

Identificación de elementos que impactan la consolidación de procesos de potabilización del agua en planteles educativos suburbanos y rurales de Villavicencio y Acacias, Meta, Colombia

Identifying elements having an impact on consolidating how water is made drinkable in suburban and rural educational institutions in Villavicencio and Acacias in the Meta department, Colombia

Abelardo Prada Matiz¹, Lilia Velásquez², Laurentino Matta Gonzalez³

¹Ing. Qco, PhD, Profesor Titular. Universidad de los Llanos

² Lic., Prof. Catedrática. Universidad de los Llanos

³Esp. gestión ambiental. Universidad de los Llanos

Recibido: Marzo 31 de 2009 Aceptado: Septiembre 17 de 2009

RESUMEN

Se evaluó la apropiación de los procesos de potabilización de agua con base en la tecnología FiME-filtración en múltiples etapas - por parte de los usuarios de cinco instituciones educativas de los municipios de Villavicencio y Acacias, Meta. Se demostró que el producto de las plantas de potabilización instaladas -el agua potable - es de alta calidad, a pesar que la mayoría de las comunidades educativas no alcanzó el dominio pleno de la tecnología ofrecida. En consecuencia, se logró una aproximación a la identificación de los elementos a favor y de los obstáculos que impiden la consolidación de los procesos y el logro de los objetivos propuestos.

Palabras clave: Agua potable, Potabilización, Filtración en múltiples etapas, Tecnología FiME, Apropiación tecnológica.

ABSTRACT

This study evaluated how five educational institutions from Villavicencio and Acacias (in the Meta department, Colombia) were exploiting multistage filtration (MSF) technology-based drinking-water treatment. It was demonstrated that the product from the water-treatment plants installed to date (drinking water) is high quality, in spite of most educational communities not yet having fully mastered this technology. Conse-

quently, the elements favouring technology-transfer, the obstacles hampering process consolidation and whether the proposed goals had been achieved were thus identified.

Key words: drinking water, water potabilisation, multistage filtration, MSF technology, technology-transfer.

INTRODUCCIÓN

La carencia de agua potable en las instituciones educativas del sector suburbano y rural de los municipios del departamento del Meta, es una situación frecuente y grave que genera consecuencias directas en la salud de los consumidores, fundamentalmente, en la población infantil, puesto que en este tipo de población no predomina la conciencia de consumir agua de calidad confiable.

Por esta razón, se realizan esfuerzos para superar esta situación, implementando soluciones tecnológicas en los planteles educativos. Es así, como de conformidad con el proyecto "IMPLANTACION Y DIFUSION DE LA CULTURA DEL AGUA" la ONG Cabildo Verde de Villavicencio, al iniciar el año 2008, con el auspicio de ECOPEPETROL y la Gobernación del Meta, lideró el proceso de instalación de plantas de tratamiento de agua en los planteles las veredas Peralonso, Apiay, La Llanerita, Indostán del municipio de Villavicencio y Brisas Guayuriba en el municipio de Acacías.

Para la construcción de las plantas, se seleccionó la tecnología FiME - Filtración en Múltiples Etapas -, en atención a que la Universidad de los Llanos, de tiempo atrás, la viene ofreciendo a la comunidad orinoquense como solución individual, es decir para aquellos casos cuando el usuario (o usuarios) no puede(n) conectarse a la planta de tratamiento de un acueducto establecido (Prada, 2002 y 2009) y debe asumir, in situ, todo el proceso de potabilización en su conjunto.

La tecnología FiME, como tecnología para la potabilización del agua, ofrece importantes ventajas para los usuarios, por las siguientes razones, a saber:

Por su estructura: las plantas se pueden organizar con tanques comunes de plástico o de concreto,

accesorios de PVC y materiales que como gravilla y arena de río que abundan en la región.

Por su funcionamiento: el funcionamiento de la planta no es complejo, se fundamenta en el paso regulado del agua de un tanque a otro, a través de los lechos de grava y arena, utilizando como fuerza motriz la gravedad.

Por el mantenimiento: Este es sencillo, puesto que consiste en el lavado periódico del lecho de grava y parte del lecho de arena, operaciones que puede, con facilidad, asumir el usuario.

Por los costos de operación y mantenimiento. Las plantas FiME se pueden operar de manera que no sea necesario el uso de reactivos químicos, aunque, se recurre a la aplicación de pequeñas dosis de desinfectante (cloro en forma de hipoclorito) como barrera de seguridad. Por tanto, los costos de funcionamiento de la planta suelen ser muy bajos, completamente asumibles por el usuario.

Por la calidad del agua. Se ha demostrado, con estudios de la Universidad de los Llanos, del Instituto Cinara de la Universidad del Valle y de otras entidades, que la calidad del agua efluente de las plantas FiME es superior a la de las plantas de otro tipo de tecnología (Di Bernardo, 1998; Galvis y Vargas, 1998; Opazo, 1991; Prada, 1999), en razón que los procesos que se dan al interior se asemejan a los procesos que suceden en la naturaleza.

A pesar del elevado número de ventajas que la tecnología FiME ofrece, se encuentran obstáculos en su apropiación por parte de los usuarios, obstáculos que presentan las características propias de los procesos de creación, comprensión y uso de la ciencia y la tecnología y su vinculación a la vida cotidiana (Bachelard, 1985; Morín, 1984). A este

tema, el de la apropiación social y uso de la tecnología, se le presta creciente atención por gobiernos instituciones y personalidades, en las últimas décadas, en razón que se persigue que los logros científico-técnicos aporten elementos básicos en la solución de los problemas sociales existentes (Sagástegui, 2005, Lozano 2005).

