administración del sistema, considerando la tecnología utilizada, se presenta en las funciones ejercidas por los empleados encargados del servicio. Para los sistemas individuales y la infraestructura domiciliaria en sistemas colectivos como acueducto y alcantarillado, aunque la responsabilidad de operación y mantenimiento es de la familia, se requiere algún apoyo para el mantenimiento y reposición de unidades; es especialmente crítico en las zonas rurales el acceso a los repuestos, que puede ser manejado a través de una organización de base comunitaria formal o informal. A continuación se presentarán los aspectos administrativos más relevantes en el manejo de acueductos para uso múltiple:

Manejo general de los sistemas de abastecimiento

La conformación de la Junta Directiva del sistema debe tener reconocimiento ante la comunidad (no solo es importante la legalidad sino también la legitimidad), además deben quedar explícitos tanto los derechos como los deberes de los usuarios y suscriptores. Así mismo, conviene acordar los usos posibles que pueden darse al agua en la localidad, es decir, incluir los usos múltiples del agua formalmente. Estos aspectos, así como las funciones de cada miembro, deben consignarse en los estatutos de uso del sistema, que es un documento que recoge todas las acciones permitidas y obligadas alrededor del sistema. Los estatutos son elaborados y ajustados por una comisión, para posteriormente ser aprobados o modificados por la asamblea general. Esta comisión puede estar conformada por miembros de la comunidad y asesores particulares. A continuación se relacionan los aspectos que deben tenerse en cuenta para la documentación de las normas relacionadas con el sistema.

La administración de un sistema debe ser independiente de la junta directiva del mismo. El administrador es un empleado asalariado del sistema, por lo tanto, las tarifas deben contemplar su salario. De igual forma sucede con la persona encargada de las labores secretariales y con la(s) persona(s) encargada(s) de la operación/fontanería/entrega de facturas. De esta misma forma debe hacerse con la persona que se contrate, en caso de hacerse, para la asesoría en actividades productivas a la comunidad. La contabilidad de un sistema de uso múltiple debe estar incluida en las tareas de la administración. Debe considerarse que independientemente del tipo de organización que se conforme, una estructura administrativa bien constituida permite tener información ordenada, que facilita presentar informes claros y actualizados a la Asamblea General en el momento que así se requiera. Adicionalmente, la información clara permite alertar sobre una potencial insostenibilidad del sistema de abastecimiento. Para garantizar las condiciones laborales de los trabajadores debe instalarse una oficina desde la cual se coordinen las actividades. Los costos de estas instalaciones y de los requerimientos para su funcionamiento también deben ser cubiertos por el recaudo tarifario, así como los costos asociados con las labores de operación y mantenimiento.

Una correcta y eficiente administración en un sistema de uso múltiple genera beneficios adicionales. Se pueden disminuir los conflictos entre los usuarios y sus usos, y entre los usuarios del sistema y los moradores de la cuenca. Para esto, es necesario establecer las reglas por las cuales se gobernará el sistema. Debe quedar clara la legitimidad de los usos múltiples del agua. Los estatutos deben fijarse en torno a todos los aspectos involucrados para la prestación del servicio.

Generalidades contempladas en los estatutos

Un reglamento de sistemas de uso múltiple debe precisar que el uso permitido para el agua, además de las actividades domésticas, son las actividades productivas de pequeña escala, que deben delimitar su magnitud, de tal manera que puedan distinguirse las actividades domésticas que incluyen pequeñas actividades productivas, de las actividades comerciales e industriales. Debe especificarse la cantidad de tierra permitida para regar, pero considerando la adecuación de los regantes al tipo de sistema más eficiente; así mismo, debe reglamentarse la cantidad de animales que se permite criar y la forma de abastecimiento para los mismos para considerarse una actividad productiva de supervivencia.

Por otra parte, debe estar claro que para el abastecimiento de agua no es necesario potabilizar la totalidad del agua entregada. Un cambio en este sentido permite plantear diversos escenarios: el manejo de plantas de tratamiento centralizadas para aquellas comunidades con capacidad de gestionar los recursos, pero reflexionando sobre los usos que den al agua y la necesi-

dad de potabilización para todas sus actividades; llevar hasta un nivel seguro el agua para las actividades que no requieren agua potable y potabilizar sólo el agua indispensable mediante sistemas individuales ubicados dentro de las viviendas y que sean de fácil operación; usar fuentes alternativas para complementar un abastecimiento central o mantener los sistemas individuales desde diversas fuentes. La descontaminación microbiológica del agua puede hacerse en las viviendas directamente y requiere un proceso previo de capacitación; son opciones que contribuyen con la disminución de los costos de tratamiento. Estos aspectos deben esclarecerse en el momento de la construcción del sistema, pero deben contemplarse siempre para coordinar la administración, operación y mantenimiento, pues de los acuerdos en este sentido dependen las actividades que la Organización Administrativa debe realizar. La administración del sistema puede promover campañas entre los usuarios, que estimulen la adecuación de las viviendas para la recolección y utilización de aguas lluvias. Estas campañas pueden incluir procesos que permitan a los usuarios la financiación de las adecuaciones, es decir, puede hacerse mediante procesos participativos.

Se debe estipular la obligatoriedad de contar con grifos o llaves terminales o dependiendo del caso, flotadores, en perfectas condiciones, prohibiendo la tenencia de llaves en condiciones que faciliten el desperdicio de agua; la Organización puede colaborar con la comunidad capacitando las mujeres en fontanería y manteniendo repuestos para la venta. Así mismo, la población debe educarse en torno al uso eficiente del agua, para sensibilizarse de la necesidad de cerrar las llaves cuando no se está aprovechando el líquido¹¹. Igualmente deben tenerse todas las consideraciones en torno a la operación y mantenimiento que requiera el sistema.

Las normas que rigen los sistemas de uso múltiple debe establecer el diámetro de las tuberías permitidas para las acometidas domiciliarias. Posiblemente, al incluir las actividades productivas de pequeña escala, el diámetro de la tubería debe ser mayor que el diámetro requerido para suministrar agua exclusivamente para actividades domésticas. Esta norma dependerá de la capacidad del sistema y de las recomendaciones del diseñador del mismo, quien puede aconsejar a los formuladores de los estatutos sobre el diámetro y calidad de la tubería que haría más eficiente el consumo de agua para todas las actividades de las viviendas (domésticas y productivas de pequeña escala). Esta acción también podría ser asesorada por expertos en diseño de sistemas de abastecimiento de agua para actividades diferentes a las domésticas.

Una vez se ha establecido la magnitud de las actividades permitidas, debe aclararse la disponibilidad que presenta el sistema en cuanto a canti-

¹¹ Para mayor información puede consultar el documento *Uso eficiente del Agua* (Sánchez y Sánchez, 2004).

dad de agua aprovechable y capacidad técnica, para determinar la cantidad de suscriptores que pueden atenderse, la viabilidad de que el servicio llegue a las viviendas y la cantidad de agua de la que se puede dotar a cada uno de acuerdo con sus actividades. Debido a estas circunstancias, deben evaluarse los requerimientos del solicitante en cuanto a bebederos, jardines o potreros para decidir la aceptación de una nueva conexión.

En las temporadas de baja precipitación pluvial, se debe garantizar el acceso equitativo al agua. Esto se logra a través de la planificación. En época de sequía se podría restringir el lavado de pisos y cualquier actividad suntuaria, la cantidad de cultivos y animales permitidos o establecer turnos para el uso del agua; en este sentido el riego debe ser temprano en la mañana o después de las 5 p. m. Así mismo, pueden incluirse recomendaciones sobre los tipos de cultivos que se adaptan a cada tipo de suelo y temperatura.

Los estatutos también deben incluir aspectos sobre la cuenca. Se recomienda especificar que el manejo de la cuenca puede hacerse sensibilizando a la gente de la importancia de cuidar la fuente y reforestar. Adicionalmente, es importante cuidar fuentes alternativas diferentes a las tradicionales como los manantiales. Debe dejarse clara la participación de los diferentes agentes en estas actividades ya que también deben colaborar los municipios y entidades responsables a través del manejo integrado del agua. Sin embargo, este trabajo debe gestionarse ante las organizaciones y puede desarrollarse de manera interinstitucional e interdisciplinaria entre las entidades y las comunidades.

Deberes y derechos de los usuarios contemplados en los estatutos

Independientemente del uso, el manejo del agua debe ser eficiente, evitando desperdicios y gastos irracionales, no solo por parte de los usuarios sino de la propia organización manejando el sistema. Derivado de esto, debe entenderse que los suscriptores serán responsables de reparar los daños y perjuicios ocasionados por instalaciones domiciliarias defectuosas. Además, los suscriptores deben permitir que el(los) fontanero(s) del sistema visite(n) los predios para inspeccionar las instalaciones domiciliarias y demás estructuras del sistema. Será el fontanero quien se encargue de la manipulación de las estructuras, sin embargo, en casos especiales puede contratarse una persona especializada para hacerlo.

Por otra parte, debe establecerse que si una propiedad cambia de dueño, se debe informar a la Junta Directiva para el cambio de nombre del registro y sería de vital importancia, para el caso de los sistemas de uso múltiple, la inspección de las actividades realizadas por el nuevo dueño. Los costos asociados con la prestación del servicio correrán por cuenta del nuevo propietario.

Cada suscriptor debe tener derecho a la prestación del servicio de la mejor forma posible, sin embargo, esto se encuentra asociado al cumplimiento

de sus deberes. El suscriptor debe hacer los pagos respectivos para garantizar la sostenibilidad del sistema. Estos pagos se pueden hacer dependiendo de la medición, en caso de existir, o se pueden determinar dependiendo de la magnitud de las actividades de cada suscriptor y la forma de realizar dichas actividades. Este aspecto se estudia detalladamente en el ítem 6.4.

La solicitud de nuevas suscripciones debe seguir el conducto regular que establezca la Junta y debe mencionarse de manera explícita en la normatividad del sistema. Las solicitudes deben hacerse de manera formal y preferiblemente de forma escrita para su aprobación. Esto permite llevar un registro de las solicitudes, de las aprobaciones y de la disponibilidad de expansión del sistema. Así mismo, permite percibir las conexiones ilegales y limitar el funcionamiento del sistema según su capacidad. El análisis de las nuevas solicitudes debe incluir un estudio minucioso de las actividades que realiza el solicitante. Una vez aprobada una solicitud, la notificación de autorización de conexión también podría hacerse de manera escrita para formalizar el proceso. Adicionalmente, debe definirse el costo de la conexión para los nuevos suscriptores. Este valor se debe calcular según los costos asociados con la administración del servicio por conectar al nuevo suscriptor. Las normas deben dejar claro el monto del valor cobrado o en caso de ser necesario, la variación de los montos a cobrar y las razones de dicha variación. La instalación de grifos internos y los hidrantes para el riego corre por cuenta del suscriptor. Si no hay micromedición, el número de puntos de agua puede ser también una base del cobro. Estas acciones complementarias deben ser reguladas y supervisadas por la dirección del servicio para evitar la instalación de elementos diferentes a los de bajo consumo y propiciar una mayor eficiencia. Adicionalmente, debe aclararse la forma de pago del valor estipulado, para lo cual podrían considerarse facilidades en periodos que pueden estar relacionados con las actividades productivas de los usuarios.

