

DISEÑO DE SISTEMAS DE USO MÚLTIPLE PARA ZONAS RURALES

Isabel Cristina Domínguez²¹, Silvia Milena Corrales²² e Inés Restrepo Tarquino²³

Esta propuesta se presenta para acueductos rurales que contemplen las actividades de subsistencia de pequeña escala que realiza la familia rural en su predio. Se busca contribuir a resolver el conflicto que se presenta por la invisibilización de las actividades de supervivencia de las familias más pobres, la mayoría de ellas realizadas por la mujer y los niños y niñas campesinos (cuadro 13.1).

Cuadro 13.1 Conflictos por el uso del agua en la zona rural

La pregunta a Salud Pública es: ¿Qué pasa con nosotros los campesinos, que netamente vivimos de la agricultura? Ellos dicen que no tienen plata para distritos de riego, pero aquí el agua sí se necesita para eso. Cuando llueve no hay problema, pero en tiempo de verano es una necesidad. La agricultura es la forma en que nosotros podemos subsistir, no sabemos hacer nada más... Los funcionarios de las instituciones desconocen que las comunidades viven de la agricultura, que necesitan agua para riego, creen que el campesino tiene la misma forma de vida de la gente de la ciudad y gana un sueldo mensual (usuaria del acueducto de la vereda El Pinar).

²¹ Ingeniera Sanitaria, Grupo Gestión Integrada de Recursos Hídricos, Instituto Cinara, Universidad del Valle

²² Economista, Grupo Gestión Integrada de Recursos Hídricos, Instituto Cinara, Universidad del Valle

²³ Ingeniera Sanitaria, MSc, PhD, Grupo Gestión Integrada de Recursos Hídricos, Instituto Cinara, Universidad del Valle

La propuesta busca integrar la gestión del agua, incluyendo como fuentes de agua además de la superficial y subterránea, las aguas lluvias y las aguas residuales, que son un recurso potencial para algunas actividades antrópicas. Igualmente, se propone integrar las demandas de agua de la familia rural tanto para actividades domésticas como para actividades productivas de pequeña escala que adelanta la familia en el predio rural. La figura 14.1 presenta el esquema tecnológico general propuesto. Se anota que en el caso de la agricultura, algunos cultivos tienen demandas altas de agua –plátano, banano, caña de azúcar, entre otros, para el Valle del Cauca– por lo que se debe analizar de forma individual la situación en estos casos ya que aún en pequeña escala a nivel de predio familiar, la sumatoria de cultivos podría resultar en una gran demanda para el acueducto. La recomendación principal en este sentido es el aprovechamiento al máximo del agua lluvia, ya sea por almacenamiento o por la siembra de cultivos estacionales que la puedan aprovechar.

En general, la propuesta tecnológica recomienda el uso de pretratamientos (filtros gruesos) a nivel colectivo (acueducto) y tratamiento domiciliar para desinfección. Esto facilita el uso de tecnología eficiente para actividades productivas agropecuarias de pequeña escala –como los sistemas por goteo propuestos en Bolivia y Nepal, la calidad del agua para usos diferentes al consumo directo –aseo– y la calidad del agua para consumo directo, buscando proteger la salud de la familia. Así, se abastece la localidad rural teniendo en cuenta criterios de cantidad de agua para todos los usos y calidad según el uso. Los pretratamientos y la tecnología FiME (Filtración en Múltiples Etapas) también se proponen para los minidistritos de riego, que permiten actividades agropecuarias comerciales, pues ellos son una forma de mejoramiento de calidad del agua para la utilización de tecnologías de riego eficientes.

PLANIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

Demanda de agua para uso múltiple

La demanda de agua debe estimarse con base en los múltiples usos de la familia rural campesina. Esto significa, 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 los pequeños negocios caseros.

