

# TECNOLOGÍAS EN ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA PEQUEÑOS SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA

*Luis Darío Sánchez, [luisanc@mafalda.univalle.edu.co](mailto:luisanc@mafalda.univalle.edu.co)  
Gerardo Galvis, [gegalvis@mafalda.univalle.edu.co](mailto:gegalvis@mafalda.univalle.edu.co)  
Instituto Cinara, Universidad del Valle, A.A. 25157, Cali, Colombia*

---

## RESUMEN

Las aguas superficiales (ríos, quebradas, nacimientos, embalses y lagos) son la principal fuente de suministro para la mayoría de los sistemas de agua y saneamiento en la región Andina. En menor proporción se emplean sistemas de captación de agua lluvia, pozos profundos y pozos poco profundos (aljibes), la gran mayoría de los sistemas sirven a comunidades con menos de 10.000 habitantes. Debido a la topografía montañosa, pobre protección de las fuentes de agua y las prácticas inadecuadas en el manejo y disposición de las aguas residuales y los desechos sólidos, el riesgo sanitario es alto y el tratamiento del agua, por lo tanto, es más complejo, costoso y menos confiable. La filtración en múltiples etapas, FIME (combinación de filtros lentos de arena con filtros de grava) es una tecnología emergente que empezó a aplicarse en América Latina alrededor de 1980 con resultados promisorios y ha sido gradualmente introducida dentro de los sistemas de suministro de agua en Colombia y otros países de América Latina, cuando se usa una fuente de agua con calidad apropiada. La filtración rápida presenta limitaciones y puede ser empleada en aquellos sistemas con acceso a un operador de tiempo completo y capacitado con buena gerencia y administración. En los pequeños sistemas el primer criterio abordado se refiere a la cantidad de agua, posteriormente la calidad, una vez mejorada la calidad se introduce la micromedición para el control de la cantidad; los programas de control de pérdidas apenas empiezan a ser incorporados, pero es necesario capacitar a los entes prestadores del servicio para hacer más eficiente y efectivo la prestación del servicio. Se considera que un problema serio para los pequeños sistemas es que no hay diferenciación para estas localidades en materia de tecnologías, políticas, regulación, esquemas tarifarios y recuperación de costos, entre otros. Los problemas de la viabilidad y complejidad técnica asociada con los medianos y pequeños sistemas de tratamiento de agua es de alta relevancia para los países de altos, bajos y medianos ingresos. En estos sistemas se tienen conflictos de uso de agua con el sector agrícola y con sus mismas fuentes de suministro por las altas demandas y los deficientes controles existentes. La micromedición tiene dificultades en su introducción, lectura, calibración, reposición o reparación y el manejo de la información.

## INTRODUCCIÓN

El calificativo de pequeños sistemas no se refiere de manera exclusiva al número de habitantes, son otras características las que hay que considerar. Los núcleos pequeños tienen unas características comunes tales como: falta de tecnologías adecuadas, en muchos casos falta de un entorno natural con agua en condiciones adecuadas, con calidad y disponible a lo largo del tiempo y organizaciones sociales fuertes para la gestión de los servicios. Hay otras características que las define como: el origen de la población, la cultura, la geografía, las actividades productivas, la tenencia de la tierra, el estado político administrativo, los sistemas de agua y saneamiento, entre otras. De todas formas no hay consensos para establecer una definición única y uniforme para América Latina y cualquier definición debe tener en cuenta además del tamaño poblacional, aspectos relacionados con las formas organizativas, la capacidad técnica, las actividades económicas, tenencia de la tierra, características geográficas, cultura, entre otros (BM, Wedec-Cinara, 2000).

De acuerdo con la conferencia electrónica sobre núcleos pequeños organizada por Cinara a comienzos del año 2000, en Perú el gobierno considera rural todo asentamiento menor de 2.000 habitantes y urbano toda localidad nucleada mayor de 100 viviendas. En las localidades entre 2.000

y 3.000 habitantes (2.2 millones de personas) los servicios son prestados directamente por la municipalidad. En Colombia, todas las municipalidades tienen un área urbana y una zona rural, independientemente del número de habitantes. Sin embargo, las localidades menores de 12.000 habitantes se consideran pequeñas. En México, el 98% de las localidades tienen menos de 2.500 habitantes y son consideradas rurales. Estas localidades tienen el 29% de la población y una cobertura de 52.5% en agua potable y 21% en alcantarillado. En Brasil, con descentralización aplicada, los municipios son los responsables de la prestación de los servicios de agua y saneamiento y existen diversos esquemas de prestación de servicios. En las localidades pequeñas el esquema de la privatización no es atractivo ni rentable y se considera riesgoso para la población de bajos ingresos.