La sostenibilidad de un acueducto depende del cumplimiento de las obligaciones de los suscriptores. Es importante que los usuarios hagan uso racional del agua, pero también que cumplan con el pago periódico que implica el acceso al servicio. Este pago puede establecerse con base en la forma en que ingresan los recursos a las familias. Por ejemplo, en algunas zonas, los períodos de cosecha determinan el ingreso familiar. En algunas zonas del país no circula el dinero, por lo que se pueden establecer esquemas contributivos, por ejemplo, para el mantenimiento y reparación de infraestructura. Por esta razón, la normatividad de un sistema de uso múltiple debe considerar castigos para quienes no cumplan los pactos acordados. Comúnmente, este castigo se ve reflejado en el corte del servicio y el cobro de una multa que suele reflejarse en un costo asociado a la reconexión. Para un sistema de uso múltiple debe considerarse que cortar el servicio puede tener mayores implicaciones que la suspensión del mismo en un sistema tradicio-

nal. El corte del servicio ayuda a la administración del sistema al recaudar la cartera, sin embargo, en un sistema de uso múltiple es común encontrar que los ingresos de los usuarios están directamente relacionados con la posibilidad de usar el agua en sus actividades. Por esta razón, al suspender el servicio en un sistema de uso múltiple limita aún más las posibilidades de poder obtener los ingresos para pagar por él.

En este sentido, debe formalizarse la periodicidad del pago para determinar la forma de sancionar a quienes incumplen con los desembolsos. En los sistemas de uso múltiple puede presentarse que la periodicidad de los pagos dependa de las cosechas. Así mismo, el incumplimiento del pago debe estar determinado por un número de cosechas sin realizar el pago al sistema. Igualmente, debe decidirse el límite de tiempo de incumplimiento que hace que el usuario pierda el derecho adquirido sobre el sistema y las formas de comunicación de las noticias. La sanción por incumplimiento podría hacerse por medio de multas, cobradas en términos de intereses para los morosos. Adicional a las sanciones por mora en el pago de la obligación, pueden establecerse multas por conexiones fraudulentas. La cuantía de este tipo de multas debe estipularse en las normas del sistema y variar de acuerdo con la capacidad socioeconómica de los usuarios. De esta misma manera pueden sancionarse las personas que alteren las conexiones, aparatos de medición, de control y sellos o alteraciones que impidan el funcionamiento normal del sistema. Para que este tipo de sanciones puedan hacerse efectivas debe estipularse el momento en el que se considera que el usuario está incumpliendo los estatutos.

Adicionalmente, debe especificarse que los usuarios del sistema deben participar activamente de las actividades programadas por la administración. Esta suele ser la forma de legitimar las acciones de la Junta Directiva, que debe notificar a los usuarios sus movimientos. Cada usuario debe tener el derecho de expresar su opinión libremente, pero igualmente, debe contribuir con la información requerida por la administración para ayudar a garantizar un buen funcionamiento, operación y mantenimiento. A continuación se mencionan las particularidades del manejo de los sistemas según tipo de sistema.

Sistemas de abastecimiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable para múltiples usos tiene una serie de implicaciones administrativas; las principales funciones que debe cumplir la administración del sistema son: garantizar la permanente prestación del servicio mediante la organización eficiente de las labores del personal, compra de insumos, atención a usuarios y manejo contable. Mientras tanto, las funciones de los encargados de la operación y mantenimiento del sistema son: operar la planta de potabilización correctamente, aplicar los insumos necesarios y hacer el mantenimiento tanto a la planta como a

las demás estructuras del sistema. Las actividades concretas de fontaneros y operadores serán las que estén consignadas en el manual de operación y mantenimiento de la tecnología utilizada. La complejidad de este manual depende del diseño de la planta y su forma de funcionamiento.

En sistemas donde se suministre agua potable, las funciones de operación y mantenimiento van a estar concentradas en la planta de tratamiento, en la dosificación de los insumos que requiera, el mantenimiento, la manipulación de instrumentos, etc; sin descuidar el mantenimiento de la línea de conducción y la red de distribución. En este tipo de sistemas se debe delimitar el campo de acción de la empresa prestadora del servicio, pues no es obligación de la empresa operar, mantener y reparar los daños domiciliarios, pero debe apoyar a la familia para que ella pueda hacerlo. Esto debe acordarse y anotarse en los estatutos del sistema.

Sistemas de abastecimiento de agua cruda con tratamiento en las viviendas

Para el manejo de este tipo de sistemas, las funciones de los miembros de la administración cambian con respecto a un sistema de agua potable. Al suministrar agua cruda a la población se reducen los requerimientos en insumos y personal de operación y mantenimiento, pues no existe planta de tratamiento. Las funciones del personal operativo serán las de velar por una correcta operación y un adecuado mantenimiento de las estructuras que conforman el sistema colectivo y apoyar a las familias para que puedan operar y mantener los sistemas individuales, pues las familias se convierten en importantes operadores del sistema, ya que se constituyen en las encargadas de manejar las unidades de tratamiento individual de su vivienda. Para lograrlo, la administración del sistema colectivo debe incluir jornadas constantes de capacitación sobre el manejo de los sistemas individuales.

Sin embargo, la financiación de este tipo de sistemas puede hacerse de dos formas: a través de la empresa prestadora del servicio colectivo que dote a las familias del sistema y se pague a través de tarifa o financiación directa de las familias con sus propios recursos. Si la financiación se hace a través de la empresa que presta el servicio colectivo, este costo se incluye en los costos de inversión del sistema y su operación y mantenimiento se cobra mediante las tarifas. Por otro lado, la financiación de estos sistemas puede ser por parte de las familias, aunque la empresa puede generar planes de ahorro para facilitar la adquisición de los dispositivos. La forma de financiación de estos sistemas y los planes de apoyo, de existir, deben quedar estipulados claramente en los estatutos para evitar conflictos entre la empresa y los usuarios. La familia estaría en la obligación de la operación y mantenimiento, sin embargo, puede concertarse con la empresa prestadora para que sea esta la encargada de la operación y mantenimiento de algunos sistemas, especialmente en el caso de sistemas individuales de saneamiento.

Sistemas de abastecimiento que consideran el reuso de aguas residuales y el aprovechamiento de aguas lluvias

Para el manejo de sistemas con estas características deben considerarse los aspectos mencionados antes para los sistemas de agua potable y los sistemas de agua cruda con tratamiento individual según sean las condiciones del suministro. En este sentido, las consideraciones especiales deben estar disponibles para el manejo de las aguas residuales y las aguas lluvias.

El manejo de las aguas lluvias debe hacerse desde la vivienda, ya que éste es el lugar de la recolección de este tipo de aguas. Igual que con los sistemas de tratamiento individuales, la financiación de este tipo de infraestructura debe ser por parte de las familias, aunque la empresa puede generar planes para facilitar la adquisición de los dispositivos. La forma de financiación y los planes, de existir, deben quedar estipulados claramente en los estatutos para evitar conflictos entre la empresa y los usuarios. De igual forma, el manejo de los sistemas de recolección de aguas lluvias puede ser acompañado, guiado y supervisado por la empresa prestadora del servicio colectivo. Esto depende de la exigencia que exprese la comunidad de hacerlo. En caso de que la comunidad requiera dicha asistencia, esta debe hacerse por medio del fontanero del sistema, que debe estar capacitado para emitir juicios con respecto a la forma de almacenar, distribuir y manejar el agua lluvia.

La forma como se van a manejar los sistemas de recolección de aguas debe establecerse en los lineamientos mediante los cuales se van a controlar estos sistemas. Sin embargo, existe la posibilidad de que algunas personas no requieran acompañamiento para el manejo de las aguas lluvias. Esto también debe estipularse en los estatutos del sistema, incluyendo una cláusula que ayude a distinguir los usuarios a los cuales se asesora y los usuarios a los que no. Esta diferenciación también debe verse reflejada en la tarifa, pues quienes requieren asesoría generan mayores costos operacionales.

El reuso de las aguas residuales puede hacerse de dos formas: a través de un sistema colectivo de recolección, tratamiento y aprovechamiento o a través de un sistema individual en el cual en cada vivienda se haga la recolección, el tratamiento y aprovechamiento de los residuos. El manejo de un sistema colectivo de recolección de aguas residuales puede hacerse desde la misma organización que presta el servicio de abastecimiento. Esto implica que los costos administrativos de la empresa serían compartidos entre el sistema de abastecimiento y el sistema de saneamiento.

El manejar un sistema colectivo de saneamiento requiere funcionarios operacionales dedicados exclusivamente a esta actividad. Es por eso que la empresa prestadora del servicio debe contratar personal para realizar estas labores. Las funciones de estas personas estarán concentradas en la operación del sistema de tratamiento y el mantenimiento del mismo, así como de la red de recolección de las aguas residuales y de la red que redistribuya el agua tratada a la comunidad para actividades productivas como el riego.

Generalmente, los costos exclusivamente administrativos de manejar los dos sistemas serían casi los mismos que los costos de manejar uno solo, por la economía de escala. En este sentido, debe pensarse entonces solamente en los requerimientos operacionales y de mantenimiento para manejar el sistema de saneamiento.

La reutilización del agua residual tratada por parte de la misma comunidad puede ser una labor compleja, dependiendo del tipo de actividades productivas en que la pueden utilizar. Sería más viable el aprovechamiento de esta agua en predios cercanos al sitio de tratamiento, en donde no haya necesidad de la construcción de redes para la distribución del agua o estas puedan ser asumidas por los propietarios de los predios que usaran el agua residual tratada.

Los sistemas individuales son construidos en cada vivienda, por tal razón se convierten en una responsabilidad familiar. Sin embargo, debe pensarse que no es conveniente desde el punto de vista administrativo ni de salubridad abandonar a las familias en éste manejo. Se requiere la constante compañía, asesoría y supervisión del fontanero, quien debe estar capacitado en la operación y mantenimiento de este tipo de sistemas. Un mal manejo puede generar problemas de salud tanto a la familia como a la población en general. Para este acompañamiento, la organización que presta el servicio de abastecimiento y en caso de ser la misma para el sistema de saneamiento, debe contratar los servicios de un fontanero que lleve control de las actividades desarrolladas en cada vivienda. En caso de no existir una organización comunitaria alrededor de otros servicios, sería conveniente tener un sistema administrativo mínimo para apoyar el saneamiento. Es de suma importancia, para este tipo de sistemas, brindar capacitaciones constantes a los usuarios sobre los cuidados que deben tener con estos procedimientos, así como también deben contratarse, para las labores de fontanería, personas capacitadas en estos aspectos.

En los estatutos de un sistema de uso múltiple con estas características deben aclararse las funciones del personal encargado de la supervisión de las estructuras de tratamiento domiciliarias. Además, deben detallarse las obligaciones de la organización prestadora del servicio y de los usuarios, tanto para los sistemas colectivos como para los casos en que el servicio sea individual. Entre otras cosas, debe precisarse si la empresa es la responsable de hacer las reparaciones a estos sistemas o si son las familias quienes tienen esta obligación con la asesoría de la empresa y si son las familias entonces se debe precisar el tipo de apoyo que puede brindar la empresa. Esta decisión debe ser tomada en el momento de establecer los estatutos.

Los aspectos relacionados con las conexiones, reglas de manejo, obligaciones y derechos de los usuarios con respecto a los sistemas de saneamiento, tal como se hace para los sistemas de abastecimiento, deben definirse en los estatutos que rigen la organización que presta el servicio. Si la misma

organización presta ambos servicios, deben incluirse en los mismos estatutos las reglas de funcionamiento para ambos servicios.