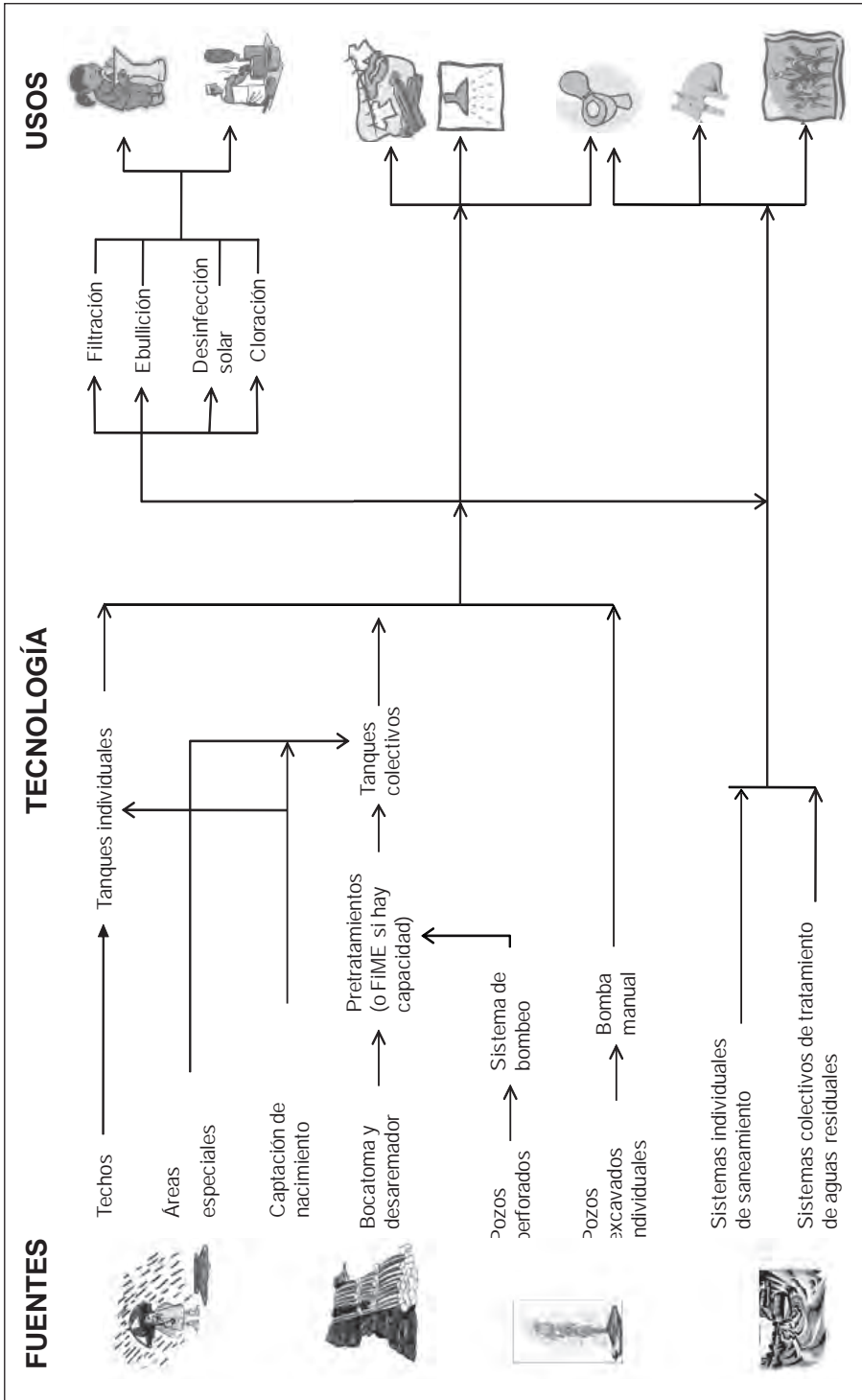


Figura 13.1 Propuesta tecnológica para sistemas de abastecimiento de uso múltiple en zonas rurales

La demanda de agua para actividades domésticas está comprendida fundamentalmente por el agua para la bebida, agua para la preparación de alimentos, agua para la ducha y agua para el saneamiento (fotografía 13.1). Howard y Bartram (2003) establecen que un mínimo básico de suministro de agua para la protección de la salud corresponde a 20 l/hab día, de los cuales, 7,5 l son para bebida y preparación de alimentos. Cuando se quiere considerar la demanda de agua para los animales, se debe conocer en la zona del proyecto, el número de animales por vivienda, las especies a las que pertenecen, si están libres o estabulados. Para uso agrícola se requiere identificar el tipo de cultivos principales en la zona de proyecto y el área sembrada para cada uno de ellos. Se deben tener en cuenta aspectos climáticos e hidrológicos de la zona, y otros factores como tipo de suelo y método de riego empleado. Deben reconocerse otras actividades agropecuarias que también demandan agua, como el beneficio del café y la fumigación, entre otros. Además, pueden existir actividades como la venta de almuerzos, preparación de dulces, pan, lavado de carros, lavado de ropa, turismo, y un sin fin de medios a través de los cuales la gente busca garantizar su sustento. Estas actividades también requieren agua y por tanto, deben ser identificadas y caracterizada su demanda para incorporarla en la planificación, en caso de que se haya establecido que es significativa.



Fotografía 13.1 El agua para el lavado de dientes debe ser potable.

Es conveniente que las demandas se establezcan de manera participativa, lo que implica involucrar a la comunidad para obtener parámetros más acertados que reflejen las verdaderas características de la población y necesidades de agua, de manera que los diseños obtenidos satisfagan las necesidades de la gente. Esto puede lograrse a través de diferentes estrategias como talleres, reuniones, entrevistas, censos, visitas pedagógicas, entre otras. La figura 14.2 muestra algunas dotaciones sugeridas para los distintos usos del agua. Se anota que en el caso de la agricultura deben tenerse en cuenta los tipos de cultivo, la temperatura, la evaporación, y los ciclos de riego, entre otros factores.

