



**Estado de mejoramiento
del **acueducto
comunitario**
de Playa Rica, Villavicencio**



Estado de mejoramiento del
acueducto comunitario
de Playa Rica, Villavicencio



**UNIVERSIDAD
CENTRAL**

FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento de Ingeniería Ambiental

Estado de mejoramiento del
acueducto comunitario
de Playa Rica, Villavicencio

**Grupo de investigación Agua
y Desarrollo Sostenible**

Coordinador

Rodrigo Marín R.

Equipo de trabajo

Félix Darío Sánchez

Gélber Gutiérrez

Carolina Ospina

Cristian Díaz

Érika Torrado

Colaboradores

Julio Ramírez

Leonardo Calle

Sandra Bautista

Bogotá, 2013



**UNIVERSIDAD
CENTRAL**

Consejo Superior

Jaime Arias Ramírez (Presidente)
Fernando Sánchez Torres
Rafael Santos Calderón
Jaime Posada Díaz
Pedro Luis González Ramírez
(Representante del personal académico)
Angélica María González Gómez
(Representante estudiantil)

Rector

Guillermo Páramo Rocha
Vicerrectora Académica
Ligia Echeverri Ángel
Vicerrector Administrativo y Financiero
Nelson Gnecco Iglesias

UNA PUBLICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Cristian Julián Díaz Álvarez
Director

Rodrigo Marín R.
Director grupo Agua y Desarrollo Sostenible

Estado de mejoramiento del acueducto comunitario de Playa Rica, Villavicencio

ISBN para PDF: 978-958-26-0263-5

Autores: Rodrigo Marín, Félix Darío Sánchez, Gélber Gutiérrez,
Carolina Ospina, Cristian Díaz y Érika Torrado

Primera edición: noviembre de 2009

Edición corregida: 2013

Ediciones Universidad Central

Carrera 5 N.º 21-38. Tel.: 334 49 97

editorial@ucentral.edu.co

Catalogación en la Publicación Universidad Central

Estado de mejoramiento del acueducto comunitario : Playa Rica, Villavicencio / Grupo de Investigación Agua y Desarrollo Sostenible ; coordinador Rodrigo Marín Ramírez. -- Segunda edición. -- Bogotá : Ediciones Universidad Central, 2013.

291 páginas : ilustraciones ; 28 cm

ISBN para PDF: 978-958-26-0263-5

1. Acueductos - Aspectos ambientales - Administración - Playa Rica - Villavicencio - Meta - Colombia 2. Abastecimiento de agua - Aspectos ambientales - Administración - Playa Rica - Villavicencio - Meta - Colombia 3. Distribución del agua - Aspectos ambientales - Administración - Playa Rica - Villavicencio - Meta - Colombia 4. Cuencas hidrográficas - Aspectos ambientales - Playa Rica - Villavicencio - Colombia I. Universidad Central (Bogotá, Colombia). Departamento de Ingeniería Ambiental. Grupo de Investigación Agua y Desarrollo Sostenible II. Marín Ramírez, Rodrigo, coordinador

628.15 -dc23

PTBUC/RVP

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Departamento de Comunicación y Publicaciones

Dirección: Edna Rocío Rivera P.
Coordinación editorial: Héctor Sanabria R.
Diseño y diagramación: Álvaro Silva Herrán
Diseño de carátula: Álvaro Silva Herrán
Corrección de textos: Marcela Garzón

Editado en Colombia - Published in Colombia



Material publicado de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons 4.0 internacional. Usted es libre de copiar, adaptar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, siempre y cuando dé los créditos de manera apropiada, no lo haga con fines comerciales y difunda el resultado con la misma licencia del original.

Contenido

Prólogo	9
Presentación.....	11
Introducción	13
Parte 1. Diagnóstico físico e integral de la microcuenca de la quebrada Caño Grande	17
1. Objetivos	19
1.1. General	19
1.2. Específicos	19
2. Generalidades de la región.....	20
2.1. Localización.....	20
2.2. Geología	20
2.3. Geomorfología.....	21
2.4. Fisiografía	22
2.5. Suelos	23
2.6. Perfiles modales.....	27
2.7. Cobertura vegetal	29
2.8. Fauna.....	30
2.9. Población	30

2.10. Cartografía	30
2.11. Caracterización climática	36
3. Caracterización hidrográfica	48
3.1. Definición de cuenca hidrográfica	48
3.2. Criterios de clasificación de cuencas	49
4. Caracterización hidrológica.....	49
4.1. Oferta hídrica superficial.....	50
4.2. Modelo lluvia-caudal	53
4.3 Curva de duración de caudales medios mensuales	60
4.4 Balance hídrico superficial	62
5. Indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico	64
5.1 Indicadores	64
Parte 2. Diagnóstico teórico, administrativo, comercial y financiero de los sistemas de acueducto derivados de la quebrada Caño Grande	75
1 Introducción	77
2 Evaluación prospectiva de los sistemas de acueducto que se abastecen de la quebrada Caño Grande	78
3 Nivel de complejidad y periodo de evaluación	80
3.1. Proyección poblacional	80
3.2 Dotación neta.....	87
3.3 Dotación bruta y pérdidas	88
3.4 Proyección de la demanda y el almacenamiento	90
4 Diagnóstico técnico de los sistemas de acueducto que se abastecen de la quebrada Caño Grande	102
4.1 Sistema de acueducto Playa Rica	102
4.2. Sistema de acueducto ESPO-Ceaimba	140
5. Propuesta de integración de los sistemas de acueducto para el abastecimiento de la Comuna 8 de Villavicencio	162
6 Diagnóstico institucional de los prestadores del servicio de acueducto	166
6.1 Panorama de los acueductos comunitarios	166
6.2. Antecedentes constitucionales y legales relativos a los servicios públicos domiciliarios.....	167
6.3. Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica	170
6.4. Acueductos comunitarios ESPO S.A. ESP vs. Ceaimba	175
Parte 3. Calidad del agua.....	183
1 Introducción.....	185
2 Marco legal.....	186
3 Estado actual de la calidad del agua	187
4 Propuestas de mejora.....	198

Parte 4. Construcción de procesos participativos en la microcuenca de la quebrada Caño Grande	201
1 Introducción.....	203
2 Guía metodológica para la elaboración de diagnósticos ambientales participativos en Playa Rica	204
2.1 Marco teórico	204
2.2 Marco metodológico	209
3 Diagnóstico ambiental participativo	215
3.1 Visiones desde la comunidad	215
3.2 Análisis técnico-ambiental y social	225
4 Programa de Ahorro y Uso Eficiente de Agua para los Usuarios y el Acueducto del Barrio Playa Rica-PAUA-PR	232
4.1 Introducción.....	232
4.2 Justificación del PAUA-PR	233
4.3 Objetivos del PAUA-PR.....	233
4.4 Marco normativo del PAUA-PR.....	234
4.5 Marco conceptual del PAUA-PR.....	236
4.6 Evaluación del sistema de abastecimiento y disposición del agua	237
4.7 Formulación del Programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua.....	239
4.8 Programas	239
4.9 Ejercicios piloto de las actividades del subprograma de educación ambiental	252
Conclusiones	275
Bibliografía	287
Anexo	293

Prólogo

.....

Los acueductos comunitarios son una modalidad que viene adquiriendo gran relevancia en no pocas regiones colombianas. La importancia del manejo, el control y el abastecimiento del servicio de agua viene aumentando en la medida de la demanda de este recurso y por la exigencia del sector público de unas mínimas condiciones para su operación; sobre esto último, debe decirse que se pretende homogeneizar su manejo a través de empresas con un régimen jurídico especial.

El presente informe, elaborado por el grupo de investigación Agua y Desarrollo Sostenible, de la Universidad Central, muestra uno de los resultados que debe enmarcar la responsabilidad social entre dos organizaciones sin ánimo de lucro, es decir, la cooperación institucional; además, es prueba del aporte social de un grupo de profesores comprometidos con un tema de imperecedera necesidad.

En el convenio suscrito para el desarrollo del proyecto denominado “Mejoramiento de las instalaciones del acueducto comunitario de Playa Rica, Villavicencio, Colombia”, financiado por la alcaldía de Luxemburgo y la organización no gubernamental (ONG) Enfant’s de L’Espoir, la Universidad también participó en la promoción de la participación comunitaria, la capacitación y la concertación de las comunidades en la gestión y el manejo integral de la microcuenca, así como en la elaboración del programa de ahorro y uso eficiente del agua y de fortalecimiento institucional.

El informe presenta el diagnóstico integral de la microcuenca de la quebrada Caño Grande (estado, uso del suelo, oferta, demanda, calidad del agua, entre otros) que surte al acueducto comunitario de

Playa Rica en Villavicencio, donde debe destacarse la propuesta de integración de los acueductos para el abastecimiento de la comuna 8 de Villavicencio, y los anexos que dan testimonio de la participación de la comunidad durante las labores de investigación.

Sin duda, el informe realizado por el grupo de trabajo de la Universidad Central será de gran utilidad como guía de consulta y, en especial, como documento válido para la gestión de los recursos hídricos y de apoyo institucional (público o privado, nacional o internacional) en el mejoramiento de las instalaciones, la operación y la prestación del servicio de los acueductos comunitarios que disfrutaban del agua de la quebrada Caño Grande.

Édgar Oviedo Pérez
Director
Fundación Niños de la Esperanza

Presentación

.....

En el concierto mundial, Colombia aparece como un país privilegiado por su ubicación geográfica y como uno de los países más ricos en biodiversidad; asimismo, como un territorio favorecido por la naturaleza en cuanto a recursos hídricos se refiere, lo cual lo convierte en un país estratégico en el mundo.

Sin embargo, en contraste con lo anterior, el modelo actual de desarrollo ha hecho que Colombia sea uno de los países que con mayor rapidez está destruyendo su patrimonio, amenazando no solo especies, ecosistemas, medio ambiente y recursos naturales renovables, sino también procesos de desarrollo económico, social y cultural.

La preocupación que surge, entonces, al observar el deterioro del recurso hídrico, que se ha venido intensificando con el paso del tiempo, es buscar el momento adecuado para que la ciencia y la tecnología se articulen con el fin de encontrar soluciones a los problemas ambientales.

No obstante, hasta ahora no se ha logrado detener el proceso de agotamiento de los recursos naturales ni el de la contaminación del medio ambiente; por el contrario, a los desastres naturales se adicionan los accidentales o los indirectamente provocados, que contribuyen al deterioro de las aguas, la deforestación de bosques, la desaparición de especies animales y al incremento de las enfermedades, entre otros, que ponen en riesgo a comunidades y pueblos enteros.

Las anteriores apreciaciones han llevado a la Universidad Central a desempeñar un papel protagónico en el estudio de la cuenca de la quebrada Caño Grande, donde se asienta una

importante comunidad con desconocimiento acerca de la conservación y el manejo de esta área hidrográfica, como principio básico de la sostenibilidad del recurso hídrico en el transcurso del tiempo.

La cuenca de la quebrada Caño Grande, a pesar de tener un régimen muy húmedo, en promedio anual presenta dos períodos extremos, uno con alta precipitación, que abarca dos terceras partes del año, y otro más corto pero con temporadas muy secas, heterogeneidad en el comportamiento del clima que hace que se presenten períodos con situaciones de racionamiento de agua, mientras que en otros se presentan inundaciones y deslizamientos de alto riesgo.

Este estudio contiene una visión sobre lo que una comunidad organizada puede hacer para mejorar las condiciones ambientales de la cuenca, mediante un manejo integral del recurso hídrico, el cual se interrelaciona con otros campos de investigación como el del suelo, el bosque, la calidad del agua, la demanda y, especialmente, la participación comunitaria, que en su conjunto llega a propiciar la construcción de obras hidráulicas y a plantear los mecanismos para el ahorro y el uso eficiente del agua con alto beneficio para la vereda Playa Rica y sus moradores.

La Universidad Central, a través del Departamento de Ingeniería Ambiental y del grupo Agua y Desarrollo Sostenible, en coordinación con la organización no gubernamental (ONG) Niños de la Esperanza, realizó este diagnóstico con la participación de un grupo de docentes investigadores; los resultados obtenidos son los que se presentan a continuación.

Rodrigo Marín Ramírez
Coordinador

Introducción

.....

Se ha elaborado este estudio para dar a conocer los aspectos más relevantes del agua de la cuenca de la quebrada Caño Grande, enfocados de manera práctica y expuestos con carácter técnico, pero de la forma más directa posible para el conjunto de la comunidad, los técnicos y especialistas, así como para los no expertos en la temática.

Con este estudio se pretende describir el empleo del agua en su ciclo integral (situación actual, usos múltiples, consumo real) y de esta manera empezar a aportar los más útiles e importantes aspectos de la planificación futura, con los siguientes objetivos:

- Resolver el posible déficit existente de los recursos hídricos de la región.
- Mejorar la utilización racional del agua actual y potencial.
- Definir los núcleos húmedos y secos en la cuenca que guardan alguna relación con la alternancia climática.
- Potenciar, desde esta perspectiva, un desarrollo sostenible y ambientalmente adecuado de la vereda Playa Rica en su conjunto.
- Trabajar con la comunidad aspectos prioritarios como la participación y la comunicación, considerando igualmente principios de equidad y sostenibilidad del recurso agua.

Otro objetivo fundamental del presente estudio es facilitar información contrastada a la comunidad referente a la realidad del agua, para fomentar el conocimiento, la reflexión y el debate acerca de un tema de vital importancia y frecuentemente desconocido.

En realidad, hoy se puede hablar en la región de la problemática del agua; pero para abordarla adecuadamente se deben evitar planteamientos abstractos y tomar como punto de partida la coexistencia de múltiples problemas asociados al agua; problemas parciales, distintos, entrecruzados, divergentes; problemas antiguos que desaparecen y nuevas cuestiones que se plantean al margen de experiencias anteriores.

En sí, se trata de poner sobre la mesa problemas concretos, información y datos relativos a estos, y propuestas de reflexión y debate sobre las posibles soluciones. Todo ello en relación con los aspectos del agua que más directamente han venido afectando a la comunidad de Playa Rica y a las veredas vecinas.

En el estudio se han considerado los ejes temáticos de las ciencias de la tierra que contribuyen tanto directa como indirectamente a la evaluación de los recursos hídricos en la cuenca de la quebrada Caño Grande. También se han tenido en cuenta, en principio, los cambios que muestran las condiciones climatológicas de la región, en especial cuando se presentan escenarios extremos como los fenómenos cálido y frío del Pacífico, El Niño y La Niña, asociados al cambio climático, además de las actividades antrópicas que transforman el medio, en la medida en que se incrementan la demanda del agua y de los recursos naturales, y consecuentemente afectan la calidad del agua.

El texto se ha dividido en cuatro partes, que refieren los siguientes temas:

Diagnóstico físico e integral de la microcuenca de la quebrada Caño Grande (oferta hídrica)

Se desarrolla esta actividad a partir del diagnóstico y la caracterización hidrológica de la microcuenca, en aspectos relacionados con su morfometría, climatología, hidrografía, suelos y cobertura vegetal. Las múltiples caracterizaciones implican el conocimiento y el análisis de los recursos naturales, entre ellos el agua, así como las formas más comunes de uso, aprovechamiento y conservación, que permitan el cálculo del balance hídrico y establecer indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico.

Diagnóstico técnico, administrativo, comercial y financiero de los sistemas de acueducto derivados de la quebrada Caño Grande

Una evaluación prospectiva de los sistemas de acueducto que se abastecen de la quebrada Caño Grande, a partir de la recolección, el análisis, el procesamiento y la evaluación de información, permite determinar dotaciones y proyecciones de demanda de agua y sistemas que se surten de la quebrada. Lo anterior se complementa con el diagnóstico institucional de los prestadores del servicio de acueducto, para lo cual se abordan aspectos relativos a la caracterización corporativa desde los ámbitos legal, administrativo, comercial y financiero de los prestadores del servicio de acueducto dentro del área de estudio.

Calidad del agua

Respecto a las fuentes de contaminación de la quebrada, se identifican, se caracterizan y se evalúan algunos de los vertimientos de aguas residuales en esta. La caracterización física, química y bacteriológica de la calidad del agua se lleva a cabo a la altura de los principales sitios de aprovechamiento de la quebrada para consumo humano, así como aguas arriba y aguas abajo de los principales vertimientos de aguas residuales, de modo que se pueda hacer una caracterización para los regímenes de flujo en épocas seca y lluviosa.

Diagnóstico ambiental participativo y Programa de Ahorro y Uso Eficiente de Agua

La labor de socialización involucra procesos continuos de acuerdo y concertación con organizaciones comunitarias, de manera tal que las propuestas inicialmente formuladas como mecanismos de solución en las etapas previas de diagnóstico se vayan ajustando hasta llegar a un punto común donde converjan los intereses de la comunidad, bajo la premisa de recuperar y optimizar la gestión ambiental en la microcuenca y su adecuado aprovechamiento, en procura de mejorar las condiciones de calidad de vida de las comunidades que de ella dependen.

La socialización se desarrolla con organizaciones establecidas dentro de la jurisdicción de la quebrada Caño Grande, destacándose: juntas de acción comunal, establecimientos educativos, comités empresariales de servicios públicos, asociaciones comunitarias y organizaciones ambientales.

El programa de ahorro y uso eficiente de agua se inicia con el diagnóstico de la situación de pérdida de agua en los sistemas de abastecimiento que captan el recurso hídrico desde la quebrada Caño Grande. Asimismo, se plantean las estrategias tendientes a fomentar el ahorro y el uso eficiente del agua entre las comunidades abastecidas.

En el desarrollo del proyecto se llevan a cabo actividades tendientes a capacitar a la comunidad en el tema del ahorro y el uso eficiente del agua, indicando la importancia que tienen ambos factores, así como los beneficios que esto representa en términos ambientales, económicos y sociales.

En cualquier situación, y frente a la diversidad y la particularidad planteadas, resulta necesario un enfoque común y único de las instancias responsables desde ahora. Este es un planteamiento que la Universidad Central propone de manera conjunta con la comunidad de Playa Rica.

Parte 1

Diagnóstico físico e integral de la microcuenca de la quebrada Caño Grande



Tramo inmediatamente aguas abajo de la captación de ESPO-Ceaimba, quebrada Caño Grande.

Docentes investigadores
Rodrigo Marín Ramírez
Félix Darío Sánchez

1. Objetivos

1.1 General

El estudio permitirá determinar, de manera integral, la disponibilidad, el consumo, la demanda y las limitaciones por calidad del recurso hídrico en diferentes puntos de la cuenca, lo que permitirá definir indicadores de sostenibilidad para la planificación y el manejo del recurso hídrico en una adecuada toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo.

1.2 Específicos

El estudio propone los siguientes objetivos específicos que garantizan el cumplimiento de metas generales trazadas para medir la vulnerabilidad por disponibilidad del agua y el riesgo de desabastecimiento a la altura de la bocatoma del acueducto comunitario.

- Conocer la oferta hídrica, la disponibilidad y la calidad del agua en sus diferentes formas, tanto en el tiempo como en el espacio.
- Conocer las demandas hídricas en cantidad, calidad, tiempo y lugar que tiene la comunidad sobre este recurso para satisfacer sus múltiples necesidades.
- Determinar índices e indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico para la cuenca de la quebrada Caño Grande, con el fin de caracterizar sus sistemas climatológicos e hidrológicos.
- Definir alternativas de abastecimiento de agua ante amenazas de períodos largos de estiaje y de otros eventos extraordinarios, como El Niño.