6.2.1. Administración de sistemas de uso múltiple

La cantidad de personas que deben contratarse para realizar las actividades de administración, operación y mantenimiento depende de la magnitud del sistema a operar. El personal para administración depende de la cantidad de usuarios del sistema. Mientras más usuarios sean beneficiarios, más personal se requiere para manejarlo. De igual forma sucede con el personal para realizar las actividades de operación y mantenimiento; la cantidad de personas a contratar depende del tipo y tamaño del sistema y del tamaño de la población. En la Tabla 30 se muestra la cantidad de personas requeridas para la administración de un sistema de acuerdo con el número de usuarios del mismo.

Tabla 30. Personal requerido para administración

Número de habitantes	Dedicación del personal de administración
500 - 2000	Un administrador, dos horas diarias Un tesorero, dos horas semanales Un contador, un mes al año
2001 - 7500	Un administrador, medio tiempo Un auxiliar administrativo, medio tiempo Un contador, una semana al mes
7500 - 15000	Un administrador, medio tiempo Un auxiliar administrativo, tiempo completo Un contador, medio tiempo
15000 - 50000	Un administrador, tiempo completo Un auxiliar administrativo, tiempo completo Un contador, medio tiempo

Fuente: Tamayo (2006)

Además de la cantidad de personas encargadas del manejo de un sistema, debe considerarse la capacidad de ese personal para desarrollar el trabajo. Los sistemas con gran número de usuarios probablemente requerirán personal más capacitado para administrarlo debido a que se vuelven más complejos. Esto se logra con la contratación de personas con estudios relacionados; esto incluye personas con título de bachiller comercial. Así mismo, dependiendo de la tecnología utilizada para el tratamiento son los requerimientos de capacitación del personal para las labores de operación y mantenimiento.

Para acompañar y guiar a las familias en el manejo de los sistemas individuales, en caso de que así se decida, se debe llevar control de las activi-

dades; para esto el fontanero encargado debe tomar nota de las actividades que alrededor del sistema se llevan a cabo en cada vivienda.

En la Tabla 31 se observa un formato que puede utilizarse para llevar control de las actividades que realizan las familias de la zona en torno a su sistema de tratamiento individual. De acuerdo con los resultados obtenidos del procesamiento periódico se deben realizar acciones. En caso de que los resultados no sean positivos deben plantearse jornadas de fortalecimiento de capacidades. Debe recordarse que los costos de estas actividades deben cubrirse vía tarifas. Como base para operar y mantener los sistemas la Tabla 32 muestra las particularidades a las que debe prestarse atención en cada tipo de estructura.

Tabla 31. Formato de control para el mantenimiento de sistemas individuales

Vivienda	Responsable	Estado			Periodicidad de mantenimiento
		Bueno	Regular	Malo	



6.3. COSTOS ASOCIADOS CON LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO

Poner en funcionamiento una estructura organizativa implica unos costos que están asociados a la administración, operación y mantenimiento. Estos costos dependen del tipo de sistema de abastecimiento, de la cantidad de usuarios del sistema y del esquema administrativo. Inicialmente, debe considerarse que el valor asignado a cada requerimiento depende de los valores del mercado del cual se vaya a hacer el suministro. Para el caso de los insumos, debe tenerse en cuenta, de ser necesario, el pago del transporte. Para calcular los costos asociados al personal se pueden tomar como valores de referencia las remuneraciones de cargos similares en localidades aledañas; adicionalmente debe especificarse el tipo de contrato que se va a celebrar, la cantidad de tiempo asignado a cada trabajador y la forma de pago por el trabajo. Para calcular los valores con exactitud y no olvidar ningún ítem, deben equipararse los valores a los requerimientos contables que exige el Plan Único de Cuentas - PUC. Este plan busca la uniformidad en el registro de las operaciones económicas realizadas con el fin de permitir la transparencia de la información contable y, por consiguiente, su claridad, confiabilidad y comparabilidad. El PUC está compuesto por un catálogo de cuentas y la descripción y dinámica para la aplicación de las mismas, las cuales deben observarse en el registro contable de todas las operaciones o transacciones económicas.

Tabla 32. Tareas de operación y mantenimiento

Estructura	Tareas diarias	Tareas periódicas	Tareas eventuales	Responsable*	Herramientas/ Equipos/Insumos
Sistemas colectivos					
Bocatoma		Limpieza		Fontanero	Herramienta menor
Equipo de bombeo	Inspección general de equipo de bombeo, tablero de control y niveles de agua (diario);	Chequeo ruidos y vibración; limpieza equipos, verificación calidad aceites de los motores y de las instalaciones eléctricas (mensual);	Alineación motores de las bombas (anualmente); verificación funcionamiento y operación válvulas de cheque (cada 6 meses).	Fontanero, con eventual ayuda de técnico	Herramienta menor; energía o combustible; eventualmente repuestos; lubricantes
Desarenador	Inspección visual y movimientos de válvulas	Retiro de sedimentos limpieza estructura (interna y externa); revisión estado físico y de funcionamiento (caudal, rebose, fugas, etc.);	Pintura y lubricación de accesorios (válvulas, compuertas).	Fontanero	Herramienta menor (palas, palustres, cepillos metálicos); materiales como postes, mallas o alambres para el cerramiento del área de la estructura
Conducción	Recorrido línea; limpieza caja de válvulas	Inspección y operación válvulas de purga, ventosa y otras estructuras (cámaras de quiebre de presión); revisión fugas;	Evaluación estabilidad del terreno; protección tubería contra la intemperie, control de presiones (mediciones)	Chequeo de conexiones clandestinas	Fontanero; herramienta menor (picas, palas, etc.); contratación obras (cuando sea necesario); disponibilidad de accesorios (codos, válvulas, uniones, etc.) y tuberías;
FGDi	Control turbiedad; revisión grava	Limpieza	Retiro y limpieza de grava	Fontanero**	Grava para reposición; agua limpia; herramienta menor
FGAS	Control caudal entrada; control turbiedad; retiro material flotante; control pérdida de carga	Limpieza	Revisión tubería entrada; retiro y limpieza de grava	Fontanero**	Grava para reposición; agua limpia; herramienta menor

>>> Sigue

Tabla 32. (Cont.)

Estructura	Tareas diarias	Tareas periódicas	Tareas eventuales	Responsable*	Herramientas/ Equipos/Insumos
FLA	Control caudal entrada; control turbiedad; retiro material flotante; control pérdida de carga	Limpieza canaleta y cámaras entrada	Raspado; retiro y limpieza de arena; rearenamiento	Fontanero**	Arena para Reposición; agua limpia; herramienta menor
Tanque almacenamiento	Cierre y apertura de válvulas (entrada y salida); control de llenado y desocupado; retiro de sedimentos.	Lavado y desinfección	Mantenimiento de válvulas y accesorios (pintura y lubricación); revisión de flotadores (si existen), tuberías de rebose y lavado; chequeo de niveles en el tanque; detección y control de filtraciones	Fontanero	Herramienta menor; insumos químicos.
Desinfección	Preparación de soluciones control de la dosis control de caudal de agua	Limpieza de dosificador		Fontanero	Hipoclorito de sodio o calcio
Bandejas de aireación	Control de caudal	Limpieza		Fontanero	Reposición de bandejas y material de contacto (si existe); herramienta menor
Red de distribución	Operación por sectores; cierre y apertura de válvulas; registro de presión y mantenimiento general	Localización y clasificación de daños; detección y control de fugas; control contaminación redes; reparación daños; drenaje y limpieza cajas; engrase mecanismos de operación.	Renovación tuberías (por edad o estado de funcionamiento); revisión hidrantes; verificación funcionamiento de la red	Fontanero, eventualmente personal técnico calificado;	Equipos y herramienta menor; disponibilidad de tuberías y accesorios; equipos de detección y control de fugas;
Sistemas individuales					
Filtro casero		Lavado del filtro	Reposición de la arena	Persona en la vivienda	Arena para reposición agua para lavado; solución de cloro eventual
Solar con botellas	Exposición de botellas a luz solar	Lavado de las botellas		Persona en la vivienda	Papel aluminio, botellas para reposición

>>> Sigue

Tabla 32. (Cont.)

Estructura	Tareas diarias	Tareas periódicas	Tareas eventuales	Responsable*	Herramientas/ Equipos/Insumos
Solar con cocina		Lavado de ollas		Persona en la vivienda	Reposición de componentes (cajas, material aislante, material reflectivo)
Ebullición	Calentamiento del agua a desinfectar			Persona en la vivienda	Ollas con tapa; energía eléctrica, leña, carbón, algún combustible; estufa o fogón
Cloración	Dosificación de hipoclorito de calcio o lejía; chequeo del residual	Preparación de soluciones; lavado de recipientes		Persona en la vivienda	Solución de cloro, comparadores, recipientes
Sistema Agua lluvia		Limpieza de techos, lavado del tanque de almacenamiento, limpieza de canales y bajantes	Acondicionamiento de techos, canales y bajantes	Persona en la vivienda	Herramienta menor; accesorios, canales, bajantes para reposición
Bomba manual		Chequeo de funcionamiento	Reposición de componentes	Persona en la vivienda	Herramienta menor; tubería, accesorios
Tanque séptico		Control de vectores	Chequeo altura de lodos: inspección de fugas, dispositivos de entrada: extracción de lodo	Persona en la vivienda	Insumos para control de vectores; herramienta menor; cada 5 años equipo para retiro de lodo
Filtro intermitente en arena		Limpieza: chequeo del flujo; raspado de la arena	Reposición del medio filtrante	Persona en la vivienda	Herramienta menor; arena
Humedal de flujo superficial	Chequeo del flujo	Limpieza de estructuras de entrada y salida: corte de la vegetación		Persona en la vivienda	Vegetación; herramienta menor;

* En ocasiones se requiere apoyo de otros miembros de la comunidad para las labores eventuales de desocupar el filtro y recomodar el lecho filtrante.

** Puede requerirse eventual apoyo de miembro de la institución de desarrollo.



6.3.1. Cálculo de los costos de un sistema de usos múltiples

Debe considerarse que no todas las empresas deben cumplir con todas las cuentas incluidas en el PUC. Actualmente existen 15 PUC. El número 15 es un Plan Único de Cuentas especial para entes prestadores de servicios públicos domiciliarios; esto permite calcular tanto los costos administrativos como los costos de operación y mantenimiento según está estipulado en la Resolución 287 de 2004¹².

Las cuentas que se deben costear dependen del tipo de servicio y la(s) tecnología(s) utilizada(s). El monto de esas cuentas depende a su vez del tamaño de la población servida. De la Tabla 33 a la Tabla 36 se numeran y describen los componentes de las posibles tecnologías, para cuya operación y mantenimiento se deben calcular los costos.