Una vez conocida la demanda de agua de las actividades productivas, es necesario concertar con la comunidad, el nivel o escala de las actividades que puede ser atendida por el sistema a diseñar, explicando que las posibilidades dependen de las condiciones del proyecto, el dinero disponible y sobre todo, la oferta hídrica disponible –incluyendo agua lluvia y agua residual tratada–. Se debe definir si las actividades comerciales serán atendidas por el acueducto y si esto es posible, bajo qué condiciones, pues dichas condiciones deben diferenciarse respecto a las de aquellos cuyas actividades son de sustento. Es muy importante definir el tamaño y magnitud de lo que se va a considerar *actividad productiva de pequeña escala*, de lo que es una actividad comercial o agroindustrial. La actividad de pequeña escala se realiza básicamente para contribuir a la supervivencia de la familia (cuadro 13.2) y le permite diversificar sus formas de vida, lo que la protege

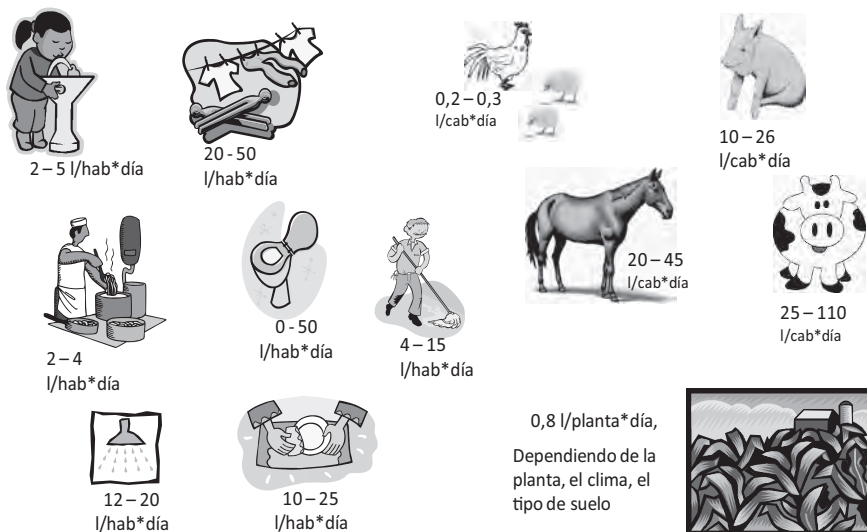


Figura 13.2 Demandas sugeridas en sistemas de abastecimiento de agua de uso múltiple.

de los vaivenes económicos. Es importante que el acueducto considere en su planificación la posibilidad de que cada familia rural pueda realizar actividades de pequeña escala, sobre todo con miras a la adaptación al cambio climático, que va a aumentar la vulnerabilidad de la zona rural en cuanto a ingresos por actividades agrícolas y la seguridad alimentaria de la familia.

Cuadro 13.2 Actividades de pequeña escala en los casos de estudio del proyecto sobre usos múltiples

En el Valle del Cauca, las actividades de pequeña escala comprenden crianza de cerdos (hasta cinco) y gallinas (hasta 30), unos pocos caballos y vacas (hasta 5 de cada especie), pequeños cultivos (hortalizas, café y algunos otros que no pasan de media plaza-3600 m²) y algunos pequeños negocios familiares de preparación de alimentos, principalmente. En zonas rurales cercanas a zonas urbanas, alrededor de la mitad de las viviendas tienen alguna actividad productiva de pequeña escala, mientras que en las zonas rurales más alejadas la proporción era mayor del 90%. Los cultivos y los animales mayores estaban a cargo de los hombres; las huertas y los animales menores estaban a cargo de las mujeres. El promedio de dotación en los casos estudiados es de 213 l/pd. Se encontró que consumos hasta 20 m³ correspondían básicamente a actividades domésticas, consumos hasta 40 m³ correspondían a actividades domésticas y actividades productivas de pequeña escala mientras que los consumos mayores de 40 m³ incluían actividades comerciales o agroindustriales de mayor escala. Para el cuidado de los animales prácticamente solo se usa el acueducto, que también es utilizado para aquellos cultivos que requieren riego. El procesamiento de café solo utiliza agua de los acueductos.

Oferta de agua para uso múltiple

No toda el agua suministrada por un acueducto rural para uso múltiple deberá ser potable en términos estrictos. La calidad del agua demandada variará dependiendo de los diferentes usos a los que se destine. De toda el agua que tradicionalmente se suministra en un sistema de abasto para uso humano y doméstico, tan sólo entre 4-7 l/hab. día requieren características de potabilidad, fundamentalmente, la bebida y preparación de alimentos. El agua para aseo personal y lavado de ropa requiere agua limpia, mientras que el lavado de pisos y el vaciado de inodoros no tienen exigencias altas de calidad. El agua para vaciado de inodoros constituye casi la mitad del agua que se proporciona a una vivienda. Actualmente la familia carga con los costos de vaciar inodoros con agua potabilizada. En cuanto el agua para la bebida de

los animales, éstos necesitan una calidad adecuada para mantener una salud óptima y la productividad, siendo el contenido de sales totales la característica más importante para este uso. Los cultivos, dependiendo de sus características, son sensibles a aspectos como salinidad, sodicidad y toxicidad. Además de estos tres factores existen los *problemas varios*, que son exceso de nitrógeno, pH y contenido de magnesio (Pizarro, 1996). La muestra un sistema de irrigación que contempló el abastecimiento del ganado.