Por esta razón, dado que, con la construcción de las plantas en los planteles educativos arriba citados, se realizó un esfuerzo importante en el propósito de dotar de agua potable a las comunidades educativas enunciadas, le corresponde a la Universidad de los Llanos, por su perfil académico y compromiso con la región, apoyar este tipo de procesos por medio de programas de extensión social e identificar los elementos básicos que hagan posible la apropiación plena, por parte de los usuarios.

Por las razones expuestas, el grupo investigador tomó la decisión de formular una estrategia que permitiera realizar un proceso de acompañamiento a las comunidades educativas beneficiadas, de manera que éstas, en un plazo definido, adquirieran las destrezas necesarias y establecieran los

MATERIALES Y METODOS

En desarrollo del proyecto se adelantaron las siguientes actividades:

Seminario - taller de inducción sobre la tecnología FiME.

Seminario - taller de reconocimiento de la operación y mantenimiento de las plantas.

Visitas periódicas a los planteles educativos y evaluación del estado, funcionamiento de la planta. Toma de muestras de agua tratada y análisis de laboratorios

Presentación de resultados del proyecto

CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS

El esquema de las plantas instaladas para un caudal de 250 litros al día, en las sedes de las instituciones educativas seleccionadas, se presenta en la Figura 1. Las velocidades de flujo de diseño fueron del orden

compromisos suficientes para la operación, manejo y administración adecuada de las plantas de potabilización de agua.

Con este propósito se formuló el proyecto "Consolidación de procesos de potabilización de agua en instituciones educativas del sector suburbano y rural de los municipios de Villavicencio y Acacias en el Departamento del Meta", que tuvo como objetivo general "consolidar los de procesos de potabilización de agua en instituciones educativas del sector suburbano y rural de los municipios de Villavicencio y Acacias en el departamento del Meta" y como objetivos específicos, los siguientes:

1. Instruir a los usuarios en los elementos básicos de la tecnología FiME.
2. Reconocer los procesos de operación y mantenimiento de la planta del plantel por parte de los usuarios.
3. Comprobar la apropiación de la operación y del mantenimiento de la planta por parte de los usuarios.
4. Reconocer la calidad del agua efluente de las plantas de potabilización.
5. Divulgar los resultados del proyecto entre los actores involucrados.

de 0,01 m/h para el filtro grueso y el filtro lento de arena.

Fuente de agua: La fuente de abastecimiento, en la mayoría de las instituciones seleccionadas, son pozos superficiales no profundos (aljibes - jagüeyes en el argot llanero), no aislados, con deficiente protección contra las aguas de escorrentía. El agua de estos pozos (jagüeyes) suele ser ácida, con elevado contenido de hierro, además es frecuente la presencia de Coliformes fecales por su proximidad con los pozos sépticos de las viviendas (Prada, 1995).
Componentes: Las plantas están conformadas por cuatro (4) tanques de PVC de 250 litros que desempeñan las siguientes de:

1 - Tanque de abastecimiento. Recibe el agua proveniente del pozo por medio de un sistema de bombeo; está dispuesto a 3,6 m de altura de la superficie.

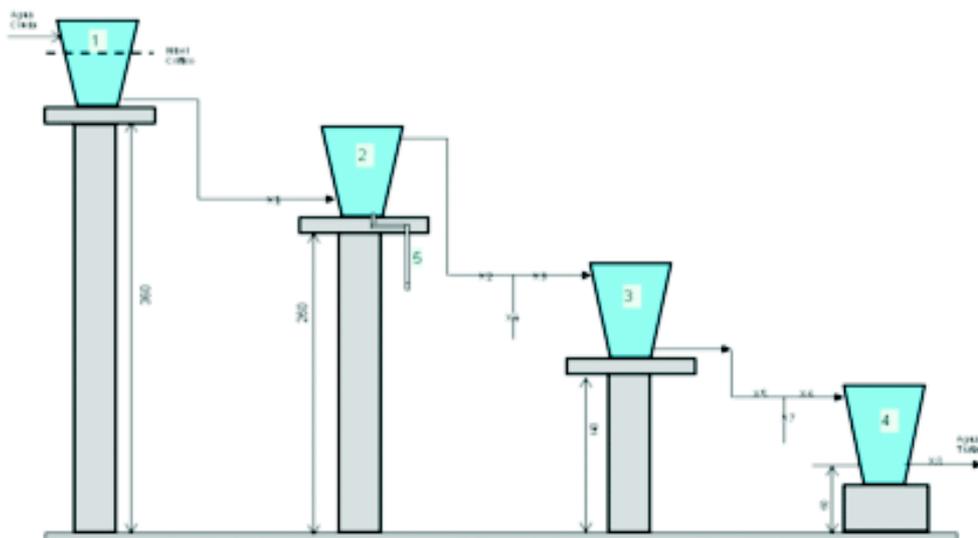


Figura 1. ESQUEMA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN

CONVENCIONES: 1-Tanque de abastecimiento; 2-Filtro grueso; 3-Filtro lento de arena; 4-Tanque de Agua tratada
5-Dispositivo de evacuación de aguas de lavado; X1...X7 - Registros; X8-Llave terminal.

2 - Filtro grueso (de grava) ascendente. Organizado en un tanque plástico de 250 litros; recibe el agua del tanque de abastecimiento; elimina del agua la contaminación de mayor tamaño; está dispuesto a 2,6 m de altura de la superficie.

