

## ***Metodología para el diagnóstico del saneamiento en comunidades de desplazados en situación de emergencia***

Paula Andrea Villegas González, Alex Mauricio González Méndez, Ramón Eduardo González Salazar, Alirio Cáceres Aguirre y Ehida Juliet Ramírez Guina

Recibido: 19 de noviembre de 2009

Arbitrado y aceptado: 29 de abril de 2010

### **Resumen**

Como parte inicial de la formulación de un plan de saneamiento ambiental en comunidades de desplazados en situación de emergencia, se ha propuesto una metodología base para el diagnóstico, conformada por un conjunto de procesos que se apoyan en herramientas informáticas y mecanismos de participación comunitaria, actividad que cobra importancia dada la creciente necesidad de brindar atención integral y efectiva a las personas desplazadas por la violencia en Colombia. En la investigación se implementó un proyecto piloto en la comunidad de Villa Clarín, que sirve como modelo para otras con características similares. Se recopiló información correspondiente al monitoreo de la calidad del agua, de los residuos sólidos y del sistema de distribución en la comunidad. Así mismo, a través de técnicas etnográficas y construcción colectiva del conocimiento, se llevan a cabo procesos de socialización. La información obtenida es el insumo que hace posible el uso de herramientas para el soporte de decisiones apoyadas en opiniones difusas y árboles de decisión con el fin de seleccionar tecnologías de saneamiento con posibilidad de ser implementadas en las comunidades. Los resultados muestran que en el caso de Villa Clarín, las tecnologías más adecuadas para el tratamiento de agua potable son los filtros de vela; para el manejo de agua residual, las letrinas ecológicas; y , en cuanto al manejo de residuos sólidos, los rellenos sanitarios manuales individuales con separación de la fracción orgánica para compostarla.

**Palabras clave:** persona desplazada, saneamiento, socialización.

## ***Methodology for the environmental sanitation diagnostic for communities in state of displacement***

### **Abstract**

Like initial part in the formulation of an environmental cleaning plan in communities of displaced in emergency situation, a methodology has proposed bases for the diagnosis and is formatted by a set of processes that use computer science tools and mechanisms of communitarian participation. The proposal give importance to increase necessity for generates an integral and effective attention to communities in the state of displacement. In this research, a pilot project experience in the community of Villa Clarín serves like model for other communities with similar characteristics. The compiled information corresponds to the characterization of the water quality, the solid residues and the water distribution system in the community. Also through ethnographic techniques and collective construction of the knowledge, the socialization processes is develop. The obtained data are the impute to use possible a tools decisions supported in diffuse opinions and decision trees. All process to select the cleaning technologies that can be implemented in the communities.

**Keywords:** displaced persons, sanitation, socialization.

## Introducción

Colombia es uno de los países de Latinoamérica que cuenta con el mayor número de personas desplazadas. Según la Consultoría para los Derechos Humanos y el Desplazamiento (Codhes), en los últimos 25 años 4,9 millones de colombianos han dejado su hogar por el conflicto interno. En general, los departamentos que han reportado mayor número de personas desarraigadas son: Antioquia, Bolívar, Magdalena, Chocó, Cesar, Caquetá y Tolima (ACCIÓN SOCIAL, 2010).

La política de atención a la población desplazada contempla, entre otros, la asistencia humanitaria, el cuidado integral básico, la vivienda, las tierras, la generación de ingresos, los retornos y reubicaciones, la verdad, la justicia y la reparación integral. No obstante, a pesar de los esfuerzos del gobierno nacional, algunas zonas no son beneficiadas con los programas y proyectos de ayuda a la población desplazada. Esto ocurre en diversos casos porque las comunidades se encuentran en terrenos no legalizados, lo que genera la no inclusión de estas zonas en los programas del Estado. Es así como varias universidades del país, en su labor de investigación social, presentan proyectos cuyo objetivo es responder a las problemáticas que aquejan a esta población.

En este escenario, las universidades Católica de Colombia, Pontificia Javeriana, Militar Nueva Granada y de la Sabana se han unido con el fin de formular un plan de saneamiento ambiental para comunidades de desplazados, en el que el manejo del recurso hídrico se presenta como uno de los pilares fundamentales en el cubrimiento de la atención integral básica, que es una de las necesidades vitales y urgentes en cualquier población.

Dicho plan pretende involucrar acciones interdisciplinarias en favor del desarrollo sostenible, como ejemplo de rescate y fortalecimiento de la calidad de vida de las comunidades desplazadas en estado de

emergencia. En este artículo se presentan resultados de la investigación. El objetivo es exponer la metodología usada para la construcción de un diagnóstico de saneamiento en comunidades con estas características. Como proyecto piloto, el estudio se llevó a cabo en la comunidad de Villa Clarín, ubicada en los límites entre los departamentos del Magdalena y el Atlántico.

La metodología incluye la aplicación de herramientas hidroinformáticas para la gestión global del recurso hídrico y el uso de metodologías para la optimización de redes de distribución de agua potable. Complementando estas estrategias, se ha hecho la caracterización de la zona de estudio, a través de análisis de calidad de agua, residuos sólidos y encuestas sobre higiene, costumbres y educación, con el fin de conocer el estado del saneamiento ambiental en la comunidad. Para reforzar el trabajo técnico, se han formulado e implementado talleres de participación, fortalecimiento comunitario y referentes ecoteológicos. El acompañamiento a través de talleres le brinda a la comunidad espacios de reflexión sobre el proyecto de Dios en toda su creación, resignificando las relaciones vitales de la comunidad con su entorno y con el agua. Se espera que, a través de este tipo de iniciativas, pueda generarse conciencia e ideas que se conviertan en influencias positivas para la sociedad, en las que los profesionales de las diferentes áreas conocen la importancia del desarrollo y propuesta de nuevas tecnologías, mecanismos de gestión, proyectos de interdisciplinariedad y demás componentes que hacen relevante el estudio del saneamiento ambiental en Colombia.