Tabla 33. Resumen de sistemas colectivos

No.	Componentes del sistema							
1	Bocatoma	Desarenador	Filtro Grueso Dinámico	-----	Filtro Lento en Arena	-----	Cloración	Tanque de almacenamiento
2	Bocatoma	Desarenador	Filtro Grueso Dinámico	Filtro Grueso Ascendente en Capas	Filtro Lento en Arena	-----	Cloración	Tanque de almacenamiento
3	Bocatoma	Desarenador	Filtro Grueso Dinámico	Filtro Grueso Ascendente (2)	Filtro Lento en Arena	-----	Cloración	Tanque de almacenamiento
4	Bocatoma	Desarenador	Filtro Grueso Dinámico	Filtro Grueso Ascendente (3)	Filtro Lento en Arena	-----	Cloración	Tanque de almacenamiento
5	-----	Bomba	-----	Bandejas de aireación	-----	Filtro Rápido	Cloración	Tanque de almacenamiento
6	-----	Bomba	-----	Bandejas de aireación	Sedimentador	Filtro Rápido	Cloración	Tanque de almacenamiento

En el Anexo 3 se encuentran resumidas las cuentas del PUC que deben tenerse en cuenta para calcular los costos de cada una de las alternativas

¹² Para mayor información puede consultarse el PUC para las empresas prestadoras de servicios públicos que permiten calcular los costos de administración, operación y mantenimiento. Sin embargo, las principales cuentas que deben considerarse están resumidas en la Resolución 287 de 2004 (CRA, 2004).

Tabla 34. Resumen de sistemas crudo colectivo + tratamiento en vivienda

No.	Componentes del sistema				
	Colectivo			Vivienda	
7	Bocatoma	Desarenador	Tanque de almacenamiento	Filtro casero	Desinfección botellas
8	Bocatoma	Desarenador	Tanque de almacenamiento	Filtro casero	Cocina solar
9	Bocatoma	Desarenador	Tanque de almacenamiento	Filtro casero	Cloración
10	Bocatoma	Desarenador	Tanque de almacenamiento	Filtro casero	Ebullición
11	-----	Equipo de bombeo	Tanque de almacenamiento	-----	Desinfección botellas
12	-----	Equipo de bombeo	Tanque de almacenamiento	-----	Cocina solar
13	-----	Equipo de bombeo	Tanque de almacenamiento	-----	Cloración
14	-----	Equipo de bombeo	Tanque de almacenamiento	-----	Ebullición

Tabla 35. Resumen de sistema de recolección de agua lluvia individual

No.	Componentes del sistema					
	15	Cubierta de la vivienda	Canaleta	Tanque	Separador primer enjuague	-----
16	-----	-----	-----	-----	Superficie especial	Reservorio
17	Cubierta de la vivienda	Canaleta	Tanque	Separador primer enjuague	Superficie especial	Reservorio

Tabla 36. Resumen de sistema de saneamiento individual con reuso del agua

No.	Componentes del sistema	
	18	Tanque séptico
19	Tanque séptico	Filtro Intermitente en Arena

aquí planteadas, según la Resolución 287 de 2004. En estas tablas se muestran con detalle los aspectos que se deben tener en cuenta para cada ítem. Es importante recalcar que la cuenta número 5 se debe calcular por separado para las labores administrativas como para las actividades de operación y mantenimiento. Por su parte los ítems de la cuenta número 7 se deben calcular para los costos de producción del servicio que se presta. Es posible que para todos los sistemas no se deban cumplir todas las subcuentas del PUC, sin embargo, deben evaluarse según la forma organizativa, el tamaño de la población y el tipo de contratación del personal. A medida que la empresa es más grande, tiene mayor cantidad de personal y debe cumplir la mayor cantidad de cuentas. Esto no es común que suceda en zonas rurales.



6.4. TARIFAS POR LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO

La metodología tarifaria en Colombia está definida en la Ley 142 de 1994, en la cual se establecen las condiciones para determinar las tarifas de acuerdo con las características socioculturales de las localidades. Así mismo, expone que los cálculos tarifarios que deben efectuar las entidades prestadoras de servicios públicos son los dispuestos por la CRA, encargada de reglamentar los sistemas de agua y saneamiento. Es así como esta Comisión ha dispuesto la metodología para el cálculo de tarifas a través de la Resolución 287 de 2004 (CRA, 2004). Estas normatividades determinan que las tarifas deben estar enmarcadas en los siguientes criterios: eficiencia económica, neutralidad, solidaridad y redistribución, suficiencia financiera, simplicidad y transparencia.

- Eficiencia económica: las tarifas no pueden trasladar al usuario los sobrecostos que genera una mala gestión y administración. Los usuarios no son responsables si esto llega a suceder.
- Neutralidad: cada consumidor tiene derecho a tener un tratamiento tarifario igual que cualquier otro que ocasione costos iguales al prestador del servicio.
- Solidaridad y redistribución: los usuarios de estratos altos, y comerciales e industriales, mediante el pago de mayores tarifas y a través de fondos de solidaridad y redistribución, ayudarán a los usuarios de estratos bajos a cubrir los costos de sus consumos básicos.
- Suficiencia financiera: el recaudo de las tarifas debe garantizar la recuperación de los costos asociados con la administración, operación, mantenimiento, expansión, reposición y rehabilitación.
- Simplicidad: las fórmulas tarifarias se elaboran de tal manera que sean de fácil comprensión, aplicación y control.
- Transparencia: las tarifas serán explícitas y de conocimiento público.

Adicionalmente, se establece que las tarifas están compuestas por tres

tipos de cargos: cargo fijo, cargo por consumo y cargo por conexión. Cada uno de estos cargos está compuesto por algunos de los costos asociados a la prestación del servicio.

Cargo fijo: está compuesto por el costo asociado a la administración y comercialización del servicio.

Cargo por consumo: está compuesto por los costos de operación, mantenimiento, expansión, reposición y rehabilitación del servicio.

Cargo por conexión: está compuesto por los costos asociados con la conexión de los usuarios al sistema. Adicionalmente puede incluirse en la tarifa un costo por reconexión e intereses por mora.

La metodología tarifaria que establece la CRA en la Resolución 187 de 2004 establece que las tarifas se determinan según el tamaño de la población objetivo. En las zonas rurales, la mayoría de las poblaciones se encuentra en la categoría de menos de 2.500 usuarios, lo que facilita el cálculo de las tarifas según la metodología tarifaria. Sin embargo, debe considerarse que en localidades en donde no se mide el consumo, las tarifas deben determinarse de manera única. No obstante, en estas localidades también pueden fijarse tarifas únicas por nivel socioeconómico o por el número de puntos de agua que tenga el usuario. A continuación, se relacionan algunos criterios que podrían tomarse en cuenta para la fijación de tarifas en sistemas de uso múltiple. En algunos puntos estos criterios no se ajustan a la metodología tarifaria regente en Colombia, pero posibilitan la fijación de tarifas que impliquen justicia en los cobros, permitiendo el uso del agua para múltiples actividades.

Tarifas con medición

Comúnmente, para los sistemas con micromedición, la tarifa está conformada por el cargo fijo más el consumo básico (de 0 a 20 m³), que se propone se cambie a 30 m³ para permitir que las familias pobres con actividades de supervivencia de pequeña escala las puedan realizar. También se define el consumo complementario (de 20 a 40 m³) y el consumo suntuario (de 40 m³ en adelante). El gobierno ha cambiado estos consumos en época de estiaje para todo el país. El cálculo del valor del metro cúbico de agua básico depende de los costos de operación y mantenimiento y de los costos de inversión. El valor del metro cúbico de agua para el consumo complementario y el consumo suntuario equivale al valor del metro cúbico de agua básico por un factor determinado. Este factor suele ser un incremento del 20% con respecto al metro cúbico básico. Adicionalmente, en comunidades que presentan estratificación, el valor del metro cúbico básico se convierte

en un factor del metro cúbico del estrato intermedio. Esto implica que los estratos más altos con mayores aportes compensan el valor de los estratos más bajos. La estratificación de las localidades está determinada por el Departamento de Planeación Municipal de las administraciones locales, pero en caso de no existir clasificación, y de estimarse necesario distinguir las viviendas, la estratificación puede hacerse a partir de una clasificación de las viviendas según se especificó en el ítem 1.1. Es importante, recalcar que las tarifas deben definirse bajo la claridad de los costos de administración, operación y mantenimiento del sistema.

Para sistemas de uso múltiple debería considerarse el incremento del cargo básico de 20 a 30 m³ (para el uso doméstico y el de las actividades agrícolas y pecuarias de subsistencia) y considerar de ahí en adelante el consumo complementario cobrando por cada metro cúbico adicional el valor del metro cúbico básico más un porcentaje del mismo. Estos 30 m³ de agua surgen de calcular dotaciones por persona de 200 lpd para cubrir las actividades domésticas de la familia rural y las actividades productivas que ellas realizan, suponiendo familias rurales compuestas por 5 personas (Cinara, 2007a).

El cargo fijo de un sistema depende de los costos administrativos del mismo, mientras el cargo por consumo depende de los costos de operación, mantenimiento e inversiones. Si los sistemas son construidos con recursos provenientes de donaciones no debe tenerse presente la recuperación total de la inversión sino los costos que implica la reparación del sistema en caso de daños y los costos asociados a la reposición del mismo. Se debe adicionar el costo de protección de las fuentes y la tasa por uso del agua. Se calcula que el valor a recuperarse para estos aspectos debe estar entre el 9 y el 14%¹³ de la inversión inicial.

Tarifas sin medición

En muchas comunidades la implementación de medidores es una tarea compleja debido a que la calidad del agua no es la adecuada para garantizar un óptimo funcionamiento de los medidores y a que los costos de instalación de los aparatos es alta de acuerdo con la capacidad de pago de los pobladores. Así mismo, la operación y mantenimiento de los mismos implica incurrir en costos administrativos relacionados con su calibración y lectura. Por esta razón, es necesario considerar sistemas tarifarios que no estén condicionados a la medición del agua consumida en las viviendas. En esta instancia del documento se presentan algunos criterios para calcular tarifas sin la obligación de instalar medidores.

Para un sistema de uso múltiple sin medición podría clasificarse el consumo según el uso dado al agua en la localidad, la forma de utilizarla, el tipo de actividades realizadas y la clasificación de pobreza. Para categorizar

¹³ Valores utilizados por el PAAR y por Emcali.

el uso del agua debe definirse el uso doméstico (incluyendo actividades de subsistencia), el uso comercial, el uso industrial y el uso oficial y especial.

El uso doméstico tradicional está definido por el uso del agua exclusivamente para las actividades de la vivienda, tales como asear y cocinar. Sin embargo, se considera que las actividades productivas de pequeña escala realizadas en las viviendas de la zona rural, también son actividades domésticas. Se considera para estos efectos que actividades a pequeña escala en el Valle del Cauca son criaderos de animales con no más de 5 cerdos, 20 gallinas y 2 vacas o lo que sea correspondiente en caso de presentarse otros animales. También se consideran actividades a pequeña escala cultivos de máximo $2/3$ de hectárea¹⁴ (6.667 m²).

El uso comercial e industrial está relacionado con el consumo de agua para actividades productivas de gran escala. Actividades articuladas con el comercio y con la industria y cuyas labores no se desarrollan a nivel de las viviendas sino que tienen destinado un lugar especial para su realización. Si estas actividades son grandes consumidoras de agua se podría considerar que tengan sus propias fuentes. El uso oficial y especial está determinado por el uso del agua en instituciones de carácter gubernamental como puestos de policía, alcaldías, puestos de salud, hospitales, establecimientos educativos, etc.