Teniendo en cuenta estas observaciones, la condición óptima para un sistema de uso múltiple es la utilización de diferentes fuentes de agua para los diferentes 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. Se debe aceptar el hecho de que se requieren soluciones creativas, que tendrán implicaciones técnicas, financieras y ambientales, y representan desafíos al ejercicio tradicional de la ingeniería. Esto implica desde la planificación de los sistemas conocer la oferta de agua disponible en términos de cantidad y calidad, a partir de un inventario de las múltiples fuentes disponibles en la localidad a intervenir, incluyendo además de las aguas superficiales y subterráneas, las aguas lluvias para todos los usos, las aguas grises tratadas para algunos usos domésticos y las aguas residuales tratadas, especialmente para fines de riego y cultivo de peces.

Este enfoque hace más exigentes las necesidades de información sobre las fuentes en la etapa inicial del proyecto, lo que en ocasiones es un aspecto descuidado en el diseño de acueductos rurales, donde las decisiones se toman con información puntual. Bajo el nuevo esquema se requiere saber por ejemplo, para el aprovechamiento de aguas lluvias: ¿cuánto llueve? ¿cuándo llueve? ¿cómo llueve?, el ritmo de las estaciones secas y lluviosas y ¿cómo varían de un año a otro? (Vargas y Piñeyro, 2006). Al aprovechar fuentes superficiales se debe contar con datos sobre el caudal de verano, y los caudales máximos, para prever fenómenos como crecientes y avalanchas. Cuando se trata de fuentes subterráneas es necesaria la recolección de información hidrogeológica como reportes y mapas geológicos, topográficos, bitácoras de pozos entubados, reconocimiento geológico superficial, registros meteorológicos, datos hidrogeológicos, y en algunos casos, realizar investigaciones geofísicas, que pueden incluir pruebas de pozos y medidas de resistividad eléctrica. Las aguas residuales y grises también hacen parte de la oferta integral de agua, para usos con menos exigencia en términos de calidad. La estimación de estos caudales depende de aspectos como: tipo de sistema de saneamiento existente, clima, tamaño de población, densidad, nivel económico, restricciones para el acceso al agua, existencia de medidores y fluctuaciones en el consumo de agua, entre otros. Su posibilidad de uso está dada principalmente por la topografía y los requerimientos de calidad en el uso respectivo.



Fotografía 13.2 Canal de irrigación que permite la entrada de ganado.

Además de considerar los aspectos de cantidad, se requiere establecer riesgos en términos de calidad para las diferentes fuentes. El proyecto de usos múltiples debe realizar una evaluación de las situaciones que pueden tener impacto sobre la calidad de las fuentes con potencial de aprovechamiento. 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. En estas actividades es fundamental la participación de la comunidad.

Una vez reconocidas las situaciones generadoras de impacto y el riesgo que representan, se deben preparar los análisis de calidad que deben tenerse en cuenta para cada fuente, de acuerdo con los usos que se pretenda dar a las mismas. Estos parámetros dependen de la fuente de agua, por ejemplo en el caso de las aguas lluvias, como consecuencia del contacto con las áreas de captación, puede haber contaminación microbiológica, cambios en el pH e incremento de los sólidos suspendidos. En el caso de fuentes superficiales, estas pueden estar sometidas a descargas domésticas, agrícolas e industriales y problemas de erosión en las cuencas. Por su alta variabilidad, en estas fuentes es importante realizar muestreos que incluyan los períodos secos y lluviosos. Los parámetros básicos en este caso son la *E. Coli*, turbiedad, pH y color.

En las aguas subterráneas, los caudales son más regulares y se encuentran mejor protegidas de la contaminación y las variaciones climáticas. Parámetros de interés son los fluoruros, hierro, manganeso, nitratos, y algunas veces nitritos y amonio. Se debe constatar que no estén afectadas por descargas domésticas o por compuestos químicos usados en la agricultura. El uso de las aguas residuales tratadas debe asegurar la protección de la salud, por lo cual sólo pueden ser empleadas una vez se hayan eliminado los factores de riesgo para las personas, el ambiente y los cultivos, especialmente los factores de riesgo microbiológico. En este caso, los coliformes totales y fecales y los huevos de helmintos constituyen los parámetros más representativos para el monitoreo.

El cuidado de la fuente de agua constituye la primera barrera en la protección de la calidad del agua en un sistema para uso múltiple. Para esto, existen diferentes medidas que pueden ponerse en práctica dependiendo de las fuentes. En el caso de las aguas lluvias, la limpieza periódica de los tejados y las canales es de gran utilidad así como descartar los primeros 15 minutos de lluvia, para lo cual existen aditamentos de fácil construcción en el nivel local. Para la protección de las aguas superficiales se pueden establecer requisitos de calidad para los vertimientos, manejo adecuado de residuos sólidos, condicionantes a las prácticas agropecuarias y demás actividades antrópicas aguas arriba que afecten la zona de captación y reforestación y aislamientos, entre otras medidas. Se deben proteger los nacimientos de agua. En captaciones de aguas subterráneas pueden establecerse perímetros de protección, para impedir el deterioro de las instalaciones de captación y evitar el vertido de sustancias contaminantes en las zonas inmediatas. Todos los tipos de pozo deben tener protección sanitaria. Los terrenos dentro del perímetro de protección del pozo deben ser adquiridos, cercados y mantenidos por la organización que manejará el sistema. Esta protección es fundamentalmente para prevenir la contaminación microbiológica. Se pueden establecer límites más amplios para reducir los riesgos de migración subterránea de sustancias contaminantes.