## Metodología

Las técnicas y métodos utilizados en la formulación del plan de saneamiento ambiental demandó la implementación de un proyecto piloto en la comunidad de Villa Clarín.

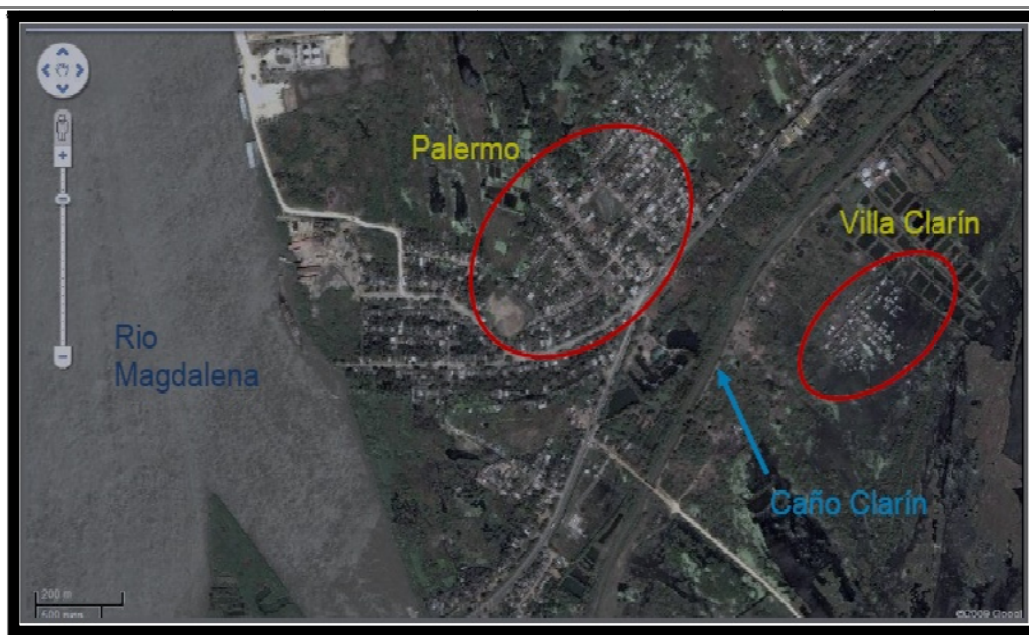


FIGURA 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMUNIDAD DE VILLA CLARÍN

Villa Clarín es una población de desplazados que hace parte del municipio de Sitio Nuevo, ubicado en el departamento del Magdalena, Colombia. El último censo hecho por las universidades evidencia que en esta zona habita una población de 358 personas que han ido llegando desde 1999 y han sido excluidas de las políticas de apoyo a desplazados con las que cuenta el gobierno nacional.

La fuente de subsistencia de la comunidad y de la región es el caño Clarín, de donde la comunidad extrae el agua para consumo, recreación, medio de transporte y trabajo, entre otros. Éste, a su vez, proviene de la carga contaminada del río Magdalena. A continuación se presenta un resumen de la caracterización de la comunidad, producto de los talleres de participación realizados en la zona.

Desde el punto de vista político: (i) Orgullos: familias en acción, legalización de la junta, de la escuela, profesores escalafonados y hogares de Bienestar, (ii) Deficiencias: promesas de vivienda sin cumplir, ausencia de instituciones del Estado y clientelismo político.

Desde el punto de vista económico: (i) Orgullos: lo que se ha construido a través de las ONG, las ayudas y donaciones esporádicas, la pesca, la fábrica de ladrillo, la horticultura, el reciclaje y los oficios varios como actividad de sostenimiento y el beneficio de contar con las viviendas temporales. (ii) Deficiencias: carencia de un puente de acceso más cercano a la vía principal, necesidad de buscar agua de buena calidad en Barranquilla, falta de fuentes de empleo constantes y daño de electrodomésticos y pertenencias por las inundaciones.

Los resultados presentados en este documento corresponden al proyecto desarrollado en la comunidad de Villa Clarín. Sin embargo, la metodología puede ser usada para la fase de diagnóstico en comunidades con características similares y es la base para la formulación del plan de saneamiento ambiental.

En la figura 2 se presenta el esquema conceptual de la metodología, formulada e implementada durante la etapa de diagnóstico del saneamiento ambiental en comunidades de desplazados. A continuación se explica cada uno de los procesos:

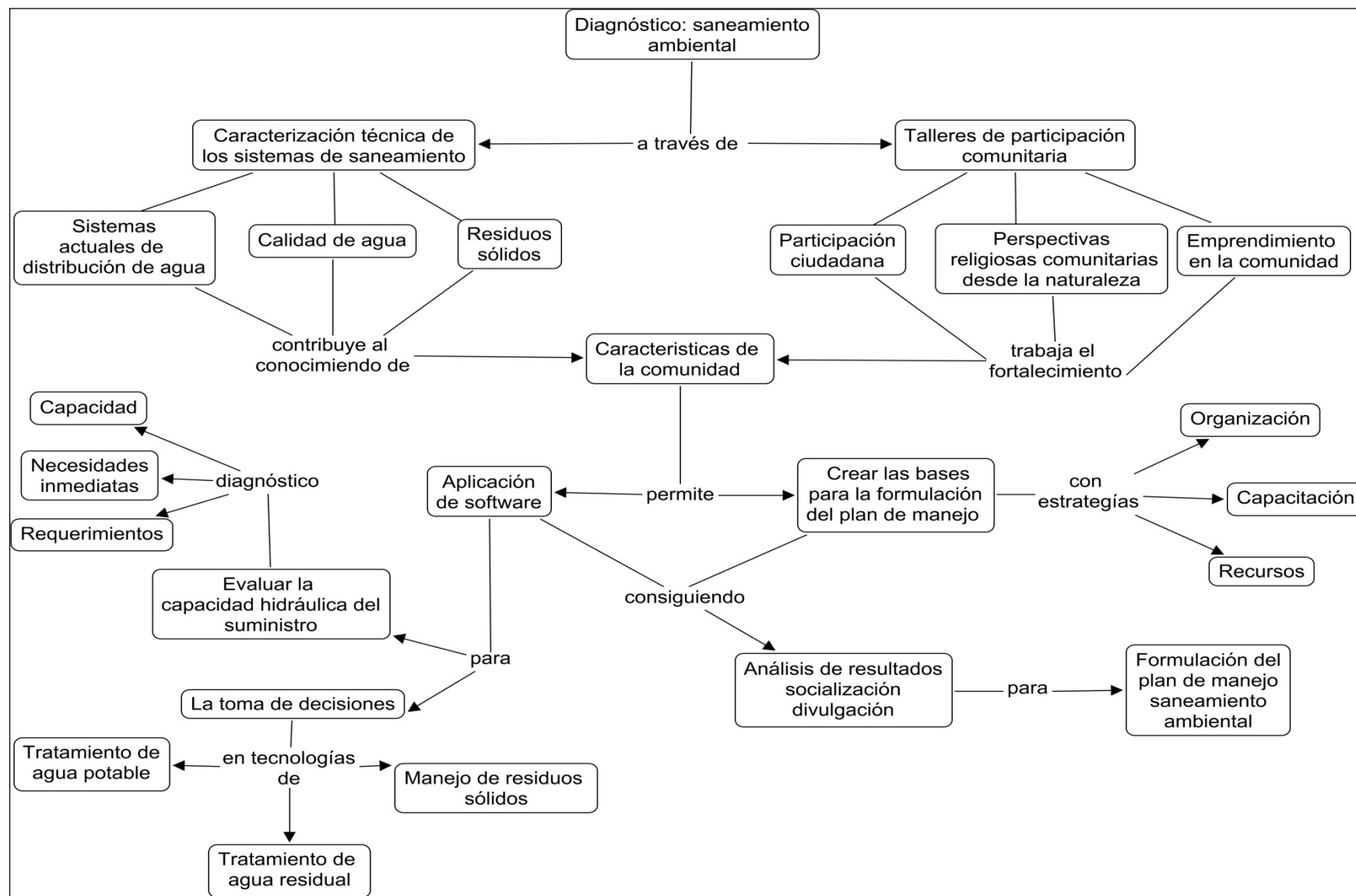


FIGURA 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA

CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO. Para la caracterización de la calidad de agua en la comunidad de Villa Clarín fueron monitoreados tres puntos: el caño Clarín, que es la principal fuente de abastecimiento de la comunidad, un pozo de agua subterránea y un tanque de almacenamiento, los dos últimos ubicados en una de las casas de la comunidad. Se hizo un monitoreo puntual en julio de 2009. Es recomendable hacer un plan de monitoreo que permita analizar la dinámica de la calidad del agua, en tiempo seco y lluvioso.

Se midieron los parámetros mínimos exigidos por la normatividad para la calidad de agua potable, contenidos en el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS, 2000). Los parámetros medidos en campo fueron el oxígeno disuelto, el pH y la temperatura, mientras que en laboratorio se realizaron ensayos para la turbiedad, el color, los fluoruros, los cloruros, los coliformes totales y la demanda bioquímica de oxígeno. Adicionalmente, como complemento a la caracterización del agua, fueron obtenidos los valores de conductividad; sal; cloro libre y cloro total libre (sólo en el pozo y el tanque); fosfatos, sulfatos; hierro y nitritos.

El método utilizado en laboratorio para hacer el análisis de coliformes totales fue filtración por membrana; en el caso de los fluoruros, comparación visual (alizarina); para la DBO5 (demanda bioquímica carbonacea a los cinco días) por SM 5210 B, los cloruros SM 4500-CL-B y la turbiedad SM 2130 B. Las muestras se preservaron en una nevera debidamente sellada para todos los parámetros que se muestrearon. Los laboratorios asociados fueron Analkin, y los de calidad de agua de la Pontificia Universidad Javeriana y de la Universidad Católica de Colombia.

Para la caracterización de los residuos sólidos se presentaron dos técnicas de análisis. La primera consistió en aplicar una encuesta que tuvo como objetivo consultar a los habitantes de la comunidad sobre el manejo, la utilización

y la importancia que le dan a los residuos. Se tomaron aleatoriamente 25 viviendas, correspondiente al 30% de las casas en la comunidad. Por otro lado, fue seleccionado el tipo de muestreo sistemático, teniendo en cuenta las recomendaciones del autor Héctor Collazos, debido a que la distribución se realiza en toda la población. Se podrán tener en cuenta las variaciones que pueda haber en cada unas de las viviendas (RAMÍREZ, 2010).

En cuanto al estudio de los sistemas actuales de distribución de agua, se hizo una evaluación de la capacidad hidráulica de la red de suministro. Con el fin de establecer la capacidad del sistema, es necesario caracterizar los elementos que conceptualmente lo conforman. De esta manera, se debe contar con información del suministro, el consumo de la población y la red de distribución. Finalmente, se construye un modelo que permite realizar el diagnóstico. La información adquirida se traduce en el modelo a través de representaciones de dos tipos de elementos, los componentes físicos y los no físicos (GONZÁLEZ Y OTROS, 2008). Los primeros representan los elementos tangibles del sistema como los nodos de conexión, tanque, reservorios, bombas, fugas, tuberías; los segundos, los elementos no tangibles como el comportamiento de la demanda, las curvas de las bombas y los cambios asociados al control del sistema (HAESTAD METHODS, 2003).