2. Generalidades de la región

2.1 Localización

La cuenca de la quebrada Caño Grande se localiza en la vertiente oriental de la cordillera Oriental, y nace al suroccidente del municipio de Villavicencio, en el departamento del Meta, en los altos de Buenos Aires, Trapiche y la Dorada, a 1 150 msnm. Fluye al este para desembocar en el río Ocoa a una altura aproximada de 425 msnm, en la vereda San Luis de Ocoa. Cuenta con un área aproximada de 9,02 km², recorriendo 8,2 km; a lo largo de su recorrido recibe las aguas de los caños Paujil, Agrado e Itálica, entre otros, así como las áreas de escurrimiento directo al río Ocoa.

Se enmarca entre las coordenadas planas de Gauss con origen en el observatorio astronómico nacional, punto en el que se tomaron 1 000 000 de m al Norte y al Este: 1 042 700 y 1 048 050 Este y entre 944 700 y 949 030 Norte (anexo 1).

2.2 Geología

El territorio del departamento del Meta, región de la Orinoquia, estuvo sumergido en un mar de poca profundidad, formando lo que fue en principio la compleja cuenca sedimentaria, que estaba comprendida entre el Escudo Guayanés perteneciente a la provincia fisiográfica y la cordillera Central, que más tarde emergerán. Esta área fue la que posteriormente dio origen a las rocas de la actual cordillera Oriental, plegadas y falladas por todo el efecto de la dinámica orogénica andina.

Los sedimentos originados por la erosión del escudo y la cordillera Central recién emergida se depositaron sucesivamente en las cuencas del Pacífico y del Atlántico, hasta el momento en que inició el levantamiento de la cordillera Central hacia la cuenca oriental, que posteriormente emergía para formar la joven cordillera Oriental.

Se dio inicio así a la sedimentación actual de la Orinoquia, con el aporte de los sedimentos del actual relleno constituidos por materiales parentales a partir de los cuales se desarrollaron y evolucionaron los suelos que hoy conocemos.

A diferencia del levantamiento súbito de la cordillera, el solevantamiento de la plataforma Amazonia-Orinoquia fue relativamente lento; por lo tanto, el cambio de las condiciones hídricas fue gradual, en principio, hasta alcanzar un basculamiento más fuerte que levantó el bloque de la superficie al norte del río Guaviare, produciendo una fuerte falla y la Orinoquia, accidentes que son fácilmente observables en el río Guaviare, aguas abajo de San José, la capital del departamento.

Las nuevas condiciones del solevantamiento, tanto de la cordillera como de la plataforma ocupada por la antigua cuenca sedimentaria, generaron un nuevo desarrollo del drenaje, observándose un fuerte control estructural de este por las fracturas de las rocas que se aseguran en el desarrollo actual del drenaje en superficie. Esto puede observarse en el comportamiento de algunos de los ríos en la Orinoquia que se desplazan por antiguas fallas, como es el caso de los ríos Guaviare y Meta, donde la redepositación de sedimentos eólicos es transportada por el agua y se superpone en capas de diferente naturaleza.

Las partes más finas son transportadas a mayor distancia de su lugar de origen: los sedimentos de granulometría fina que conforman los suelos de la altiplanicie orino-cense inicial tienen características marcadamente ácidas; la fracción de arcilla es del tipo caolínico (bajo fertilidad), con algunas variaciones en su composición inducida por los drenajes antiguos y actuales en el transporte de materiales más gruesos, de diferente naturaleza, repartidos estos en el área que han marcado los desplazamientos laterales de cada curso.

Durante el periodo Cuaternario se presentó un proceso de levantamiento diferencial de la cordillera, lo cual generó que en las mayores alturas alcanzadas se presentara un ciclo de erosión más intenso y quedaran al descubierto los estratos inferiores.

En el sector montañoso del departamento se reconoce la falla Guaicacaro, que caracteriza el límite oriental de la cordillera Oriental, donde las unidades geológicas son rocas metamórficas, sedimentarias y sedimentos no consolidados según su orden de antigüedad.

Los suelos del Cuaternario, especialmente conformados por depósitos fluviales de gravas, arenas y limos, se localizan sobre conglomerados del Terciario, los cuales fueron removidos casi en su totalidad a excepción de los sectores bajos de la cordillera (región entre Mesetas y La Uribe), las estribaciones de la serranía de la Macarena y sabanas del Yarí, donde aún prevalecen.

En el departamento, el zócalo Precámbrico es la prolongación occidental del Escudo Guayanés, enmarcado por una delgada cobertura sedimentaria de origen fluvio-lacustre con leve influencia marina, de edad terciaria.

En ciertos lugares existen rocas del periodo Paleozoico inferior, que también forman parte de esta región. Por otro lado, el Cuaternario se encuentra asociado principalmente a los ríos que hoy en día descienden de la cordillera y fluyen a través del departamento.

2.3 Geomorfología

El estudio geomorfológico de la región en el departamento del Meta se basa en el sistema taxonómico geomorfológico, que permite diferenciar los siguientes niveles categóricos:

- *Ambiente morfogenético*. Está relacionado con el medio físico, fundamentalmente originado y controlado por una geodinámica dada, ya sea interna, externa o una combinación de ambas.
- *Paisaje*. Caracterización de una posición de la superficie terrestre, bien sea por repetición de tipos de relieve similares o por asociación de relieves diferentes. Para el caso de este estudio aplica la categoría de geoestructura o provisión fisiográfica de la cordillera Oriental o de plegamiento, que ocupa el sector del flanco oriental de dicha cordillera y se extiende desde los 700 a los 3 700 m de altitud, ocupando los pisos climáticos cálido-templado, frío y muy frío, y desde el húmedo al muy húmedo; el superhúmedo es el resultado de la fuerte acción tectónica que, al disponer en distinta forma los estratos mediante levantamientos, plegamientos y fallamientos, dio origen a los tipos de relieve estructurales (cuestas, crestones, crestas, espinazos). Algunos de estos relieves fueron remodelados por procesos glaciares y periglaciares; en otros casos los movimientos en masa y los escurrimientos superficiales, acompañados de procesos gravitacionales, dieron forma a los paisajes actuales.

En este paisaje predominan los relieves quebrados y escarpados con pendientes de diferente forma y longitud, drenajes profundos de poca a mediana longitud, en forma de V y de tipo dendrítico o subdendrítico, donde este patrón indica condición homogénea del área drenada.

Se origina normalmente en materiales y formaciones con granulometría fina, permeabilidad relativamente baja, topografía con pendiente muy leve, roca dura y homogénea con resistencia uniforme a la erosión; el drenaje corre en todas las direcciones, y también se observa una modificación del patrón subdendrítico, donde existe un control de pendientes en los cauces de segundo y tercer orden, produciendo en las zonas correspondientes un cierto grado de paralelismo.

En la región de estudio dominan los procesos denudativos, como también los fluvioerosionales en alturas entre los 700 a 3 200 msnm. El material litológico está constituido por esquisto, filitas, lutitas y areniscas, cubiertas en algunos sectores por capas o mantos de ceniza volcánica de diferente sector (tabla 1).

Tabla 1. Categorización geomorfológica del departamento del Meta (paisaje montañoso y piedemonte)

Paisaje	Ambiente morfogénico	Tipo de relieve	Litología/depósitos superficiales	
Montaña	Glacioestructural	Campos de artesas	Areniscas esquistos-pizarras-filitas areniscas y lutitas	
		Barras-cuestas		
	Estructural	Denudacional	Filas y vigas	Conglomerados brechados Ceniza volcánica
		Estructural denudacional	Crestones espinazos Filas-vigas Crestas y crestones	Areniscas Areniscas y lutitas
Piedemonte	Deposicional	Colinas y lomas	Arcillas y conglomerados	
		Abanicos (varias edades)	Sedimentos mixtos/depósito de cantos y gravas con diferente grado de alteración	
		Terrazas (cuatro niveles)	Arcillas aluviales/depósitos y gravas medianamente alteradas	

Fuente: IGAC, 2000.

2.4 Fisiografía

En la unidad de paisaje de montaña se encuentra el sector Caño Pendejo, vereda Montecarlo, y Buenos Aires Bajo, provincia fisiográfica perteneciente a la cordillera Oriental y al gran paisaje de relieve montañoso estructural fluvioerosional, el cual comprende una franja montañosa al occidente del departamento, cuya morfología actual es el resultado del plegamiento de sedimentos del Cretáceo y su posterior denudación variada en el transcurso del tiempo geológico, formando un bloque compacto con elevaciones cercanas a los 2 000 m.

Sus laderas estructurales presentan inclinaciones medias entre el 25% y el 50%, moderadamente escarpadas; sus laderas erosionales (contrapendientes) presentan una alternancia de materiales (lutitas y areniscas) con presencia de pendientes escarpadas (50% a 75%) a muy escarpadas. Los suelos han evolucionado a partir de materiales sedimentarios generalmente bien drenados, con poca profundidad y limitados por mantos rocosos.

Este paisaje de estudio comprende relieves de crestas, crestones y espinazos homoclinales en areniscas y arcillolitas intercaladas, que se identifican con la unidad MUOef1; las laderas son asimétricas, rectilíneas y largas, con escarpes agudos y afectados por escurrimiento difuso y erosión laminar ligera.

También forma parte de este sector el gran paisaje de relieve montañoso fluvioerosional, que se encuentra en alturas mayores que oscilan entre los 800 y los 1 000 msnm. Conforman un relieve quebrado y abrupto, con ramales de aspecto masivo y disposición irregular, divisorios de aguas estrechas y subagudas a agudas, morfología típica de rocas metamórficas en esquistos, filitas y conglomerados brechados. Este paisaje pertenece a las unidades MUJef1 y comprende montañas ramificadas, con relieve fuertemente quebrado y escarpado, pendientes mayores al 25%, laderas largas, rectilíneas y ligeramente convexas, con cimas agudas. Un paisaje, en general, afectado por deslizamientos localizados y erosión laminar ligera.

2.5 Suelos

En cuanto al uso y el manejo actual de los suelos, en la economía de una región este recurso físico y su capacidad para producir bienes de consumo constituyen un pilar de desarrollo. Por ello es importante determinar la potencialidad agropecuaria de las tierras, analizando características intrínsecas (morfológicas, químicas, físicas y mineralógicas), así como los factores extrínsecos (relieve, clima, hidrología y condiciones socioeconómicas y políticas) que inciden directamente en el uso del recurso y permiten clasificar las tierras en unidades con similares condiciones de explotación y manejo.

La clasificación se hace basada en las propiedades de los relieves, los suelos, el drenaje, la erosión y el clima de cada uno de los componentes de las diferentes unidades cartográficas; luego, con base en dichas propiedades, se busca conocer las posibilidades que ofrecen para el desarrollo agropecuario.

En esta clase de tierras se encuentra toda una amplia gama de paisaje, tipos de relieve y clima, ocupando sectores de montaña y piedemonte con relieve quebrado y pendientes que van del 3% al 50%, y en climas desde el cálido húmedo al frío, con unas condiciones de humedad muy altas. Generalmente se presentan limitaciones severas de suelos, pendiente, erosión y clima, que originan diversos grupos y subclases de manejo.

Las subclases están formadas por suelos de las unidades cartográficas MUJef1 y MUOef1, ubicadas en el paisaje de montaña. Son suelos de relieve inclinado, quebrado y moderadamente escarpados, con pendientes entre el 25% y el 75%, afectados por erosión hídrica laminar ligera y movimientos en masa, superficiales, excesivamente bien drenados. En cuanto a su textura, hay presencia de moderadamente gruesa sobre texturas finas; de muy fuerte a extremadamente ácida, con fertilidad muy baja, alta saturación con aluminio y presencia de pedregosidad (tabla 2).

Tabla 2. Granulometría, textura, estructura y consistencia de los suelos (veredas Montecarlo y Buenos Aires bajo)

Unidad cartográfica (simbólica)	Componentes taxonómicos	N.º perfil	Horizonte		Granulometría (%)			Textura	Grav. (%)	Estructura		Grado	Consistencia	
			Espesor (cm)	Nomenclatura	Arena	Limo	Arcilla			Tipo	Clase		Húmedo	Mojado
Asociación	Typic	PV-5	00-15	Ap	64	24	12	FA	-	BS	m	m	mfr	lp-lpl
(MUJef1)	Distropepts		15-120	Bw	50	27	23	FArA	-	BS	f	m	fr	p-pl
Complejo	Typic	RD 107	0-10	Ap	76	16	8	FA	35	SG	-	-	mfr	np-npl
(MUOef1)	Troporthents		10-100	C1	64	20	16	FA	-	SG	-	-	mfr	np-npl
			100-x	C2	74	10	16	FA	35	-	-	-	fr	np-npl

Fuente: IGAC, 1980.

Estos suelos se destinan para agricultura de pancoger (maíz, yuca, plátano, cacao, caña, frutales) y ganadería extensiva con pastos naturales introducidos (puntero y braquiaria). También son aptos para labores agro-silvo-pastoriles, cultivos de frutales y otros tipos asociadas con actividades pecuarias (pastos introducidos y leguminosas arbustivas) y forestales de producción y protección.

2.5.1 Vereda Montecarlo¹

Este sector corresponde a la posición geomorfológica de filas-vigas del paisaje de montaña de clima cálido muy húmedo, con alturas que varían entre los 500 y los 1100 msnm, relieve quebrado y escarpado con pendientes mayores al 25%, caracterizado por laderas largas de cimas angulares y convexas.

El material parental está constituido por esquistos y filitas con inclusiones de conglomerados brechados en estado avanzado de meteorización. Los suelos están bien drenados, la tendencia es de profundos a muy superficiales, limitados por la presencia de fragmentos (cascajo, piedras y pedregones); las texturas son contrastantes, con escurrimiento difuso, erosión ligera, y hay remoción en masa (que afecta los terrenos en forma de pata de vaca) y deslizamientos.

La unidad cartográfica está formada por los suelos Typic Dystropepts, fase 25%-50%, erosión ligera, en la parte media y alta de las laderas con pendientes 25-50% (PV-5) (tabla 2). Son suelos bien drenados, profundos a superficiales, limitados por acidez

¹ Símbolo MUJef1, plancha N.º 266, IGAC.

extrema y con alto porcentaje de aluminio de cambio; poseen capacidad catiónica de cambio, materia orgánica y fertilidad, medias a bajas.

El perfil modal es del tipo A-B-C; el horizonte A mide entre 10 a 20 cm de espesor, presenta color pardo oscuro y textura franco-arenosa. El horizonte B es de color amarillo rojizo, con textura franco-arcillo-arenosa, granillosa y estructura en bloques subangulares, de fina a moderada.

Es importante anotar que la actividad ganadera no utiliza técnicas adecuadas, lo que ha propiciado la acción de procesos erosivos en la mayor parte de esta unidad.

2.5.2 Vereda Buenos Aires²

Los suelos de este sector se encuentran en el paisaje de montaña y piedemonte, cerca del municipio de Villavicencio, con un clima ambiental cálido muy húmedo y alturas que varían entre los 500 y los 1 000 msnm.

El tipo de relieve incluye cuestras, crestones y espinazos, con laderas largas, asimétricas y rectilíneas. Las cimas son estrechas, y el relieve es inclinado, escarpado; las pendientes varían entre el 25% y el 75%.

Los suelos son de areniscas y arcillolitas, excesivamente bien drenados, profundos o superficiales, limitados por pedregosidad superficial y dentro del perfil. La erosión es laminar ligera, el escurrimiento difuso generalizado y los derrumbes afectan gran parte de las laderas.

La vegetación natural ha sido talada y solo quedan algunos pequeños rodales en las cabeceras de los caños. Las tierras se han dedicado a la explotación ganadera extensiva de libre pastoreo.

La actividad agropecuaria tiene limitaciones fuertes debido a las pendientes fuertes, a la poca profundidad de los suelos y a la baja fertilidad.

Los suelos son Typic Troorthents, fase 25% (RD-107), y se encuentran en la base de las laderas de los crestones y espinazos. Se han desarrollado a partir de areniscas, están bien drenados, son de textura franco arenosa y superficiales, limitados por presencia de fragmentos de roca poco meteorizada (tablas 3, 4 y 5).

Son suelos poco evolucionados, de perfiles tipo A-C. El horizonte A es de color pardo grisáceo oscuro, con textura franco arenosa y buen contenido de materia orgánica; el horizonte C tiene estructura de roca y más del 35% de fragmentos de arenisca fresca, fuertemente ácidos, con alta saturación de aluminio y fertilidad muy baja.

² Símbolo MUOef1, plancha N.º 266, IGAC.

Tabla 3. Leyenda de estudio general de suelos del departamento del Meta (veredas Montecarlo y Buenos Aires bajo)

Paisaje	Clima	Tipo de relieve	Litología, material transportado	Principales características del tipo de relieve y procesos geomorfológicos actuales	Unidades cartográficas y componentes actuales	N.º de perfil	Porcentaje	Principales características de los suelos	Simbología	Área
Montaña fluviogravitacional	Cálido medio, muy húmedo	Filas-vigas	Esquistos, filitas, conglomerados brechados	<ul style="list-style-type: none"> Relieve quebrado y escarpado, pendientes mayores al 25%, laderas largas, rectilíneas y ligeramente convexas. Las cimas son agudas convexas, afectadas por deslizamientos localizados y erosión laminar ligera. 	Asociación Typic dystropepts, fase 25-50%, erosión ligera	Pv-5	45	<ul style="list-style-type: none"> Superficiales a profundos. Texturas finas. Bien a excesivamente bien drenados. Muy fuerte a extremadamente ácidos. Fertilidad baja. Susceptibles a la erosión. 	MUJef1	81.234w
Montañas plegadas	Cálido, muy húmedo	Filas-vigas, crestas y crestones	Areniscas y lutitas	<ul style="list-style-type: none"> Relieve inclinado y escarpado, pendiente 25%-75%. Laderas asimétricas, rectilíneas y largas. Escarpes agudos. Escurrimiento difuso. Erosión laminar ligera. 	Typic dystropepts, fase 25-50%	RD 107	25	<ul style="list-style-type: none"> Superficiales a profundos. Texturas moderadamente gruesas. Bien a excesivamente bien drenados. Muy fuerte a extremadamente ácidos. Fertilidad baja. Susceptibles a la erosión. 	MUOef1	23.174

Fuente: IGAC, 2000.

Tabla 4. Clasificación taxonómica de los suelos del departamento del Meta (sector Montecarlo alto y Buenos Aires bajo)

Orden	Suborden	Gran grupo	Subgrupo	N.º perfil	Símbolo unidad cartográfica
Entisol	Orthents	Troorthents	Lithic troorthents	DR-107	MUJef1 MUOef1
Inceptisol	Tropepts	Dystropepts	Typic dystropepts	PV-5	MUJef1 MUOef1

Fuente: IGAC, 2000.

Tabla 5. Características de diferenciación para taxonomía

Nombre del conjunto	Horizontes	Epipedón	Horizonte superficial	Régimen de humanidad	Clasificación taxonómica	Unidad fisiográfica	Características generales del conjunto
Buenos Aires bajo PV-5	Ap-Bs	Ócrico	Cámbico	Údico-isohi-pertérmico	Typic dystropepts	Vertiente	<ul style="list-style-type: none"> Suelos evolucionados. Textura moderadamente fina con grava. Desaturados muy ácidos.
Montecarlo RD 107	Ap-C1-C2	Ócrico	-	Údico-isohi-pertérmico	Typic troorthents	Pie	<ul style="list-style-type: none"> Suelos con evolución incipiente. Textura moderadamente gruesa con abundantes gravillas y cascajos. Pendiente mayor al 25%. Bien drenados.