3 - Filtro lento de arena. Organizado en un tanque plástico de 250 litros; realiza el afinado de la calidad del agua tratada; está dispuesto a 1,4 m de altura de la superficie,

4- Tanque de agua tratada. Está dispuesto a 0,8 m de altura de la superficie y se utiliza para el almacenamiento y la desinfección del agua tratada antes del consumo, mediante la aplicación de una dosis de cloro (hipoclorito de calcio) de 1,25 mg/l, cada 12 horas de funcionamiento de la planta.

Las plantas se proyectaron para funcionar de manera continua las 24 horas del día, con posibles interrupciones los fines de semana, espacios que se pueden utilizar para el mantenimiento y superación de desajustes.

5- Dispositivo para el lavado del lecho de grava del filtro grueso, la planta, además, cuenta con registros para el control del flujo del agua (registros $X_1 - X_7$) y una llave terminal (X_8) que permite ofrecer el agua tratada a los usuarios.

SEMINARIOS - TALLERES. Los seminarios-talleres de inducción y de reconocimiento de la tecnología FiME se realizaron entre enero y marzo del 2008, en las siguientes instituciones educativas: Institución Educativa sede Peralonso; Institución Educativa Apiay, sede Llanerita; Institución Educativa vereda Indostán; Institución Educativa Apiay, sede Central; Institución Educativa Brisas del Guayuriba. En los talleres, además, se conformó el **comité encargado** de la operación y mantenimiento de la planta.

Cada una de estas instituciones cuenta con un mínimo de un profesor y un máximo de cuatro y entre 30 y 80 estudiantes. De manera que la dotación de agua potable por persona osciló entre los tres y ocho litros al día.

VISITAS. Se realizaron **cinco** visitas a las instituciones educativas, por parte del grupo responsable del proyecto, entre abril y septiembre del año 2008 con intervalos promedios de un mes entre visita y visita. En este lapso se realizaron dos series de muestreo de agua tratada para análisis de laboratorio, los cuales se realizaron en los laboratorios de la Dra. Amparo Restrepo y de la Universidad de los Llanos, los que, a la fecha de realización del proyecto, estaban certificados por el programa PICCAP.

Los análisis realizados a muestras del agua tratada incluyen los siguientes parámetros físico-químicos y microbiológicos: olor, color, pH, conductividad, turbiedad, cloro residual libre, cloro total, dureza total, calcio, hierro, magnesio, alcalinidad, nitratos, nitritos, sulfatos, sólidos disueltos totales, coliformes totales y E. Coli.

Los datos obtenidos de los análisis de laboratorio, realizados a las muestras de agua tratada se procesaron utilizando los métodos de la estadística descriptiva, por medio de la media verdadera con niveles del 99% de confianza, con base en la ecuación siguiente (Nazarova y Kafarov, 1978):

$$MV = MC \pm \sigma T/\sqrt{N} \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde: σ - desviación estándar;

MV- media verdadera;

MC- Media calculada (promedio aritmético);

T- Parámetro estadístico; **N**- número de ensayos.

Para la evaluación de la apropiación del funcionamiento de la planta por parte de los usuarios, se hizo uso de las técnicas de la evaluación ambiental estratégica (Oñate, 2002) con base en la aplicación de los siguientes criterios ponderados (de 0 a 4):

A. Estado general de las instalaciones de la planta de potabilización

Plenamente adecuado	4
Adecuado con deficiencias mínimas	3
Deficiencias que no alteran el funcionamiento de la planta	2
Deficiencias que alteran el funcionamiento de la planta	1
Inadecuado	0

B. Régimen de operación de planta de potabilización

En régimen proyectado	4
En régimen aproximado que no altera el funcionamiento de la planta	3
En régimen aproximado que altera el funcionamiento de la planta	2
Completamente fuera del régimen proyectado	1
No funciona	0

C. Mantenimiento realizado a la planta de potabilización

Según lo programado	4
Por fuera de lo programado sin alterar el funcionamiento de la planta	3
Por fuera de lo programado alterando el funcionamiento de la planta	2
Por contingencia	1
No se realizó	0

D. Funcionamiento del comité encargado del funcionamiento de planta

Según lo programado	4
Según lo programado pero con alteraciones ocasionales	3
Según lo programado pero con alteraciones frecuentes	2
Por contingencia	1
No se reunió	0

E. Participación de la comunidad local (Padres de familia y habitantes de la localidad)

Participación activa y permanente	4
Participación aceptable	3
Esporádica.	2
Por contingencia	1
No hubo participación.	0

Además, atendiendo que los criterios anteriores (A, B, C, D y E) no inciden de igual manera en el nivel de apropiación de la tecnología, se consideró necesario definir el peso específico de cada uno de ellos, así:

CRITERIO	Peso específico, %
A	15
B	25
C	25
D	25
E	10

De conformidad con lo anterior, el valor numérico del nivel de apropiación de la tecnología FiME (NA_{FiME}) - por parte de la comunidad de cada Institución Educativa para cada visita, se estableció de conformidad con la siguiente ecuación:

$$NA_{FiME} = 0,15A + 0,25B + 0,25C + 0,25D + 0,1E. \quad \text{(Ecuación 2)}$$

En concordancia con la ecuación 2, una Institución Educativa pudo acumular 4 puntos como máximo en **una** visita y en las **cinco** visitas - 20 puntos.