La fase de caracterización de los sistemas de saneamiento estuvo acompañada de actividades de participación comunitaria. Así es posible generar proyectos que la comunidad pueda apropiar, involucrándose desde la fase de planeación hasta las de operación y mantenimiento. Experiencias mundiales como la llevada a cabo en la India con el programa de Unicef del agua y saneamiento ambiental (en marcha de 1966 a 1998) han demostrado que esto puede llegar a garantizar la sostenibilidad. TALLERES DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA. Para el desarrollo de los talleres fueron utilizadas técnicas etnográficas de construcción colectiva del conocimiento a partir de trabajos en grupos de interés y plenarias de socialización. De esta

manera la fase inicial del proyecto logró llevar a cabo tres talleres denominados: los procesos, los logros y las sinergias. El emprendimiento y los aspectos ecoteológicos son talleres que aún están en proceso de formulación y consolidación.

La información encontrada en la caracterización del saneamiento ambiental en las comunidades es elaborada mediante trabajo de campo y los resultados allí obtenidos son el insumo para conocer la colectividad. Estos resultados permiten aplicar herramientas computacionales para evaluar la capacidad hidráulica del suministro y tomar decisiones con respecto a qué tecnologías de saneamiento pueden ser implementadas. De forma paralela a este proceso, se analizan las bases conceptuales del plan de saneamiento ambiental en lo correspondiente a la organización, capacitación y recursos. A continuación se presentan las técnicas utilizadas para estas etapas.

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE SUMINISTRO.** La configuración actual del sistema de suministro de agua fue conocida a través de la descripción realizada por algunos líderes de la comunidad, encargados de su mantenimiento en el territorio. Adicionalmente se realizó un levantamiento topográfico con el fin de conocer las condiciones iniciales del terreno. Estas dos fuentes de información brindan las condiciones para establecer las características de los elementos físicos que serán representados, así como sus condiciones en el terreno.

La demanda de agua se obtuvo a través de la aplicación de una encuesta a cada una de las familias. Esto permitió conocer la realidad del tipo de uso y cantidad de agua específicos de la comunidad. Con la caracterización de cada uno de los elementos del sistema, se conformó un modelo digital hidráulico para ejecutarlo en la plataforma Epanet 2.0, dadas sus ventajas (SALDARRIAGA, 2007).

Para evaluar la capacidad hidráulica de un sistema de suministro existen dos situaciones. Aquella en la que existe un sistema de distribución incipiente y en la que no se cuenta con ninguno. El primer caso corresponde a la situación de Villa Clarín, que se da en comunidades en emergencia que han estado un tiempo considerable en un territorio y han realizado algún tipo de inversión en este sentido. Esta etapa se concentra en evaluar el desempeño hidráulico del sistema construido en relación con la satisfacción de necesidades mínimas. En el segundo caso se evalúa la posibilidad de implementar un sistema de distribución convencional, como sucede en una comunidad en estado de emergencia reciente.

**SOPORTE DE DECISIONES PARA LA ELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO.** Para el proyecto fue utilizada una herramienta de modelación (VILLEGAS Y OTROS, 2007) que está apoyada en técnicas de toma de decisiones y combina sistemas expertos basados en opiniones difusas y árboles de decisión. El primero es usado para establecer un consenso entre las opiniones de un grupo de expertos en tecnologías de saneamiento y busca seleccionar las alternativas óptimas para implementar en una comunidad; y el segundo aporta las características de la comunidad que serán utilizadas por dichos expertos para la toma de decisiones. Las aplicaciones de opiniones difusas están basadas en los aportes hechos por BEN-ARIEH Y CHEN (2006). Para el desarrollo de los árboles de decisión se utilizó el software Weka, desarrollado en la Universidad de Waikato, Nueva Zelanda, bajo licencia GPL.

Con los resultados obtenidos al utilizar estas metodologías se elaboró un análisis que evidencia las problemáticas y fortalezas presentadas en la comunidad de estudio, información que pasa por un proceso de socialización y apropiación en ella. Finalmente fueron encontradas las bases conceptuales en las que se apoya el plan de manejo de saneamiento ambiental.

## Resultados

Se encontró que la red de suministro de Villa Clarín no cumple con las especificaciones técnicas adecuadas para distribuir el agua en la comunidad y no se cuenta con sistemas mejorados de tratamiento de agua. Para esto, se propone la implementación de tecnologías que serán presentadas como resultados en este ítem. Los residuos sólidos están compuestos en su mayoría por pañales y toallas desechables y papel higiénico. La comunidad quiere organizarse como actor social; sin embargo, este proceso lleva tiempo y no está identificado

claramente por la población, lo cual sucede por las condiciones actuales de desplazamiento e incertidumbre frente a su desarrollo. Los resultados esenciales se presentan en seguida.

1. CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO. Los análisis de calidad de agua dieron como resultado los valores de la tabla 1, en la que se observan los datos de los parámetros que superan los límites máximos permitidos por la normatividad en Colombia. Los principales resultados correspondientes a la toma de muestra de residuos sólidos se presentan en la tabla 2 (RAMÍREZ, 2010).

**TABLA 1.** RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA PARA LA COMUNIDAD DE VILLA CLARÍN

| LUGAR DE TOMA DE LA MUESTRA             | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PUNTO 4 | LÍMITE INFERIOR | LÍMITE SUPERIOR | LÍMITE MÁXIMO |
|-----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|-----------------|---------------|
| Valor pH                                | 7,282   | 7,392   | 6,414   | 7,367   | 6,5             | 9               |               |
| Valor turbiedad (UNT)                   | 317     | 25,2    | 8,54    | 0,617   |                 |                 | 5             |
| Valor color (UPC)                       | 2053    | 228     | 60      | 8       |                 |                 | 15            |
| Valor coliformes totales (U.F.C/100 ml) | 7200    | 9500    | 12000   | 0       |                 |                 | 0             |

Punto 1: agua del caño Clarín. Punto 2: agua de pozo artesanal subterráneo. Punto 3: agua del tanque de almacenamiento de una vivienda. Punto 4: agua potable del acueducto de Bogotá. Límites de la norma 0475/98.