Por otro lado, y debido a la inexistente estratificación en las zonas rurales, las comunidades de acuerdo con sus conocimientos, pueden estratificar la localidad como se indicó en el ítem 1.1. La cantidad de agua consumida de acuerdo con la capacidad podría determinarse por los puntos de agua existentes en el predio. Este sería un factor para establecer la tarifa de un sistema de uso múltiple sin medición. Otro factor para determinar la tarifa de un sistema de uso múltiple es el uso dado al agua en la vivienda. Debe haber diferenciación de las viviendas con gran área y actividades productivas, las viviendas con grandes áreas que no las tienen y de igual forma para viviendas en otras condiciones. En este sentido, la tarifa debe variar según las actividades que realizan con el agua. Debe asumirse que consume más agua una vivienda que tiene actividades productivas a una que no las tiene, pero así mismo, consume más agua una vivienda con más animales y cultivos que una con menor cantidad. Adicionalmente, se debe establecer este uso frente a la pobreza de la familia.

Por otra parte, debe considerarse en el cobro de la tarifa la forma de utilización del agua, pues el consumo de agua en una vivienda depende del tipo de bebederos de los animales y el sistema de riego de los cultivos. Para evitar estas diferenciaciones la organización que maneja el sistema puede sugerir y promover cambios a sistemas de uso eficiente del agua. La organización debe promover la instalación de aparatos domiciliarios de bajo

¹⁴ Estos valores fueron los establecidos como promedio a través del estudio realizado en el marco del proyecto Usos Múltiples del Agua como estrategia para enfrentar la pobreza (Cinara, 2007a)

consumo, el uso de bebederos con dispensador que se active al contacto del animal y sistemas de riego localizado que incrementan la efectividad y disminuyen de manera importante la cantidad de agua utilizada. Por otro lado, también debe promover la racionalización del agua para actividades de limpieza. Esto puede hacerse a través de capacitaciones sobre actividades de PML y uso eficiente, fortaleciendo las capacidades de tal manera que sea posible reducir el consumo de agua.

Finalmente, las tarifas de sistemas de uso múltiple sin medición deben considerar los diferentes tipos de cultivos y animales, pues dependiendo de sus características son también sus requerimientos del líquido. En la sección 1.1 de esta guía se mencionan los requerimientos de agua por unidad de cultivo y de animal.

Para aplicar estos criterios y obtener tarifas justas y de acuerdo con las actividades de cada vivienda en la zona rural, debe realizarse previamente un censo que permita identificar: la pobreza, con perspectiva de género, la magnitud de las actividades realizadas, la forma de utilización del agua y los requerimientos tanto de los diferentes tipos de animales como de los cultivos. También deben considerarse, para la definición de las tarifas, las demás actividades que realicen las viviendas y que no sean incluidas como actividades domésticas. Estas actividades deben considerar las piscinas, los lagos, etc, que son actividades suntuarias que se podrían limitar si no hay suficiente disponibilidad de agua. Así mismo, los predios cuyas características sean comerciales o industriales deben tener una tarifa diferencial, pues al catalogarse de esta manera implica que el desarrollo de las actividades, independientemente de que tipo sean, requieren mayor cantidad de agua que las actividades domésticas rurales o hay mayor capacidad de pago por el servicio.

Para calcular las tarifas deben tenerse en cuenta, además de los criterios mencionados, los costos asociados con el manejo del sistema. Es necesario indicar que no es posible establecer una tarifa para cada usuario, por lo cual deben considerarse tarifas promedio según los usos, magnitudes de actividades, formas de utilización del agua y los tipos de animales y cultivos. Podrían establecerse rangos de actividad en cada localidad y de acuerdo con esto implementar tarifas cuyos recaudos permitan cubrir los costos asociados con el sistema permitiendo su sostenibilidad. Los rangos de tarifas que se establezcan deben empezar por las viviendas de menor capacidad y sin actividades productivas e irse incrementando de acuerdo con los factores de incidencia. Puede definirse como tarifa mínima la que garantice cubrir los costos administrativos, sin embargo, la tarifa también puede calcularse suponiendo algún tipo de subsidio por parte de quienes tienen más capacidad de pago a quienes no la tienen.

Para estratificar las viviendas de las localidades podrían aprovecharse las asambleas realizadas por la organización que presta el servicio. A estas

asambleas deben asistir los usuarios que podrían decidir, a través de votaciones y el conocimiento existente de las actividades de cada quien, cómo se deben distribuir las tarifas, cuáles son los rangos de tarifas que se van a fijar y cuáles viviendas se deben asignar a cada rango de tarifas. Es muy importante asegurar tanto la participación de la población más pobre como de las mujeres. En este proceso también debe participar el fontanero del sistema, pues su trabajo genera gran conocimiento de la zona, de las viviendas y de las actividades de los pobladores. Para la estratificación pueden considerarse los niveles de pobreza identificados en el ítem 1.1.



6.4.1. Cálculo de tarifas para sistemas de uso múltiple

Para calcular las tarifas de la forma establecida se debe considerar la siguiente metodología. Para sistemas con medición la tarifa se calcula según la metodología determinada. Para esto se requiere calcular el cargo fijo y el cargo por consumos. En donde el cargo fijo está dado por:

$$\text{Cargo fijo} = \text{CMA} * F_i \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde CMA es el Costo Medio de Administración cuya fórmula de cálculo depende de la cantidad de usuarios del sistema y F_i es el factor de subsidio o sobreprecio que depende de la estratificación de la localidad. Cuando en la localidad no hay clasificación por estratos, F_i es igual a 1. El cálculo de los costos medios de administración, así como de los costos medios de operación y mantenimiento y los costos de inversión, están definidos, según el tamaño de la población, en la Resolución 287 de 2004. Por otra parte, el cargo por consumo está dado por:

$$\text{Cargo por consumo} = \frac{\text{Suma de costos de operación, mantenimiento e inversión anuales}}{\text{m}^3 \text{ producidos al año} * (1 - \% \text{ de pérdidas})} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Este sistema tarifario es utilizado con mayor frecuencia en sistemas que suministran agua potable, mientras que los sistemas que abastecen a la comunidad con agua cruda no utilizan la medición como medio de control. Esto se debe principalmente a que los costos de manejar correctamente un sistema de agua potable son mayores, exigiendo un mayor control en el uso del agua y hacer más eficiente el cobro de las tarifas. Adicionalmente, los medidores de consumo de agua requieren una adecuada calidad del agua para trabajar bien. Los sistemas de suministro de agua cruda no tienen la calidad de agua apropiada para el normal funcionamiento del medidor, lo que hace que éstos permanezcan en mal estado. Esto, además de generar problemas para la medición, incrementa los costos tanto para la empresa prestadora del servicio como para las familias ya que se incrementan los

gastos en operación, reparación, reposición y mantenimiento de los aparatos. Adicionalmente, y para los sistemas en los cuales no hay medición, para garantizar la justicia de las tarifas según los criterios mencionados antes, se pueden construir las tarifas a partir de rangos. Estos rangos se pueden diferenciar como lo muestra la Tabla 37, que implica una estratificación de la población según las actividades que realiza. Es importante recalcar que el valor de cada rango de tarifas depende de los costos asociados al sistema.

Se debe pensar en las posibles combinaciones de animales, cultivos y demás actividades, considerando la cantidad de cada especie animal, el área de cultivo, el tipo de cultivo, los requerimientos de agua de cada tipo de cultivo y la forma de riego. Las combinaciones se deben ir incluyendo en la Tabla de manera ascendente, es decir, cada vez que se incremente la cantidad de animales o cultivos se debe adicionar en la Tabla 37 a la posición que corresponda. La Tabla 38 muestra un ejemplo de los rangos de animales y áreas cultivadas que se podrían considerar como de pequeña escala para calcular las tarifas en el Valle del Cauca. De acuerdo con estas cantidades de animales podrían hacerse las combinaciones. Los cultivos deben complementarse con el tipo de cultivo, el tipo de suelo y la forma de riego. Esto depende de las características particulares de las localidades.

Un aspecto importante a considerar para el cobro de las tarifas es la estacionalidad del ingreso. En comunidades rurales en las que el ingreso depende directamente de las actividades productivas, las veces o periodos de recepción de pagos están estrechamente ligados a la recolección y venta de las cosechas o la crianza de los animales. Por lo tanto, la periodicidad de pago de las tarifas debería acordarse de acuerdo con estos periodos para intentar disminuir la probabilidad de que se genere morosidad. Estos periodos deben ser acordados por la comunidad y la organización prestadora del servicio en cada localidad, pues depende del tipo de actividad realizada en la zona.

Tabla 37. Orden en que se deben incrementar las tarifas según actividad

Actividad			
Uso doméstico tradicional*			
Uso doméstico tradicional*	Animales		
Uso doméstico tradicional*		Cultivos	
Uso doméstico tradicional*	Animales	Cultivos	
Uso doméstico tradicional*			Lagos, Piscinas*
Uso doméstico tradicional*	Animales		Lagos, Piscinas*
Uso doméstico tradicional*		Cultivos	Lagos, Piscinas*
Uso doméstico tradicional*	Animales	Cultivos	Lagos, Piscinas*
Uso oficial y especial*			
Uso industrial*			
Uso comercial*			

* Se pueden limitar actividades de limpieza si hay escasez de agua.

Tabla 38. Ejemplo de rangos de animales y cultivos para cálculo de tarifas

	Animales		Cultivos
1 - 5 gallinas / pollos	1 - 5 cerdos	1 - 5 vacas	1/2 hectárea
6 - 20 gallinas / pollos	6 - 15 cerdos	6 - 10 vacas	2/3 hectárea
21 - 50 gallinas / pollos	16 - 30 cerdos		1 hectárea
			2 hectáreas

BIBLIOGRAFÍA

- Akifumi, E. y Kubitza, F. (2003) *Construcción de estanques y de estructuras hidráulicas para el cultivo de peces - Parte I*. Capital Federal, Argentina: Ministerio de Economía y Producción.
- Arlosoroff, S., Tschannerl, G., Grey, D., Journey, W. K., Karp, A. W., Langenegger, O. y Roche, R. (1988) *Abastecimiento de agua a la comunidad: la opción de la bomba manual; proyecto de abastecimiento de agua a zonas rurales mediante bombas manuales*. Washington, D. C.: Banco Mundial.
- Arreguín, F. (2000) *Uso eficiente del agua*, Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales (CEPIS)
- Barrios, M. A. (2008) *Propuesta para la gestión integrada del agua a nivel de fincas productivas*. MSc Tesis. Universidad del Valle.
- Benítez, J. y Castellanos, A. (2003) 'Mejorando la humedad del suelo con agricultura de conservación', *LEISA Revista de Agroecología*, 19, (2), pp. 5-6.
- Chambers, R. (1980) *Rapid Rural Appraisal: rationale and repertoire. Discussion Paper*. Sussex, UK: Institute of Development Studies, University of Sussex
- Cinara (1999) *El ciclo del proyecto en agua y saneamiento. Proyecto sostenibilidad de los sistemas de agua y saneamiento*. Cali, Colombia: Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación de Recursos Hídricos (Cinara) y Financiera de Desarrollo Territorial (FINDETER).
- Cinara (2006) *Programa de gestión integral de residuos sólidos*. Cali, Colombia: Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación de Recursos Hídricos (Cinara) y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF)