Fuente: IGAC, 1980.

2.6 Perfiles modales

2.6.1 Perfil modal MUJef1

- Taxonomía: Typic Dystropepts.
- Unidad cartográfica: asociación Typic Dystropepts-Typic Troorthents, fases pendiente 50%-75%, erosión ligera.
- Localización geográfica: municipio de Villaviciencio, 700 m al sureste del alto de Buenavista.
- Altitud: 700 m.

- Coordenadas geográficas: 4° 10' 9" N 73° 40' 45" W.
- Paisaje: montaña.
- Tipo de relieve: filas-vigas.
- Forma del terreno: transición ladera, media, baja.
- Material parental: esquistos.
- Relieve: ligeramente escarpado.
- Pendiente: 22%, larga, ligeramente convexa.
- Clima ambiental: cálido muy húmedo.
- Clima edáfico: údico e isohipertérmico.
- Erosión: laminar, ligera.
- Fenómenos geomorfológicos activos: deslizamientos localizados.
- Drenajes: externo rápido, interno medio, natural bien drenado.
- Profundidad efectiva: profunda.
- Cobertura vegetal: arbustiva, bosque secundario.
- Uso actual: agricultura y ganadería extensiva.
- Horizontes diagnósticos: epipedón: ócrico; endopen: cámbico.
 - ♦ 00-15 cm: color en húmedo pardo oscuro (10 YR 4/3), textura franco-arenosa, estructura en bloques subangulares, media moderada, consistencia en húmedo muy friable, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica, pocos poros finos, macroorganismos abundantes, raíces finas, pH 5,5, límite claro y ondulado.
 - ♦ 15-120 cm: color en húmedo arcilloso rojizo (7,5 YR 6/6), textura franco-arcillo-limosa-arenosa, granillosa, estructura en bloques subangulares fina moderada, consistencia en húmedo friable, poros finos, regulares macroorganismos, regulares raíces finas, pH 5,5.

2.6.2 Perfil modal MUOef1

- Taxonomía: Typic Tropepts.
- Unidad cartográfica: complejo Typic Dystropepts, fases pendientes 25%-50%, erosión ligera.
- Localización geográfica: departamento del Meta, municipio de Villavicencio, vereda Montecarlo, hacienda La Rivera.
- Altitud: 600 m.
- Coordenadas geográficas: 4° 05' 53" N 73° 40' 55" W.
- Paisaje: montaña.
- Tipo de relieve: crestón.
- Forma del terreno: ladera erosional.
- Material parental: areniscas.

- Relieve: ligeramente escarpado.
- Pendiente: 45%, media y rectilínea.
- Clima ambiental: cálido muy húmedo.
- Fenómenos geomorfológicos activos: escurrimiento difuso.
- Pedregosidad superficial: frecuente y localizada.
- Drenajes: externo rápido, interno medio natural bien drenado.
- Profundidad efectiva: superficial, limitada por pedregosidad subsuperficial.
- Cobertura vegetal: arbórea, alternado con gramíneas.
- Uso actual: ganadería extensiva y bosque protector.
- Horizontes diagnósticos: epipedón ócrico.
 - ◆ 00-10 cm: color en húmedo pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2), textura franco-arenosa, sin estructura (disturbada), consistencia en húmedo muy friable, en mojado no pegajosa, no plástica, poros gruesos frecuentes, abundantes microorganismos, abundantes raíces gruesas, medianas y finas, pH extremadamente ácido (4,3), límite claro, ondulado.
 - ◆ 10-100 cm: color en húmedo amarillento oscuro (10 YR 4/4), textura franco-arenosa. Con aproximadamente el 35% de fragmentos de roca, sin estructura, consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajoso, no plástico, raíces medianas, finas y frecuentes, pH 4,6, límite claro y ondulado.
 - ◆ 100-x cm: color en húmedo pardo fuerte (7,5 YR 5/8). Con manchas color amarillo parduzco (10 YR 8/6) regulares medianas y claras, textura franco-arenosa, con aproximadamente el 35% de fragmentos de rocas, consistencia en húmedo, friable en mojado, no pegajoso y no plástico, pH 4,9.

2.7 Cobertura vegetal

La clasificación de la cobertura vegetal ha sido desarrollada en función de su estructura y su fisionomía, según su forma externa y en comunidades específicas. Se entiende por cobertura vegetal los diferentes rasgos que cubren la superficie terrestre, tales como bosques, arbustillos, herbazales y otros tipos de vegetación. La zona de estudio se encuentra en una estructura simbólica de clasificación, que corresponde a las siglas Spe, Ca y Baa, según cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a escala 1:600 000.

- *Spe*: pastos rastrojados, cultivos y relictos de bosques; las especies más comunes están representadas por gramíneas latifoliadas, de origen natural o antrópico; también se encuentra andropogon, trachypogon, paspalum, leptocoryphium, como las melastomatáceas, musáceas, mimosáceas y ciperáceas y palmáceas. En la actualidad se utiliza para la ganadería extensiva y la agricultura tradicional, con especies como maíz, yuca, plátano. Los relictos del bosque son emergentes escasos, no superan los 25 m de altura, sotobosque poco denso y baja presencia de lianas.
- *Ca*: cultivos transitorios y herbácea densa baja. Las especies vegetales arbóreas, arbustivas y herbáceas son cultivadas y corresponden a períodos vegetativos anuales, simiperennes o perennes.

- *Baa*: árboles abiertos altos, que corresponde a la cobertura presente en el relieve montañoso fluvioerosional, actualmente en proceso de degradación fuerte. El dosel predominante de esta vegetación es de aproximadamente 3 m, con un área clorofiliana escasa, sin información florística y ocupa los paisajes de montaña ramificada.

Las asociaciones vegetales que se desarrollan en las áreas de cordillera, piedemonte y plano de desborde presentan, debido a la heterogeneidad fisiográfica, una amplia variación en la composición florística, desde la típica vegetación de páramo hasta la característica vegetación de gramíneas y ciperáceas propias de la sabana llanera.

La vegetación de cordillera ocupa generalmente las estribaciones de la cordillera que son fuertemente intervenidas por efecto de la agricultura migratoria, la ganadería y la explotación forestal. La vegetación predominante, constituida por los bosques secundarios, puede diferenciarse en tres estratos:

- Superior: compuesto por arenilla, carocaró, carne de vaca, amarillo, anime, aceite maría, cachicamo y canelo.
- Segundo estrato: compuesto por diomate, canelo, solera, guacamayo y guayacán, especies que conforman el renglón de vegetación arbórea secundaria.
- Tercer estrato: compuesto por sietecueros, encenillo, guino, lacre, granizo, laurel guarumo, balso y blanquillo.

2.8 Fauna

En esta región es variada y, por lo tanto, considerada como la más rica del país; sin embargo, en regiones de tala o quemas se introducen especies exóticas. Por la caza indiscriminada, algunas especies de interés se están extinguiendo y las que aún existen se han visto obligadas a replegarse en los bosques de galería, morichales y matas de monte.

2.9 Población

La población ubicada en la cuenca de Playa Rica y la que depende de su área de influencia es de 25 985 habitantes, distribuida así: área urbana de Caño Grande, 2 495 habitantes, y la población que depende de dicha cuenca, 23 490 habitantes.

2.10 Cartografía

La cartografía del área del proyecto está limitada a las escalas 1:25 000 y 1:100 000, en las que hace falta actualizar las coberturas hidrográfica y de altimetría. Solamente existe una cartografía a escala 1:10 000, editada por el IGAC, que es congruente con el área de trabajo. Esta cartografía fue tomada como base para hallar los factores morfométricos y fisiográficos de la cuenca, los cuales constituyen una gran ayuda para la generación de caudales en las cuencas no instrumentadas o través del modelo lluvia-caudal.

2.10.1 Características morfométricas y fisiográficas

Las características morfométricas de la cuenca definen sus propiedades hidrográficas y, por consiguiente, comprenden el comportamiento y la producción del recurso hídrico en esta zona. La clasificación es definida por los siguientes aspectos:

- Área (A). La cuenca de la quebrada Caño Grande, hasta la desembocadura en el río Ocoa, cuenta con un área de 9,02 km², y a la altura del acueducto de Playa Rica es de 5,68 km².
- Perímetro (P). Es la longitud de la línea que encierra la cuenca y corresponde a la divisoria de aguas. El perímetro de la cuenca es de 18,5 km.
- Ancho medio de la cuenca (Ac). Es la longitud resultante de dividir el área de la cuenca por su longitud máxima. Para la cuenca de la quebrada Caño Grande se tiene un ancho medio de 1,11 km.
- Longitud del cauce principal (L). La longitud de un río es la distancia entre la desembocadura y el nacimiento contemplado dentro de la cuenca. El cauce de la quebrada Caño Grande tiene una longitud de 8,2 km.
- Altitud de cabecera y punto de sección (Hc y Hp). La altitud de cabecera (Hc) de un río se considera como la cota del extremo más alto de la corriente, y la altitud del punto de sección (Hp), la cota más baja de la cuenca o sección de control. Para la corriente principal de la quebrada Caño Grande se obtuvieron los siguientes valores, a partir de la cartografía a escala 1:10 000:
 - A la altura del acueducto de Playa Rica (Hc = 1 132 msnm y Hp = 529 msnm)
 - A la altura de la desembocadura en el río Ocoa (Hc = 1 132 msnm y Hp = 408 msnm)

2.10.2 Coeficientes morfométricos

Los coeficientes morfométricos son factores que gobiernan la manera en la que la escorrentía se presenta. De allí la importancia de su aplicación en todos los procesos que tienen que ver con la cuantificación de los recursos hídricos.

2.10.2.1 Coeficiente de forma (Kf)

Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas rápidas e intensas y constantes.

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Donde:

Kf = coeficiente de forma

A = área de la cuenca km²

L = longitud km

$$K_f = \frac{9.02 \text{ km}^2}{66.1} = 0.14$$

Si la cuenca se asemeja a una superficie cuadrada, valores mayores que la unidad indican cuencas con formas achatadas, más propicias a producir grandes crecientes; asimismo, valores menores que la unidad indican cuencas alargadas con mejor respuesta ante un evento hidrológico. El valor obtenido para la quebrada Caño Grande indica que la cuenca tiene una forma alargada, muy buena ante una eventual creciente.

2.10.2.2 Coeficiente de compacidad (Kc)

Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca (véase ecuación 2). Este parámetro, como el anterior, describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico. Las cuencas redondeadas tienen tiempos de concentración cortos con caudales pico muy fuertes y tiempos de recesión rápidos, mientras que aquellas cuencas alargadas presentan caudales picos más atenuados y tiempos de recesión más prolongados.

$$K_c = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Donde:

0.28 = constante

P = perímetro Km

A = área Km²

$$K_c = 0.28 \times \frac{18.5}{3.0033} = 1.72$$

Este valor indica que la cuenca tiene una forma ovalonga (tabla 6), que presenta tiempos de concentración mayor si se compara con una cuenca de forma circular, que tendría los tiempos de concentración menores.

Tabla 6. Índices de compacidad

Clasificación según índice de compacidad		
Unidad	Kc	Forma
Clase I	1,00	Casi redonda
	1,250	Oval-redonda
Clase II	1,260	Oval-redonda
	1,500	Oval-ovalonga
Clase III	1,510	Oval-ovalonga
	1,75	Rectangular-ovalonga

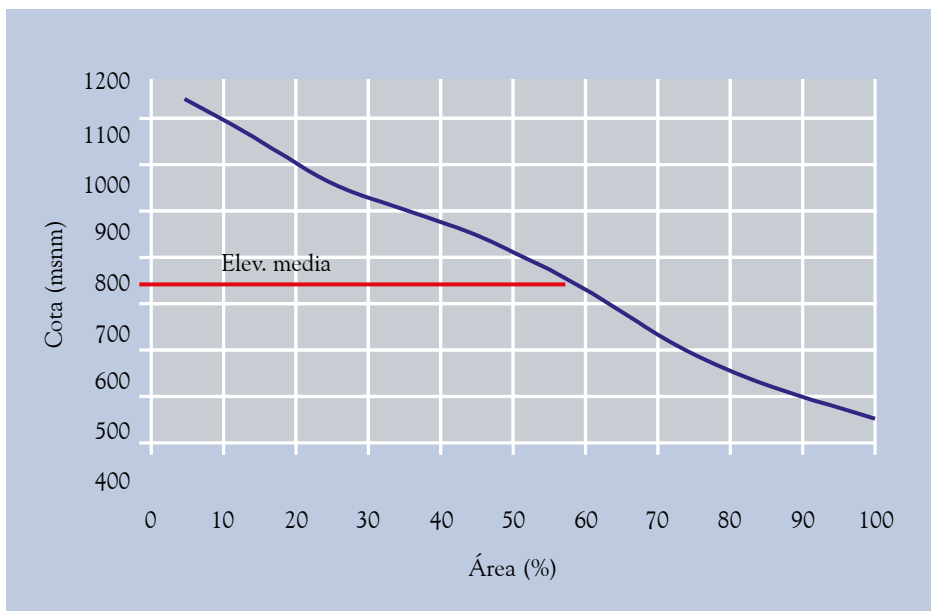
Fuente: Ortiz, 2004.

2.10.2.3 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica (figura 1), elaborada a partir de Langbein et ál. (1947), proporciona información sobre la altitud de la cuenca, que representa gráficamente la distribución de la cuenca por tramos de altura.

En la tabla 7 se observa el porcentaje de área de la cuenca que se encuentra por rangos de altura. Asimismo, se presenta el proceso de cálculo para la construcción de la curva hipsométrica y la determinación de la elevación media de la cuenca.

Figura 1
Curva hipsométrica de la quebrada Caño Grande



Fuente: elaboración propia a partir de Langbein et ál., 1974.

Tabla 7. Cálculo de la curva hipsométrica

Curvas de nivel	Promedio	Área (km ²) entre curvas	Porcentaje parcial	Porcentaje acumulado	Prom. * Área
1170-1100	1135	0,42	4,7	5	476,7
1100-1000	1050	0,95	10,5	15	997,5
1000-900	950	0,95	10,5	26	902,5
900-800	850	1,65	18,3	44	1402,5
800-700	750	1,23	13,6	58	922,5
700-600	650	0,95	10,5	68	617,5
600-500	550	1,07	11,9	80	588,5
500-400	450	1,8	20,0	100	810
Totales		9,02			6717,7
Elevación media		744,8	msnm		

Fuente: elaboración propia

2.10.2.4 Elevación media de la cuenca (Hm)

La altura media se calcula como la altura más frecuente en función del área entre curvas de nivel (véase ecuación 3).

$$H_m = \frac{\sum a \times e}{A} \quad (3)$$

Donde:

Hm = elevación media de la cuenca

Σ = sumatoria

a = área entre un par de curvas de nivel dado (km²)

e = altitud media (rango entre las curvas de nivel) (m)

A = área de la cuenca (km²)

$$H_m = \frac{6717,7 \text{ (m} \times \text{km}^2\text{)}}{9,02 \text{ km}^2} = 744,8 \text{ msnm}$$

2.10.2.5 Pendiente media de la cuenca (Im)

La pendiente media de la superficie de una cuenca hidrográfica se define como el promedio ponderado de las pendientes que se encuentran en el interior de los límites de dicha cuenca. Para facilidad de cálculo, se utiliza la ecuación (4):

$$I_m = \frac{Ed \times L_i}{A} \quad (4)$$

Donde:

Im = pendiente media de la cuenca (m/km)

Li = longitud total de las curvas de nivel que se encuentran en la cuenca considerada (km)

Ed = valor de la equidistancia entre curvas de nivel que se han medido (m)

A = área de la cuenca (km²)

Cálculo:

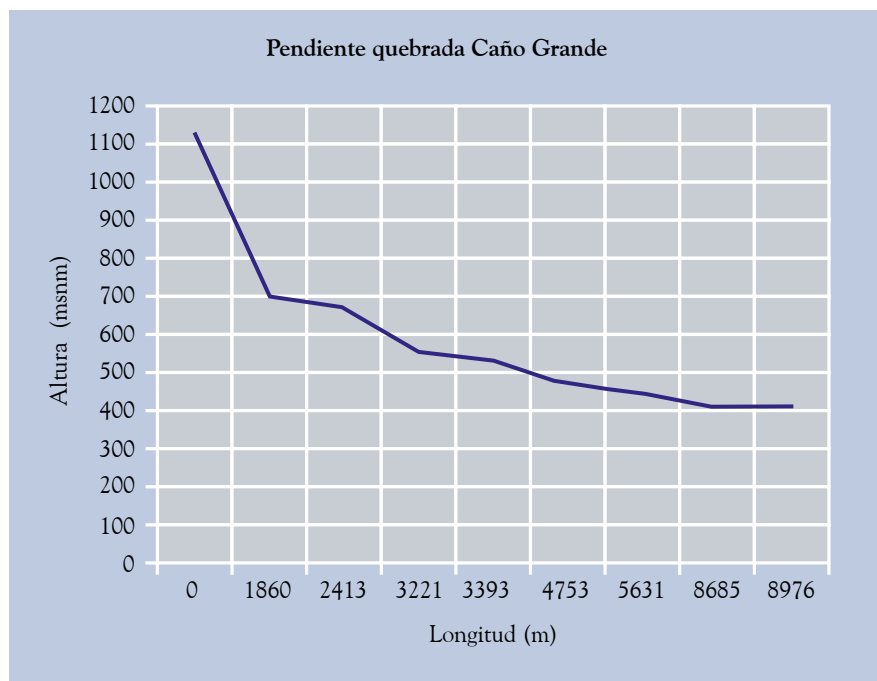
Suma total de las curvas de nivel: 26,30 km

Equidistancia entre curvas: 100,00 m

Área: 9,02 km²

Pendiente media: 291,00 m/km o 29,1%

Figura 2
Perfil longitudinal de la quebrada Caño Grande



Fuente: elaboración propia

2.10.2.6 Pendiente media del cauce (I_c)

Se calcula como la cota mayor menos la cota inferior, dividida por la longitud del cauce (ecuación 5).

$$I_c = \frac{H_c - H_p}{L} \quad (5)$$

Donde:

I_c = pendiente media de la corriente (m/km)

H_c = altura de cabecera (msnm)

H_p = altura desembocadura en río Ocoa (msnm)

L = longitud de la corriente (km)

$$I_c = \frac{1132 - 408}{9038} = 89 \text{ m/Km} = 8.91\%$$

2.10.2.7 Tiempo de concentración (T_c)

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda el flujo en viajar desde el punto más alejado de la cuenca, hasta la salida de esta. Se debe calcular por más de un método, en lo posible, para observar el margen de error según las condiciones asumidas. En este estudio, se acordó la fórmula californiana (ecuación 6).

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^a}{H_c - H_p} \right)^{0.385} \quad (6)$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración (min)

L = longitud del cauce desde el nacimiento hasta la salida (m)

AH = diferencia de altura (m)

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{9038^3}{724} \right)^{0.385} = 51 \text{ min}$$

2.10.3 Caracterización fisiográfica

La fisiografía de la cuenca de la quebrada Caño Grande, en términos del relieve, muestra alturas desde la cota de 1 170 msnm hasta 408 msnm, como se observa en la figura 2. La curva hipsométrica tiene una pendiente sostenida. La pendiente media de la cuenca es del 29,1%, que según la tabla 8, corresponde a una categoría de “cuenca fuertemente quebrada”.