**TABLA 2.** RELACIÓN DE KG DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN VILLA CLARÍN

| MATERIAL                     | RESIDUOS SÓLIDOS |                | PROMEDIO (KG) | PORCENTAJE |
|------------------------------|------------------|----------------|---------------|------------|
|                              | 1 Cuarteo (kg)   | 2 Cuarteo (kg) |               |            |
| Desechos de alimentos        | 0,34             | 0,21           | 0,275         | 6,71%      |
| Poda                         | 0,04             | 0              | 0,02          | 0,49%      |
| Otros                        | 0,94             | 1,8            | 1,37          | 33,41%     |
| Papel-cartón                 | 0,42             | 0,49           | 0,455         | 11,10%     |
| Plástico                     | 0,64             | 0,38           | 0,51          | 12,44%     |
| Textil                       | 0,14             | 0,22           | 0,18          | 4,39%      |
| Caucho                       | 0                | 0,1            | 0,05          | 1,22%      |
| Madera                       | 0,16             | 0,25           | 0,205         | 5,00%      |
| Vidrio                       | 0,41             | 0,65           | 0,53          | 12,93%     |
| Metales férreos y no férreos | 0,43             | 0,42           | 0,425         | 10,37%     |
| Huesos                       | 0,08             | 0,08           | 0,08          | 1,95%      |
| Total                        | 3,6              | 4,6            | 4,1           | 100,00%    |

Contenido de otros: pañales y toallas desechables, papel higiénico, suciedad (barrido de casas).

Se halló que el suministro de la red de la comunidad se realiza a través de una conexión establecida con la red de agua del corregimiento de Palermo. De esta manera, el agua pasa primero por allí y luego llega a la comunidad con inconvenientes de calidad y continuidad.

2. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE SUMINISTRO. Dada la localización y las condiciones de desplazamiento de la comunidad de Villa Clarín, los valores determinados como mínimos para el consumo de agua de un habitante por la reglamentación supera en mucho lo que un grupo de este tipo usa. Como primera aproximación a la evaluación del sistema actual, el caudal promedio para cada unidad habitacional (0,18 l/s) se tiene en cuenta en cada una de las casas y se asigna al nodo de consumo en el modelo más cercano. De esta manera, el caudal total de consumo en cada nodo es igual a la sumatoria de los consumos de las casas cercanas.

La información obtenida en las encuestas sugiere características de consumo propias de la comunidad. Villa Clarín es netamente domiciliaria, no cuenta con características de industria y comercio notorias, y es análogo a un consumo de tipo rural.

Como resultado de la modelación, se identifica que la energía en el suministro del sistema es insuficiente para atender a la comunidad: el caudal total requerido es de 10 l/s. Se ha determinado un inconveniente con las pérdidas de las tuberías, ya que son extremadamente altas, hasta valores de 36 m.c.a/km. Esta situación establece un aumento significativo en el costo del suministro si se desea garantizar una presión adecuada. El sobre costo provendría de la necesidad de un bombeo.

3. SOPORTE DE DECISIONES PARA LA ELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO. En la tabla 3 se presentan las etiquetas lingüísticas asignadas a las variables de entrada introducidas en la herramienta de modelación.

TABLA 3. VARIABLES DE ENTRADA QUE CARACTERIZAN LA COMUNIDAD DE VILLA CLARÍN

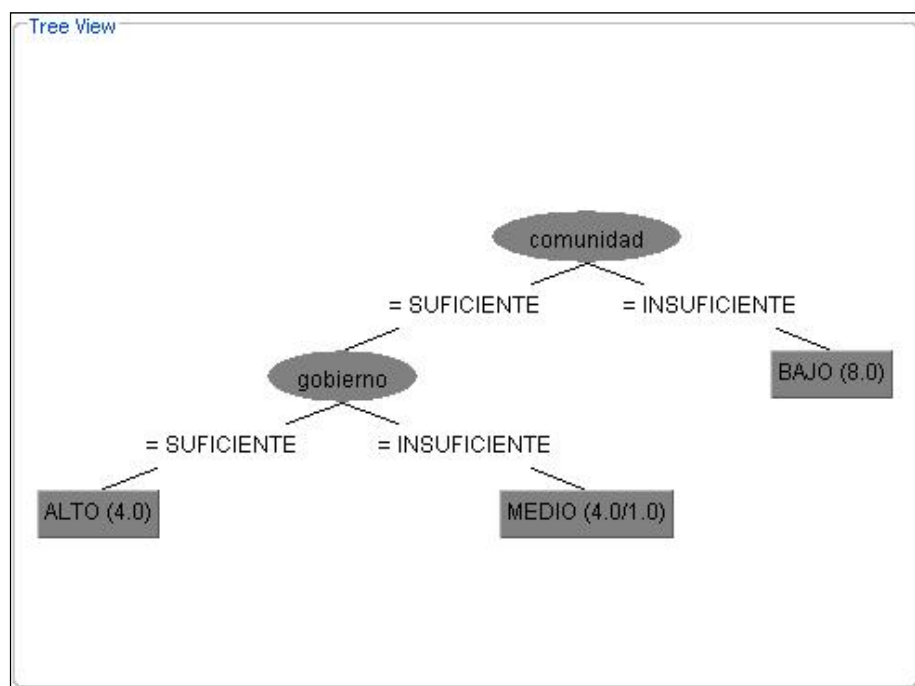
| VARIABLES                                                                 | ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1. Atención primaria de la salud                                          | Baja                   |
| 2. Integración de los componentes de infraestructura (agua y saneamiento) | Baja                   |
| 3. Educación sanitaria                                                    | Baja                   |
| 4. Operación y mantenimiento                                              | Baja                   |
| 5. Aspecto cognitivo                                                      | Fuerte                 |
| 6. Aspecto emocional                                                      | Fuerte                 |
| 7. Aspecto comportamental                                                 | Presente               |
| 8. Información                                                            | Media                  |
| 9. Concertación                                                           | Media                  |
| 10. Gestión                                                               | Baja                   |
| 11. Gobierno                                                              | Insuficiente           |
| 12. Universidad                                                           | Insuficiente           |
| 13. ONG                                                                   | Insuficiente           |
| 14. Comunidad                                                             | Suficiente             |