Para definir el nivel de apropiación del proceso de potabilización, logrado por cada comunidad educativa, se sumó el puntaje obtenido en cada una de las visitas por concepto de los criterios enunciados arriba, de conformidad con las siguientes consideraciones:

NIVEL DE APROPIACION DE LAS PLANTAS DE POTABILIZACION POR PARTE DE LAS COMUNIDADES EDUCATIVAS

En las tablas 2, 3, 4, 5 y 6 se exponen los valores adjudicados a los criterios evaluados en cada una de las visitas a las comunidades de las instituciones

PUNTAJE ACUMULADO	NIVEL DE APROPIACION, NA FiME
18-20	Sobresaliente
14 -18	Notable
10-14	Regular
6-10.	Bajo
1-6	Muy bajo
0	No hubo apropiación

CALIDAD DEL AGUA TRATADA

Los resultados de la calidad del agua tratada en las plantas instaladas en las cinco instituciones educativas seleccionadas se exponen en la Tabla 1., en comparación con los valores admisibles exigidos por las normas vigentes (Columna 2).

Los resultados obtenidos se procesaron, por separado para cada uno de los parámetros de calidad del agua, de conformidad con la ecuación 1, con base en la cual, se calculó la Media Verdadera (MV), utilizando niveles del 95% de confianza por medio del parámetro T= 4,3.

educativas,. El puntaje acumulado, en la totalidad de las vistas, se expone en la tabla 7 y la figura 2, de conformidad con las siguientes convenciones:

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	CRITERIOS
I- Institución educativa de Peralonso	A- Estado general de las instalaciones de la planta
II- Institución educativa la Llanerita	B- Régimen de operación de planta
III- Institución educativa de Indostán	C- Cumplimiento del plan de mantenimiento
IV- Institución educativa de Apiay	D- Funcionamiento del comité encargado
V- Institución educativa de Guayuriba	E- Participación de la comunidad local

Tabla 1. Resultados de los análisis físico -químico y bacteriológicos realizados a las aguas tratadas en las plantas de las instituciones educativas seleccionadas

PARAMETRO	Valor Admisible	Peralonso	Llanerita	—	Apiay	Guayuriba
Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Color	< 15 UPC	< 10	<13	< 10	< 10	< 10
pH	6,5-9 unidades	7,1 ± 1,3	7,5 ± 1,1	7,1 ± 1,3	7,4 ± 0,6	7,5 ± 1,1
Conductividad	<300 uSiemens/cm	225 ± 22	220 ± 43	260 ±86	220 ±86	265 ±65
Turbiedad	<2UNT	1,0 ±0,2	1,0 ±0,2	0,9 ±0,4	0,8 ±0,4	0,9 ±0,4
Cloro Residual Libre	0,3-2,0 mg/l	0,1	0,1	0,1	1,2	1,2
Cloro Total	< 2mg/l	0,1	0,1	0,1	1,3	1,3
Dureza Total	<300 mg CaCO ₃ /l	89,2 ±37,4	79,7 ±40,0	103,2 ±54,0	79,8 ±39,8	82,4 ±28,6
Calcio	<60 mg/l	31,5 ±13,1	13,0 ±6,5	39,6 ±13,1	29,2 ±11,6	26,0 ±10,5
Magnesio	<36 mg/l	6,8±1,7	7,0 ±2,2	1,9 ±0,6	8,4 ±0,9	4,0 ±1,1
Alcalinidad	< 200 mgCaCO ₃ /l	51,7±7,5	69,9±5,6	102,8±16,1	93,8±17,1	77,2±12,7
Nitratos	< 10 mg/l	<4	<4	<4	<4	<4
Nitritos	< 0,1 mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sulfatos	< 250 mg/l	29,0±4,3	18,5±6,5	24,5±6,5	19,0±4,3	40,5±6,5
Hierro	< 0,3 mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sólidos disueltos totales	< 200 mg/l	184±15	143±9	190±11	158±11	130±9
Coliformes Totales	0 UFC/100ml	0-4	0-3	0-3	0	0
E. Coli	0 UFC/100ml	0	0	0	0	0

Tabla 2. Valores asignados a los criterios de evaluación en la VISITA UNO

CRITERIO	INSTITUCION EDUCATIVA				
	I	II	III	IV	V
A	4	4	4	4	4
B	3	4	3	3	3
C	3	3	2	2	2
D	4	3	2	2	2
E	3	1	1	1	2
TOTAL	3,4	3,2	2,5	2,5	2,6

Tabla 3. Valores asignados a los criterios de evaluación en la VISITA DOS

CRITERIO	INSTITUCION EDUCATIVA				
	I	II	III	IV	V
A	4	4	4	4	4
B	3	3	3	3	3
C	3	3	2	3	2
D	4	3	2	2	2
E	3	1	1	1	2
TOTAL	3,4	3,0	2,5	2,7	2,6

Tabla 4. Valores asignados a los criterios de evaluación en la VISITA TRES

CRITERIO	INSTITUCION EDUCATIVA				
	I	II	III	IV	V
A	4	4	4	2	4
B	4	3	3	3	3
C	4	3	3	3	3
D	4	3	2	2	3
E	3	1	1	1	2
TOTAL	3,9	3,0	2,7	2,4	3,1

Tabla 5. Valores asignados a los criterios de evaluación en la VISITA CUATRO

CRITERIO	INSTITUCION EDUCATIVA				
	I	II	III	IV	V
A	4	4	4	3	4
B	3	3	3	3	3
C	4	4	3	3	4
D	4	3	2	2	3
E	3	1	1	1	3
TOTAL	3,7	3,2	2,7	2,6	3,4

Tabla 6. Valores asignados a los criterios de evaluación en la VISITA CINCO

CRITERIO	INSTITUCION EDUCATIVA				
	I	II	III	IV	V
A	4	4	4	3	4
B	4	3	3	3	3
C	4	4	3	3	4
D	4	3	2	2	3
E	3	1	1	1	3
TOTAL	3,9	3,2	2,7	2,6	3,4