Tabla 8. Clasificación según la pendiente

Pendiente (%)	Categoría
0-3	Plano
3-7	Ligeramente inclinado
7-12	Ondulado
12-25	Fuertemente ondulado
25-50	Fuertemente quebrado
> del 50	Escarpado

Fuente: Goldman et ál (1956)

2.11 Caracterización climática

Con el fin de establecer la caracterización climatológica de la cuenca de la quebrada Caño Grande se seleccionaron las estaciones situadas en sus alrededores y con ellas se determinó la variabilidad espacial de la precipitación, la temperatura, la evaporación, la insolación y la humedad relativa, por medio de histogramas que muestran la coherencia entre estos factores, marcando así el modelo climático de la cuenca en estudio.

Para la descripción tanto cualitativa como cuantitativa de los diferentes parámetros climáticos se seleccionaron las estaciones climatológicas del aeropuerto Vanguardia y Acacias, consideradas como representativas de la zona, con registros superiores a veinte años; en cuanto a la caracterización climática del área de trabajo, se empleó la mayor parte de las variables simples y las derivadas. Sin embargo, para definir el comportamiento de las diferentes fases del ciclo hidrológico se tuvieron en cuenta, principalmente, la precipitación, la temperatura y la evapotranspiración real, como base para la cuantificación del recurso hídrico a través del proceso del balance hídrico.

2.11.1 Precipitación

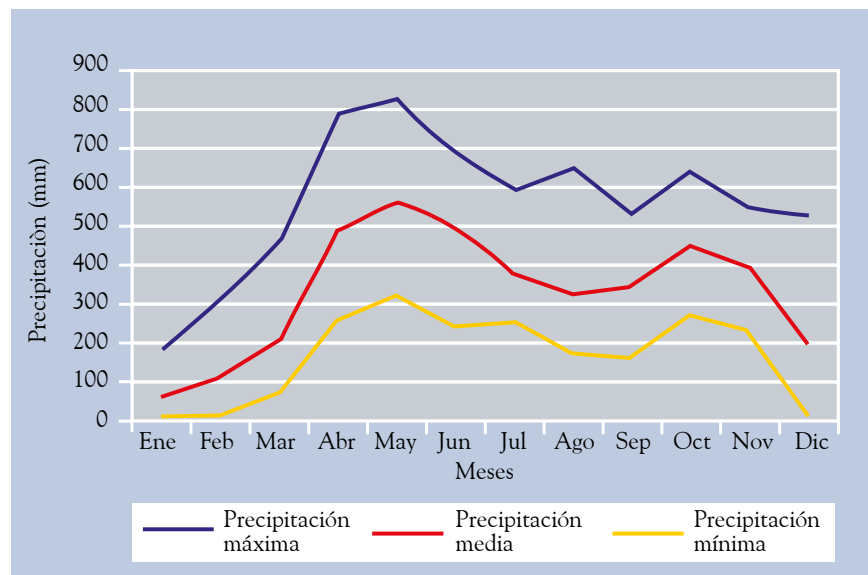
Para determinar la precipitación media de la cuenca de la quebrada Caño Grande se tomó como base la estación climatológica principal de Acacías, operada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam). Mediante el análisis del comportamiento de la lluvia, tanto en el sitio de la estación como en el de la cuenca Caño Grande, se dedujo que la precipitación en esta última es del 12% menos que en Acacías. A través del modelo *soil*, lluvia-caudal (*del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos*), se hizo el ajuste de los datos, obteniendo un listado con la precipitación media mensual multianual representativa para la cuenca de la quebrada Caño Grande (tabla 9). La variación mensual de la precipitación se puede observar en la figura 3.

Tabla 9. Valores totales mensuales de precipitación

Año	Ene. I	Feb. II	Mar. III	Abr. IV	May. V	Jun. VI	Jul. VII	Ago. VIII	Sep. IX	Oct. X	Nov. XI	Dic. XII	Valor anual
1980	37,0	44,0	258,7	361,7	403,9	693,4	467,3	238,5	257,8	555,3	328,2	148,7	3794,6
1981	28,2	44,0	225,3	639,8	831,6	537,7	351,1	261,4	215,6	407,4	543,8	226,2	4312,0
1982	61,6	86,2	175,1	792,9	557,9	257,8	339,7	256,1	411,8	644,2	407,4	184,9	4157,7
1983	126,7	198,4	175,0	534,5	582,2	366,1	596,2	414,1	158,8	514,3	482,2	532,4	4684,0
1984	188,5	314,2	149,9	385,0	411,4	593,9	281,6	415,4	324,7	422,0	265,5	108,2	3860,2
1985	0,0	6,2	66,3	334,3	591,5	234,3	330,7	340,0	346,2	383,0	387,7	79,9	3100,1
1986	36,4	154,2	114,9	592,3	568,3	502,0	521,2	370,0	448,0	508,6	250,4	73,9	4140,2
1987	67,4	107,4	292,2	3934,3	314,1	479,4	449,3	249,0	295,6	575,7	436,0	277,0	3936,4
1988	2,9	19,9	93,4	261,6	392,4	518,8	369,4	651,6	275,6	348,4	553,9	94,5	3582,3
1089	68,4	84,4	177,7	253,7	471,9	496,7	261,2	365,2	371,9	451,4	411,3	71,5	3485,2
1990	148,7	168,3	424,6	579,9	639,1	444,1	330,4	171,6	157,4	310,8	463,7	215,1	4053,7
1991	16,7	86,8	159,2	575,1	526,0	527,1	346,5	226,7	327,9	325,3	294,6	95,5	3507,4
1992	77,0	58,2	185,0	265,8	489,7	507,5	255,1	530,7	457,7	272,9	400,8	210,7	3711,0
1993	126,5	68,6	350,7	619,4	578,2	474,4	479,1	351,8	477,1	483,2	425,0	225,6	4659,7
1994	82,1	51,0	402,7	515,0	671,4	485,0	455,7	410,9	392,2	622,5	294,0	69,3	4451,7
1995	134,2	17,6	185,5	396,6	524,5	532,6	315,9	320,1	349,2	411,2	317,7	245,0	3750,0
1996	17,2	188,7	126,0	393,1	629,2	530,1	521,0	276,9	315,7	442,8	551,1	360,2	4352,0
1997	122,5	148,1	143,6	639,8	521,9	647,1	281,2	317,0	456,0	269,4	479,8	11,1	4037,5
1998	20,1	188,8	218,6	527,0	481,2	416,2	361,5	256,9	317,3	373,5	487,9	240,7	3889,6
1999	137,6	307,6	130,8	671,8	508,0	488,4	274,5	340,2	357,7	467,8	223,3	98,8	4006,6
2000	31,3	201,8	163,7	437,6	740,3	330,7	272,4	170,3	248,9	465,5	428,6	233,5	3724,4
2001	51,9	25,5	220,0	398,6	745,4	528,9	334,4	251,7	538,6	434,7	293,0	335,3	4158,0
2002	5,3	47,5	469,0	539,4	784,1	535,9	455,0	473,4	330,0	629,2	233,2	222,6	4724,7
2003	0,0	36,1	177,8	506,0	432,1	671,4	244,6	194,5	517,4	533,3	455,8	171,6	3940,6
2004	13,2	176,0	165,4	626,6	654,7	625,7	526,2	272,8	384,6	359,0	464,6	429,4	4698,3
Medios	64,1	113,2	210,0	489,6	562,2	497,0	376,8	325,1	394,4	448,5	395,2	198,5	4029,4
Máximos	188,5	314,2	469,0	792,9	831,6	693,4	596,2	651,6	538,6	644,2	553,9	532,4	
Mínimos	0,0	6,2	66,3	253,7	314,1	234,3	244,6	170,3	157,4	269,4	223,3	11,1	

Fuente: Ideam, s.f.

Figura 3
Variación mensual de la precipitación ajustada, cuenca quebrada Caño Grande



Fuente: elaboración propia.

Espacialmente, la cuenca está ubicada en el piedemonte del llano, lo que permite que la precipitación media anual de la cuenca sea alta (4029 mm). En las temporadas lluviosas se presentan máximos de 831 mm mensuales, como sucede en mayo, y en épocas secas (enero, febrero y marzo) la precipitación se reduce hasta menos de 6 mm, lo cual indica una variación grande en el transcurso del año. De acuerdo con el análisis de la información de precipitación, se concluye lo siguiente:

- La primera temporada lluviosa se inicia normalmente en abril y se prolonga hasta finales de junio. Su máxima intensidad se presenta como consecuencia del paso de la zona de confluencia intertropical en su desplazamiento hacia el norte.
- La segunda temporada lluviosa incluye el periodo de septiembre-noviembre. Esta temporada es más suave o menos intensa que la primera (ver figura 3).
- Los meses con mayor intensidad de precipitación son abril, mayo y junio, con un 38% del total anual, mientras que los meses con menor precipitación, enero y febrero, solo alcanzan el 8% de la precipitación del año.

2.11.2 Temperatura

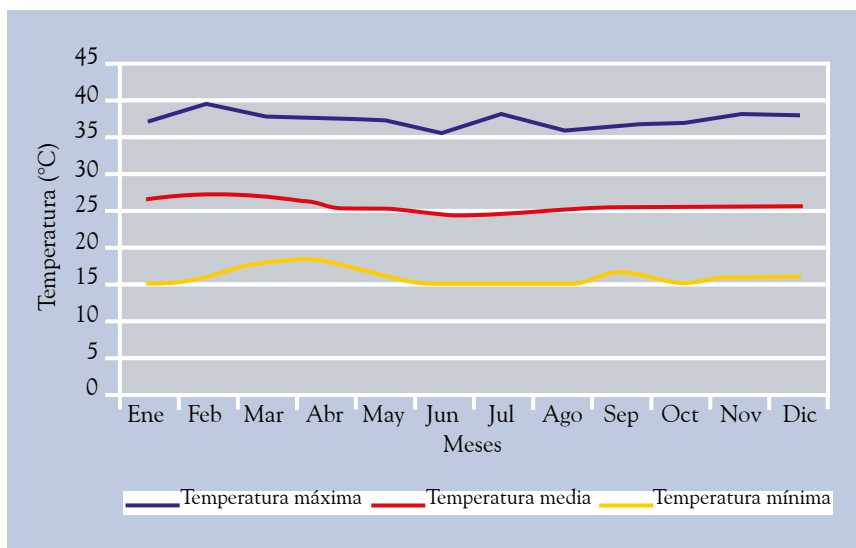
La temperatura, en esta área, tiene un comportamiento muy característico, ya que se presenta constante durante todo el año, con leves aumentos durante enero y julio, que corresponden a las épocas secas del año (figura 4). Se observa, igualmente, que las temperaturas extremas, máximos y mínimos, se presentan en los mismos meses, enero y diciembre, con máximos de 37 °C y mínimos de 14,2 °C, variación que coincide con tiempo despejado propicio para una radiación alta durante el día y de noches frías con poca nubosidad (tabla 10).

Tabla 10. Valores totales mensuales de temperatura (aeropuerto Vanguardia)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Medios	18,8	19,3	19,7	19,4	19,1	18,6	18,5	18,4	18,7	18,8	19,0	18,6	18,9
Máximos	21,0	21,3	21,1	20,6	20,4	20,0	20,0	19,9	20,0	20,5	20,5	20,3	21,3
Mínimos	15,0	16,0	18,0	18,0	16,0	15,0	15,0	15,0	16,5	15,0	16,0	16,0	15,0

Fuente: Ideam, s.f.

Figura 4
Variación mensual de la temperatura (aeropuerto Vanguardia)



Fuente: elaboración propia.

2.11.3 Humedad relativa

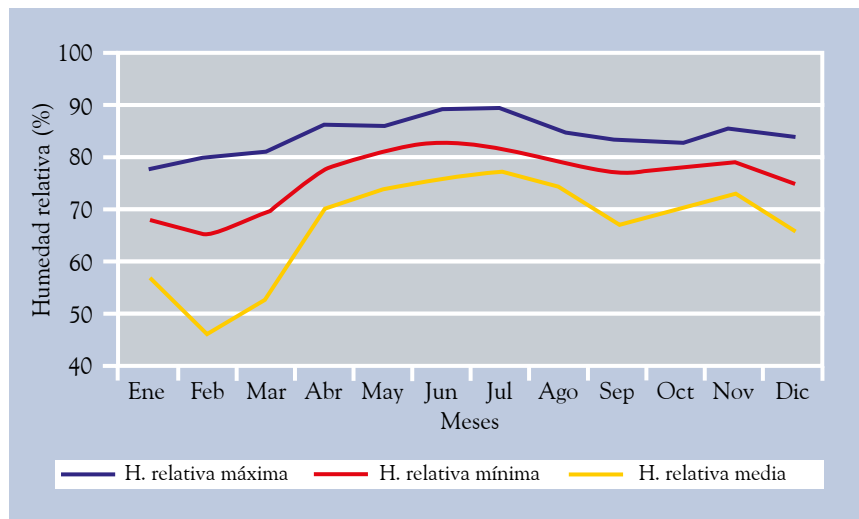
El término humedad se emplea para designar la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen dado de aire, expresado en porcentaje. El comportamiento de la humedad relativa en la cuenca, tomando como referencia la estación del aeropuerto Vanguardia, tiene un descenso significativo en los tres primeros meses del año, con valores menores al 50%, como consecuencia del periodo seco y el aumento de la temperatura, mientras que en las épocas de lluvias alcanza máximos del 90%, coincidiendo con la variación temporal de la precipitación (tabla 11). Sin embargo, para propósitos del balance hídrico se considera como valor medio anual el 75% (figura 5).

Tabla 11. Humedad relativa mensual (aeropuerto Vanguardia)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Medios	68	65	69	78	81	83	82	79	77	78	79	75	76
Máximos	78	80	81	86	86	89	89	85	83	83	85	84	89
Mínimos	57	46	53	70	74	76	77	74	67	70	73	66	46

Fuente: Ideam, s.f.

Figura 5
Humedad relativa - variación media mensual



Fuente: elaboración propia.

2.11.4 Brillo solar

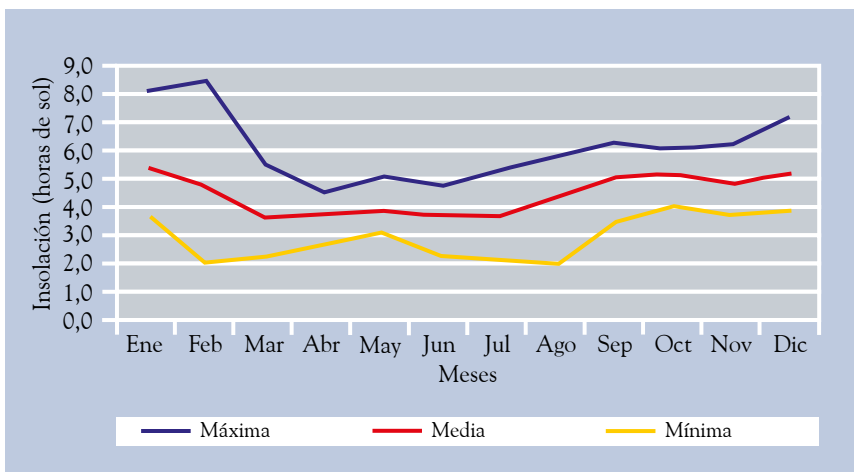
En la cuenca de la quebrada Caño Grande, tomando como estación representativa el aeropuerto Vanguardia, se observa una variación del brillo solar bastante grande. Durante enero y febrero se registran, en algunos días, más de ocho horas de insolación, pero la media se acerca a cinco horas por día, mientras que para la época lluviosa, durante abril, mayo, junio y agosto, se presentan disminuciones hasta de dos horas de sol al día, debido a la alta nubosidad que generalmente se presenta por esta época del año (tabla 12 y figura 6).

Tabla 12. Brillo solar mensual (aeropuerto Vanguardia)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Medios	5,4	4,7	3,6	3,6	3,9	3,7	3,7	4,3	5,0	5,1	4,8	5,2
Máximos	8,1	8,4	5,5	4,5	5,1	4,8	5,3	5,7	6,3	6,0	6,2	7,2
Mínimos	3,7	2,0	2,3	2,7	3,1	2,3	2,2	2,0	3,5	4,1	3,8	3,9

Fuente: Ideam, s.f.

Figura 6
Brillo solar (variación media mensual)

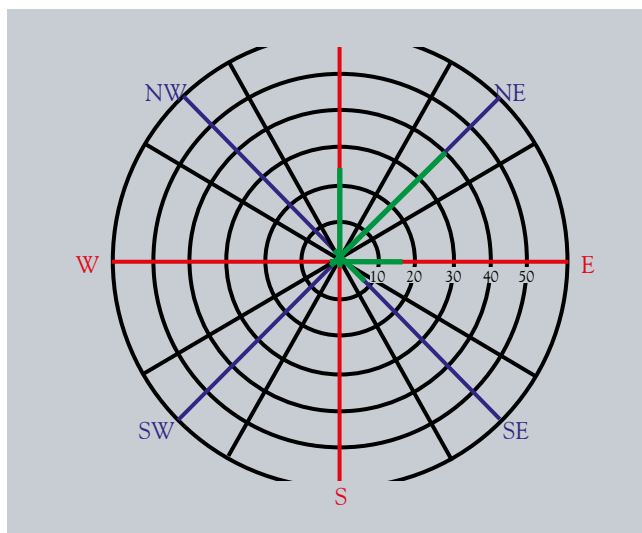


Fuente: elaboración propia.

2.11.5 Viento

El comportamiento analizado a nivel de cuenca presenta velocidad y dirección prevalentes del viento monitoreado en la estación climatológica de Unillanos. La velocidad más alta del viento se presenta entre diciembre y marzo, con velocidades hasta de 1,9 m/s, mientras que la dirección del viento procede generalmente del NE (figura 7).

Figura 7
Dirección del viento - rosa de los vientos



Fuente: elaboración propia.

2.11.6 Evaporación

Es la emisión de vapor de agua desde una superficie húmeda con temperatura inferior al punto de ebullición. Meteorológicamente, se trata de la transferencia de agua desde la superficie terrestre a la atmósfera. Este proceso se efectúa por tres vías diferentes: la evaporación del agua líquida, la sublimación del hielo y la transpiración de los seres vivos.

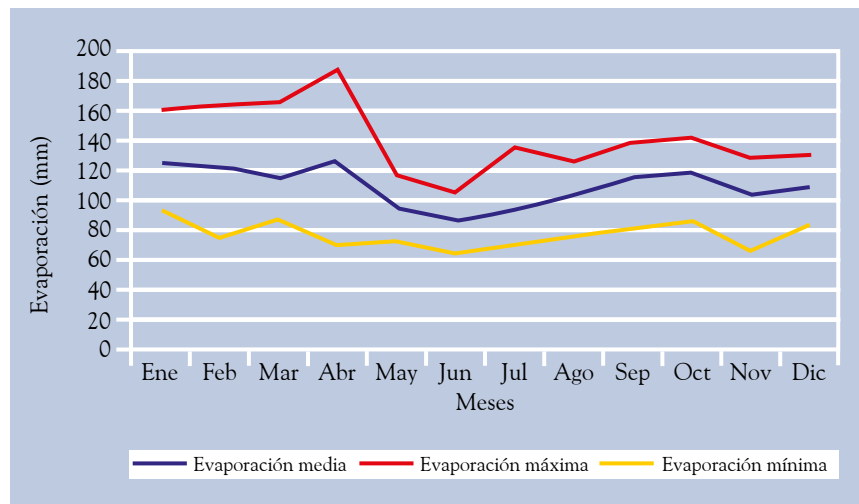
La evaporación en la cuenca presenta valores por encima de 120 mm, en el periodo comprendido entre enero-abril, y con valores menores a 100 mm durante mayo-agosto; para el resto del año se conserva un valor constante, cercano a los 100 mm. Asimismo, se observan valores máximos de 187 mm durante abril y de mínimos de 65 mm en mayo (tabla 13). En la figura 8 se presenta la variación de la evaporación en el transcurso del año.