**TABLA 4.** RESULTADO DE LAS VARIABLES QUE CARACTERIZAN LA COMUNIDAD DE VILLA CLARÍN

| VARIABLES                                       | ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS |
|-------------------------------------------------|------------------------|
| Sostenibilidad                                  | Baja                   |
| Cambios de actitud                              | Alto                   |
| Organización, nivel y ámbitos de participación  | Media                  |
| Apoyo y seguimiento institucional y comunitario | Medio                  |

Los valores de entrada de la tabla 3 sirven de base para caracterizar la comunidad teniendo en cuenta la sostenibilidad, los cambios de actitud, el apoyo y seguimiento institucional y la organización, nivel y ámbitos de participación, como se observa en la tabla 4. En el esquema de la figura 3 se presenta un ejemplo de los árboles de decisión que sirvieron como apoyo para encontrar las respuestas dadas en la anterior tabla. En este caso se asigna el valor medio a la variable apoyo y

seguimiento institucional y comunitario. El árbol clasifica variables de entrada ordenándolas hacia abajo desde el nodo inicial, variable *comunidad*, hasta alguna hoja. Cada nodo (representado por una variable, en este caso gobierno, universidad, ONG y comunidad) en el árbol especifica una prueba de alguna etiqueta (*suficiente o insuficiente*) de la variable anterior, y cada *rama* descendiente desde este nodo corresponde a una de las posibles etiquetas para esta variable.



**FIGURA 3.** ÁRBOL DE DECISIÓN CORRESPONDIENTE A LA OPINIÓN DEL FILÓSOFO RAMÓN EDUARDO GONZÁLEZ SALAZAR

**TABLA 5.** RESULTADOS DE TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

| RESULTADO ÁRBOLES DE DECISIÓN |           |           | POSICIÓN ALTERNATIVAS TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE |     |     |     |     |     |     | PESOS EXPERTOS |
|-------------------------------|-----------|-----------|---------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| Variables                     | Etiquetas | Expertos  | Alternativas                                      | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |                |
| Sostenibilidad                | Baja      | Experto 1 | 134256                                            | AP1 | AP3 | AP4 | AP2 | AP5 | AP6 | 0,4            |
| Actitud                       | Alta      | Experto 2 | 423156                                            | AP4 | AP2 | AP3 | AP1 | AP5 | AP6 | 0,2            |
| Participación                 | Media     | Experto 3 | 462351                                            | AP4 | AP6 | AP2 | AP3 | AP5 | AP1 | 0,2            |
| Apoyo                         | Medio     | Experto 4 | 246513                                            | AP2 | AP4 | AP6 | AP5 | AP1 | AP3 | 0,2            |
| Resultados                    |           |           |                                                   | AP4 | AP3 | AP2 | AP1 | AP5 | AP6 | 1              |

AP1: sistema de tratamiento de agua potable 1, AP2: sistema de tratamiento de agua potable 2.

Luego de tener los resultados de la caracterización de la comunidad, esta información es la base de entrada para encontrar en los árboles de decisión, producto de la opinión de los expertos en ingeniería y tecnologías de saneamiento, un orden de priorización de alternativas. En la tabla 5 se observan los resultados obtenidos por cuatro expertos para el tratamiento de agua potable.

En la primera columna se encuentran las variables que caracterizan a la comunidad, seguida de la etiqueta asignada para Villa Clarín luego de la implementación de los árboles de decisión. Posteriormente está el nombre de cada experto y frente a cada uno de ellos figura un número que corresponde a las alternativas priorizadas para cada sistema. Después se hallan las posiciones en las que están dichas alternativas y al final de la tabla la última columna contiene el peso de los expertos, asignado dependiendo de su experiencia en el tema, que en este caso sería tratamiento de agua potable. En la última fila se encuentra el resultado de orden de alternativas para el tratamiento, según el acuerdo del grupo.

Para el tratamiento de agua potable las alternativa uno, dos y cuatro tuvieron un grado de acuerdo del 92% entre el grupo de expertos, seguidas de la tres (84%), la seis (76%) y la cinco (64%). El grado de acuerdo del grupo es del 83%.

De igual manera se obtuvieron los resultados para tratamiento de agua residual y manejo de residuos sólidos. Finalmente, para el tratamiento de agua potable la alternativa escogida son filtros de vela; para tratamiento de agua residual, letrina ecológica; y para manejo de residuos sólidos, relleno sanitario manual individual con separación de la fracción orgánica para compostarla.

## Discusión

En la construcción e implementación del diagnóstico de los sistemas de saneamiento ambiental se obtuvieron los resultados enunciados con anterioridad. La discusión respectiva se presenta a continuación.

**CALIDAD DE AGUA.** Los resultados del monitoreo de calidad de agua mostraron que en uno de los puntos evaluados se presentó un valor en el pH que no se figura entre los límites de los estándares de la normatividad colombiana. Se podría considerar que el valor bajo de pH del agua tratada en Villa Clarín, almacenada en los tanques, requerirá de una adición de alcalinizante para elevar el valor de pH o quizás se deba revisar la dosificación de elementos químicos introducidos para su tratamiento.