El acceso a sistemas de suministro de agua para el año 1994 en América Latina y el Caribe fue del 88% en los asentamientos urbanos y del 56% en las áreas rurales (WHO 1996), pero sin una clara información sobre la calidad del servicio. Sin embargo, el acceso a agua segura para beber se ha visto muy baja en áreas rurales y pequeñas poblaciones en la región Andina, como se muestra en algunos estudios en Perú (Lloyd y Helmer 1991) y algunas evaluaciones participativas en Ecuador (Visscher et al 1996) y Bolivia (Quiroga et al 1997). En Colombia la cobertura global de agua segura para beber es estimada en el 70%, pero solo el 17,5% para poblaciones en el rango de 2.500 a 10.000 habitantes y el 9.6% para poblaciones por debajo de 2.500 habitantes (Ministerio de Salud, 1998).

Las aguas superficiales (ríos, quebradas, nacimientos, embalses y lagos) son la principal fuente de suministro para la mayoría de los sistemas de agua y saneamiento en la región Andina. En menor proporción se emplean sistemas de captación de agua lluvia, pozos profundos y pozos poco profundos (aljibes). En Bolivia en las poblaciones mayores de 5.000 habitantes, el 27% del agua suministrada proviene de fuentes subterráneas y no se dispone de información acerca de las poblaciones menores a 5.000 habitantes (Plan Nacional de Agua y Saneamiento, 1995). En Perú, en una evaluación de una iniciativa de aprendizaje y acción participativa (PNUD-BM, IRC, Cinara, Aprisabac, 1998) se encontró que todos los sistemas captan agua de manantiales y el nivel de servicio predominante es la distribución de un solo grifo en la vivienda. En Ecuador, de los sistemas en zona rural el 34.4% se abastecían de fuentes superficiales, 49.8% de manantiales, 12.1% de fuentes subterráneas, especialmente en la región de la costa y el 1.8% de galerías filtrantes (USAID, BID, CARE, CONADE, OPS/OMS, 1994, reportado por Quiroga et al, 1996). En Colombia cerca del 80% de los sistemas de agua y saneamiento dependen de agua superficial (Ministerio de Desarrollo, 1998).

La selección de una fuente de buena calidad y la protección de las áreas de captación son de crucial importancia para reducir tanto los riesgos sanitarios de naturaleza y el riesgo sanitario crónico, usualmente de origen fisicoquímico (Geldreich y Craun; Okun 1996). Aunque los riesgos crónicos no deben ser ignorados, los riesgos agudos son claramente muchos más importantes, especialmente en los sistemas de agua con alto contenido de contaminación microbiana (Craun et al 1994; Galal-Gorcher 1996; WHO 1997). Un adecuado tratamiento, incluyendo filtración, reduce la dosis requerida de desinfectante químico y la posible formación de subproductos de la desinfección, haciendo la desinfección más eficiente, segura y aceptable para los consumidores.

Como tecnología para tratamiento de agua la filtración lenta en arena (FLA) fue introducida en la parte norte de Europa desde el siglo IX, bajo las presiones de la regulación actualmente hacen parte de complejas plantas de tratamiento multietapas, incluyendo la filtración rápida. En estas plantas FLA se contribuye a la desinfección y a la remoción de compuestos orgánicos que soporta el crecimiento de las biopelículas, reduciendo los requerimientos de altos niveles de residual desinfectante químico.

La gran mayoría de las plantas de tratamiento en la región Andina están basadas sobre la filtración

rápida de agua químicamente coagulada, siguiendo la práctica tradicional de Estados Unidos. Sin embargo la filtración rápida puede ser usada solo en los sistemas de agua y saneamiento con acceso a operadores capacitados, con dedicación de tiempo completo y buena gerencia y administración, pero tales recursos son en el presente escasos en la mayoría de pequeños sistemas de abastecimiento de agua.

Una vez que el agua es tratada se debe garantizar una eficiente distribución para evitar recontaminación antes de que llegue al usuario. Sin embargo, en los pequeños sistemas el control de la cantidad del agua distribuida y la implementación de programas de control de pérdidas apenas empiezan a ser introducidos persistiendo altas demandas y poco control operacional sobre la red de distribución. Los procesos de descentralización están incrementando las posibilidades para que organizaciones locales participen en la planeación e implementación de sus sistemas de agua y saneamiento, ellos generalmente tienen que enfrentarse con tecnologías que van más allá de su capacidad institucional, financiera y operacional. Para contribuir a un mayor acercamiento y entendimiento de esta situación en los pequeños sistemas este documento presenta las tecnologías para mejoramiento de la calidad del agua, las condiciones de uso eficiente de agua y sus principales problemas.