Tabla 13. Evaporación mensual (aeropuerto Vanguardia)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Medios	124,3	122,6	114,7	126,8	95,4	86,2	93,2	102,2	115,3	117,7	104,4	109	1311,8
Máximos	159,7	164,2	165,7	187,5	116,1	105,4	135,9	126,4	139,3	141,6	127,8	131,1	879,5
Mínimos	92,6	75,2	86,7	69,2	71,8	64,5	68,8	75,5	80,1	86	65,8	82,6	64,5

Fuente: Archivo técnico del Ideam.

Figura 8
Variación media mensual de la evaporación (mm)
(aeropuerto Vanguardia)



Fuente: elaboración propia.

Evapotranspiración potencial y real

La evapotranspiración es la combinación de evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación. El volumen de agua que se evapotranspira entra a formar parte de la humedad atmosférica como vapor, y representa una pérdida de agua en el balance hídrico de una región. Los factores que intervienen en la evapotranspiración son los mismos que afectan la evaporación, a saber: el suministro de energía, el transporte de vapor y la humedad de la superficie.

La evapotranspiración potencial es la pérdida de agua observada en una superficie, líquida o sólida, saturada con una cobertura densa de vegetación, situación que sucedería en caso de existir un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo de manera permanente. Por otra parte, la evapotranspiración real (ETR) es la pérdida

de agua observada en una superficie, líquida o sólida, en las condiciones atmosféricas y de humedad del suelo dominantes, por fenómenos de evaporación y de transpiración. Para un área determinada la evapotranspiración potencial es mayor que la evapotranspiración real, siempre y cuando no se suministre agua a la superficie para reemplazar la evaporada (7).

$$ETR = K \times ETP \quad (7)$$

Donde:

ETR = evapotranspiración real (mm)

K = coeficiente que depende de la distribución temporal de las lluvias en el mes y de la capacidad del suelo para almacenar humedad. Su valor oscila entre 0,5-0,9

ETP = evapotranspiración potencial (mm)

Para la estimación de la evapotranspiración, a pesar de existir varios métodos para ello, en este documento se citan unos procedimientos prácticos y de fácil aplicación, sobre todo en áreas donde se cuenta con poca información climatológica y de usos del suelo.

• Ecuación de Turc

Para estimar la ETR en regiones con deficiencias de información, se utiliza la fórmula de Turc, ecuación adoptada por la Unesco para América del Sur. Para el cálculo directo de la ETR se tienen en cuenta solamente la temperatura y la precipitación, variables de fácil aplicación y obtención. La expresión es la siguiente:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{\left[0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right]}} \quad (8)$$

Donde:

ETR = evapotranspiración real media anual (mm)

P = precipitación media anual (mm)

L (t) = parámetro heliotérmico expresado así:

$$L = 300 + 25t + 0,05 t^3 \quad (9)$$

T = temperatura media anual (°C)

$$\text{Si } \frac{P^2}{(H_{(t)})^2} \leq 0.1 \rightarrow ETR = P \quad (9)$$

El método recomendado por la Unesco para la obtención de la ETR, cuando no existen suficientes estaciones en el área de estudio, consiste en superponer el mapa de las isotermas sobre el de isoyetas. Los puntos de cruce de estos dos tipos de isolíneas

conforman un sistema de nodos equivalentes a una red de estaciones virtuales; una vez determinadas sus coordenadas planas se procede a elaborar las isóneas de ETR, utilizando la misma metodología de construcción de isoyetas.

Para encontrar los diferentes valores de cada uno de los nodos se utiliza la fórmula de Turc (8). La precisión de los resultados se considera aceptable a excepción de las zonas con precipitaciones superiores a los 2 500 mm, donde se pueden presentar errores de más o menos el 15% en relación con los valores obtenidos en el balance hídrico.

La ETR, con la fórmula de Turc (8), con una temperatura media de 25,7 °C y una precipitación de 4 029 mm al año, dio como resultado una ETR de 1 115 mm. De acuerdo con la consideración o el reparo de la fórmula, este valor puede estar excedido por cuanto la precipitación sobrepasa el tope para el cual la ecuación es formulada. Por lo tanto, se toma como valor representativo el dato estimado en el balance hídrico superficial, el cual asciende a 880 mm.

• Ecuación de Turc modificada para el cálculo de la evapotranspiración potencial

Mediante la ecuación de Turc modificada se calcula la evapotranspiración potencial, cuya expresión está en función de la temperatura, la radiación global, la humedad relativa y una constante que depende del mes o el periodo considerado. Para una humedad relativa media mensual superior al 50% se aplica la ecuación:

$$ETP = K \left(\frac{T}{T + 15} \right) \times (Rg + 50) \quad (10)$$

Para una humedad relativa media mensual inferior al 50% se aplica a la ecuación:

$$ETP = K \left(\frac{T}{T + 15} \right) (Rg + 50) \left(I + \frac{50 - Hr}{70} \right) \quad (11)$$

Nota: el término de corrección $\left(I + \frac{50 - Hr}{70} \right)$ interviene solo en caso de climas desérticos o subdesérticos.

Donde:

ETP = evapotranspiración potencial (mm/mes)

K = es la constante igual a 0,4 para meses de 30 o 31 días; 0,37 para febrero y 0,13 para periodos de diez días

T = temperatura media mensual (°C)

Rg = radiación solar global incidente del mes considerado (cal/cm²/día)

Rh = radiación incidente en el exterior de la atmósfera en mm de vapor de agua, donde un 1 mm = 59 cal

Los resultados de la evapotranspiración potencial se observan en la tabla 14.

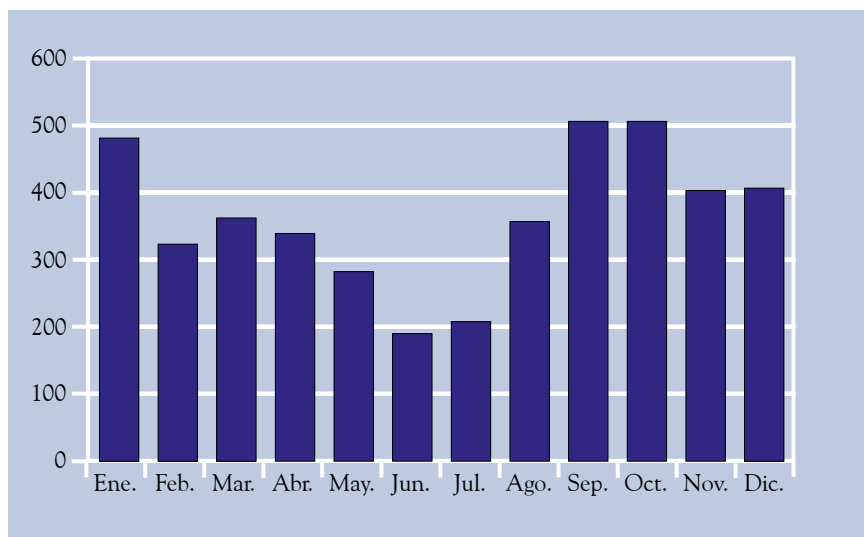
Tabla 14. Cálculo de la evapotranspiración potencial para la región por el método de Turc

DESCRIPCIÓN	MESES												Anual
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
k	0,4	0,37	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
T °C	26,4	26,5	26,2	25,4	24,9	24,2	24,1	24,6	25,1	25,4	25,5	25,7	
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
RA	14,3	15,01	15,5	15,5	14,85	14,44	14,59	15,07	15,34	15,11	14,48	14,05	
a	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	
b	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	
n	5,4	4,7	3,6	3,6	3,9	3,7	3,7	4,3	5,0	5,1	4,8	5,2	
N	11,8	11,9	12	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12	11,9	11,8	
n/N	0,46	0,39	0,30	0,30	0,31	0,30	0,30	0,35	0,42	0,43	0,41	0,44	
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
HR %	68	65	69	78	81	83	82	79	77	78	79	75	
T + 15	41,4	41,5	41,2	40,4	39,9	39,2	39,1	39,6	40,1	40,4	40,5	40,7	
T/(T+15)	0,64	0,64	0,64	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	
(a + b*(n/N))	0,48	0,46	0,42	0,41	0,42	0,41	0,42	0,44	0,46	0,47	0,46	0,48	
RA(a + b*(n/N))	6,89	6,84	6,44	6,43	6,27	5,98	6,06	6,59	7,12	7,10	6,68	6,67	
1mm = 59 Calorías													
RG = RA(a + b*(n/N))	406,5	403,7	380,0	379,2	369,9	352,8	357,7	389,0	420,3	418,7	393,9	393,8	
(RG + 50)	456,5	453,7	430,0	429,2	419,9	402,8	407,7	439,0	470,3	468,7	443,9	443,8	
ETP = K (T/(T + 15)(RG + 50)	116,5	107,2	109,4	107,9	104,8	99,5	100,5	109,1	117,7	117,9	111,8	112,1	1314,4

Fuente: elaboración propia.

La variación media de la evapotranspiración potencial se observa en la figura 9.

Figura 9
Variación de la evapotranspiración potencial



Fuente: elaboración propia.

2.11.7 Balance hídrico-climático

El balance es una expresión que compara las entradas y salidas del recurso agua en la cuenca, en distintas situaciones, tomando como base variables meteorológicas e hidrológicas que caracterizan cuantitativa y cualitativamente zonas específicas.

Para el balance hídrico climático las variables de entrada en la ecuación son la precipitación y la evapotranspiración potencial mensuales, asumiendo como hipótesis, según varios autores, que la reserva máxima de humedad en el suelo es de 100 mm, dependiendo de sus características, para un espesor de 50 cm y 100 cm.

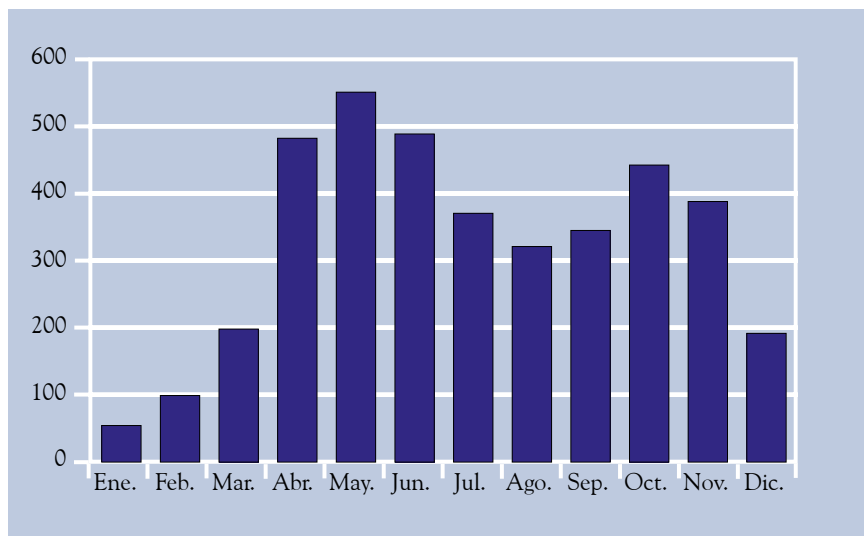
En la tabla 15 se observa que hay 2814 mm de excedentes de agua lo cual indica que, a excepción de enero y febrero, se presenta escorrentía. El déficit de agua en el suelo muestra que hay una buena retención de humedad; sin embargo, enero y febrero indican que hay un descenso fuerte de la humedad en el suelo. El periodo que va de abril a julio muestra una escorrentía alta, mientras que en enero y febrero esta es equivalente a cero, por la temporada seca del año. Estos resultados son coherentes con la variación de la precipitación a lo largo del año (tabla 15 y figura 10).

Tabla 15. Balance hídrico-climático

Meses	Precip. (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	□R (mm)	R (mm)	Exceso (mm)	Déficit (mm)
Enero	64	116	116	-52	48	0	0
Febrero	113	107	107	6	54	0	0
Marzo	210	109	109	46	100	55	0
Abril	490	108	108	0	100	382	0
Mayo	562	105	105	0	100	457	0
Junio	497	99	99	0	100	398	0
Julio	377	101	101	0	100	376	0
Agosto	325	109	109	0	100	216	0
Septiembre	349	118	118	0	100	231	0
Octubre	448	118	118	0	100	330	0
Noviembre	395	112	112	0	100	283	0
Diciembre	198	112	112	0	100	86	0
Total	4029					2814	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 10
Análisis de la precipitación para el cálculo del balance hídrico-climático



Fuente: elaboración propia.

2.11.8 Índice de humedad

Este factor indica la condición media de humedad que posee la capa agrícola, en promedio, durante el año. Los valores negativos indican suelos secos y los positivos condiciones húmedas predominantes (12).

$$Fh = \frac{100\% \text{ Excesos} - 60\% \text{ Déficit}}{ETP} \quad (12)$$

Donde:

Fh = factor de humedad

Excesos de humedad (mm)

Déficit de humedad (mm)

ETP = evapotranspiración potencial (mm)

Tabla 16. Cálculo del índice de humedad

Cálculo factor de humedad		
Fh = (100% exceso - 60% déficit)/ETP		
Factores	Valores	Categoría
100%	100	
Exceso	2814	
60%	60	
Déficit	0	
ETP	1314	
Fh	214,2	Superhúmedo

Fuente: Ideam, 2008.

De acuerdo con la tabla 17, el valor indica suelos superhúmedos.

Tabla 17. Clasificación del factor de humedad

Rango	Descripción
> 140	Superhúmedo
100 – 140	Muy húmedo
60 – 100	Moderadamente húmedo
40 – 60	Ligeramente húmedo
20 – 40	Adecuado
(-20) – 20	Seco
(-40)–(-20)	Semiárido
< (-40)	Árido

Fuente: Ideam, 2008

3. Caracterización hidrográfica

La cuenca de la quebrada Caño Grande se clasifica como una cuenca pequeña, de 9,02 km², pero por su gran precipitación se considera con un rendimiento elevado, de 100 l/s.km².

El sistema hidrográfico de la cuenca presenta descenso en sus caudales durante las épocas secas, períodos en los cuales muestra escasez generalizada del recurso hídrico, especialmente cuando hace presencia el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño). En épocas de lluvias se presenta el efecto contrario y la quebrada vuelve a aumentar sus caudales, presentándose crecientes importantes que se alejan de todo control, por lo que se hace necesario concebir programas de ordenamiento, conservación y regulación hídrica.

Con la caracterización hidrológica se pretende diagnosticar la cuenca desde el punto de vista hídrico, ofreciendo una perspectiva del grado de disponibilidad de agua que la cuenca ofrece para las diferentes actividades de desarrollo de la vereda Playa Rica y de su entorno.

3.1 Definición de cuenca hidrográfica

Según el decreto 1729, se define cuenca hidrográfica como el área de aguas superficiales o subterráneas que vierte a una red natural, con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que fluye en un curso superior y, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. Asimismo, una cuenca se delimita por una línea de divorcio de aguas. Se entiende por línea de divorcio la cota o altura máxima que divide dos cuencas contiguas.

Por otra parte, la ordenación de una cuenca tiene por objeto principal el planeamiento del uso o el manejo sostenible de los recursos naturales renovables, de

manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físicobiótica de la cuenca y, particularmente, de sus recursos hídricos.

3.2 Criterios de clasificación de cuencas

Con los criterios y conceptos de cuenca definidos en el decreto 1729 del Ministerio del Medio Ambiente, se presentan los razonamientos y percepciones sobre la clasificación y la priorización de cuencas.

Inicialmente se han clasificado las cuencas teniendo en cuenta su magnitud o tamaño, utilizando escalas 1:500 000 y 1:100 000, permitiendo considerar solamente cuencas superiores a 1000 km². Sin embargo, cuando se evalúan cuencas con áreas inferiores a este tamaño, se debe pensar en escalas cartográficas de 1:25 000 y 1:10 000 que permitan identificar cuencas que se puedan clasificar en rangos acordes con la clasificación de Gravelius para cuencas de grado 6 y 7, muy comunes por ser las fuentes de abastecimiento de municipios y sus cabeceras. Para este trabajo se consideraron los siguientes rangos por magnitud de área, a fin de que todas las cuencas queden incluidas dentro de ellos (tabla 18).

Tabla 18. Clasificación de rangos por unidad de área

Rangos por unidad de área (km ²)
501-1000
251-500
101-250
51-100
26-50
< 25

Fuente: elaboración propia.

4. Caracterización hidrológica

El propósito de la caracterización hidrológica de la cuenca es evaluar el potencial hídrico natural que esta puede ofrecer para el abastecimiento, así como disponer de información para la ejecución de obras que puedan almacenar y conducir el agua requerida para satisfacer las diferentes necesidades de la región.

La cuenca de la quebrada Caño Grande no cuenta con ningún tipo de puestos de observación hidrológica ni meteorológica, que permitan contar con información histórica, para caracterizar de primera mano las condiciones climáticas preponderantes y cuantificar sus recursos hídricos. Por esta razón, la información hidroclimática fue estimada con base en información de estaciones cercanas a la cuenca, con las cuales se corrió el modelo hidrológico *soil*, lluvia-caudal, para así contar con datos de precipitación y caudales representativos de la cuenca en estudio.

4.1 Oferta hídrica superficial

La estimación y la precisión de la oferta hídrica superficial están dadas según la cantidad y la calidad de la información hidroclimática disponible. De esta manera, se presentan dos casos: cuando se cuenta con registros históricos y cuando se carece de estos y, en su defecto, se deben generar. Para este tipo de estudios es necesario contar con caudales mensuales históricos, así como con caudales mínimos y máximos para el diseño de obras relacionadas con el aprovechamiento racional del recurso. En caso de contar con series históricas de caudales mayores a veinte años, el procedimiento se reducirá a efectuar los análisis estadísticos de rigor.

En la región hay dos estaciones climatológicas que sirven de referencia: las de Acacias y el aeropuerto Vanguardia, que sirvieron como base para la caracterización climática y para determinar el régimen de escorrentía dentro del área estudiada, información esencial para determinar la disponibilidad de agua de la cuenca.

4.1.1 Caudales característicos

Como se mencionó, los caudales para esta cuenca fueron generados a través del modelo *soil*, con el que se dedujo que la distribución temporal de los caudales medios, al igual que la precipitación, es de tipo bimodal, siendo abril, mayo y junio los meses con los registros más altos, mientras que para la segunda temporada de lluvias octubre y noviembre son los meses con registros cuantitativamente menores que los del primer semestre. A la altura del acueducto de Playa Rica se registró que el mes de mayor caudal es, en el primer semestre, mayo, con 1014 l/s y en la segunda temporada, octubre con 790 l/s. El periodo de estiaje se define en enero y febrero, con caudales cercanos a cero o nulos, lo cual indica que se han presentado años con temporada de estiaje muy fuerte. El caudal medio anual multianual es de 568 l/s (tabla 19). Mientras que para toda la cuenca, hasta la desembocadura en el río Ocoa, es de 919 l/s (tablas 19 y 20).