Tabla 7. Valores acumulados de los criterios de evaluación en las Cinco Visitas

VISITA	INSTITUCION EDUCATIVA				
	I	II	III	IV	V
1	3,4	3,2	2,5	2,5	2,6
2	3,4	3,0	2,5	2,7	2,6
3	3,9	3,0	2,7	2,4	3,1
4	3,7	3,2	2,7	2,6	3,4
5	3,9	3,2	2,7	2,6	3,4
TOTAL	18,3	15,6	13,1	12,8	15,1

Figura 2. Puntaje acumulado por las Instituciones educativas en el período de visitas

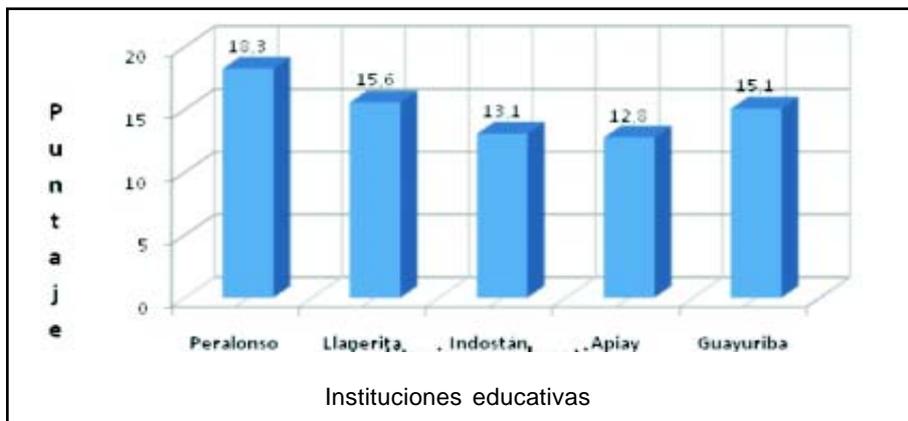
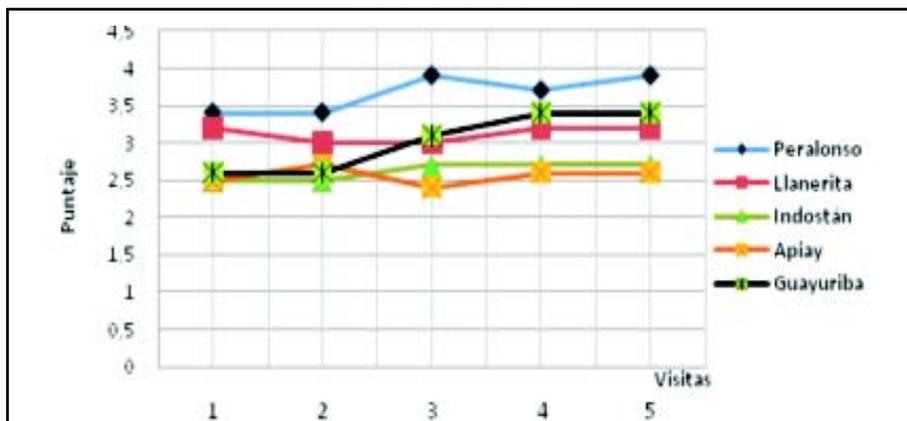


Figura 3. Evolución del Puntaje adjudicado por Institución educativa



DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos se adelanta sobre los siguientes aspectos: calidad del agua tratada, apropiación comunitaria de la tecnología ofrecida e identificación de elementos, a favor y en contra, de la consolidación de los procesos de potabilización de agua en las condiciones de los planteles educativos estudiados.

Calidad de agua tratada

Al observar los resultados en la Tabla 1 es evidente que la calidad del agua, efluente de las plantas, cumple con las exigencias de las normas vigentes en materia de agua potable, hecho que sólo se puede atribuir al proceso de potabilización realizado en razón que son conocidas las características de las

aguas de abastecimiento (Prada, 1995). En especial se debe resaltar la ausencia de coliformes fecales, lo que elimina los riesgos más comunes para los usuarios, en razón a que los pozos de abastecimiento de agua, por regla general, se encuentran ubicados cerca de los pozos sépticos de las Instituciones educativas consideradas en el presente trabajo.

Además, la ausencia de coliformes fecales se logra en condiciones de bajo contenido de cloro residual, hecho que garantiza que el sabor del agua tratada no sea desagradable para los usuarios, pero que, también se constituye en un argumento sólido a favor de la tecnología FiME como herramienta para potabilizar aguas en condiciones similares a las

encontradas en las instituciones educativas estudiadas.

La tecnología FiME, entonces, se convierte en una herramienta eficaz para la potabilización del agua en pequeña escala, como lo demuestran los trabajos de la Universidad de los Llanos (Prada, 2003 y 2009) al igual que en mayor escala, de conformidad con la amplia experiencia del Instituto Cinara de la Universidad del Valle y el CEPIS del Perú, entre otros (OPS/CEPIS, 2007; Sánchez et al., 2007; Martínez, 2009).

Nivel de apropiación de la tecnología FiME por las comunidades educativas

En el presente trabajo, el nivel de apropiación de la tecnología FiME para la potabilización del agua logrado por las comunidades educativas de las instituciones, de manera general, se puede apreciar con base en la sumatoria del puntaje acumulado, por cada institución, en la totalidad de las visitas, que se expone en la Tabla 7 y en la figura 2.