Opciones tecnológicas para el uso múltiple

En un sistema de abastecimiento de uso múltiple, deben considerarse alternativas tecnológicas que permitan aprovechar la oferta de agua a partir de múltiples fuentes. Pueden implementarse diferentes 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. Algunas tecnologías que permiten relacionar oferta y demanda para el suministro de agua en sistemas de uso múltiple se presentan en la figura 14.1. Son diversas las opciones tecnológicas para el suministro de agua:

Suministrar únicamente agua potable a partir de sistemas colectivos. Consiste en tener una planta centralizada de potabilización de agua y distribuir el líquido a las viviendas, permitiendo que sea utilizado para todos los usos, aún cuando no todos requieran características de potabilidad. Esta opción puede considerar el abasto desde fuentes superficiales o subterráneas. En algunos casos, el cloro residual en las aguas puede ocasionar problemas en ciertos cultivos.

El acueducto con planta potabilizadora es única opción que se considera actualmente en Colombia como apropiada, es la tecnología aceptada por las normas técnicas. Sin embargo, sus costos son altos y por lo general no pueden ser asumidos por las comunidades a menos que se utilicen opciones de potabilización de bajo costo en operación y mantenimiento como la tecnología FiME. Por lo general, se construye el acueducto sin la planta de potabilización aunque no se cumpla con las normas de calidad del agua expedidas por el Ministerio de Protección Social. Bajo este esquema, se propone aumentar la dotación para las zonas rurales establecida en el RAS2000, de tal forma que tengan en cuenta las actividades productivas de pequeña escala de la vivienda rural, que incluye las actividades no domésticas de las viviendas en zonas urbanas, como el riego de jardines y el lavado de vehículos.

Suministrar agua limpia a partir de sistemas colectivos y promover el tratamiento para consumo humano a nivel de la vivienda. Requiere que se planifiquen sistemas de abastecimiento de agua colectivos, con fuentes de relativa buena calidad de agua, ya sea superficial o subterránea, pero con pretratamientos para el agua, que no la lleva a calidad potable sino segura, según la definición de la OMS. En este tipo de sistemas se realizaría la potabilización del agua para consumo directo en la vivienda mediante la instalación de filtros de arena y sistemas de desinfección como la cloración, la ebullición o la desinfección solar. Se consideraría como agua para consumo directo la que se utiliza para la cocina (bebida, y lavado de utensilios para la preparación y consumo de alimentos) y el agua para lavarse los dientes. Esta opción tecnológica recupera la experiencia del Ministerio de Salud en el manejo del agua para localidades rurales, que promovía la potabilización a nivel domiciliario y tiene en cuenta los desarrollos tecnológicos disponibles actualmente como la filtración en medios gruesos, del Instituto Cinara.

Suministro a partir de aguas lluvias. Estos sistemas pueden desarrollarse a nivel individual o colectivo. Deben considerar mecanismos de captación, 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 acondicionadas. 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 general, que pueden ser usadas sin necesidad de tratamiento. Es importante descartar los primeros 15 minutos de lluvia, para lo cual existen aditamentos de sencilla construcción. Lo más importante para garantizar la calidad del agua lluvia es que la captación, almacenamiento y manipulación se realicen bajo condiciones de protección sanitaria, por ejemplo techos limpios, tanques con tapa y grifos para su extracción. El abastecimiento mediante agua lluvia a nivel individual puede complementar el suministro por acueducto. De hecho, en la mayoría de las zonas rurales colombianas, la calidad del agua de lluvia recolectada es mucho mejor que la calidad del agua del acueducto.

Suministro individual a partir de aguas subterráneas. El agua de los pozos excavados, que en Colombia se usan a nivel de vivienda, puede utilizar bombas manuales o baldes atados a cuerdas para su extracción, con los pozos al menos con protección sanitaria que contemple la entrada de vertimientos o agua de escorrentía al pozo. Los pozos excavados, llamados también aljibes, pueden complementar otras fuentes de agua.

Suministro colectivo a partir de agua subterránea. Los pozos perforados generalmente requieren un sistema de bombeo de mayor complejidad. Las aguas subterráneas por lo general tienen niveles altos de hierro y manganeso que generan rechazo en las comunidades, por lo que se realizan pretratamientos como la aireación antes de su almacenamiento. La desinfección del agua de consumo directo se puede llevar a cabo a nivel domiciliario como se recomendó antes para los acueductos abastecidos por fuentes superficiales.

Suministro individual a partir de aguas superficiales. En este caso hay una toma directa de agua desde la fuente, se conduce hasta la vivienda y se dispone de filtro casero y sistemas de desinfección a nivel individual.