4.1.2 Caudales generados

Cuando se carece de información hidrométrica los caudales se deben obtener a partir de datos de precipitación, que en conjugación con otros componentes como las características de los suelos, su uso actual, la vegetación, y las características morfométricas y fisiográficas de la cuenca permiten utilizar modelos hidrológicos de lluvia caudal o de correlación con cuencas de características similares, con lo cual es posible determinar su escorrentía.

En relación con este aspecto es necesario hacer referencia a la generación de caudales, situación que se presenta en la mayoría de los proyectos de abastecimiento de agua en cabeceras municipales por no contar con series históricas de estos, realidad que se presenta en más del 80% de las fuentes abastecedoras puesto que no es viable diseñar y construir, a corto plazo, una red básica de estaciones hidrométricas a nivel de microcuencas.

Tabla 19. Caudales medios mensuales generados por el sistema Playa Rica (l/s)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1980	6	41	398	653	668	1316	817	333	355	999	502	116	517
1981	20	41	368	1161	1562	1009	550	374	291	704	988	383	621
1982	20	55	165	1512	995	400	550	361	759	1186	669	187	572
1983	104	352	213	951	1054	651	1083	733	188	953	877	943	675
1984	271	506	217	662	674	1148	466	710	567	736	380	138	540
1985	0	0	80	619	1114	386	505	582	607	649	607	111	438
1986	29	268	133	1151	1054	886	945	636	774	909	358	56	600
1987	49	116	451	706	506	878	768	385	478	1083	718	398	545
1988	0	2	114	376	678	947	623	1218	441	563	958	62	499
1989	48	96	279	363	807	888	396	638	658	810	680	102	480
1990	211	298	657	1059	1182	841	506	185	199	499	776	327	562
1991	5	96	211	1062	938	948	540	300	548	537	432	63	474
1992	75	24	241	426	882	952	387	951	857	427	647	281	513
1993	98	60	556	1175	1048	832	828	568	899	847	671	360	662
1994	58	33	685	966	1223	886	821	673	683	1149	477	33	640
1995	200	0	223	725	9232	998	485	519	616	680	601	404	531
1996	3	276	88	687	1155	978	942	430	542	812	1026	604	629
1997	142	239	231	1186	899	1254	423	509	830	401	779	1	575
1998	15	257	232	971	852	746	598	429	513	611	822	249	525
1999	126	558	142	1287	934	889	409	566	627	823	314	85	563
2000	4	310	256	763	1394	568	387	224	383	828	728	388	519
2001	65	8	271	688	1408	983	518	363	1029	772	429	480	584
2002	0	68	809	996	1476	1043	809	851	555	1152	330	307	700
2003	0	24	189	902	729	1325	342	247	909	1011	777	238	558
2004	1	316	173	1218	1199	1201	962	247	685	605	778	687	688
Media	62	162	295	891	1014	918	626	529	600	790	653	280	568
Máximos	271	558	809	1512	1562	1325	1083	1218	1029	1186	1026	943	
Mínimos	0	0	80	363	506	386	342	224	291	401	314	1	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Caudales medios mensuales generados en la desembocadura del río Ocoa (l/s)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1980	9	66	644	1056	1081	2128	1320	538	573	1615	811	188	836
1981	33	66	595	1878	2526	1631	889	604	470	1138	1597	619	1004
1982	32	99	267	2445	1609	646	889	584	1227	1918	1082	302	924
1983	168	568	344	1537	1703	1052	1752	1185	304	1542	1418	1524	1091
1984	439	818	350	1071	1089	1856	753	1149	917	1191	615	223	872
1985	0	0	130	1000	1801	623	817	941	981	1049	981	180	709
1986	47	433	215	1862	1705	1432	1527	1028	1251	1470	578	91	970
1987	79	187	730	1142	818	1420	1242	623	772	1752	1161	643	881
1988	0	3	185	608	1096	1532	1008	1970	713	910	1549	100	806
1989	78	155	451	586	1305	1436	641	1032	1064	1309	1099	165	777
1990	342	482	1063	1712	1910	1359	819	299	322	806	1254	529	908
1991	9	156	342	1718	1517	1533	874	485	886	869	698	102	766
1992	122	40	389	689	1426	1539	626	1538	1385	691	1046	454	829
1993	158	97	899	1900	1964	1346	1338	918	1454	1370	1085	581	1070
1994	93	53	1107	1562	1978	1432	1327	1088	1105	1858	771	53	1036
1995	323	0	361	1172	1492	1614	784	838	996	1099	971	653	859
1996	4	446	142	1112	1868	1581	1523	695	876	1313	1660	977	1016
1997	230	386	374	1918	1453	2027	685	824	1342	649	1260	1	929
1998	25	415	375	1569	1378	1207	967	694	829	989	1329	403	848
1999	204	902	230	2081	1511	1437	661	916	1014	1330	508	137	911
2000	6	501	414	1233	2253	818	626	362	619	1339	1176	627	840
2001	104	13	438	1112	2276	1589	838	587	1663	1248	694	776	945
2002	0	109	1308	1611	2386	1886	1309	1377	897	1863	534	496	1131
2003	0	39	306	1458	1179	2143	553	400	1470	1634	1256	384	902
2004	2	510	279	1969	1938	1942	1555	691	1107	978	1258	1110	1112
Medios	100	261	478	1440	1640	1484	1013	855	970	1277	1056	453	919
Máximos	439	902	1308	2445	2526	2143	1752	1970	1663	1918	1660	1524	
Mínimos	0	0	130	586	818	623	553	299	304	649	508	1	

Fuente: elaboración propia.

4.2 Modelo lluvia-caudal

Como se refirió, no se cuenta con información histórica de caudales. Con el fin de obtener la disponibilidad de agua en los sitios de interés, se propuso la utilización del modelo *soil*, que desarrolló una serie de relaciones para obtener, en regiones dedicadas a la agricultura, los valores de escorrentía directa a partir de relaciones e interrelaciones de factores físicos y climáticos como se describen a continuación:

4.2.1 Grupos hidrológicos de suelos

Los suelos se clasifican según la cantidad de agua que puedan almacenar durante una tormenta de determinada magnitud; en otras palabras, de la tasa de infiltración o la rata a la cual el agua entra al suelo, intervenida por condiciones superficiales, y la transmisibilidad, que es la rata a la cual se mueve el agua dentro del suelo y está controlada por los horizontes de este.

La finalidad perseguida puede variar de acuerdo con la aplicación que se quiera dar a la información: por ejemplo, para el consumo doméstico es necesario conocer la cantidad de lluvia que se transforma en escorrentía, a fin de dimensionar los sistemas de abastecimiento.

Los grupos hidrológicos en los que se pueden dividir los suelos son utilizados en el planeamiento de cuencas para la estimación de la escorrentía a partir de la precipitación. Las propiedades de los suelos consideradas para estimar la tasa mínima de infiltración para suelos “desnudos”, luego de un humedecimiento prolongado, son: profundidad del nivel freático en épocas de lluvia, infiltración y permeabilidad del suelo luego de un humedecimiento prolongado y profundidad hasta un estrato de permeabilidad muy lenta. La influencia de la cobertura vegetal es tratada independientemente.

Los grupos de suelos definidos por el Servicio de Conservación de Suelos aparecen en la tabla 21.

4.2.2 Clases de tratamiento y uso de la tierra

Estas clases se usan para la preparación del complejo hidrológico suelo-cobertura, que a su vez se utiliza para estimar la escorrentía directa. Los diferentes usos de la tierra y los tipos de tratamiento se clasifican en relación con la producción de escorrentía. Entre mayor sea la capacidad de un determinado uso del suelo o tratamiento para aumentar la retención total, será más baja la producción de escorrentía. Se pueden clasificar en: rotación de cosechas, pastos, bosques, misceláneos, método de siembra, contornos y terrazas.

Una vez determinados los tipos de suelo y la cobertura vegetal predominantes en la cuenca se obtiene el valor de la curva número (CN) para cada complejo suelo-cobertura, y se ponderan según el porcentaje de área de cada uno de ellos (tabla 22).

Los números muestran el valor relativo de los complejos suelo-cobertura como productores de escorrentía directa. Entre mayor sea el valor numérico, mayor será la cantidad de escorrentía directa producida por la precipitación.

Tabla 21. Grupos de suelos de acuerdo con el potencial de escurrimiento*

A	<p>Bajo potencial de escorrentía. Son suelos que tienen alta tasa de infiltración y, aun cuando son muy húmedos y están constituidos principalmente por arenas o gravas profundas, bien a excesivamente drenados, esos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua. Incluyen: <i>psammets</i>,** excepto por aquellas en los subgrupos líticos, aquícos o aquícos; suelos que no estén en los grupos C o D y que pertenezcan a las familias: fragmentarias, esqueletos-arenosas o arenosas; suelos grosarénicos de Udults y Udalfs, y suelos en subgrupos arénicos de Udults y Udalfs, excepto por aquellas familias arcillosas o finas.</p>
B	<p>Moderadamente bajo potencial de escorrentía. Suelos con tasas de infiltración moderadas cuando son muy húmedas, moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderada (que no están en los grupos A, C o D).</p>
C	<p>Moderadamente alto potencial de escorrentía. Suelos con infiltración lenta cuando son muy húmedos. Se trata de suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; suelos de textura moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a sales o álcali o suelos con mesas de agua moderadas. Esos suelos pueden ser pobremente drenados o moderadamente bien drenados con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta (fragipan, hardpan, sobre roca dura) a poca profundidad (50-100 cm) (comprende suelos en subgrupos albicos o aquícos; suelos en subgrupos arénicos de aquents, aquets, aquells, aquafis, y aquuls en familias francas; suelos que no estén en el grupo D y que pertenecen a las familias finas, muy finas o arcillosas, excepto aquellas con mineralogía caolinítica, oxidica o haloisítica; humods y orthods; suelos con fragipanes de horizontes petrocálcicos; suelos de familias “poco profundas” que tienen substratos permeables; suelos en subgrupos líticos con roca permeable o fracturada que permita la penetración del agua).</p>
D	<p>Alto potencial de escorrentía. Suelos con infiltración muy lenta cuando muy húmedos. Consiste de suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente; suelos con “claypan” o estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a sales o álcali y suelos poco profundos sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua muy lenta (incluye: todos los vertisoles, histosoles y aquícos; suelos en aquents, aquícos, aquícosy y aquícos, excepto los subgrupos arénicos en familias francas, suelos con horizontes mátricos, suelos en subgrupos líticos con substratos impermeables; y suelos en familias poco profundas que tienen un substrato impermeable).</p>

* Los suelos han sido clasificados en cuatro grupos: A, B, C y D, según el potencial de escurrimiento

** Algunas traducciones del término inglés han sido tomadas de Maldonado (1971).

Fuente: Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 1979

Tabla 22. Escorrentía para los complejos suelo-cobertura (CN)

Uso de la tierra	Cobertura, tratamiento o práctica	Condición hidrológica	Grupo de suelos			
			A	B	C	D
			Número de curva			
1. Rastrojo	Hileras rectas	-----	77	86	91	94
2. Cultivos en hileras	Hileras rectas	Mala	71	81	88	91
	Hileras rectas	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	Cur/niv y terrazas	Mala	66	74	80	82
	Cur/niv y terrazas	Buena	62	71	78	81
	3. Cultivos en hileras estrechas	Hileras rectas	Mala	65	76	84
Hileras rectas		Buena	63	75	83	87
Curvas de nivel		Mala	63	74	82	85
Curvas de nivel		Buena	61	73	81	84
Cur/niv y terrazas		Mala	61	72	79	82
Cur/niv y terrazas		Buena	59	70	78	81
4. Leguminosas en hileras estrechas o forraje en rotación*		Hileras rectas	Mala	66	77	85
	Hileras rectas	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Cur/niv y terrazas	Mala	63	73	80	83
	Cur/niv y terrazas	Buena	51	67	76	80
	5. Pastos de pastoreo		Mala	68	79	86
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
Curvas de nivel		Mala	47	87	81	88
Curvas de nivel		Regular	25	59	75	83
Curvas de nivel		Buena	6	35	70	79
6. Pastos de corte			Buena	30	58	71
7. Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
8. Patios		-----	59	74	82	86
9. Caminos de tierra**		-----	72	82	87	89
10. Pavimentos		-----	74	84	90	92

* Siembra tupida o al voleo

** Incluyendo derecho de vía

Fuente: Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 1979.

4.2.3 Humedad antecedente

La cantidad de lluvia precipitada, en un periodo de cinco días anterior a la tormenta, que se está analizando, se conoce como lluvia antecedente y la condición resultante en la cuenca de acuerdo con su potencial de escorrentía, se define como condición antecedente. En general, se puede decir que entre mayor sea la lluvia antecedente, mayor será la escorrentía directa producida por una tormenta dada.

La condición de lluvia antecedente se divide en tres clases a saber:

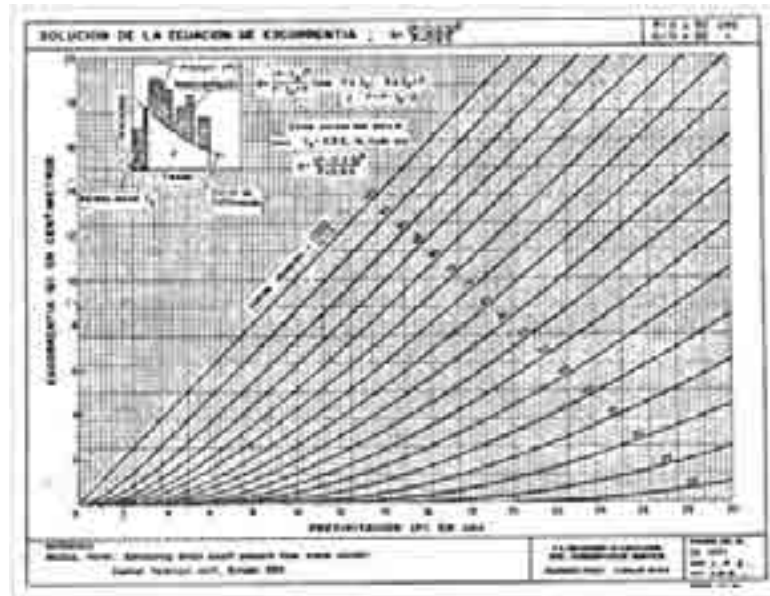
- AMC – I Total precipitado en 5 días anteriores a la tormenta < 35.0 mm
- AMC – II Total precipitado entre 35.0 y 52.5 mm
- AMC – III Total precipitado > 52.5 mm

La tabla 23 se refiere a la condición antecedente AMC – II, o sea bajo condiciones neutras, igualmente se muestra en esta tabla los valores de “CN” para condición antecedente AMC – I y AMC – III que son las condiciones extremas de suelo seco y húmedo respectivamente.

Una vez determinado el “CN” para la condición II, hay que analizar la condición de humedad antecedente de acuerdo con la precipitación acumulada de los 5 días antes del evento en consideración. Con el valor final de CN, se calcula “S” con la ecuación (Ec. 22) y luego se obtiene Q utilizando la ecuación (20). Hay que hacer notar que en la ecuación (20), tanto “P” como “S” deben estar en las mismas unidades.

Una vez se haya definido la curva número bajo las condiciones anteriormente expuestas se calcula el valor de la escorrentía directa producida por la tormenta analizada, utilizando las curvas presentadas diagrama de Mockus, ver figura 11.

Figura 11
Ábaco de Mockus



Fuente: Mockus, 1950.

El Ábaco de Mockus puede ser igualmente utilizado para el cálculo de la escorrentía “Q”, para una tormenta determinada.

4.2.4 Obtención de la escorrentía directa

Las estimaciones de la escorrentía, a partir de la precipitación, pueden calcularse de varias formas, pero básicamente todos los métodos tratan de descontar, de la lluvia caída sobre una cuenca, todas aquellas “pérdidas” que son debidas a factores tales como la infiltración, la evapotranspiración, la intercepción y el almacenamiento superficial. Algunos procedimientos como los balances hídricos son utilizados con bastante frecuencia, pero para las cuencas sin datos, el procedimiento más generalizado y quizá el más flexible y fácil de adaptar a cualquier región, es el método del número de curva (CN) del Servicio de Conservación de Suelos, expuesto en los anteriores numerales.

El método se basa en la relación que existe entre la infiltración y escorrentía potenciales y los valores reales de ambos. Otro parámetro que afecta el CN es la pendiente media de la cuenca. El Número de Curva se puede estimar para una condición intermedia (II), con ayuda de la tabla 23.

**Tabla 23. Valores de “CN” para condición antecedente
AMC – I y AMC – III**

II	I	III	II	I	III
100	100	100	74	55	88
97	97	100	73	54	87
98	94	99	72	53	86
97	91	99	71	52	86
96	89	99	70	51	85
95	87	98	69	50	84
94	85	98	68	48	84
93	83	98	67	47	83
92	81	97	66	46	82
91	80	97	65	45	82
90	78	96	64	44	81
89	76	96	63	43	80
88	75	95	62	42	79
87	73	95	61	41	78
86	72	94	60	40	78
85	70	94	59	39	77
84	68	93	58	38	76
83	67	93	57	37	75
82	66	92	56	36	75
81	64	92	55	35	74
80	63	91	54	34	73
79	72	91	53	33	72
78	60	90	52	32	71
77	59	89	51	31	70
76	58	89	50	31	70
75	57	88	49	30	69

Fuente: Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 1979.

La metodología planteada no contempla la pendiente de la cuenca. Por lo tanto, al seleccionar la curva número “CN”, se debe tener en cuenta aumentar o disminuir su valor a criterio del hidrólogo. Cuando una cuenca no presenta uniformidad en los suelos ni en la cobertura, se deben calcular varias curvas “CN” para los diferentes complejos y obtener luego un “CN” ponderado, de acuerdo con el área correspondiente a cada uno.

Si se desean obtener los valores mensuales de disponibilidad de agua para algún proyecto específico, por ejemplo un embalse de regulación para el abastecimiento de un acueducto o un distrito de riego, se debe desarrollar el procedimiento para todos los días del año y de todos los años de la serie y totalizar los valores calculados para cada mes, obteniendo de esta forma los aportes mensuales de la serie.

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{Pe} \quad (13)$$

Donde:

F = infiltración real acumulada (mm)

S = infiltración potencial (mm)

Q = escorrentía total acumulada (mm)

Pe = escorrentía potencial o exceso de precipitación (mm)

La relación presentada en la ecuación (Ec. 13), se considera válida a partir del inicio de la escorrentía.

Toda la precipitación ocurrida antes del inicio de ésta es considerada como pérdidas y no contribuyen al flujo superficial. Estas pérdidas son denominadas abstracciones iniciales (Ia) y constan de varios componentes tales como intercepción, almacenamiento en depresiones e infiltración inicial. En cuencas grandes, parte de la infiltración retorna como flujo subsuperficial o subterráneo, pero no es considerada en el análisis de tormentas pues tiene un tiempo de retardo suficientemente largo como para no influenciar el hidrograma de escorrentía directa.

De acuerdo con lo anterior, Pe se define como:

$$Pe = P - I_{ay} \quad (14)$$

F es definida como:

$$F = Pe - Q \quad (15)$$

Combinando las ecuaciones (Ec. 13), (Ec. 14) y (Ec. 15) se obtiene:

$$Q = \frac{(Pe)^2}{Pe + S} \quad (16)$$

Un estudio de gran cantidad de tormentas permitió la obtención de una relación empírica entre Ia y S:

$$Ia = 0.2S \quad (17)$$

Sustituyendo la ecuación (17) por la en (16) se obtiene:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (18)$$

La principal limitación de la ecuación la constituye la estimación de S (infiltración potencial) y consecuentemente Ia ; además, la relación mostrada por la ecuación (19) también conduce a errores de cierta consideración, pero en general la ecuación (20) permite una buena aproximación de Q para cuencas sin datos.