Con base en este puntaje acumulado, asignado por criterios de evaluación, se puede afirmar que la comunidad de la institución educativa de Peralonso logró un nivel **sobresaliente**, que las comunidades de las instituciones La Llanerita y Brisas del Guayuriba llegaron a un nivel **notable** y que las comunidades de Indostán y Apiay sólo llegaron a un nivel **regular** de apropiación de la tecnología FiME como método de potabilización de agua en pequeña escala. Por otra parte, se observó un mejoramiento continuo en Peralonso y Guayuriba, mientras que en las demás instituciones el progreso fue mínimo.

Si se analiza la figura 3, en la que se presenta el puntaje adjudicado a cada comunidad en cada visita, se puede observar la evolución de la apropiación de la tecnología FiME en las instituciones educativas.

La comunidad de la Institución educativa de Peralonso logró un importante nivel de apropiación desde los inicios y, en la práctica, lo sostuvo a lo largo de todo el proceso de estudio. Esta situación tuvo origen en varios hechos: la afinidad de la formación profesional de los profesores del

establecimiento con la temática del manejo del agua; el interés evidenciado por los docentes para mejorar la calidad de vida de los estudiantes y la propia en particular; la inmediata aceptación del agua tratada por los habitantes de la localidad, convirtiéndose en usuarios permanentes del producto, lo que llevó a que fuese necesario incrementar el caudal de la planta de 250 a 400 litros /día a los tres meses de desarrollo del proyecto.

La participación de la comunidad lugareña, así fuese, inicialmente, como usuarios del agua tratada, permitió introducir modificaciones en el sistema, en razón que con los recursos aportados, fue posible adquirir un dispensador y ofrecer agua fría a los estudiantes y, además, dotarlos de recipientes particulares para la recolección y consumo del agua. Esto se logró, aunque el valor establecido en la institución para el botellón de 20 litros del agua de la planta fuera cinco veces inferior al valor del botellón que se ofrece en establecimientos comerciales.

La aceptación del agua tratada por la comunidad del centro poblado de Peralonso llevó a que los habitantes de la localidad participaran, activa y frecuentemente, en la operación y el mantenimiento de la planta e incluso, a que reemplazaran, en estas actividades, a los profesores en las temporadas de vacaciones. La comunidad de la Llanerita inició el proceso con un nivel de apropiación similar al de la comunidad de Peralonso (3,4 contra 3,2, ver Tabla 2). Sin embargo, en la Llanerita se evidencia una leve caída en las visitas siguientes, sin que hubiese una superación sensible en los puntajes asignados. Esta situación tuvo relación con el hecho que el profesor, líder del proceso, enfermó y se ausentó por tiempo prolongado de la institución. Los profesores de la institución lo reemplazaron y lograron mantener, con gran esfuerzo, el nivel alcanzado. En esta localidad, la comunidad tuvo una participación baja que no incidió en el funcionamiento de la planta.

La comunidad de la Institución Educativa de la vereda Brisas del Guayuriba que, al igual que la comunidad de la Llanerita logró, por los puntajes asignados, un nivel notable de apropiación de la tecnología FiME, recorrió un proceso diferente. Inicialmente, los

profesores no confiaban en la planta, no por la planta propiamente dicha puesto que no conocían su esencia, sino porque la fuente de abastecimiento, según su presunción, podría estar contaminada con aguas residuales de explotaciones porcinas vecinas. Al conocer los resultados de laboratorio como evidencia de la calidad del agua tratada, los profesores toman la decisión de atender la planta, pero se presentan problemas con el abastecimiento de agua para la institución, problemas que, a la postre, se solucionan con el apoyo de la comunidad vecina. Se inicia una etapa de trabajo de apropiación de la tecnología FiME en la institución que culmina en resultados plenamente satisfactorios.

Las instituciones de Apiay y de Indostán no lograron niveles destacables de apropiación de la tecnología FiME, por razones diferentes. Apiay es, en la práctica, un barrio de la ciudad de Villavicencio, por tanto los profesores no habitan en los predios del plantel y se proveen del agua potable de la abundante oferta comercial del sector. Algo similar sucede con los estudiantes. Por tanto, la operación y mantenimiento de la planta se convirtió en una "carga" adicional que incrementaba la jornada laboral y académica para unos y otros. Por tanto, no fue posible lograr el funcionamiento adecuado del comité encargado de las instalaciones.

Indostán es una vereda rural. La profesora encargada que habita en los predios del plantel, "delegó" completamente el manejo de la planta en los estudiantes y la persona encargada de la preparación de alimentos, refrigerios y cuidado de las instalaciones de la escuela (la celadora), en consecuencia, no hubo ni control estricto del funcionamiento, ni se realizó el mantenimiento adecuado a la planta.

Esta situación se origina, por una parte, en el hecho que los estudiantes sólo dedican a la planta espacios esporádicos y reducidos de tiempo, liberado de las labores académicas y por otra parte, para la celadora, la planta se convierte en una carga adicional a las funciones diarias. Además, el plantel no cuenta con una comunidad vecina que pudiera, de manera regular, asumir la responsabilidad de controlar los procesos

de operación y mantenimiento de las instalaciones para la potabilización del agua en la escuela. Como resultado se obtienen los modestos niveles de apropiación de la tecnología FiME en la institución educativa de la vereda Indostán.

ELEMENTOS A FAVOR Y EN CONTRA DE LA CONSOLIDACIÓN DE LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS ESTUDIADAS

Con base en el análisis adelantado en los numerales anteriores puede ser posible aproximarse a la identificación de los elementos que, en relación con las circunstancias propias de los contextos de las instituciones vinculadas al proyecto, pudieron incidir de manera positiva o negativa en la consolidación de los procesos de potabilización. Estos elementos podrían ser:

1. La selección de la tecnología para la potabilización del agua. Este aspecto es fundamental. En el presente trabajo se demuestra que la tecnología FiME es una herramienta valiosa y confiable en situaciones análogas a las de las instituciones estudiadas, puesto que a pesar que sólo tres comunidades (Peralonso, Llanerita y Brisas del Guatiquía) lograron niveles aceptables de dominio de la operación y mantenimiento de las plantas, la calidad del agua en todas las plantas fue ampliamente satisfactoria, incluidas aquellas, en las que las comunidades no lograron niveles aceptables de apropiación.