- Cinara (2007a) *Los usos múltiples del agua en zonas rurales de los departamentos del Valle del Cauca y Quindío*. Cali, Colombia: Instituto de investigación y desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Gestión Integrada del Recurso Hídrico (Cinara).
- Cinara (2007b) *Costos y beneficios de los usos múltiples del agua con análisis de género y pobreza*. Cali, Colombia: Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación de Recursos Hídricos, Informe de investigación (Cinara).
- CNA (1997) *Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades*. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua (CNA).
- Congreso de Colombia (1994) *Ley 142 de 1994, Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios*. Bogotá, D. C., Colombia.
- Congreso de Colombia (1997) *Ley 373 de 1997, Programa para uso eficiente y ahorro del agua*. Bogotá, D. C., Colombia.
- CRA (2004) *Resolución 287 de 2004, Anexo 3*. Bogotá, D. C., Colombia: Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA).
- DANE (2005) *Censo General de 2005*. Bogotá, D. C., Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).
- Dayalt, R., Van Wijk, C. y Mukherjee, N. (2000) *Methodology for participatory Assessments: Linking Sustainability with Demand, Gender and Poverty*. Washington, D. C: World Bank.
- DNP (2010) ‘Colombia avanzó en reducción de pobreza’, in *Boletín 48* Bogotá, D. C., Colombia: Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Esrey, S., Andersson, I., Hillers, A. and Sawyer, R. (2001) *Closing The Loop: Ecological sanitation for food security*. Tepoztlán, México: Sarar Transformación SC.
- FAO (1994) *Guía para proyectos participativos de nutrición*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- FAO (2002) *Agua y Cultivos: Logrando el uso óptimo del Agua en la Agricultura*. Roma: Food Agricultural Organization (FAO).
- Foster, S., Chilton, J., Moench, M., Cardy, F. y Schiffler, M. (2000) *Groundwater in rural development: facing the challenges of supply and resource sustainability*. Washington, D. C.: World Bank.
- Gleick, P. H. (1996) ‘Groundwater in rural development. Facing the challenges of supply and resource sustainability’, *Water international*, 21, (2), pp. 83-92.
- GWA (2002) *Gender and Water Management, Lessons learnt around the globe*. Delft, The Netherlands: Gender and Water Alliance (GWA).

- GWP (2000) *Integrated Water Resources Management*. Stockholm: Global Water Partnership (GWP).
- Howard, G. y Bartram, J. (2003) *Domestic water quantity, service, level and health*. Geneva, Switzerland: World Health Organization (WHO).
- HR Wallingford (2003) *Handbook for the Assessment of Catchment Water Demand and Use*. Wallingford, UK: HR Wallingford.
- IUCN (2003) *Water demand management*. Ottawa, Canada: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN).
- IWMI (2006) *Promoting micro-irrigation technologies that reduce poverty*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).
- Martínez, P. (2003) 'Uso eficiente del agua en riego', *Seminario Internacional Uso Eficiente del Agua*. UNESCO.
- Metcalf and Eddy (1995) *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: McGraw-Hill.
- MinAgricultura (1984) *Decreto 1594 de 1984: Usos del agua y vertimientos líquidos*. Bogotá, D. C., Colombia: Ministerio de Agricultura.
- MinAmbiente, SAC y ACP (2002) *Guía Ambiental para el Subsector Porcícola*. Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente.
- MinDesarrollo (2000) *Resolución 1096 de 2000, Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000*. Bogotá, D. C., Colombia: Ministerio de Desarrollo Económico (Mindesarrollo)
- Minproteccionsocial y MAVDT (2007) *Resolución 2115 de 2007, Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. Bogotá, D. C., Colombia: Ministerio de la Protección Social (Minprotecciónsocial) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).
- Moreno, J. (2004) *Especificaciones técnicas para el diseño de captaciones por gravedad de aguas superficiales*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)
- Moscoso, J. (1995) *Aspectos técnicos de la agricultura con aguas residuales*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- Moscoso, J. y Egoechea, L. (2002) *Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América latina: realidad y potencial*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- OMS (2006a) *Guías para la calidad del agua potable*. 3a. ed. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud.

- OMS (2006b) *Guías para la calidad del agua potable: Recomendaciones*. 3a. ed. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud (OMS).
- OMS (2006c) *Guías para el uso seguro de excretas, aguas residuales y aguas grises*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud (OMS).
- OPS y OMS (1999) *La protección de las captaciones*. Washington, D. C.: Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Ospina, A. (2009) *Propuesta para incorporar las dotaciones de agua para actividades agropecuarias a pequeña escala al acueducto La Palma - Tres Puertas*. Trabajo de grado. Universidad del Valle.
- Pallas, P. (1986) *Water for animals*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Pedraza, G., Chará, J. y Conde, N. (1998) *Descontaminación de aguas servidas en la actividad agropecuaria*. Cali, Colombia: Fundación CIPAV.
- Pérez, G. (2005) ‘Dimensión espacial de la pobreza en Colombia’, en *Documentos de trabajo sobre Economía Regional Bogotá, D. C.*, Colombia: Banco de la República.
- Pérez, J. (1997) *Manual de potabilización del agua*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Pizarro, F. (1996) *Riego Localizado de Alta Frecuencia: Goteo, microaspersión y exudación*. 3ra ed Madrid: Mundiprensa.
- Restrepo, I. (2004) *Symposium on Learning Alliances for scaling up innovative approaches in the water and sanitation sector*. Delft, The Netherlands, 7 - 9 Junio 2005. International Water and Sanitation Centre (IRC).
- Restrepo, I. (2005) ‘Tendencias mundiales en la gestión de recursos hídricos: desafíos para la ingeniería del agua’, *Ingeniería y Competitividad*, 6, (1), pp. 63-71.
- Restrepo, I. (2008) *Comunicación personal sobre consumo de agua en inodoros convencionales*. Cali, Colombia.
- Ríos, A. y Correa, V. (2008) *Múltiples usos del agua en la vivienda: usos y priorización con perspectiva de género. Caso Costa Rica (Valle)*. Trabajo de grado. Universidad del Valle.
- Roa, C. (2005) *Relaciones entre disponibilidad de agua, usos múltiples del agua y uso del suelo en la microcuenca Los Saínos (El Dovio)*. MSc Tesis. Universidad del Valle.
- Sánchez, L. D. y Sánchez, A. (2004) *Uso Eficiente del Agua*. Delft, Países Bajos: International Water and Sanitation Centre (IRC).

- Sandoval, M., Aristizábal, H. F., Escobar, M. C., Cely, Y., Escobar, C. M., Hoyos, F. y López, A. (2009) *Seminario Internacional AGUA 2009. Estrategias para adaptación al cambio climático*. Cali, Colombia: Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación de Recursos Hídricos (Cinara).
- Smet, J. y van Wijk, C. (2002) *Small communities water supply: technology, people and partnership*. Delft, The Netherlands: International Water and Sanitation Centre (IRC).
- Tamayo, P. (2006) *Metodología de trabajo: Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Cali, Colombia: Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico (Cinara).
- Texas Water Development Board. (2005) *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. Austin, Texas: Texas Water Development Board.
- UNEP (2002) *Rainwater harvesting and utilisation: an environmentally sound approach for sustainable urban water management, an introductory guide for decision-makers*. Washington, D. C.: United Nations Environment Programme (UNEP).
- Vargas, R. y Piñeyro, N. (2005) *El hidroscoopio*. Montevideo, Uruguay: Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina (UNESCO-PHI).
- Villanueva, A. (1997) *Pozos y acuíferos: técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo*. Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España.
- Zuñiga, M. (1996) *Contaminación de corrientes acuáticas*. Cali, Colombia: Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle.

Referencias de Internet

- URL 1: DANE (2011) *Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)*. Disponible en: http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=231&Itemid=66 (Visitado: Febrero, 2007).
- URL 2: Observatorio de Desarrollo Sostenible (n.d.) *Índice de condiciones de vida (ICV)*. Disponible en: <http://www.cdm.gov.co/sisbim/consulta/fichatecnica.php?ind=964> (Visitado: Febrero, 2007).
- URL 3: Sitio oficial de Támara, Casanare - Colombia, en Internet. Disponible en: www.tamara-casanare.gov.co/odm.shtml?apc=a1c-1363227-1363227&volver=1 (Visitado: Agosto, 2007).
- URL 4: Mora, J. (n.d.) *Aplicaciones de la teoría del consumidor al medio ambiente*. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros/2005/jjm/9.htm> (Visitado: Marzo, 2007).

- URL 5: Sager, R. (2001) *Calidad de agua de bebida: relación con la suplementación mineral y problemas sanitarios*. Disponible en: www.portalveterinaria.com/index.php (Visitado: Agosto 13 2007).
- URL 6: Galeno, R. (2005) *Informaciones útiles en sanidad animal: consumo de agua*. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-informaciones-utiles-sanidad-animal/consumo-agua-2> (Visitado: Agosto 27 2007).
- URL 7: Castillo, R. (n.d.) *Beneficio del café*. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos43/pulpa-de-cafe/pulpa-de-cafe2.shtml#princacc> (Visitado: Septiembre 16 2007).
- URL 8: LENNTECH (n.d.) *Calidad de agua para irrigación*. Disponible en: www.lenntech.com/espanol/irrigacion/Irrigacion-calidad-agua.htm (Visitado: Noviembre 2 2007).
- URL 9: EBM (n.d.) *Actos sencillos para ahorrar agua*. Disponible en: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=311> (Visitado: Octubre 6 2007).

ANEXOS

ANEXO 1. TÉCNICAS DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

MAPA COMUNITARIO SOBRE FUENTES DE AGUA

Propósito

Identificar las fuentes de agua existentes en la comunidad, sus usos y población que la utiliza.

Participantes

Comunidad en general (hombres / mujeres / ricos / pobres).

Descripción

- Si la localidad es grande se dibuja el área general y se registran en él las diferentes fuentes de agua superficiales y subterráneas existentes. También se deben ubicar los sectores considerando la categoría económica que predomina.
- Con colores se señalan las fuentes que permanecen durante el año y las que merman su caudal.
- Con símbolos previamente concertados por el grupo, se señalan los usos del agua de cada fuente
- Con figuras de hombre y mujer se señala, quienes hacen uso de las fuentes y su frecuencia.

Materiales

- Papel kraft o periódico (6 pliegos)
- Marcadores, pinturas dactilares, tizas y crayolas.
- Piedras, semillas, fósforos para convenciones.
- Pegante, cinta adhesiva.

Información mínima que debe resultar

- Número de fuentes superficiales y subterráneas.
- Continuidad del agua en las fuentes y en los sistemas durante el año.
- Continuidad del servicio de agua en los diferentes sectores.
- Grado de satisfacción de las necesidades de agua para hombres y mujeres en los puntos de agua o en las viviendas.
- Irregularidades en el servicio de agua que afecten a las mujeres.
- Puntos de agua y viviendas que se abastecen del servicio (zonas marcadas para cada punto), si se trata de pilas públicas. Para conexiones intradomiciliarias se marcan las zonas que cuentan con el servicio.
- Accesibilidad y regularidad del servicio en las diferentes zonas, considerando los grupos de población que se benefician (ricos, pobres, medios).

BOLSILLO DE VOTACIÓN FUENTES Y USOS DEL AGUA EN LA VIVIENDA

Propósito

Identificar los usos del agua al interior de la vivienda y las fuentes utilizadas por hombres y mujeres.