## 1. Las Fuentes Superficiales y el Tratamiento del Agua

Por su topografía y geografía, Colombia tiene una precipitación promedio anual de 3.000 mm y el 88% del territorio presenta valores arriba de 2.000 mm. Estos valores están por encima del promedio para América Latina de 1.600 mm/año y del promedio global de 900 mm/año (Ministerio del Medio Ambiente, 1996). Como se aprecia en la tabla 1, la zona templada entre 1.000 y 3.000 metros sobre el nivel del mar (msnm) representa el 35% de la superficie del país, con un 34% de oferta de agua y soporta el 66% de la población. De otra parte el 38% de la agricultura y una significativa parte de las factorías están en esta zona. Para el año 2016 si el patrón presente de incremento de la demanda persiste y se reduce la oferta debido a la pobre protección de las áreas de captación, el 19% de la municipalidades colombianas y el 38% de la población sufriría de desabastecimiento de agua.

**Tabla 1. Distribución de la Superficie de Área, Población y Agua Disponible para Diferentes Rangos de Altura en Colombia (Ministerio del Medio Ambiente, 1996)**

<i>Altura (msnm)</i>	<i>Área Superficial (%)</i>	<i>Población (%)</i>	<i>Oferta de Agua (%)</i>
> 3,000	9	1	4
1,000-3,000	35	66	34
< 1,000	56	33	62

Debido a la topografía montañosa, pobre protección de las fuentes de agua y las prácticas inadecuadas en el manejo y disposición de las aguas residuales y los desechos sólidos, el riesgo sanitario asociado con el agua se presenta alto en las zonas templadas y en las áreas de tierras planas. El tratamiento del agua es por lo tanto más complejo, costoso y menos confiable (OPS/PAHO,1997). Corrientemente, la fracción de agua residual doméstica que recibe algún tratamiento en la región se estima por debajo del 4% del volumen total producido, el cual incorpora un alto nivel de contaminación microbiológica a las fuentes superficiales. Solo 206 (<20%) de las municipalidades en Colombia tienen algún tipo de infraestructura para tratar sus aguas residuales, con pocos datos confiables sobre su desempeño. De otra parte, las fuentes superficiales pueden ser

impredecibles mostrando cambios erráticos en la calidad del agua cruda por variaciones durante los períodos de lluvia. Esto representa un problema crítico para los operadores de los sistemas, particularmente no se tiene un tiempo real de monitoreo y no hay un control automático de las dosis para tales cambios. Esto es altamente relevante en Colombia, cuando cerca del 80% de los sistemas de suministro de agua dependen de fuentes superficiales (Foster et al,1987; Ministerio de Desarrollo,1998).

Colombia presenta serios problemas en la calidad de agua para consumo humano. De acuerdo con el ministro de salud (Ministerio de Salud, 1992), solo el 62% de la población tiene acceso a agua segura para consumo en las áreas urbanas y 10% en el área rural. El 55% de los sistemas de suministro de agua tienen algún tipo de tratamiento, pero solo en el 28% se considera que existe un adecuado proceso de tratamiento del agua. La situación se torna más preocupante si consideramos solo los pequeños sistemas (población menor a 12,500 habitantes) y en las áreas rurales en donde solo el 30% tienen algún tipo de tratamiento, considerandose adecuado solo en el 9% de los sistemas. En 1997, Colombia tenía 1.068 municipios, basados sobre una base de que 641 de estos municipios tenían ejecutados sus proyectos, el Ministerio de Salud encontró que solo el 49% (315) tenían adecuados sistemas de tratamiento. De otra parte solo el 40% (256) suministraban agua continuamente las 24 horas al día. Con estos datos se ha estimado que el 70% de la población urbana tiene acceso a agua segura para el consumo pero sin hacer referencia a la limitada cobertura en las áreas urbanomarginales en la mayoría de las ciudades. Los asentamientos rurales no fueron incluidos en estos análisis y la situación en las pequeñas municipalidades se mantiene similar a lo encontrado en 1992, como se puede apreciar en la tabla 2.

**Tabla 2 Cobertura de Agua Segura para Consumo en la Parte Urbana de una Muestra de 641 municipios de Colombia en 1997. (Ministerio de Salud, 1998a).**

<i>Rango de Población</i>	<i>Población Urbana en el Rango</i>	<i>Cobertura de Agua Segura para Consumo (%)</i>
< 2,500	228892	9.6
(2,500-10,000)	1'292,183	17.5
(10,000-50,000)	3'428,900	30.1
(50,000-100,000)	1'293,198	54
(100,000-500,000)	7'118,636	64.8
> 500,000	8'017,571	100 <sup>2</sup>
TOTAL	21'379,380 <sup>1</sup>	70

1. Colombia tenía 1.068 municipios en 1996 con una población urbana de 27.769.687 y una población total de 39.511.000 (DANE, 1999).