Respecto de la turbiedad, el resultado encontrado en el tanque se acerca al valor requerido según el Decreto 0475 de 1998, dado

por el Ministerio de Salud. Esto se debe a los procesos de purificación del agua cruda utilizada en Villa Clarín (piedra alumbre y cloro), pero en los otros puntos la turbiedad supera el límite, especialmente en el agua del caño. Este parámetro es esencial en el tratamiento y potabilización del agua. Se evidencia la alta contaminación por coliformes totales, que es uno de los focos principales de enfermedades intestinales y complicaciones para la población. Es de prioridad sanitaria mitigar este problema de contaminación del agua.

**MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.** Entidades como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam), el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef) y el Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico (Cinara) han dado a conocer alternativas tecnológicas económicas y viables para el manejo de residuos sólidos en poblaciones menores de 50.000 habitantes.

Comunidades pequeñas como Villa Clarín, que cuenta con tan sólo 358 habitantes, permiten analizar un panorama diferente por tamaño y también por localización y situación de desplazamiento. Los resultados del manejo de residuos sólidos evidencian que sólo el 6,71% del total de los residuos sólidos son desechos de alimentos, seguramente porque la mayor parte de la población tiene acceso a dos comidas diarias. El valor más alto corresponde al 33,41%, que constituye el material determinado como otro (pañales y toallas desechables, papel higiénico y suciedad -barrido de casas-); y en material textil, 4,39 %. Estos porcentajes se deben, en su mayoría, a los materiales provenientes de los subsidios otorgados por entidades públicas que ofrecen apoyo a comunidades desplazadas en dinero y componente mínimo para subsistir.

El 12,93% del material es vidrio. Esto ocurre porque periódicamente recogen objetos de Barranquilla, los llevan a sus hogares para

reusarlos y si no les son útiles los arrojan a la basura. Además, Villa Clarín cuenta con tiendas donde comercializan materiales embotellados como vino, aceite, gaseosa, entre otros. El 12,44% de los residuos fue plástico, proveniente de las ventas de productos en pequeñas cantidades y empacadas en dicho material.

En Villa Clarín hay habitantes que trabajan con el reciclaje, pero no tienen claros todos los tipos de papel y cartón que se pueden vender. Se encontró que el 11,10% del material es papel, cartón húmedo como cuadernos y bolsas de papel de cemento de la construcción del colegio de la comunidad.

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE SUMINISTRO.** Desde el punto de vista hidráulico, el hecho de que una comunidad esté conectada al final de una red de suministro determina escasez si la cabeza de energía no es suficiente o si los consumos son altos, con respecto a la disponibilidad. Es el caso de Villa Clarín: sólo en las horas de bajo consumo en Palermo se dispone de agua. Adicionalmente, teniendo en cuenta el flujo del río Magdalena, el corregimiento de Palermo se encuentra aguas abajo de Villa Clarín, lo cual crea un problema respecto de la energía disponible en el sistema.

Uno de los elementos determinantes en la configuración de un sistema de distribución es el consumo de agua de las comunidades. Este condiciona la cantidad de agua para ser suministrada y, por consiguiente, las dimensiones de todos los demás elementos. Por otro lado, la demanda de agua no es estática a lo largo del día, presenta una distribución que habitualmente considera la variabilidad horaria. La distribución de la demanda de una población depende de las costumbres, del tipo de actividades que desarrollen y del clima, entre otros.

Tanto la variabilidad como la cantidad de agua disponible se encuentran reglamentadas y conforman unas de las variables de entrada para el diseño y construcción de este tipo de

infraestructura. Dadas las condiciones de la comunidad de Villa Clarín, los valores determinados como mínimos para el consumo de agua de un habitante por la reglamentación supera muchos sus necesidades. Esto hace que la construcción de un acueducto convencional sea mucho más costosa de lo que la comunidad necesita, ya que según el RAS el mínimo consumo para diseño es de 100 litros por habitante al día.

**SOPORTE DE DECISIONES PARA LA ELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO.** En algunas de las metodologías estudiadas para la toma de decisiones, se encuentran desarrollados sistemas como el propuesto por el Cinara de la Universidad del Valle, en Colombia, con un proyecto para la selección de tecnologías y análisis de costos en sistemas de potabilización de agua entre 1996 y 1998 (GALVIS Y VARGAS, 1998), estudios como el modelo de la Universidad de Oklahoma desarrollado con el auspicio del AID y el respaldo de organizaciones como Cepis, OMS, IRC e instituciones de Europa, África y Asia. Involucra en sus criterios de selección aspectos socioeconómicos, disponibilidad de recursos locales, calidad de agua cruda e información demográfica. La Universidad de Queensland desarrolló en 1997 un modelo considerando aspectos técnicos, socioculturales y económicos.

Por otra parte, en el estudio de viabilidad en Cochabamba sobre sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina, llevado a cabo de 2000 a 2002, se utilizó como criterio para elegir los sistemas de tratamiento el uso de la infraestructura existente y la disponibilidad de área para ampliación. Para la toma de decisiones se han desarrollado modelos basados en los métodos de programación multicriterio, a partir de la programación multiobjetivo, complementada con la programación compromiso y por metas (BOCOO Y OTROS, 2002).

Los conceptos presentados en dichos estudios fueron un componente importante para la

implementación de la herramienta hidroinformática (definición de variables del sistema). El aporte de esta investigación radica en la posibilidad de usar sistemas inteligentes para caracterizar una comunidad vulnerable en estado de emergencia, como lo es una de desplazados, y elegir sistemas de saneamiento apropiados teniendo en cuenta el conocimiento de expertos en diversas disciplinas (y considerando las características de la comunidad).