Participantes

Grupos focales

Descripción

- Se organiza una matriz con dibujos que representen diferentes sistemas. En este caso se presentan diferentes fuentes y diferentes usos. Fuentes en el eje horizontal y usos en el vertical.
- Se explica a los participantes la actividad, se hace el reconocimiento de cada dibujo que presente cada opción y se completan las opciones si es necesario.
- Para cada uno de los cruces de las posibles opciones se coloca un sobre en el cual se depositan los votos.
- La matriz de votación se ubica en un lugar privado y se le entrega a cada participante un número de fichas (semillas, papeles, fósforos) igual a las opciones que están en el eje horizontal. Las fichas de votación de hombres y mujeres deben ser diferenciadas con un color o figura para facilitar su identificación y conteo.
- Terminada la votación se cuentan los votos con los participantes y se registran en una carteletera, utilizando símbolos para hombres y mujeres que sean claros para las personas analfabetas.
- Si la votación es para saber fuentes y usos, esto se debe realizar para identificar la situación antes y después del proyecto. Si hay estaciones secas con grandes diferencias en los niveles de servicio, la votación se hace dos veces: dos para antes y dos para la situación actual.
- En plenaria se comparan los niveles de cambio en el uso, se discuten las razones y se llega a un consenso en torno a los puntajes totales.

Materiales

- Sábana o papel de soporte de la matriz.
- Dibujos con las situaciones claves.
- Sobres (suficientes para el número de opciones que dé la matriz).
- Tarjetas de votación, semillas o papeles de colores.
- Matriz para registrar los puntajes (resultados).
- Marcadores, cinta adhesiva o chinchas.

Información mínima que debe resultar

Usos del agua

1. Cuál fuente de agua es usada generalmente por la comunidad y para qué propósitos:
 - Antes y después de un proyecto de agua
 - Estación seca y lluviosa, si existen variaciones significativas entre las estaciones.
2. Si el hombre y la mujer, rica (o) y pobre usa diferentes fuentes de agua y para diferentes propósitos.
3. Qué consistencia interna existe en los puntajes (¿reportan los hombres y las mujeres de la misma vecindad diferentes fuentes para el agua de consumo humano?)
4. Si la nueva facilidad ha ocasionado cambios en los patrones de uso del agua y si hay razones subyacentes para el cambio/falta de cambio.

ESCALANDO PROBLEMAS EN AGUA

Propósito

Identificar y valorar participativamente los problemas generados por el abastecimiento de agua y los diferentes usos del agua.

Participantes: Hombres y mujeres adultos.

Descripción

1. Se organizan dos grupos: uno de hombres y otro de mujeres, cada uno con un facilitador. Ambos grupos siguen las siguientes instrucciones:
2. En un papel suficientemente grande se elabora la matriz 1 y se pone frente al grupo de participantes.
3. El facilitador pregunta en plenaria a los participantes cuáles son los problemas más importantes que se generan por el abastecimiento de agua en las viviendas y los usos del agua.
4. Se deben identificar máximo 5 problemas. Se anota cada uno de ellos en la casilla correspondiente de la matriz 1. En caso de que exista un número mayor de problemas se escogen los cinco problemas más importantes por consenso, es decir, que todos o la mayoría esté de acuerdo con respecto a esos cinco problemas; si no es posible llegar a un consenso se hará una votación alzando la mano.
5. Posteriormente el facilitador consulta en plenaria a los participantes por qué se considera un problema cada uno de los puntos mencionados; se registra lo expresado por los asistentes para cada uno de los problemas en la casilla correspondiente de la matriz 1.
6. El facilitador empieza a hacer una clasificación de los problemas preguntando a los participantes cuál de los problemas es el primero en importancia. El procedimiento para identificar el problema más importante es a través de un consenso entre los asistentes, es decir, que todos o la mayoría estén de acuerdo con respecto a uno de los problemas. Si pasado un tiempo prudente no es posible llegar a un consenso, la selección del problema más importante se hará por medio de una votación alzando la mano. A este problema se le asignará el número 1 en la casilla correspondiente de la matriz 1. Luego de definido el problema de mayor importancia, el facilitador pregunta a los asistentes por el problema que sigue en importancia; a este problema se le asignará el número 2 en la casilla correspondiente de la matriz 1. El mismo procedimiento se repite hasta clasificar todos los problemas.
7. Finalmente se consulta a los asistentes por el problema por el que ellos estarían dispuestos a pagar una mayor cantidad de dinero para ser solucionado; sólo se debe seleccionar uno de los 5 problemas identificados. En este punto también se debe llegar a un consenso entre los asistentes. Si no es posible llegar a un consenso, la selección se hará por medio de una votación alzando la mano. En la casilla correspondiente de la matriz 1, se señala con una X el problema seleccionado por los asistentes. Si los asistentes lo proponen, se puede identificar el siguiente problema por el que estaría dispuestos a pagar dinero para su solución, y así sucesivamente hasta discutir todos los problemas.
8. En plenaria, hombres y mujeres exponen sus matrices y llegan a un consenso sobre los problemas prioritarios.

Materiales

Papel de papelógrafo o tablero, marcadores y cinta de enmascarar.

Información mínima que debe resultar

1. Problemas más sentidos por hombres y mujeres.
2. Determinar cuál es el problema más importante relacionado con el manejo del agua en la vivienda
3. Determinar cuál es el problema por el que ellos estarían dispuestos a pagar para su solución.

CIEN SEMILLAS

Propósito

Obtener un porcentaje aproximado de la distribución familiar del ingreso y la responsabilidad financiera para el pago de los servicios de agua y saneamiento.

Participantes

Hombres y mujeres representativos de la comunidad.

Descripción

- Se organizan dos grupos: hombres y mujeres
- Entregar a cada grupo focal 100 semillas, las cuales representan el ingreso total de un hogar típico.
- Discutir en plenaria quienes en el hogar generan ingresos (hogares típicos). Identificar los patrones y realizar el ejercicio por cada uno de ellos, por ejemplo:
 - * Sólo el hombre.
 - * Sólo la mujer.
 - * El hombre y la mujer.
- Agrupar las semillas (dinero) de acuerdo con los porcentajes que cada miembro gana (especie o dinero); el número total de semillas indica el ingreso total por familia.
- Se realiza luego una lista de responsabilidades financieras en el hogar y las que cada uno tiene a su cargo y cómo contribuye (porcentaje), ejemplo los gastos personales, gastos del hogar: pago de los servicios de agua, saneamiento e higiene.
- Divididas las semillas de acuerdo con los ingresos y a las responsabilidades de cada uno. Analizar en grupo quién contribuye relativamente más al pago por agua, saneamiento e higiene, hombre o mujer o si es proporcional a los niveles de ingreso de los miembros de la familia. Se concluye y se cuentan los resultados.

Materiales

- Cien semillas.
- Tarjetas con familias típicas.
- Tarjetas con responsabilidades financieras.

Información mínima que debe resultar

- Patrón familiar de ingreso (considerando los grupos focales)
- Patrón familiar de pago por necesidades del hogar, "quién paga qué"
- Diferencias en las responsabilidades financieras entre hombres y mujeres en el hogar para asumir los costos de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene.

NIVELES DE SATISFACCIÓN

Propósito

Determinar el nivel de satisfacción que tienen hombres y mujeres sobre las actividades realizadas durante el diagnóstico participativo.

Participantes

Hombres y mujeres adultos.

Descripción

1. Se sugiere tener dos facilitadores para desarrollar la actividad, uno para el grupo de mujeres y otro para el grupo de hombres, y realizarla en un espacio abierto.
2. Se forman grupos focales de hombres y mujeres separadamente; un facilitador va con los hombres y el otro con las mujeres. Sobre una línea imaginaria trazada en el piso, de aproximadamente 10 o 12 metros, el facilitador localiza cinco puntos: en el inicio, a nivel de la cuarta parte, en la mitad, en el setenta y cinco por ciento y al final de la línea. Se ubican sendos dibujos indicando "total satisfacción" (100%), más o menos un total de satisfacción (75%), "media satisfacción" (50%), muy poca satisfacción (25%) y nula satisfacción (0%).
3. A continuación el facilitador informa que dará lectura a conceptos sobre los que se tendrá que opinar de forma individual. De acuerdo con cada enunciado los participantes se moverán hacia el punto que sientan más adecuado frente al tema: si están satisfechos debe localizarse en la cara feliz, si están más o menos satisfechos en el 75%, y así sucesivamente.
4. Cada facilitador en su grupo se dirigirá por separado a cada uno de los puntos señalados por cada cara, donde se ha formado un pequeño grupo, preguntará el por qué su decisión y tomará notas sobre las opiniones manifestadas. La información es recogida en hojas de papel donde se señalan las escalas de calificación para cada uno de los conceptos discutidos con los grupos focales.

MATERIALES

Papel kraft, marcadores, papel tamaño carta, tijeras o bisturí, cinta de enmascarar.

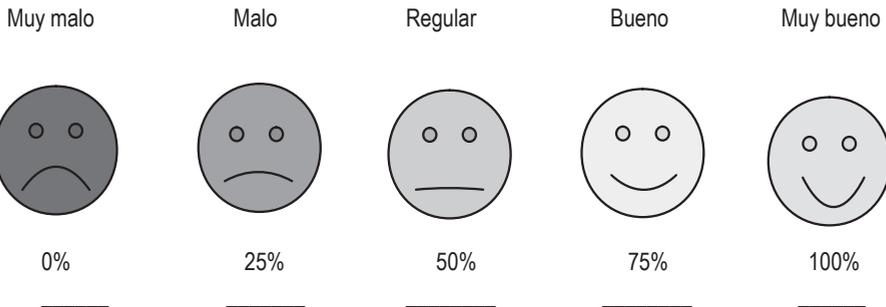
Información a obtener

- Qué tan satisfechos se encuentran los participantes con las técnicas implementadas en el diagnóstico para la recolección de información.
- Qué tan satisfechos se encuentran los participantes con la participación de hombres y mujeres en la fase de diagnóstico.
- Qué tan satisfechos se encuentran los participantes con los resultados del diagnóstico.

Numero de participantes: Hombres___ Mujeres _____

Como se siente(n) en relación con:.....

1. Qué tan satisfechos se encuentran los participantes con las técnicas implementadas en el diagnóstico para la recolección de información.



NIVEL DE SATISFACCIÓN %	¿POR QUÉ?
MUY MALO	
MALO	
REGULAR	
BUENO	
MUY BUENO	

ANEXO 2. MODELO DE ENCUESTA DE DISPONIBILIDAD Y CAPACIDAD DE PAGO

Nombre del Proyecto

ENCUESTA PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD Y CAPACIDAD A PAGAR POR EL SERVICIO
DE _____

Buenos días/ buenas tardes,

Mi nombre es _____, hago parte del grupo de personas
que está realizando una encuesta para determinar la capacidad y disponibilidad a pagar por el servicio
de _____

_____. (Identificar aquí la institución o comunidad que está realizando el estudio, así como explicar
el estudio en particular). Por esta razón, nos gustaría hacerle unas preguntas para conocer su opinión
sobre este tema. Esta información es confidencial y son importantes todas las respuestas por lo que
puede contestar con toda libertad y confianza.

i. Encuesta No. _____ ii. Fecha: _____
iii. Sector: _____ iv. Vivienda No. _____
v. Hora Inicio: _____ vi. Hora finalización: _____

I. Información Socioeconómica

1. Nombre completo: _____

2. Sexo: 1. Femenino _____ 2. Masculino _____

3. ¿Hace cuánto vive en nombre de la localidad _____

4. 4.1. Vive en casa: 1. Propia _____ 2. Arrendada _____ 3. Otra _____

4.2. ¿Cuál? _____

5. ¿Es usted el jefe del hogar? 1. Sí _____ (Si la respuesta es Sí vaya a la preg. 7)

2. No _____ (Si la respuesta es No vaya a la preg. 6)

6. 6.1 ¿Cuál es su parentesco con el jefe del hogar?