2. Las limitaciones en cobertura y calidad de los servicios en áreas urbano marginales no han sido consideradas en este valor.

Un resumen del Inventario Nacional de Sistemas de Abastecimiento de Agua y Saneamiento realizado en 1997 por el Ministerio de Desarrollo Económico (Mondragón, 1998) reporta la existencia de 936 plantas, 110 de ellas sirviendo las 45 ciudades con más de 100.000 habitantes en su área urbana. Estas ciudades tienen el 67% de la población urbana del país.

La tabla 3 ilustra el tipo de tecnologías usadas en estas plantas de tratamiento. Este resumen presenta que solo el 42% (395) estaban utilizando laboratorio, 24% dentro de la planta y 18% por fuera de la planta. Esto indica que no hay un programa regular de vigilancia del agua a nivel nacional y no es claro como esta infraestructura se desempeña. Sin embargo, en una muestra de 85 plantas

se encontró que el 29% tienen problemas para obtener los reactivos químicos y el 31% no tienen equipos de control de sus procesos de tratamiento (Cinara, 1998).

**Tabla 3 Tecnologías de tratamiento de agua usadas en áreas urbanas de Colombia (Mondragón 1998)**

<i>Tecnología de Tratamiento de Agua</i>	<i>Número</i>	<i>Porcentaje</i>
Filtración Rápida (202 tipo compacto)	789	84
Filtración Lenta en Arena (FLA)	113	12
Filtración en Múltiples Etapas (FLA + Prefiltración en Grava)	19	2
Otras	15	2
TOTAL	936	100

La gran mayoría de estas plantas son basadas sobre filtración rápida de agua, la cual es químicamente coagulada. La filtración rápida ha evolucionado rápidamente durante las recientes décadas y es empleada ampliamente. Los ingenieros en América Latina han hecho importantes contribuciones en el desarrollo de las unidades de proceso involucradas y en la simplificación de equipos, facilitando las labores de operación y mantenimiento y reduciendo los costos de inversión y de operación (Arboleda, 1993; Di Bernardo, 1993). Sin embargo, la operación y mantenimiento limita su aplicación. En efecto, los requerimientos para administración, compra, transporte, almacenamiento y la dosificación adecuada de componentes químicos, limitan fuertemente la amplia aplicación de este tipo de tecnología en comunidades rurales y pequeños municipios.

La filtración lenta en arena ha sido cuidadosamente aplicada en la parte norte de Europa y Norte América, pero tratando aguas superficiales con bajos niveles de contaminación (Rachwal et al, 1988; Sims y Slezak, 1991). Sin embargo, en países de América Latina, como Brasil (Hespanol, 1969; Di Bernardo, et al.,1999), Perú (Canepa, 1982; Pardón, 1989) y Colombia, la experiencia con FLA no ha sido satisfactoria porque la tecnología no fue usada en armonía con las condiciones locales. La filtración en múltiples etapas, FiME, una combinación de FLA con filtros de grava, es una tecnología emergente que viene a superar partes de las limitaciones de FLA. El desarrollo de FiME empezó en América Latina al rededor de 1980 con resultados promisorios (Pardón, 1989; Galvis et al, 1989) y ha sido gradualmente introducida dentro de los sistemas de suministro de agua en Colombia y otros países de América Latina .

## **2. Evolución de los Pequeños Sistemas de Suministro de Agua**

Comúnmente se discute que la calidad del servicio en los sistemas de abastecimiento de agua se debe ofrecer con criterios de: calidad, cantidad, continuidad, cobertura, costos y capacidad de gestión. Sin embargo, en los pequeños sistemas, estos criterios se abordan gradualmente a través del tiempo y no de forma inmediata. La tabla 4, muestra esta situación en nueve sistemas pequeños.

**Tabla 4 Avance en el Mejoramiento de la Calidad del Servicio para Nueve Sistemas Pequeños**

<i>Sistema</i>	<i>Tipo de Fuente</i>	<i>Año de Construcción del sistema</i>	<i>Año de implementación de la planta de tratamiento</i>	<i>Año de instalación de la micromedición</i>	<i>Año de instalación de la macromedición</i>	<i>Año de inicio Programa de control de pérdidas</i>
Mondomo	Superficial	1965	1997	1998	1999	1998
El Retiro	Superficial	1973	1986	1986	1992	1992
La Sirena	Superficial	1971	1988	1998	No hay	1998
Ceylán	Superficial	1971	1989	1989	No hay	No hay
La Marina	Superficial	1947	1987	1988	No hay	No hay
La Buitrera	Superficial	1969	1999	1995	No hay	No hay
Mundo Nuevo	Superficial	1970	1998	1986	1998	No hay
Tribunas Córcega	Superficial	1968	No hay	1998	No hay	No hay
Salónica	Superficial	1948	1988	1992	-	No hay