Suministro individual o colectivo a partir de nacimientos de agua. Los nacimientos son utilizados en la zona rural como fuente de agua. Por lo general son captados mediante una tubería que lleva el agua al hogar o al tanque de almacenamiento colectivo. Lo más importante es la protección y captación adecuada para lo cual existen estructuras recomendadas como las tuberías perforadas que llevan el agua a un tanque de almacenamiento. La calidad del agua de los nacimientos es generalmente muy buena, por lo que pueden no requerir pretratamientos, la desinfección se puede llevar a cabo a nivel domiciliario como se recomendó anteriormente. Los nacimientos pueden actuar también como fuentes complementarias de agua.

Reuso de aguas grises y residuales. Se refiere al aprovechamiento de las aguas grises y residuales *tratadas* en los sistemas individuales o colectivos, que pueden existir o ser proyectados en las viviendas o en la localidad rural. En el caso de las aguas grises se recomienda su reuso para algunas actividades domésticas, luego de un tratamiento sencillo a través de trampa de grasas o sistemas de bajo tiempo de retención. Para las aguas residuales tratadas, las posibilidades de reuso dependen del tipo de cultivos a irrigar y de la topografía de la zona. En cultivos que se consumen crudos, debe implantarse un tratamiento para la remoción de patógenos, previo al uso del agua. Si esta fuente es utilizada para la irrigación de cultivos que serán procesados, puede realizarse un tratamiento sencillo para remover sólidos y grasas.

Suministrar agua a partir de múltiples fuentes para múltiples usos. Implica tener un conocimiento integral de la oferta hídrica y sus posibilidades de aprovechamiento. Pueden usarse las aguas lluvias, 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 y grises de los sistemas de tratamiento individual que pueden existir en la vivienda.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS

En un sistema de abastecimiento para uso múltiple es necesario un uso racional y eficiente del agua. En muchos casos las posibilidades de uso del agua para actividades productivas desaparecen debido a las fugas en el sistema de abasto o las instalaciones internas de las viviendas. La incorporación de medidas de *producción más limpia* es una estrategia significativa para liberar el recurso hídrico para los múltiples usos.

Uso eficiente del agua a nivel de la vivienda para el uso múltiple

En las viviendas es posible instalar aparatos de bajo consumo, –sanitarios, duchas, grifos–, como lo indica la Ley 173 de 1997. En la actualidad, todos esos sistemas se comercializan en Colombia. Una forma para la instalación masiva de aparatos de bajo consumo en la zona rural podría ser su compra en bloque, que puede significar ahorros importantes para la organización administradora y el usuario final. La instalación a los usuarios para ser pagada a través de la tarifa en un período de tiempo razonable, al alcance de la capacidad de pago de los usuarios. Los sistemas de saneamiento ecológico son otra alternativa de producción más limpia, pues permiten que los 20 m³ de agua por persona por año (alrededor de 100 m³ por familia por año) que son utilizados para el transporte de materia fecal puedan emplearse para otras actividades. La detección y reparación de fugas debidas a roturas y escapes en las tuberías, accesorios hidráulicos y sanitarios, también son medidas importante que conduce al ahorro de agua en la vivienda (Arreguín, 2000). Las pérdidas de agua en los acueductos rurales son muy altas, entre el 50-80%. Se puede facilitar que la familia realice estas reparaciones por un lado capacitando a la mujer en fontanería básica y por otra parte, manteniendo un stock de repuestos –tubería para agua y para sistemas de saneamiento, grifos, pegante, empaques, etc.– en la sede de la organización administradora. La organización puede también prestar el servicio a la familia y cobrarlo a través de la tarifa. Otra estrategia es la recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, que reduce la presión sobre el sistema de abasto colectivo, cuando se cuenta con él.

Al legitimar los usos productivos del agua de pequeña escala, es necesario incluir estrategias de producción más limpia para garantizar la sostenibilidad en el uso del recurso en el mediano y largo plazo. Las opciones incluyen:

Cuando se tienen cerdos, es posible colocar en los corrales de levante y engorde un material como cama, ya sea de viruta, bagazo, cascarilla de arroz, etc., para evitar el uso de agua para el lavado de los corrales; una vez sale el lote de engorde para su beneficio se cambia la cama del corral, y el material retirado se usa como

fertilizante en los cultivos (Minambiente-SAC, 2002). También se pueden instalar bebederos por cazoleta, o bebederos de chupo o tetinas; recoger aguas lluvias desde los techos de las cocheras y usarlas para el lavado o en los bebederos. Otras medidas son la instalación de sistemas de cierre en las mangueras de lavado, sistemas de alta presión, el barrido en seco de la porcínaza y la disminución de la frecuencia de lavado de los corrales (ej. día de por medio, dos veces/semana); el almacenamiento y posterior uso de la porcínaza en el riego de gramíneas, pastos o forrajes; y la implantación de sistemas biológicos de descontaminación, como los biodigestores.

Cuando existe ganado como actividad productiva, es conveniente la instalación de flotadores en bebederos, que constituye una sencilla medida que genera un impacto significativo en la reducción de los consumos de agua en este tipo de actividad. Se deben también aislar las fuentes de agua superficiales (quebradas y nacimientos) para evitar el deterioro de la calidad del agua.