La infiltración potencial, S, depende de factores edáficos, condiciones de la superficie y la humedad antecedente. La intensidad de la lluvia puede modificar la capacidad de infiltración de los suelos. Numéricamente el valor máximo de S es igual a la capacidad útil de almacenamiento del suelo. En la práctica S puede ser estimado mediante el análisis de hidrogramas con información detallada y utilizando la ecuación 16 modificada:

$$S = \frac{Pe^2}{Q - Pe} \quad (19)$$

Todas las variables a la derecha de la ecuación (19) pueden ser obtenidas del análisis de hietogramas e hidrogramas. Luego de analizar gran cantidad de hidrogramas de cuencas experimentales, el modelo *soil* ha confeccionado un procedimiento para estimar S en función de un valor llamado CN (Curva Número) que se relaciona con S por la ecuación:

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4 \quad (20)$$

El Número de Curva (CN) se obtiene modificando la ecuación (20) en (21):

$$CN = \frac{2540}{S + 25.4} \quad (21)$$

Con la información de las características de suelo-cobertura, el valor de S (infiltración potencial) y la condición de humedad antecedente, se obtiene los caudales medios mensuales (tablas 19 y 20).

En la tabla 24 se muestra el conocimiento de la condición hidrológica, que es un indicador de la cobertura vegetal.

Tabla 24. Condición hidrológica

Cobertura %	Categoría
>75	Buena
50 –75	Regular
<50	Mala

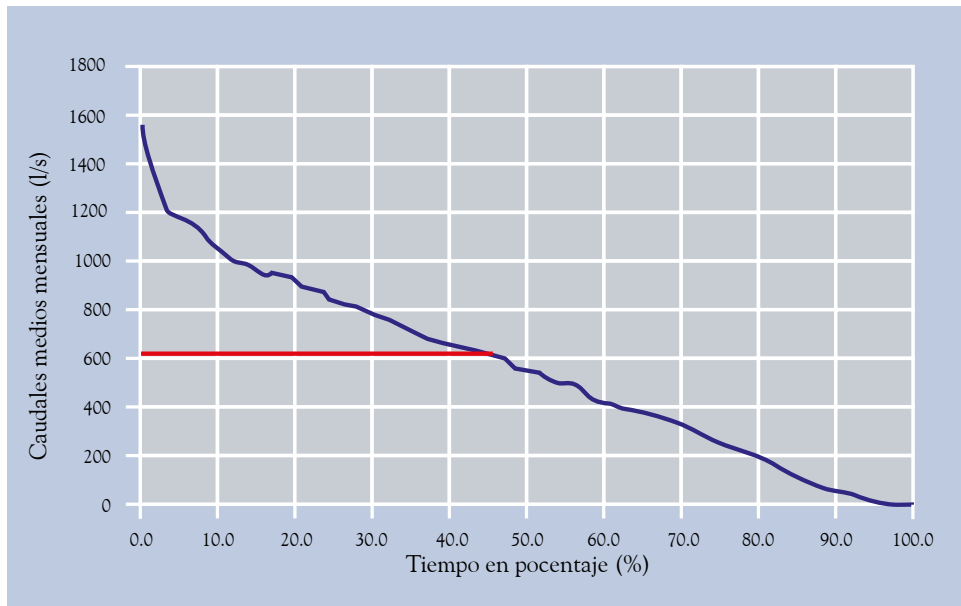
Fuente: Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 1979.

4.3 Curva de duración de caudales medios mensuales

La curva de duración de caudales es una curva de frecuencias acumulada que expresa el porcentaje de tiempo durante el cual un caudal determinado es igualado o excedido, como se observa en la figura 12.

Figura 12

Curva de duración de caudales medios mensuales, Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

Con el propósito de evaluar el potencial de regulación en las pequeñas cuencas, se deben identificar áreas homogéneas. Estas áreas se caracterizan individualmente a través de curvas típicas de duración de caudales medios diarios que explican las condiciones de disponibilidad y variabilidad del recurso agua en la cuenca de estudio. La tendencia de la curva refleja las condiciones de regulación natural y el régimen de la corriente para el periodo estudiado; por lo que se considera como una “curva típica” de frecuencias acumuladas.

Igualmente, la pendiente de la curva permite determinar la capacidad de regulación de la cuenca, dependiendo de la cobertura vegetal, de la pendiente del terreno y del tipo de suelo entre otros factores, e identifica también el régimen de torrencialidad de la corriente (ríos de montaña).

Para definir el grado de regulación de las diferentes áreas hidrográficas, se toman como indicativos de clasificación los índices de variabilidad (I_v), que se define como el factor que muestra la variabilidad o inestabilidad de los caudales promedios dentro de un año típico. Este índice de variabilidad va de cero (0) a uno (1) indicando que los valores que tienden a cero corresponde a una cuenca con pocas crecientes, donde la corriente es estable sin mucha variabilidad y, recibe constantemente agua subterránea.

Generalmente corresponde a ríos medianos y grandes. Mientras que si el índice de variabilidad tiende a cero, son cuencas de régimen torrencial, recibe poco aporte de

aguas subterráneas en las épocas secas o sin lluvias, generalmente son corrientes intermitentes. Este índice se calcula con la ecuación 22.

$$I_v = \sqrt{\frac{(\sum \log Q_i - \log Q_m)^2}{n}} \quad (22)$$

Donde:

I_v = índice de variabilidad

Q_i = caudales obtenidos de la curva de duración de caudales

Q_m = caudal medio

Tabla 25. Índice de variabilidad de la curva de duración de caudales medios mensuales

Numero	%	Caudal	log.	(logXi - logXm)	(logXi - logXm) ²
1	5	1185	3,0737	0,4290	0,1841
2	15	960	2,9823	0,3376	0,1140
3	25	845	2,9269	0,2822	0,0796
4	35	710	2,8513	0,2066	0,0427
5	45	610	2,7853	0,1406	0,0198
6	55	500	2,6990	0,0543	0,0029
7	65	390	2,5911	-0,0536	0,0029
8	75	280	2,4472	-0,1975	0,0390
9	85	205	2,3118	-0,3329	0,1109
10	95	60	1,7782	-0,8665	0,7509
TOTAL			26,4465		1,3467
MEDIA			2,6447		0,150
			I.V.= 0,39		

Fuente: elaboración propia.

El índice de variabilidad, para la cuenca de la quebrada Caño Grande, a la altura de la bocatoma de Playa Rica, es de 0.39 (tabla 25), que define el régimen hídrico como de variabilidad baja (tabla 26).

Tabla 26. Clasificación según el índice de variabilidad

Índice de variabilidad	
Categoría	Descripción
0.00 - 0.19	Muy baja
0.20 - 0.39	Baja
0.40 - 0.59	Media
0.60 - 0.79	Alta
0.80 - 1.00	Muy alta

Fuente: elaboración propia.

Aplicación de las curvas de duración de caudales

Las curvas de duración de caudales se aplican en los siguientes campos:

- Estudios de aprovechamiento de agua con fines de riego. Si los caudales correspondientes al 75% u 80% del tiempo son iguales o superiores al valor de mayor demanda, no habrá necesidad de construir una presa o almacenamiento, en su defecto se debe pensar en la construcción de una presa derivadora con su respectiva bocatoma lateral o simplemente de una toma lateral.
- Estudios de aprovechamiento hidroeléctrico. En estudios de prefactibilidad y factibilidad para calcular la capacidad de un embalse para la generación de energía, generalmente se usan los caudales igualados o excedidos en el 100% del tiempo.
- Análisis de proyectos de embalses con propósito múltiple. Dependiendo del objetivo del embalse se analizarán las ofertas y las demandas (riego, consumo humano, consumo industrial, etc.) para decidir sobre la necesidad o viabilidad de construir o no un embalse según el caudal disponible de la curva de duración.
- Comparación de corrientes fluviales. Cuando se requieran datos de caudales de una corriente que carezca de mediciones hidrométricas se pueden obtener, por comparación de las características fisiográficas de la cuenca con cuencas similares que posean datos de caudal.
- Estudios de suministro de agua potable. Dado que para el diseño de acueductos es muy importante tener un caudal seguro para todas las épocas y en especial para los periodos de estiaje, se tomará de la curva de duración aquel caudal que corresponda al 90% del tiempo y de este valor se captará el 80% como garantía de suministro.
- Control de contaminación de agua. Se usa para controlar la contaminación de una fuente de agua mediante el caudal disponible para dilución, de tal forma que se pueda saber si la concentración de una sustancia es igualada o excedida en un porcentaje de tiempo.

4.4 Balance hídrico superficial

La base conceptual, que permite la estimación, cuantificación y representación de la oferta de agua para los diferentes fines específicos, es la ecuación de balance hídrico superficial, donde se integran las fases del ciclo hidrológico. La escorrentía como componente fundamental de la ecuación, y en articulación con otros factores meteorológicos, permite conocer el potencial hídrico de las cuencas, y estimar así cuál es la oferta hídrica superficial total. La fórmula propuesta del balance hídrico es la siguiente.

$$P - Esc_{(sup)} - Esc_{(sub)} - ETR - H_{suelo} - H_{veg} \pm \Delta S \pm \Delta er = 0 \quad (23)$$

Donde:

P = precipitación

$Esc_{(sup)}$ = escorrentía superficial

$Esc_{(sub)}$ = escorrentía subterránea

ETR = evapotranspiración real

H_{suelo} = variación de humedad del suelo

H_{veg} = variación de humedad de la vegetación

ΔS = almacenamiento

Δer = término residual de discrepancia

Sin embargo, el cálculo de la escorrentía se hace con la ecuación resumida del balance hídrico, método recomendado por la Unesco³ (Ec. 24); a partir de los parámetros observados directamente, como la precipitación y la escorrentía, se obtiene la ETR media para la cuenca.

$$Esc = P - ETR \quad (24)$$

Donde:

Esc. = escorrentía media (mm)

P = precipitación media multianual (mm)

ETR = evapotranspiración real media multianual (mm)

Para la cuenca de la quebrada Caño Grande se calcularon los balances hídricos superficiales mensuales a la altura de la bocatoma de Playa Rica y de toda la cuenca hasta la desembocadura al río Ocoa (tablas 27 y 28).

Tabla 27. Cálculo del balance hídrico superficial, Playa Rica

Mes	Precipitación (mm)	Caudal (m ³ /s)	Rendimiento (l/s.Km ²)	Mes Segundos	Factor escorrentía	Escorrentía (mm)	Volumen (m ³)	ETR (mm)	ETP (mm)	Í. aridez adimensional	Característica
Ene.	64	0,062	11	2678400	2,68	29	166065	35	116	0,70	Alto déficit de agua
Feb.	113	0,162	28	2419200	2,42	69	391009	44	107	0,59	Déficit de agua
Mar.	210	0,295	52	2678400	2,68	139	791034	71	109	0,35	Moderado contenido de agua
Abr.	490	0,891	157	2592000	2,59	406	2308536	83	108	0,23	Entre moderado y exceso de agua
May.	562	1,014	179	2678400	2,68	478	2716165	84	105	0,20	Excedentes de agua
Jun.	497	0,918	162	2592000	2,59	419	2379659	78	99	0,22	Entre moderado y exceso de agua
Jul.	377	0,626	110	2678400	2,68	295	1677926	81	101	0,19	Excedentes de agua
Ago.	325	0,529	93	2678400	2,68	249	1415762	76	109	0,31	Moderado contenido de agua
Sep.	349	0,600	106	2592000	2,59	274	1554321	76	118	0,36	Moderado contenido de agua
Oct.	448	0,790	139	2678400	2,68	372	2115627	76	118	0,36	Moderado contenido de agua
Nov.	395	0,653	115	2592000	2,59	298	1692304	97	112	0,13	Alto excedente de agua
Dic.	198	0,280	49	2678400	2,68	132	750059	66	112	0,41	Entre moderado y déficit de agua
Anual	4029	0,568	100	31536500	31,54	3155	17921445	874	1314	0,33	Moderado contenido de agua

Fuente: elaboración propia.

³ Métodos de cálculo del balance hídrico expuestos en la *Guía Internacional de investigación y métodos* (Unesco, 1981).

Tabla 28. Cálculo del balance hídrico superficial, desembocadura del río Ocoa

Mes	Precipitación (mm)	Caudal (m ³ /s)	Rendimiento (l/s.Km ²)	Mes Segundos	Factor escorrentía	Escorrentía (mm)	Volumen (m ³)	ETR (mm)	ETP (mm)	Í. aridez adimensional	Característica
Ene.	64	0,098	11	2678400	2,68	29	263252	35	116	0,70	Alto déficit de agua
Feb.	113	0,256	28	2419200	2,42	69	619842	44	107	0,5	Déficit de agua
Mar.	210	0,468	52	2678400	2,68	139	1253977	71	109	0,35	Moderado contenido de agua
Abr.	490	1,412	157	2592000	2,59	406	3659578	84	108	0,22	Entre moderado y exceso de agua
May.	562	1,608	178	2678400	2,68	477	4305766	85	105	0,19	Exceso de agua
Jun.	497	1,455	161	2592000	2,59	418	3772324	79	99	0,21	Entre moderado y exceso de agua
Jul.	377	0,993	110	2678400	2,68	295	2659910	82	101	0,18	Excesos de agua
Ago.	325	0,838	93	2678400	2,68	249	2244319	76	109	0,30	Moderado contenido de agua
Sep.	349	0,951	105	2592000	2,59	273	2463967	76	118	0,35	Moderado contenido de agua
Oct.	448	1,252	139	2678400	2,68	372	3353771	77	118	0,35	Moderado contenido de agua
Nov.	395	1,035	115	2592000	2,59	297	2682703	98	112	0,13	Alto excedente de agua
Dic.	198	0,444	49	2678400	2,68	132	1189021	67	112	0,41	Entre moderado y déficit de agua
Anual	4029	0,901	100	31536500	31,54	3150	28409742	880	1314	0,33	Moderado contenido de agua

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los balances hídricos (tablas 27 y 28), hasta la bocatoma de Playa Rica, la cuenca presenta una oferta anual de 17 921 000 m³, en condiciones naturales, y hasta la desembocadura en el río Ocoa 28 410 000 m³.

5. Indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico

En este capítulo se calculan y analizan los índices de sostenibilidad del recurso hídrico, indicando no solo la dinámica de los procesos naturales, sino también las demandas por el uso del agua de las actividades sociales y económicas, las cuales son de vital importancia para el conocimiento y comprensión del estado actual y futuro del recurso hídrico.

5.1 Indicadores

Son elementos que permiten simplificar y analizar parámetros complejos, caso de la información hidrológica y climatológica, con el fin de que las personas que se encargan de planificar y tomar decisiones, referentes al desarrollo y al medio ambiente lo realicen en convencimiento y conocimiento pleno de las condiciones hidroclimáticas de la región.

Se caracterizó el régimen hídrico de la microcuenca de la quebrada Caño Grande por medio de los índices de aridez, uso del agua, regulación hídrica y vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico.

5.1.1 Índice de aridez

Uno de los resultados del balance hídrico es la determinación el índice de aridez (*Ia*), tablas 27 y 28, definido como una característica cualitativa del clima que muestra en

mayor o menor grado la insuficiencia de los volúmenes precipitados para mantener la cobertura vegetal; igualmente indica los excedentes y disponibilidad deficitaria de agua del “Ia” de la región. Se calcula con la siguiente ecuación.

$$I_a = \frac{(ETP - ETR)}{ETP} \quad (25)$$

Donde:

Ia: = índice de aridez

ETP: = evapotranspiración potencial

ETR: = evapotranspiración real

El índice de aridez, tablas 27 y 28, clasifica la cuenca como región de moderado contenido de agua, a nivel promedio anual. Sin embargo, se observa que hay meses con excedentes y altos excedentes de agua, que corresponden a las épocas de lluvia; pero se puede ver, igualmente, que meses como enero y febrero con un alto déficit de agua. En la tabla 29, se muestran las categorías de la cuenca de la quebrada Caño Grande; de acuerdo con los resultados obtenidos, presenta un índice a nivel promedio anual que indica un moderado contenido de agua.

Sin embargo, se observan meses con excedentes y altos excedentes de agua, especialmente en temporadas de lluvia; pero se puede ver, igualmente, meses como enero y febrero con un alto déficit de agua los cuales corresponden a la época seca del año.

Tabla 29. Categorías según el índice de aridez

Rango	Descripción
> 0,60	Alto déficit de agua
0,50 - 0,59	Déficit de agua
0,40 - 0,49	Moderado contenido de agua
0,30 - 0,39	Entre moderado y exceso de agua
0,20 - 0,29	Excedentes de agua
0,15 - 0,19	Entre moderado y exceso de agua
< 0,15	Excedentes de agua

Fuente: elaboración propia.

5.1.2 Índice de uso del agua (IUA)

Relación porcentual entre la demanda de agua de las actividades económicas y sociales con la oferta hídrica disponible, después de aplicar factores de reducción por calidad del agua y caudal ecológico o ambiental, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IUA = \frac{D_h}{O_d} \times 100 \quad (26)$$

Donde:

IUA = índice de uso del agua

D_h = demanda hídrica

O_d = oferta neta o disponible

5.1.3 Oferta hídrica neta o disponible

El resultado de reducir la oferta total debido los distintos factores que alteran las condiciones naturales de la calidad del agua, como también por la demanda ambiental o el caudal ecológico, es considerado en este estudio como oferta neta o disponible para los aprovechamientos de los diferentes sectores de usuarios.

5.1.3.1 Reducción por calidad del agua

Las presiones por el uso del recurso y en particular los vertimientos de aguas alteradas limitan en forma considerable la oferta, debido a las condiciones de calidad que se registran en los diferentes tramos de las corrientes, por contaminación proveniente de las diferentes actividades sociales y económicas, por vertimientos sin tratamiento previo, además de ser receptores de altos volúmenes de sedimentos, originados por procesos de erosión natural o derivada de la acción antrópica. Esto hace que la disponibilidad en términos de cantidad sea menor. Estas limitaciones se hacen aún más graves cuando la fuente de abastecimiento es una quebrada o arroyo cuyo régimen hidrológico es muy variable, poco regulado y con poco caudal.

Generalmente, la alteración de la calidad de agua tiene que ver con la contaminación por materia orgánica, por nutrientes y por una gran variedad de sustancias químicas y sintéticas de naturaleza tóxica. Como fuentes principales de contaminación de las aguas superficiales se destacan las aguas residuales domésticas e industriales, el escurrimiento de zonas de producción agrícola, por arrastre de compuestos presentes en la atmósfera y las aguas procedentes de procesos de extracción minera⁴.

Según el Ideam (2004), la contaminación en términos de aumento de carga sólida en el agua por descarga de sedimentos se manifiesta con mayor frecuencia en las corrientes de régimen torrencial y depende en esencia de la intensidad de la lluvia en la parte alta de las cuencas, que interactúa con el sistema cobertura vegetal y suelo.

Para estimar el grado de presión o afectación sobre la calidad de los recursos hídricos se debe en principio realizar estimaciones de la DBO expresada en toneladas/año, generadas por el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales. Una vez se conozca el estado de la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento como de los cuerpos de agua, la oferta hídrica de estos sistemas se debe afectar por el 25% correspondiendo a la condición de calidad del agua (Ideam, 2004).