1. Cónyuge _____ 2. Hijo(a) _____ 3. Padre/Madre(a) _____ 4. Hermano(a) 5. Otro _____

6.2. ¿Cuál? _____

7. ¿Cuántas familias hay en la vivienda? _____

8. 8.1. ¿Cuántas personas conforman la familia (del entrevistado)? _____

1. Hombres entre 18 y 65 ____ 2. Mujeres entre 18 y 65 ____ 3. Niños (<5 años) ____
4. Niños (Entre 5 y 12 años) ____ 5. Jóvenes (Entre 13 y 17 años) ____ 6. Mayores de 65 años H ____ M ____

8.2. ¿Cuántas personas trabajan actualmente en la familia? _____

9. ¿Cuál es el rango de los ingresos mensuales totales del hogar?

1. Entre 0 y 200.000 ____ 2. Entre 200.001 y 434.000 ____
3. Entre 434.001 y 650.000 ____ 4. Entre 650.001 y 1.000.000 ____
5. Más de 1.000.000 ____

10. ¿Hasta qué grado estudió usted? (seleccionar el último grado alcanzado)

- | 10.1. Grado de estudios | 10.2. Completitud de estudios | 10.3. Años de estudio |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 1. No estudió ____ | | |
| 2. Primaria ____ | 1. Completa ____ 2. Incompleta ____ | No. años ____ |
| 3. Secundaria ____ | 1. Completa ____ 2. Incompleta ____ | No. años ____ |
| 4. Técnico ____ | 1. Completa ____ 2. Incompleta ____ | No. años ____ |
| 5. Universitario ____ | 1. Completa ____ 2. Incompleta ____ | No. años ____ |

11. ¿Usted está trabajando actualmente? 1. Sí ____ 2. No ____ (Si la respuesta es Sí vaya a la pregunta 13)

12. ¿Hace cuánto está sin empleo? (Vaya a la pregunta 14)

1. Nunca ha trabajado ____ 2. Años ____ 3. Meses ____ 4. Días ____
5. Jubilado ____

13. 13.1. ¿En qué trabaja actualmente?

1. Empleado privado ____ 2. Empleado público ____
3. Empleado doméstico ____ 4. Independiente o informal ____
5. Construcción o albañilería ____ 6. Motorista ____
7. Modistería ____ 8. Otro ____

13.2 ¿Cuál? _____

13.3 Número de días que trabaja en la semana

1. Toda la semana ____ 2. Cinco días a la semana ____
3. Dos o tres días ____ 4. Un (1) día a la semana ____

14. ¿Cuál es el valor promedio de los gastos mensuales del hogar?

Alimentación _____ Transporte _____

Salud _____ Vivienda _____

Educación _____ Otros _____

Servicios Públicos:

Agua _____ Energía _____

Teléfono _____ Parabólica _____

Gas _____ Otro _____

II. Percepción sobre el servicio

15. ¿Se utiliza el sistema de abastecimiento Nombre del sistema? 1. Sí _____
2. No _____

16. 16.1. ¿Conoce el nombre de la fuente de la cual se abastece el sistema?

1. Sí _____ 2. No _____ 16.2.

¿Cuál es el nombre? _____

17. 17.1 ¿Qué opina del servicio actual de abastecimiento?

1. Bueno _____ 2. Regular _____ 3. Malo _____

17.2. ¿Por qué? _____

18. 18.1. ¿Qué opina del manejo actual del servicio de abastecimiento?

1. Bueno _____ 2. Regular _____ 3. Malo _____

18.2. ¿Por qué? _____

19. ¿Conoce sobre el proyecto que pretende mejorar el servicio de abastecimiento?

1. Sí _____ 2. No _____

20. 20.1. En caso de adelantarse un proyecto para darle agua potable a la comunidad, ¿Quién cree que debería manejar el sistema?

1. Nombre de la Junta _____ 2. JAC _____

3. Organización comunitaria diferente a la JAC _____ 4. Otra _____

20.2. ¿Cuál? _____

21. 21.1. ¿Por qué piensa que esa entidad/organización debe manejar el acueducto?

- 1. Capacidad técnica _____
- 2. Calidad en el servicio _____
- 3. Tradición en la prestación de servicios _____
- 4. Costo del servicio _____
- 5. Otro _____
- 21.2. ¿Cuál? _____

III. Disponibilidad a pagar por el servicio de acueducto

DESCRIBIR AQUÍ DE MANERA CLARA LOS CAMBIOS QUE PROPONE EL PROYECTO EN EL CUAL SE ENMARCA EL ESTUDIO DE DAP Y CAP.

22. Siendo estas las condiciones, ¿estaría usted dispuesto a pagar \$XXX por periodo de tiempo para que le suministre agua en las condiciones mencionadas (en la explicación de los cambios que generaría el proyecto)?

- 1. Sí _____
 - 2. No _____
- (Si la respuesta es Sí vaya a la preg. 24)

23. 23.1. ¿Por qué no estaría dispuesto a pagar \$XXX por periodo de tiempo para que se le suministre agua en las condiciones mencionadas?

- 1. No es necesario el servicio _____
- 2. Razones económicas _____
- 3. Debería ser pagado por el Estado _____
- 4. El servicio es costoso _____
- 5. Otra _____

23.2. ¿Cuál? _____

24. ¿Cuál es el valor máximo que estaría dispuesto a pagar por el servicio de abastecimiento de agua?
\$ _____ (\$ por unidad de tiempo)

MUCHAS GRACIAS....

OBSERVACIONES _____

ANEXO 3. TABLAS DEL PLAN ÚNICO DE CUENTAS PARA CONSIDERAR AL CALCULAR LOS COSTOS DE LA PRESTACIÓN DE UN SERVICIO

Cuentas del PUC para calcular costos de personal de administración, O & M y gastos generales

CÓDIGO PUC	DESCRIPCIÓN
510101	Sueldos de personal
510103	Horas extras y festivos
510105	Gastos de representación
510107	Personal supernumerario
510109	Honorarios
	Prima especial de servicio
510115	Primas extralegales
510117	Vacaciones
510119	Bonificaciones
510123	Auxilio transporte
510124	Cesantías
510125	Intereses de cesantía
510130	Capacitación bien social y estímulos
510131	Dotación suministros a trabajadores
510133	Gastos deporte y recreación
5102	CONTRIBUCIÓN IMPUTADAS
510201	Incapacidades
510204	Gastos médicos y droga
510205	Auxilio y servicios funerarios
510290	Otras contribuciones imputadas
5103	CONTRIBUCIONES EFECTIVAS
510302	Aportes de cajas de compensación familiar
510303	Cotización seguridad social
510304	Aportes sindicales
510305	Cotización riesgos profesionales
510306	Cotización entidad administración régimen prima
510307	Cotización entidad administración régimen ahorro
5104	APORTES SOBRE NÓMINA
510401	Aportes al ICBF
510402	Aportes al SENA
5111	GENERALES

CÓDIGO PUC	DESCRIPCIÓN
511113	Vigilancia y seguridad
511114	Materiales y suministros
511115	Mantenimiento
511116	Reparaciones
511117	Servicios públicos
511118	Arrendamientos
511119	Viáticos y gastos viaje
511120	Publicidad y propaganda
511121	Impresos públicos suscripción y afiliación
511123	Comunicaciones y transporte
511125	Seguros generales
511140	Contratos de administración
511146	Combustibles y lubricantes
511149	Aseo, cafetería, restaurante y
511155	Elementos aseo cafetería
511190	Otros gastos generales
5330	DEPRECIACIÓN DE PROP., PLANTA Y EQUIPO
533001	Edificios
533003	Redes, líneas y cables
533004	Maquinaria y equipo
533005	Equipo medición y científico
533006	Muebles, enseres y equipo de oficina
533007	Equipo de comunicación y cómputo
533008	Equipo de transporte tracción
5345	AMORTIZACIÓN DE INTANGIBLES
534508	Software

Cuentas PUC para calcular costos de producción del servicio

CÓDIGO PUC	DESCRIPCIÓN
7	COSTOS DE PRODUCCIÓN
75	SERVICIOS PÚBLICOS
7505	SERVICIOS PERSONALES
750501	Sueldos de Personal
750502	Jornales
750503	Horas Extras y Festivos
750504	Incapacidades

CÓDIGO PUC	DESCRIPCIÓN
750505	Costos de Representación
750506	Remuneración Servicios Técnicos
750507	Personal Supernumerario
750508	Sueldos por Comisiones al Exterior
750510	Primas Técnicas
750511	Prima de Dirección
750512	Prima Especial de Servicios
750513	Prima de Vacaciones
750514	Prima de Navidad
750515	Primas Extras Legales
750516	Primas Extraordinarias
750517	Otras Primas
750518	Vacaciones
750519	Bonificación Especial de Recreación
750520	Bonificaciones
750521	Subsidio Familiar
750522	Subsidio de Alimentación
750523	Auxilio de Transporte
750524	Cesantías
750525	Intereses a las cesantías
750527	Cuotas Partes Pensiones de Jubilación
750529	Indemnizaciones
750530	Capacitación, Bienestar Social y Estímulos
750531	Dotación y Suministro a Trabajadores
750533	Costos Deportivos y de Recreación
	Aportes sobre la nómina
750535	Aportes a Cajas de Compensación Familiar
750536	Aportes al ICBF
750537	Aportes a Seguridad Social
750538	Aportes al SENA
750539	Aportes Sindicales
750540	Otros Aportes
750541	Costos Médicos y Drogas
750543	Otros Auxilios
750544	Riesgos Profesionales
750545	Salario Integral

CÓDIGO PUC	DESCRIPCIÓN
750546	Contratos Personal Temporal
750547	Viáticos
750548	Gastos de Viaje
750549	Comisiones
750552	Prima de Servicios
750561	Amortización del Cálculo Actuarial de Pensiones Actuales
750562	Amortización del Cálculo Actuarial de Futuras Pensiones
750563	Amortización del Cálculo Actuarial de Cuotas Partes de Pensiones
750564	Amortización de la Liquidación Provisional de Cuotas Partes de Bonos Pensionales
750565	Amortización de Cuotas Partes de Bonos Pensionales Emitidos
750566	Cuotas Partes de Bonos Pensionales Emitidos
750567	Cotizaciones a Entidades Administradoras del Régimen de Prima Media
750568	Cotización a Sociedades Administradoras del Régimen de Ahorro Individual
	Pensiones de jubilación
	Cotizaciones a seguridad social en salud
750569	Indemnizaciones Sustitutivas
750570	Auxilios y Servicios Funerarios
750590	Otros Servicios Personales



Programa Editorial

Ciudad Universitaria, Meléndez
Cali, Colombia

Teléfonos: (+57) 2 321 2227
321 2100 ext. 7687

<http://programaeditorial.univalle.edu.co>
programa.editorial@correounivalle.edu.co