En agricultura es posible implementar diferentes estrategias, como por ejemplo preparar balances hídricos, que indican la demanda de los cultivos en cantidad y calidad, a lo largo del año, permitiendo la planificación de la siembra en armonía con la oferta de agua de múltiples fuentes; cubrir el suelo con un material orgánico para protegerlo, reducir las pérdidas de agua por evapotranspiración, prevenir el escurrimiento excesivo de la lluvia y suministrar nutrientes al suelo; construir pequeñas zanjías para evitar la escorrentía natural de las aguas de riego; crear pequeños montículos de tierra alrededor de plantas específicas para ser regadas individualmente (IUCN, 2003); rotar cultivos con distintos sistemas radiculares, para optimizar la red de canales de las raíces, propiciando el incremento de la penetración del agua, el mantenimiento de la humedad, y la mayor disponibilidad de agua para uso del cultivo (Benítez y Castellanos, 2006); monitorear la humedad del suelo; seleccionar las plantas a sembrar, priorizando aquellas que consumen más eficientemente el agua en la región (nativas); eliminar malezas, que compiten con las plantas por el agua; mejorar las técnicas de riego para evitar pérdidas a nivel del predio, eligiendo sistemas acordes con las condiciones de suelo, topografía, tipo de cultivo, disponibilidad de agua, calidad, clima, etc.; controlar los tiempos de riego, restringiéndolo a las mañanas o las noches; aprovechar fuentes alternativas como las aguas residuales; capturar y almacenar aguas lluvias para garantizar las necesidades hídricas de los cultivos.

El procesamiento de café es una de las actividades que de manera estacional presenta unos consumos significativos de agua. Debido a esto se han desarrollado estrategias, como el beneficio ecológico (Belcosub), que utiliza el agua estrictamente necesaria para procesar o transformar los frutos de café en café pergamino seco, aprovechando los subproductos y evitando la contaminación de las fuentes de agua. Esta tecnología desarrollada por CENICAFE (Centro nacional de investigaciones del café) permite reducir en un 92% la contaminación de las aguas y el consumo de agua en el proceso de beneficio de 40-60 l/kg de café pergamino seco (CPS) hasta menos de 1 l/kg de CPS (URL, 3). Aunque el artefacto es costoso, la Federación de Cafeteros también está promoviendo el procesamiento llamado *tanque tina* que utiliza 4,2 l/kg de CPS (Ospina, 2009).

Uso eficiente del agua en el sistema de abasto colectivo para uso múltiple

La producción más limpia en un sistema de abasto de uso múltiple debe tener como punto de partida la vivienda y continuar con el mejoramiento de la infraestructura del sistema colectivo. En muchos acueductos la insuficiencia de agua obedece no tanto a la escasez del recurso, como al mal estado de las componentes de los sistemas. Es común que la solución a estos problemas por parte de las instituciones de apoyo y las organizaciones encargadas de la administración no sea la reparación o reemplazo de los componentes en mal estado, sino el incremento en los volúmenes de agua captados, ya sea aumentando la presión sobre fuentes existentes o buscando nuevas fuentes para aumentar la disponibilidad de agua. El agua no contabilizada puede llegar hasta el 50% de agua que sale del tanque de almacenamiento de agua.

Los sistemas de abastecimiento de agua para uso múltiple requieren que la medición de los volúmenes suministrados sea parte de la estrategia de gestión de la demanda, control de pérdidas o racionalización del consumo. Para esto es conveniente, entre otros aspectos, la instalación de al menos macromedidores para conocer los caudales producidos y los consumidos. Se pueden considerar los micromedidores en localidades que tengan capacidad para comprarlos, mantenerlos, calibrarlos, repararlos y facturar el consumo (la facturación comprende la lectura, procesamiento de consumos, producción de la factura y su distribución). Cuando no se tiene capacidad para tener micromedidores, se pueden adoptar otros tipos de control y cobro como el diseño de las conexiones domiciliarias para proporcionar el agua requerida mensualmente por la familia, el cobro a partir del número de puntos de agua en la vivienda, escala de las actividades productivas, entre otras opciones existentes.

Es necesario contar con programas de mantenimiento, los cuales son poco frecuentes en los sistemas de abasto rurales. Estos programas deben incorporar mantenimiento rutinario preventivo, preventivo correctivo y correctivo. Conviene incluir inspecciones regulares a los diferentes componentes para determinar las características de deterioro y evaluar la condición de mantenimiento, especialmente en 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 tuberías y válvulas reductoras de presión dañadas, así como otros daños mayores que afectarían los servicios. Los daños mayores requieren planes de contingencia de acuerdo con procedimientos específicos (IUCN, 2003). El registro de daños en el sistema, en bitácoras de mantenimiento y mapas del sistema, ayuda a la planificación anual de reposición.

Dentro los programas de mantenimiento deben incorporarse las diferentes partes del sistema. Por ejemplo, en acueductos rurales, las fugas en el transporte y conducción son la causa principal de las pérdidas de agua, por esto es importante contar con un plan para la detección de fugas visibles y no visibles.