De acuerdo con la información reportada en la tabla 4 el primer criterio que es abordado se refiere al suministro de cantidad de agua, posteriormente la calidad con la implementación de plantas de tratamiento que entran en funcionamiento entre 13 y 40 años después de construido el sistema. Posteriormente la micromedición para el control de la cantidad de agua suministrada que se relaciona con los costos, entra a funcionar en un período de tiempo entre 13 y 44 años después de construido el sistema, finalmente el control de perdidas de agua es un componente en el que los pequeños sistemas les falta introducir y tiene relación con la capacidad de gestión, expansión de cobertura, continuidad y alargue de la vida útil del sistema, también tiene efectos directos sobre los costos y administración del servicio. Este proceso avanza paulatinamente con la administración del sistema y cada vez se requiere más responsabilidad y capacidad de gestión, más exigencia en el manejo contable, el control operacional, manejo de información por parte de los entes administradores, esto a su vez puede redundar en más costos para los usuarios.

### **3. Control de la Cantidad de Agua Suministrada**

Se puede mantener un buen desempeño en el manejo de los servicios de abastecimiento de agua si se dedica la mayor atención posible a medir y reducir las pérdidas de agua en el sistema ( OPS/OMS, 1999). La ausencia de medidores en una red, priva a la entidad que maneja la red y a la comunidad de elementos esenciales para la gestión técnica y económica de su sistema. La introducción de micromedidores en los pequeños sistemas puede ser motivo de conflicto si estos no se introducen de manera concertada con la comunidad indicando sus ventajas para prestar un servicio con equidad, para asignar un valor al agua y también atribuir responsabilidad al consumidor, esto es importante porque contribuye a la duración de la red y a un costo aceptable para la comunidad. La ausencia de la micromedición puede generar despilfarro llegando a generar un círculo vicioso que ocasiona cortes de agua. Durante estos cortes, el usuario tiende a dejar los grifos abiertos, lo que causa nuevos desperdicios al momento en que el agua regresa a la red.

Un programa de control de pérdidas de agua comprende todas las actividades llevadas a cabo por una empresa prestadora del servicio para alcanzar y mantener lo más bajo posible las pérdidas de agua en el sistema que pueden ser originadas por: fugas, reboses, uso ilegal, desperdicio, consumo operacional, consumos especiales y errores en la medición o en la estimación. En los pequeños sistemas (ver tabla 4) estos programas a penas empiezan a ser incorporados y existente limitaciones tecnológicas, conocimiento y capacitación de los entes administradores para llevar a cabo todas las actividades que son necesarias en estos programas. El alcance de las metas en las actividades de un programa de control de pérdidas es transversal a todo el sistema organizacional del ente prestador del servicio y refleja un eficiente manejo de la empresa y contribuye al cumplimiento de los objetivos de bajo costo operacional.

Para los pequeños sistemas se considera que un nivel apropiado de pérdidas de agua en la red de distribución puede estar entre 25-30% y en la zona urbana del 20% (OPS/OMS,1999). En Colombia no hay estudios detallados de la magnitud del problema en las zonas rurales y por experiencias puntuales se considera que son superiores al 50%(Ministerio de Desarrollo,1998). En una primera experiencia en un pequeño sistema correspondiente a La Sirena en la ciudad de Cali, se pudo establecer que el agua no contabilizada corresponde a un 47% del volumen total producido, del cual un 25% corresponde a pérdidas en la red y error en la micromedición, 12% a consumos de suscriptores sin micromedidor y un 10% a pérdidas en la planta de tratamiento (ver tabla 5).

**Tabla 5 Distribución Porcentual Operativa Acueducto La Sirena**

<b>ÍTEM</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Agua contabilizada	53
Consumo de suscriptores sin medidor	12
Pérdidas en la red y error en la micromedición	25
Pérdidas en la planta de tratamiento	10