2. La realización de análisis de laboratorio del agua tratada. Los resultados de los análisis de laboratorio del agua tratada generaron confianza en los usuarios. Este hecho no sólo fue importante para la comunidad de la institución educativa de Brisas del Guayuriba, sino incluso para aquellas que, como la comunidad de Apiay, no lograron consolidar el proceso de apropiación de la planta de potabilización.

3. El papel del líder del proceso. Como en todo proceso se requiere un grupo o personas que se comprometan con el proceso, desde posiciones de

liderazgo. En el caso de procesos adelantados en instituciones educativas, se presupone que son los profesores los que deben asumir la posición de líderes porque son las personas con la formación adecuada que les permite emprender nuevos retos y compromisos con la comunidad educativa.

En el presente trabajo este presupuesto se confirma plenamente, en razón que en los tres planteles (Peralonso, Llanerita y Brisas del Guatiquía), en los que se lograron niveles considerables de apropiación de la tecnología FiME, esta apropiación tuvo como sustento la participación activa del profesor o profesora que, en primera medida, abordó los temas de la comprensión de la estructura, el funcionamiento y las necesidades de mantenimiento de la planta; luego, realizó el trabajo necesario para que el comité encargado asumiera las responsabilidades de competencia de cada uno de los integrantes; le brindó a las comunidades vecinas las posibilidades de aprovechar el producto obtenido y las vinculó, cuando ello fue posible, al trabajo de administración y manejo de la planta; organizó la reinversión de los recursos generados por el aprovechamiento del producto - el agua tratada - por la comunidad vecina; entre tantas actividades a las que se puede hacer referencia.

Por el contrario, en las instituciones educativas en las que el nivel de apropiación no se destaca (Indostán y Apiay) la ausencia del liderazgo del (la) (los) profesor(a) (es) fue notoria, en las diferentes etapas del desarrollo del proceso, aunque las causas de esta situación, a las que ya se hizo alusión, hayan sido diferentes en cada caso.

4. El papel de los estudiantes. Los estudiantes de las instituciones educativas, en la mayoría de los casos, participaron en las actividades de operación y mantenimiento de la planta. En la Llanerita, por ejemplo, ellos asumieron un elevado porcentaje de las responsabilidades, al momento de la enfermedad del profesor líder del comité encargado. En Indostán, acompañaron a la celadora, persona en la que la profesora "delegó" el manejo de las instalaciones de tratamiento del agua. En Peralonso y en Brisas del Guayuriba, los profesores siempre contaron con el apoyo y colaboración de sus alumnos. E incluso, en

Apiay, hubo temporadas en las que los estudiantes trabajaron con empeño. Sin embargo, descargar en ellos - los estudiantes- toda, o parte importante, de la responsabilidad del funcionamiento de la planta, es un evento riesgoso, por su formación, la edad y los intereses que manejan.

5. La formación en el manejo del agua. Este aspecto merece una consideración especial, puesto que la escasa formación, evidenciada, en los temas de potabilización del agua a nivel comunitario, incluidos los profesores del plantel, genera desconfianza en la tecnología. Es común que los usuarios hablen de "hervir el agua", al tiempo que se quejan del sabor desagradable del agua hervida; pero, a ciencia cierta no saben para que se hierva el agua y no hay claridad sobre la relación agua - salud. Este hecho lleva a pensar que la formación que se imparte, en todos los niveles, sobre la potabilización del agua es nula. Por tanto, se puede llegar a concebir que en el nivel doméstico o escolar no es posible lograr convertir el agua en un líquido no nocivo para los usuarios. Se considera, en consecuencia, que para potabilizar agua, se requiere tecnologías que no están al alcance del común de la gente y que de éstas sólo pueden disponer personas y compañías especializadas.

Por tanto, la difusión de la esencia de la tecnología y su alcance debe ser una tarea a la que se le dedique espacios suficientes en el tiempo y, además, que se soporte en la demostración de la calidad del agua tratada por medio de los análisis de laboratorio.

6. Mentalidad consumidora. Este es otro obstáculo encontrado. Proveerse de agua tratada es una operación, relativamente, sencilla para los usuarios y, además, de bajo costo, puesto que las bolsas de agua se ofrecen en todas las tiendas y expendios de víveres de la localidad. Por tanto, preocuparse por organizarse para tratar el agua, no es una prioridad, sólo se requiere dotar a los niños del dinero necesario para adquirir el agua potable. A pesar que los niños no siempre invierten el dinero en agua, prefieren hacerlo en artículos de elevado poder calorífico y de sabores agradables para su gusto. De otro lado, un número importante de familias no posee los recursos

para ofrecer a sus hijos la posibilidad de comprar agua.

Por tanto, la dotación de agua potable es una actividad que debe aportar elementos para minimizar riesgos en el consumo de agua y que, además, permita involucrar prácticas de manejo de los recursos naturales en los procesos educativos y de formación de las nuevas generaciones.