**FUNDAMENTOS ORGANIZACIONALES, EDUCATIVOS Y ECONÓMICOS.** Hay una actitud positiva frente al trabajo comunitario y el proyecto social de la población de Villa Clarín. Sin embargo, esto no se refleja en impactos sociales reales, ya que no hay avances en el acceso a las necesidades básicas. Ellos consideran que la comunidad necesita más cohesión social y los dirigentes deben tener mayor capacidad de gestión. En ocasiones no se sienten representados por los líderes que ellos mismos eligieron. Los participantes en los talleres proponen acciones colectivas de movilización, convencionales, para que la comunidad sea tenida en cuenta por los actores sociales como las instituciones públicas y la empresa privada.

Aunque se ha logrado mayor cohesión social existen síntomas de división comunitaria debido a los intereses económicos de diferentes actores de la zona que tratan de fraccionar al grupo. La comunidad ha aprendido a gestionar de manera constructiva y productiva los conflictos familiares, interpersonales y sociales. No se ha logrado que toda ella se beneficie de la política pública para la atención a la población desplazada.

## Conclusiones

Esta investigación propone una metodología que puede ser usada en la construcción de un diagnóstico de saneamiento en comunidades de desplazados en situación de emergencia. A través de la aplicación de herramientas hidroinformáticas para la gestión global del

recurso hídrico, se logra caracterizar a este tipo de comunidades teniendo en cuenta no sólo aspectos técnicos, sino también sociales, económicos y psicológicos.

El uso de metodologías para la optimización de redes de distribución de agua potable evidencia las diferentes características que presentan estas comunidades en términos de consumos y demandas de agua, lo cual permite contar con diagnósticos que tienen en cuenta condiciones de diseño diferentes a las presentadas por la normatividad colombiana.

La caracterización de la zona de estudio a través de análisis de calidad de agua, residuos sólidos y encuestas sobre higiene, costumbres y educación, permitió conocer el estado del saneamiento ambiental en la comunidad de Villa Clarín. La formulación e implementación de talleres de participación, fortalecimiento comunitario y referentes ecoteológicos son un ejemplo de cómo cualquier proyecto que busque ser sostenible debe tener en cuenta las necesidades y visiones de futuro de las comunidades en donde se quieren implementar. El acompañamiento a través de talleres le brindó a la comunidad un espacio de reflexión con respecto al proyecto de Dios sobre toda su creación, resignificando las relaciones vitales de la comunidad con su entorno y específicamente el agua. El proyecto presentado en este artículo muestra que es posible articular la labor académica con la problemática del país, favoreciendo la formación de profesionales sensibles que pueden proponer nuevas ideas enfocadas a la generación de impactos positivos a la sociedad, lo que hace relevante el estudio del saneamiento ambiental en Colombia.

## Bibliografía

- ACCIÓN SOCIAL. *Desplazamiento forzado en Colombia* [En línea]. Recuperado en agosto de 2010 de <http://www.cancilleria.gov.co>.
- BEN-ARIEH, DAVID Y ZHIFENG, CHEN. Linguistic group decision-making: opinion aggregation and measures of consensus. En: *Fuzzy Optim Decis Making*; octubre de 2006 5(4): 371-386.
- BOCCO, MÓNICA; SAYAGO, SILVINA Y TÁRTARA, ENZO. Modelos multicriterio: una aplicación a la selección de alternativas productivas. En: *Agricultura técnica* (Chile), 2002: 62(3), 450–462.
- GALVIS CASTAÑO, ALBERTO Y VARGAS, VIVIANA. Modelo de selección de tecnología en el tratamiento de agua para consumo humano. En: *Seminario taller, agua y sostenibilidad conferencia internacional*, Agua 98, Cinara, 1998, pp. 1–15.
- GONZÁLEZ MÉNDEZ, ALEX MAURICIO; RAMOS, JUAN PABLO Y CAMACHO, LUIS ALEJANDRO. Modelo matemático para contaminantes en la red matriz de agua potable de Bogotá. En: *Ciencia, tecnología e innovación Tomo 1*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2008, pp. 92-101. ISBN 978-958-8465-02-9.
- HAESTAD METHODS. Advanced water distribution modeling and management. Waterbury, CT USA. Haestad Press, 2003. 751 p.
- MITCHELL, TOM. *Machine Learning*. 1a. ed. Estados Unidos de América: McGraw-Hill, 1997. 414 p.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD/ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD Y AGENCIA DE COOPERACIÓN TÉCNICA ALEMANA (OPS/OMS y GTZ). *Aspectos de gerencia de proyectos de desarrollo social, curso de autoinstrucción*, 2007.
- RAS. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. República de Colombia. Ministerio de desarrollo económico: Bogotá, 2000.
- RAMÍREZ GUINA, EHIDA JULIET. Manejo de residuos sólidos en comunidades de desplazados en estado de emergencia, caso de estudio Villa clarín, Magdalena. Trabajo

de grado para optar al título de Ingeniera Civil. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, 2010. 146p.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Decreto Número 475 de 1998. “Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable”. Bogotá, 10 de marzo de 1998.

SALDARRIAGA, JUAN. Hidráulica de tuberías. 2 ed. Bogotá D C.: Alfaomega-Universidad de los Andes, 2007.

UNICEF. *Aprender de la experiencia: el programa de agua y saneamiento ambiental en la India*. Nueva York, Estados Unidos, septiembre de 2002. VILLEGAS GONZÁLEZ, PAULA ANDREA, OBREGÓN, NELSON Y LARA, JAIME. Estudio de infraestructura ambiental sostenible en el trapezio amazónico colombiano articulando aspectos científicos y tecnológicos con participación comunitaria. Trabajo de titulación para optar al título de magíster en Hidrosistemas. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería Civil, 2007. 115p.