En sistemas con planta de potabilización, para contribuir con el uso eficiente, puede disminuirse el consumo de agua en actividades como lavado de unidades, purgas en la conducción y redes de distribución, limpieza y desinfección de tanques, reparaciones de redes y tuberías, lavado y desinfección de redes nuevas. También 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. En Nepal, por ejemplo, se propone que el agua de rebose de tanques de almacenamiento sea recogida en estanques para luego ser usada en riego.

Es conveniente que los operadores del sistema lleven a cabo un catastro, que contenga la ubicación exacta de tuberías, válvulas y accesorios en redes de distribución, que permita adelantar de manera exitosa iniciativas para el control de pérdidas. La reducción de la presión en el 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-DFID, 2003). El objetivo de las estrategias para el control de la presión debe ser minimizar la excesiva presión tanto como sea posible, a la vez que se asegura que se mantiene la presión suficiente a través de la red de distribución para que la demanda del consumidor pueda ser satisfecha en todo momento (IUCN, 2003). En zonas montañosas, la presión nocturna es la mayor causante de daños en los aparatos domiciliarios.

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). 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 dichos aparatos y la construcción de edificaciones con tuberías de materiales resistentes que disminuyan la presencia de fugas. Es importante buscar mecanismos para que este tipo de estándares se socialicen y sean conocidos por la comunidad.

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 para la preparación de alimentos.

Las reparaciones y ampliaciones de los sistemas deben aplicar los conceptos de ingeniería. Las comunidades, ante la falta de cobertura de programas para mejoramiento de sistemas, generalmente hacen ajustes de manera empírica, sin tener en cuenta criterios hidráulicos y de diseño, lo que en ocasiones conlleva al mal funcionamiento de los acueductos y la imposibilidad de que la infraestructura responda a las necesidades para el uso múltiple del agua.

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. Esto debe ser resultado de un proceso de concertación con los usuarios, y no una imposición por parte de administradores o entidades externas a la comunidad. En lugar de prohibir las actividades productivas, es posible establecer reglas o criterios, como un orden de prioridades, ya sea limitando la escala de las actividades (por ejemplo, tamaño de áreas de los cultivos, tipo de cultivos), restringiendo aquellos con mayores demandas y favoreciendo cultivos autóctonos con demandas acordes a la oferta, o que no requieran de la aplicación de riego. En el caso que se vea la necesidad de hacer restricciones, se podría empezar por aquellos que exijan mayores demandas y que los no perennes se realicen en períodos de alta precipitación. La primera restricción debería ser el uso del acueducto para actividades de gran escala, que tienen los recursos para búsqueda de fuentes alternas, principalmente agua subterránea.

Es indispensable establecer acciones de comunicación y educación a todos los usuarios sobre el uso eficiente del agua. Existen diversos medios para hacer de conocimiento de los usuarios los objetivos, metas y resultados de estas iniciativas. 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 recurso 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, identificando buenas prácticas para el mejor uso del recurso en dichas actividades, en caso de que estas tengan impacto importante sobre las demandas y disponibilidad de agua en el sistema.

La protección de las fuentes es la principal actividad para la preservación del agua requerida por toda la población. La generación de un sentido de pertenencia hacia las fuentes de agua de la comunidad es indispensable para evitar el deterioro de los recursos hídricos disponibles. Es corriente que las comunidades no conozcan sus fuentes de agua por lo que la educación ambiental no debe simplemente centrarse en charlas magistrales, sino en prácticas alrededor de las fuentes de agua, individuales y colectivas. Es especialmente importante involucrar la población escolar –maestros, estudiantes, padres de familia– en programas de educación ambiental y aprovechar al máximo los PRAEs (programas ambientales escolares) en este sentido.

BIBLIOGRAFÍA

- ARREGUÍN F. (2000). Uso eficiente del agua. IMTA, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua- CNA, Comisión Nacional del Agua. México
- BENÍTEZ J. y CASTELLANOS A. (2006). Suelos y conservación del agua. FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Italia.
- HOWARD G. y BARTRAM J. (2003). Domestic Water Quantity, Service, Level and Health. OMS. Switzerland
- HR Wallingford-DFID, Department for International Development (2003). Handbook for the Assessment of Catchment Water Demand and Use. UK.
- IUCN, International World Conservation Union (2003). Water demand management. Versión 1.1.
- MINAMBIENTE, Ministerio del Medio Ambiente SAC, Sociedad de Agricultores de Colombia (2002). Guía Ambiental para el Subsector Porcícola. Colombia.
- OSPINA AI (2009). Propuesta para incorporar las dotaciones de agua para actividades agropecuarias a pequeña escala al acueducto La Palma-Tres Puertas. Trabajo de grado. Programa de ingeniería agrícola. Universidad del Valle. Colombia.
- PIZARRO F. (1996). Riego localizado de alta frecuencia: Goteo, microaspersión y exudación. España.
- SÁNCHEZ LD y Sánchez A (2004). Uso Eficiente del Agua. International Water and Sanitation Centre (IRC), Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico. (CINARA). The Netherlands.
- VARGAS R. y PIÑEYRO N. (2006). El hidros copio. PNUMA/UNESCO-PHI. Serie de manuales de educación y capacitación ambiental. Uruguay.