La cantidad de agua per cápita entregada por los sistemas en términos de dotación bruta es variable de una zona a otra. De acuerdo con una evaluación participativa realizada en 15 sistemas en la República de Bolivia (Quiroga et al,1997) se encontró que en el 60% de los sistemas, la demanda de agua es mayor o igual al 100% la capacidad de la fuente y el 67% tienen un consumo per cápita entre 80 y 250 l/h/d; de otra parte el 60% de los sistemas no contaban con micromedición y donde existía la micromedición instalada se realizaba lectura solo al 50% sin tener certeza de la confiabilidad de los aparatos. En otro estudio realizado en la zona rural del municipio de Pereira en zona cafetera de Colombia (Cinara-Empresas Públicas de Pereira, 1997), evaluando 47 sistemas pequeños se encontró que el 4% de los sistemas tenían una dotación bruta inferior a 100 l/h/d, el 6% de los sistemas registraron valores entre 101 y 200 l/h/d, el 12% tenían dotaciones entre 201 y 400 l/h/d, el 21% de los sistemas entre 401 y 1000 l/h/d y el 38% de los sistemas registró una dotación mayor a 1000 l/h/d, en ninguno de los sistemas había programa de control de pérdidas; de otra parte el 65% no tiene micromedición y del restante 35% que posee medidores solo se hace lectura en el 54% de los sistemas.

Todas estas cifras indica la necesidad de reforzar las acciones tendientes al control de pérdidas de agua en los sistemas pequeños, paralelamente se debe revisar la forma como se incorpora la micromedición, implementando acciones para la selección del tipo de aparatos, la lectura, calibración, funcionamiento y reposición o reparación, en estos aspectos los pequeños sistemas deben tener más respaldo técnico, asesoría y capacitación en la administración y gestión.

#### **4 Problemas en los Pequeños Sistemas**

Se considera que un problema serio es que no hay diferenciación para estas localidades en materia de tecnologías, políticas, regulación, esquemas tarifarios y recuperación de costos, entre otros. Sin embargo, en Colombia es propósito del gobierno actual establecer esta diferenciación. Por otro lado, se advierte sobre el riesgo de considerar lo "pequeño" como simple y sencillo, hay ejemplos de sistemas regionales en la zona cafetera colombiana que abastece más de 17 comunidades pequeñas y que es de una gran complejidad dado que las redes de distribución tienen longitudes por encima de los 100 km. Igualmente, los sistemas pequeños tienen conflictos de uso de agua con el sector agrícola y con sus mismas fuentes de suministro por las altas demandas y los deficientes controles existentes. En la micromedición se tienen dificultades con la introducción en la comunidad, su lectura, calibración, reposición o reparación y el manejo de la información para la toma de decisiones del ente administrador del sistema. Los programas de control de pérdidas a penas se están incorporando pero es necesario capacitar a los entes prestadores del servicio para hacer más eficiente y efectivo la prestación del servicio, si se tiene en cuenta que muchos sistemas pequeños tienen un gran número de años de funcionamiento, en Bolivia de 15 sistemas pequeños evaluados el 73% tienen entre 70 y 20 años de operación, en la zona rural de Pereira, el 22% de los sistemas tienen más de 27 años y el 44% tiene entre 17 y 27 años; esto implica grandes esfuerzos de gestión para el mantenimiento preventivo, correctivo y reposición.

En Perú, los principales problemas a este nivel son: interés político por encima de aspectos técnicos, visión de corto plazo, desconocimiento de costos de O&M, tarifas establecidas sin criterios técnicos, bajo nivel de ingreso, elevada morosidad, elevadas pérdidas físicas y comerciales de agua, carencia de recurso humano calificado, falta de programas de capacitación. La consecuencia obvia es la baja calidad de servicios manifestada en baja calidad del agua, falta de continuidad, baja cobertura, bajas presiones en redes, limitadas posibilidades de rehabilitación y reposición, contaminación de cuerpos receptores de aguas residuales, entre otras (Rojas, 2000). En Bolivia la disponibilidad del recursos hídrico en los pequeños sistemas es crítico y las demandas elevadas sin tener control sobre la cantidad suministrada, también se detectaron dificultades a nivel de planeación, diseño, construcción y operación y mantenimiento (Quiroga et al,1997).

En una evaluación de 49 proyectos financiados por FINDETER y otras agencias nacionales, se identificaron problemas asociados a la sostenibilidad (FINDETER, 1996; Restrepo et al, 1998). Estos problemas están asociados a diferentes factores a través de todo el ciclo del proyecto, tales como: pobre selección o especificación de tecnología, gestión o limitación tecnológica para el nivel local para operar y mantener los sistemas e insuficiente apoyo de las agencias nacionales y departamentales.