Los elementos encontrados en el presente proyecto, que viabilizan y dificultan la consolidación de los procesos de potabilización del agua, están en

CONCLUSIONES

Con base en los resultados del presente trabajo se puede concluir:

La selección de la tecnología más adecuada para la potabilización del agua es una condición importante en la implementación de soluciones, sin embargo, para lograr la consolidación del proceso se requiere niveles aceptables de apropiación (de la tecnología) por parte de los usuarios comunitarios.

En la apropiación de la tecnología por parte de los usuarios se destacan elementos como habilidad y disciplina adquiridas en la operación y mantenimiento de la planta, el liderazgo de las personas encargadas del manejo y administración del sistema y la participación directa o indirecta de la comunidad beneficiaria.

La formación de las comunidades en materia de la potabilización del agua potable es, en general, deficiente, por tanto al iniciar un proyecto comunitario

consonancia, entre otros, con los elementos que ha identificado el Comité Consultivo Técnico de la Asociación Mundial del Agua -GWP-, para la gestión la integrada del agua (Martínez, 2009) en su preocupación como la de tantas otras instituciones y organizaciones en lograr que las inversiones realizadas en el sector agua potable logren los objetivos propuestos, por medio del establecimiento de soluciones autónomas en las que los usuarios adquieran el dominio pleno de las instalaciones construidas y le den al líquido tratado el uso proyectado con las ventajas que este logro garantiza, en especial en materia de salud de los consumidores.

en agua potable, la capacitación de los usuarios en la operación del sistema es una actividad de gran importancia.

Las comunidades suelen ser receptivas con proyectos que les ofrecen ventajas inmediatas y confiables, sin embargo, en primera instancia, pueden convertirse en una carga adicional que interfiere con sus actividades diarias, por tanto, al trabajo de presentación de la esencia y alcances del proyecto se debe dedicar espacios suficientes.

Los elementos, a los que se hace referencia en el presente proyecto, podrían tener elementos comunes, aunque que con sus expresiones propias y características, con proyectos de similar magnitud en condiciones análogas en otras instituciones de la Orinoquia, por tanto puede ser útil, para los gestores de este tipo de soluciones, atenderlos y, de esta manera, orientar la eficacia y eficiencia de las inversiones que, a futuro, se adelanten.

REFERENCIAS

Bachelard G. La formación del espíritu científico. Siglo XXI. 1985. [Citado por Vargas R. Manual de uso y conservación del agua en zonas rurales de América Latina y el Caribe]. Disponible en Internet en: http://www.unesco.org/uy/phi/libros/agua_vida3/cap3.html.

OPS/CEPIS. Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas. 2007.

Di Bernardo L. *Alternativas tecnológicas para o tratamento de agua para consumo humano*. Escola de Engenharia de Sao Carlos da Universidade da

Sao Paulo. Brasil Ponencia Memorias Agua y Sostenibilidad Conferencia Internacional. Cali Colombia, 1998.

Galvis A, Vargas V. Modelo de selección de Tecnología en el tratamiento de agua para consumo humano. Ponencia Memorias Agua y Sostenibilidad. Conferencia Internacional. Cali Colombia. 1998.

Lozano M. Programas y experiencias en popularización de la ciencia y la tecnología: panorámica desde los países del Convenio Andrés Bello, Área de Ciencia y Tecnología de la Organización del Convenio Andrés Bello (CAB). 2005. 267p.

Martínez P, Reynoso S. Investigación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos para la gestión integrada del agua. Órgano de Comunicación Interna. IMTA. 2009. Disponible en Internet en: http://imtanet.imta.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=102:num-12-febrero-2009&catid=73:mare-nostrum-num-13&Itemid=168.

Morín E. Ciencia con Conciencia, Ed. Anthropos, Barcelona. 1984.

Nazarova L, Kafarov V. Optimización de experimentos en la ciencia y tecnología químicas. Moscú. Vyschaya Shkola. 1978. 215 p.

Oñate J, Pereira D, Suárez F, Rodríguez JJ, Cachón J. Evaluación ambiental estratégica: la Evaluación Ambiental de Políticas, Planes y Programas. Mundi-

prensa libros. ISBN: 9788484760139. Madrid, 2002. Disponible en internet en: http://books.google.com.co/books?id=7Cr47NiVklMC&pg=PA27&lpg=PA27&dq=Evaluacion+ambiental+Estrat%C3%A9gica&source=bl&ots=Gn8cCKWSbq&sig=S0FzBHVeRa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10.

Opazo Gutiérrez M. Tecnología para agua potable. Enda. América Latina. Bogotá. 1991. 196 p.

Prada A. Aspectos físico-químicos y alternativas de uso de las aguas de cinco caños de Villavicencio. Orinoquia 1995; 3 (1): 35-49.

Prada A. 2002. El filtro lento de arena para uso doméstico: Manual de construcción, operación y mantenimiento. Editorial Siglo XX. Villavicencio. p.40.

Prada A. Soluciones individuales en potabilización de agua en pequeña escala. Universidad de los Llanos. Editorial Juan XXIII. Villavicencio, 2009. 144p. Disponible en Internet en: <http://apramat.iespana.es/MANEJO%20DE%20AGUAS/SOLUCIONES%20INDIVIDUALES%20.pdf>

Sánchez D. Filtración en Múltiples Etapas. IRC Centro Internacional En Agua y Saneamiento CINARA (2007). Disponible en internet en: http://www.irc.nl/content/download/28978/302417/file/TOP15_MFS_S.pdf

Sagástegui D. La apropiación social de la tecnología. Un enfoque sociocultural del conocimiento. Universidad de Guadalajara. 2005. Disponible en Internet en: <http://www.cem.itesm.mx/dacs/publicaciones/logos/antiores/n49/bienal/Mesa%2012/DianaSagastegui.pdf>