Los problemas de la viabilidad y complejidad técnica asociada con los medianos y pequeños sistemas de tratamiento de agua es de alta relevancia para los países de altos, bajos y medianos ingresos. En algunos países como Inglaterra y Holanda, estos problemas han sido reducidos por la expansión de los servicios de agua de las ciudades hacia las pequeñas comunidades o en áreas de pequeñas ciudades, estimulando a los pequeños sistemas a ser parte de asociaciones regionales de agua o compañías regionales de agua (NCR,1997). Adicionalmente, estas asociaciones o compañías han suministrado otros servicios asociados con el agua. De otra parte, la red de sistemas para suministro de agua en Estados Unidos es fragmentada. En 1996 existían 54,728 sistemas comunitarios de agua en Estados Unidos sirviendo a 248 millones de personas. Ellos estaban distribuidos en 46,827 pequeños sistemas (25-3,300) sirviendo a 25 millones de personas; 4,332 sistemas medianos (3,301-10,000) sirviendo a 25 millones de personas y 3,569 grandes sistemas (> 10,001) sirviendo a 198 millones de personas. Mientras los pequeños sistemas sirven al 10% de la población cubierta

por los sistemas de agua en Estados Unidos, ellos exceden el límite normal de porcentaje de las violaciones de las normas de agua segura de consumo humano (Stout and Bik,1998). Los pequeños sistemas de agua tienen grandes dificultades en el suministro continuo de agua, adecuada calidad y cantidad ellos además pierden las economías de escala y necesitan administradores y operadores con experiencia.

En Estados Unidos y Canadá, atención especial se ha dado al desarrollo y promoción de tecnologías de tratamiento para pequeñas y medianas comunidades en las últimas décadas (Toft, et al, 1989; EPA,1998). En Estados Unidos las normas de 1996 para calidad de agua de consumo contienen temas relacionados para sistemas de agua que sirven a poblaciones por debajo de los 10.000 habitantes, reconociendo sus diferencias en costos, tecnología, capacidad de manejo y características del riesgo. Una de las áreas de proyecto creadas después de estas normas incluye la producción de una lista de tecnologías de tratamiento de agua que estos sistemas pueden usar para cumplir con las regulaciones. En esta lista la EPA sugiere que la filtración rápida puede ser usada solo en aquellos sistemas con acceso a un operador de tiempo completo, capacitado y considera que la filtración lenta en arena puede ser la más viable tecnología de filtración para los pequeños y medianos sistemas cuando es usada una fuente de agua con calidad apropiada (EPA,1998).

Con los cambios originados por efectos de la descentralización, el sector de agua y saneamiento se ha visto abocado a la fragmentación de los sistemas en gran parte de la región Andina. Sin un fuerte soporte institucional o compañías de agua que faciliten la introducción y sostenibilidad de tecnologías complejas dado que los pequeños asentamientos y las áreas rurales no están preparadas para operar complicados sistemas de suministro de agua rebasen la capacidad local y la factibilidad de soporte regional. En Colombia, el gobierno ha reconocido la relevancia y la especificidad del problema relacionada con los pequeños y medianos sistemas (DNP,1995; Marín,1995; Mondragón,1998). En el Plan Nacional del Agua y saneamiento para el período 1995-1998, dos principales problemas fueron incluidos: I) Cobertura y mejoramiento de calidad de los servicios, II) Apoyo Institucional. Como una parte del primer programa, la investigación, innovación tecnológica y transferencia de tecnología fue reconocida como una componente importante para mejorar la situación del sector, particularmente en los pequeños asentamientos y áreas rurales; de igual forma la incorporación de programas de control de pérdidas y la eficiente gestión comercial de los entes operadores de los sistemas hasta obtener valores cercanos al 30% de pérdidas en los sistemas.

## 5. Referencias

Banco Mundial, WEDEC y Cinara, (2000) Conferencia electrónica sobre Núcleos Poblacionales pequeños.

WHO,(1996) Guidelines for Drinking-Water Quality: Health Criteria and other Supporting Information. WHO, World Health Organization, Geneva, SW.

Lloyd, B. and Helmer, R. (1991) Surveillance of Drinking Water Quality in Rural Areas: Logman Scientific & technical, Essex, England, p. 1-171.

Visscher, J.T., Quiroga, E., García, M., Madera, C., and Benavides, A. (1996) En la Búsqueda de un Mejor Nivel de Servicio. Evaluación Participativa de 40 Sistemas de Agua y Saneamiento en la República del Ecuador. Cali Colombia, ed by J.T. Visscher; Cinara, IRC. Cali, Colombia.

Quiroga, E., García, M., Sánchez, L.D., Madera, C., Garavito, J., and Visscher, J.T. (1997) Evaluación Participativa de 15 Sistemas de Agua y Saneamiento en la República de Bolivia. La Paz, Bolivia: IRC, PNUD-BM, Cinara.

Ministerio de Salud. Dirección de Promoción y Prevención. Subdirección de Ambiente y Salud, (1998) Segundo Inventario Nacional de Calidad de Agua: Ministerio de Salud de Colombia, Bogotá, Colombia. p. 1-123.

Ministerio del Medio Ambiente, (1996) Lineamientos de Política para el Manejo Integral del Agua. ACODAL, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. v. 169, pp. 10-22.

Geldreich, E.E. and Craun, G.F. (1996) Múltiple Barriers for Protection and Treatment of Drinking Water Supplies: A Proven Method for Preventing Transmission of Waterborne Disease: In Balancing the Microbial and Chemical Risks in Drinking Water Disinfection, ed. By GF Craun; ILSI Press PAHO; WHO: Washintong, D. C. p. 1-5.

Galal-Gochev, H. (1996) WHO Guidelines for Drinking Water Quality and Health Risks in Drinking Water Disinfection, ed. By GF Craun; ILSI Press PAHO; WHO: Washintong, D. C. p. 123-138.

Craun, G.F., Bull, R.J., Clark, R.M., Doull, J., Grabow, W., Marsh, G.M., et al (1994) Balancing Chemical and Microbial Risks in Drinking Water Disinfection. Part I. Benefits and Potential Risks. Journal Water SRT-Aqua, v. 43, 4, p.192-199 y v.43, 5, p. 207-218.

WHO, (1997) Guidelines for Drinking-Water Quality: Surveillance and Control Community Supplies: WHO, World Health Organization, Geneva, SW.

OPS/PAHO, (1997) Análisis del Sector de Agua Potable y Saneamiento en Colombia. OPS/PAHO, Organización Panamericana de la Salud/Pan American Health Organization. p. 1-302.

Foster, S., Gouvea da Silva, R.B., Ventura, M., and Hirata, R. (1987) Ground Water: An Undervalued Resource in Need of Protection. CEPIS. Lima, Perú.

Ministerio de Desarrollo, (1998) Inventario Nacional del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico. Tomo I Infraestructura Física de los Sistemas. Ministerio de Desarrollo Económico, Viceministerio de Desarrollo Urbano, Dirección de Servicios Públicos Domiciliarios. Colombia, p. 13,23,57,63,67-

Mondragón, L.A. (1998) Inventario Sanitario Nacional: ACODAL, v.169, p.10-22.

Cinara, (1998) Proyecto de Selección de Tecnología y Análisis de Costos en Sistemas de Potabilización de Agua. Cali, Colombia. Cinara.

Arboleda, J. (1993) Teoría y Práctica de la Purificación del Agua: ACODAL, Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Bogotá, Colombia.

Di Bernardo, L. (1993) Métodos e Técnicas de Tratamiento de Agua. ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitaria e Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil. p. 1-498.

Rachwal, A.S., Bayer, M.J., and West, J.T. (1988) Advances Techniques for Upgrading Large Scale Slow Sand Filters. In Slow Sand Filtration: Recent Development in Water Treatment Technology. ed. NJD Graham; Ellis Horwood: Chichester, UK. p.331-347.

Sims, R.C. And Slezak, L.A. (1991) Slow Sand Filtration in the United States: Journal AWWA, American Water Works Association. v. 76.

Canepa, L. (1982) Filtros de Arena en Acueductos Rurales. Informe Final. Lima, Perú. CEPIS/OMS/OPS.

Pardón, M. (1989) Treatment of Turbidity Surface Water for Small Community Supplies: PhD Thesis Report. University of Surrey. U.K.

Hespanhol, J. (1969) Investigación sobre el Comportamiento e Aplicabilidades de Filtros Lentos no Brasil. Universidade de São Paulo, Faculdade Higiene e Saude Pública, São Paulo, Brazil.

Galvis, G., Quiroga, E., Latorre, J., Galvis, A., Duque, R., Cruz, C., Visscher, J.T. (1989) Proyecto Integrado de Investigación y Demostración en Filtración Lenta en Arena. Informe Final. Versión Resumida. Cinara, Cali, Colombia: The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

PNUD-BM, IRC, Cinara, (1999) Una Iniciativa de Aprendizaje y Acción Participativa: Informe Región Andina de Sur América. Cali, Noviembre de 1999.

Cinara, Empresa de Acueducto de Acueducto y Alcantarillado de Pereira, (1997) Situación del Sector de Abastecimiento de Agua y Saneamiento en la Zona Rural del Municipio de Pereira. Pereira, Noviembre de 1997.

Gutiérrez, A., Sánchez, L.D., Jiménez, C., (2000) Evaluación de los Componentes del Sistema de Distribución y Almacenamiento de la Red del Acueducto de La Sirena. Cali. Colombia. Cinara, mayo de 2000.

OPS/OMS, (1999) Fugas y Medidores. OPS/OMS, Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud. p. 3-18.