Sin embargo, a mayor profundidad, la calidad de agua está definida por su composición química y sus características físicas y biológicas, adquiridas a través de los diferentes procesos naturales y antrópicos⁴. La calidad del agua natural y su variación espacio-temporal se modifica por la influencia de las múltiples actividades socioeconómicas de acuerdo con las características propias de estas dinámicas.

⁴ Para ampliar esta información, véase el índice de escasez (Ideam, 2004, p. 20).

⁵ Para profundizar en este tema, véase el documento *Medio Ambiente en Colombia* (Ideam, 2000).

La evaluación de la calidad del agua es un proceso que incorpora desde sus etapas iniciales una consideración explícita de los diversos componentes que interactúan para definir condiciones específicas del recurso hídrico, que en un sitio determinado y en un momento particular, pueden expresarse en términos de variables físicas, químicas, biológicas y bacteriológicas.

Las fuentes principales de alteración de la calidad de agua en el país corresponden con aguas residuales domésticas, caracterizadas principalmente por contener sustancias biodegradables, detergentes y microorganismos patógenos; aguas residuales industriales que contienen sales de metales pesados como sulfatos, cloruros, o nitratos de plomo, cromo, cadmio, mercurio, entre otros, compuestos orgánicos sintéticos derivados halogenados del petróleo; aguas residuales de las zonas de producción agrícola y ganadera, que contienen fertilizantes, sales de potasio y plaguicidas; aguas de lavado procedente de los procesos de extracción minera; aguas de escorrentía en zonas de disposición de residuos sólidos o lixiviados y fugas de rellenos sanitarios.

Con base en lo anterior se han definido unos parámetros mínimos para el seguimiento y monitoreo de la calidad de agua superficial, cuya variación y cuantificación permiten análisis y control de los límites establecidos en la normativa ambiental.

Igualmente el índice de calidad del agua (ICA), permite representar su estado en general y las posibilidades o limitaciones del agua para determinados usos en función de las variables seleccionadas.

En la actualidad existen algunos desarrollos para el cálculo del índice de calidad del agua hechos por corporaciones autónomas regionales y universidades; sin embargo es necesario ajustar la metodología para las diferentes condiciones de los cuerpos de agua del país, en la medida que se obtenga mayor cantidad de datos.

Adicionalmente se acota que el indicador ICA no reemplaza la evaluación de los parámetros fijados por la normativa (decreto 1594/84), él plantea un sondeo o evaluación preliminar de las condiciones del recurso basado en resultados de análisis, y se constituye en una herramienta útil para la toma de decisiones respecto a una primera aproximación de la posible aptitud del agua para su utilización.

En aguas subterráneas no se considera apropiado el uso de indicadores integrados de calidad del recurso, se opta por el análisis de variables que garantizan la fiabilidad de los análisis (balance iónico), una adecuada valoración química y un posible indicador del origen de la contaminación cuando esta se presente.

Los indicadores de calidad mínimos recomendados para hacer seguimiento de las condiciones de calidad de agua en los acuíferos están relacionados con: la conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y los iones mayores (calcio, sodio, potasio, cloruro, sulfato, nitrato, magnesio y amoníaco).

5.1.3.2 Índice de calidad de agua superficial (ICA)

Se considera que a través del índice de calidad de agua (ICA), seleccionado como el índice para representar el estado de la calidad de las aguas, se puede determinar en alguna medida las posibilidades o limitaciones del agua para determinados usos, mediante ponderaciones y agregación de parámetros y variables físicas, químicas y biológicas.

El ICA puede ser determinado para cada objetivo de calidad establecido. Con variables representativas en función del uso y objetivo de calidad, como por ejemplo para abastecimiento de la población.

Teniendo en cuenta los procesos realizados por el Ideam en la construcción de la línea base se puede utilizar un ICA construido con siete variables⁶, con base en el programa de monitoreo de calidad de agua.

Sin embargo para la ponderación inicial se puede tener en cuenta cinco parámetros: demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos en suspensión (SS) y pH.

5.1.3.3 Reducción por caudal ecológico o ambiental.

El caudal ecológico o ambiental es el requerido para el sostenimiento del ecosistema, la flora y la fauna de una corriente de agua. El método hidrológico para conocerlo se basa en el comportamiento de los caudales en los sitios de interés, para lo cual es necesario el conocimiento de series históricas de caudales. Una propuesta preliminar para estimar el caudal ambiental es tomar el 75% de la curva de duración de caudales medios mensuales, originados en una estación hidrológica o generados en el sitio de aprovechamiento, lo que garantizaría que este caudal (75% de la curva de duración) debe fluir hacia aguas abajo. Este caudal puede ser tomado como parte de la reducción de la oferta total o como una demanda.

La categoría del índice de uso del agua lo muestra la tabla 30, de acuerdo con el valor obtenido en la ecuación (26).

5.1.3.4 Sitio: bocatoma Playa Rica, condición actual

- La oferta total anual: 17,92 Mm³/ año, 568 l/s, tabla 27
- Oferta neta = oferta total por factor de reducción por calidad (25%) = 13.44 (Mm³) /año
- Demanda neta de agua por concepto de consumo doméstico 1.64 (Mm³)/año
- Índice de agua no contabilizada (IANC) 62.0% agua captada 1.02 Mm³/año
- Demanda de agua por concepto de caudal ambiental 7.88 (Mm³)/ año
- Total demanda: 10.54 (Mm³)/ año

Determinación del índice de uso del agua anual

$$IUA = \frac{D_h}{O_d} \times 100 \quad (26)$$

$$IUA = 10.54/13.44 = 78\%$$

Este índice indica una categoría alta, es decir que la demanda es alta con respecto a la oferta disponible (tabla 30).

⁶ Los indicadores usados para el estudio se pueden revisar en el diagnóstico de indicadores de calidad de agua (Ideam, 2002).

Tabla 30. Categorías según el índice de uso del agua

Categoría	%	Descripción
No significativa	< 1 %	La demanda no es significativa con relación a la oferta.
Mínimo	1 - 10	La demanda es muy baja con respecto a la oferta.
Medio	11 - 20	La demanda es baja con respecto a la oferta.
Medio alto	21 - 50	La demanda es apreciable.
Alto	> 50	La demanda es alta con respecto a la oferta.

Fuente: elaboración propia.

5.1.3.5 Sitio: bocatoma Playa Rica, Proyección año 2039

- La oferta total anual: 17,92 Mm³/ año, 568 l/s, tabla 27
- Oferta neta = oferta total por factor de reducción por calidad (25%) = 13.44 (Mm³) /año
- Demanda neta de agua por concepto de consumo doméstico 4.27 (Mm³)/año
- Índice de agua no contabilizada (IANC) 62.0% agua captada 1.71 Mm³/año
- Demanda de agua por concepto de caudal ambiental 7.88 (Mm³)/ año
- Total demanda: 13.86 (Mm³)/ año

Determinación del índice de uso del agua anual, proyección al año 2039

$$IUA = \frac{D_h}{O_d} \times 100 \quad (26)$$

$$IUA = 13.86/13.44 = 100\%$$

Este índice indica una categoría alta, es decir que la demanda es alta con respecto a oferta disponible (tabla 30).

Determinación del índice de uso del agua mensual para condiciones actuales y proyectadas al año 2039

Se consideran tres tipos de índice de uso del agua:

El primero (D/O. neta) se refiere a la presión de la demanda con relación de la oferta hídrica neta o disponible. Esta oferta hídrica viene de reducir la oferta total por un factor que representa la calidad del agua, tablas 31 y 32.

En el segundo índice (D/O. total), la oferta hídrica representa el volumen total generado por la fuente de agua sin ningún tipo de reducción por calidad de agua. En esta segunda condición se deduce que la calidad del agua de la fuente cuenta con unas condiciones de calidad aceptables (tablas 31 y 32).

El tercer índice de uso del agua (DEFEC./O.NETA) es donde se relaciona la oferta efectiva u oferta de abastecimiento directo de agua a la comunidad, con relación a la oferta neta en el punto de captación. Esta oferta sería la que potencialmente se debe tratar en una planta de tratamiento con fines de abastecimiento para los objetivos que tenga la región para su desarrollo (tablas 31 y 32).

Tabla 31. Variación mensual del índice de uso del agua, condición actual.

Bocatoma Playa Rica

Mes	Precipitación (mm)	Caudal (m ³ /s)	Rendimiento (l/s.Km ²)	Oferta total (m ³)	Oferta neta Reduc. 25% (m ³)	Caudal ecológico (m ³)	Demanda población (m ³)	Demanda total (m ³)	Í. de uso del agua	Í. de uso del agua	Í. de uso del agua
Ene.	64	0,062	11	166065	124549	13392	221667	235059	189	142	178
Feb.	113	0,162	28	391009	293257	77414	221667	299081	102	76	76
Mar.	210	0,295	52	791034	593275	455328	676995	676995	114	86	37
Abr.	490	0,891	157	2308536	1731402	1710720	1932387	1932387	112	84	13
May.	562	1,014	179	2716165	2037124	2276640	2498307	2498307	123	92	11
Jun.	497	0,918	162	2379659	1784744	2164320	2385987	2385987	134	100	12
Jul.	377	0,626	110	1677926	1258444	1205280	1426947	1426947	113	85	18
Ago.	325	0,529	93	1415762	1061822	937440	1159107	1159107	109	82	21
Sep.	349	0,600	106	1554321	1165740	1205280	1426947	1426947	122	92	19
Oct.	448	0,790	139	2115627	1586720	1607040	1828707	1828707	115	86	14
Nov.	395	0,653	115	1692304	1269228	1205280	1426947	1426947	112	84	17
Dic.	198	0,280	49	750059	562544	254448	476115	476115	85	63	39
Anual	4029	0,568	100	17921445	13441084	7880000	10540000	10540000	78	59	20

Fuente: elaboración propia.

Tabla 32. Variación mensual del índice de uso del agua, proyección al año 2039.

Bocatoma Playa Rica

Mes	Precipitación (mm)	Caudal (m ³ /s)	Rendimiento (l/s.Km ²)	Oferta total (m ³)	Oferta neta Reduc. 25% (m ³)	Caudal ecológico (m ³)	Demanda población (m ³)	Demanda total (m ³)	Í. de uso del agua	Í. de uso del agua	Í. de uso del agua
Ene.	64	0,062	11	166065	124549	13392	355833	369225	296	222	286
Feb.	113	0,162	28	391009	293257	77414	355833	433247	148	111	121
Mar.	210	0,295	52	791034	593275	455328	355833	811161	137	103	60
Abr.	490	0,891	157	2308536	1731402	1710720	355833	2066553	119	90	21
May.	562	1,014	179	2716165	2037124	2276640	355833	2632473	129	97	17
Jun.	497	0,918	162	2379659	1784744	2164320	355833	2520153	141	106	20
Jul.	377	0,626	110	1677926	1258444	1205280	355833	1561113	124	93	28
Ago.	325	0,529	93	1415762	1061822	937440	355833	1293273	122	91	34
Sep.	349	0,600	106	1554321	1165740	1205280	355833	1561113	134	100	31
Oct.	448	0,790	139	2115627	1586720	1607040	355833	1962873	124	93	22
Nov.	395	0,653	115	1692304	1269228	1205280	355833	1561113	123	92	28
Dic.	198	0,280	49	750059	562544	254448	355833	610281	108	81	63
Anual	4029	0,568	100	17921445	13441084	7880000	4269996	12149996	90	68	32

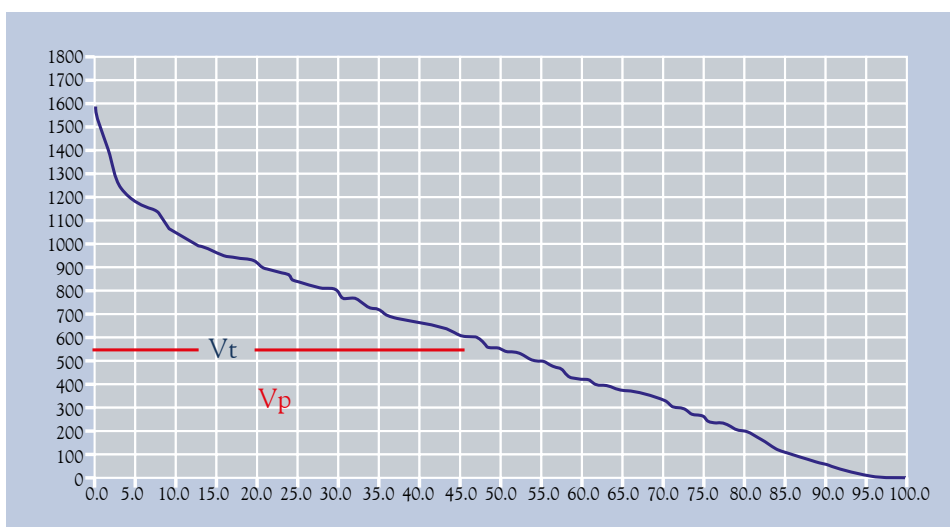
Fuente: elaboración propia.

5.1.4 Índice de regulación hídrica (IRH)

Se entiende como el factor que indica el grado de regulación hídrica natural o la cantidad de humedad que retiene la cuenca para garantizar el abastecimiento de agua a la región durante todo el año. Se puede considerar este índice como una característica cualitativa del mayor o menor grado de retención de humedad, considerando variables como la precipitación, condiciones físicas del suelo y la cobertura vegetal.

Para hallar el índice de regulación hídrica se toma como base la curva de duración de caudales medios mensuales (figura 13), relacionando el área ubicada por debajo del caudal medio de la curva sobre el área total que se encuentra por debajo de la curva de duración de caudales (ecuación 27).

Figura 13
Determinación del índice de regulación hídrica, Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

$$IRH = \frac{A_p}{A_t} \quad (27)$$

Donde:

IRH = índice de regulación hídrica

A_p = área o volumen bajo la línea de caudal medio

A_t = área o volumen bajo la curva de duración de caudales

El índice de regulación hídrica (IRH) para la cuenca de la quebrada Caño Grande, a la altura de la bocatoma de Playa Rica, es de 0.70; de acuerdo con la tabla 33 de categorías, corresponde a una regulación alta o retención buena de humedad.

Tabla 33. Categorías dsegún el índice de regulación hídrica

Índice de regulación	
Categoría	Descripción
0.81 - 1.00	Muy alta
0.61 - 0.80	Alta
0.41 - 0.60	Media
0.21 - 0.40	Baja
0.00 - 0.20	Muy baja

Fuente: elaboración propia.







5.1.5 Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico

Con el propósito de estimar o cualificar los riesgos de las diferentes actividades del desarrollo, se determina la vulnerabilidad de las fuentes relacionadas con la disponibilidad de agua definiéndose este como un indicador que muestra el grado de fragilidad o de fortaleza, al existir suficiente disponibilidad de agua en una región para el abastecimiento, lo cual ante diferentes amenazas, tales como periodos largos de sequía ocasionados por eventos extraordinarios, tales como el fenómeno cálido del Pacífico, El Niño, podría generar riesgos de desabastecimiento en las pequeñas cuencas hidrográficas. Igualmente este índice da una visión de la situación de vulnerabilidad para que un sistema hídrico mantenga una disponibilidad de agua tal que no comprometa las condiciones de sostenibilidad del recurso.

Adicionalmente se estima la vulnerabilidad por disponibilidad de agua basada en las condiciones de capacidad de regulación hídrica y la relación demanda/oferta (índice de uso del agua).

Al interrelacionar los índices de regulación hídrica y de uso del agua, se puede observar una tendencia de la vulnerabilidad de la cuenca. Para la quebrada Caño Grande a la altura de la bocatoma de Playa Rica sería: regulación hídrica: **alta**; índice de uso del agua: **alto**. Por lo tanto, la vulnerabilidad sería **medio alta** con tendencia a una proyección de vulnerabilidad alta.

Tabla 34. Categorías de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico

Regulación hídrica	Signo	Índice de uso del agua	Tendencia	Indicador de vulnerabilidad	Color
Muy baja a baja	+	Medio a mínimo	=	Muy alta	
Moderada	+	Medio alto a alto	=	Alta	
Alta a muy alta	+	Medio alto a medio	=	Media alta	
Baja y muy baja	+	No significativo a	=	Media	
Moderada a alta	+	Alto a medio alto	=	Baja	
Alta a muy alta	+	Mínimo	=	Muy baja	

Fuente: elaboración propia.

5.1.6 Índice de humedad

Este factor indica la condición media de humedad que posee la capa agrícola en promedio durante el año. Los valores negativos indican suelos secos y las positivas condiciones húmedas predominantes.

$$Factor\ de\ humedad\ (Fh) = \frac{(100\% \times \text{excesos} - 60\% \times \text{déficit})}{ETP} \quad (28)$$

Tabla 35. Cálculo del factor de humedad

Cálculo factor de humedad		
Fh = (100% Exceso - 60% Déficit) / ETP		
Factores	Valores	Categoría
100%	100	
Exceso	2814	
60%	60	
Déficit	0	
ETP	1314	
Fh	214,2	Superhúmedo

Fuente: Ideam, 2008.

De acuerdo con la tabla 36, el valor indica suelos superhúmedos.

Tabla 36. Clasificación del factor de humedad

Rango	Descripción
>140	Superhúmedo
>100 <140	Muy húmedo
>60 <100	Moderadamente húmedo
>40 <60	Ligeramente húmedo
>20 <40	Adecuado
>-20 <20	Seco
>-40 <-20	Semiárido
<-40	Árido

Fuente: Ideam, 2008.

Parte 2

Diagnóstico teórico, administrativo, comercial y financiero de los sistemas de acueducto derivados de la quebrada Caño Grande



Panorámica de la vereda Playa Rica - Villavicencio.

Docente investigador
Gélber Gutiérrez Palacio*

1 Introducción

.....

El presente documento es el resultado del estudio de diagnóstico en los componentes técnico, administrativo y comercial de los sistemas de acueducto que abastecen parcialmente la comuna 8 de Villavicencio, departamento del Meta, a partir del aprovechamiento de la fuente quebrada Caño Grande. El estudio ha sido desarrollado en el contexto del convenio especial de cooperación suscrito entre la Universidad Central y la Fundación Niños de la Esperanza para el desarrollo del proyecto denominado "Mejoramiento de las instalaciones del acueducto comunitario de Playa Rica, Villavicencio, Colombia", financiado por la Alcaldía de Luxemburgo y la organización no gubernamental (ONG) luxemburguesa Enfant's de l'Espoir. El diagnóstico en los componentes descritos anteriormente es abordado a partir del desarrollo de los siguientes capítulos:

- "Evaluación prospectiva de los sistemas de acueducto que se abastecen de la quebrada Caño Grande", a través del cual, a partir de la recolección, el análisis, el procesamiento y la evaluación de información histórica de tipo poblacional y de consumo se determinan dotaciones y proyecciones de demanda de agua de los usuarios y de los sistemas que se surten de la microcuenca de la quebrada Caño Grande; asimismo se desarrollan aspectos relacionados con las pérdidas de agua y su importante impacto en los escenarios de demanda proyectados.
- "Diagnostico técnico de los sistemas de acueducto que se abastecen de la quebrada Caño Grande", donde se aborda la evaluación cualitativa y cuantitativa de cada uno de los componentes de los sistemas de acueducto establecidos dentro del área de estudio, con la formulación de recomendaciones de tipo técnico y operativo que permitan remediar, fortalecer u optimizar el desempeño individual e integral de cada uno de ellos.

- "Propuesta de integración de los sistemas de acueducto para el abastecimiento de la comuna 8 de Villavicencio"; a partir de la evaluaciones realizadas en los capítulos precedentes, así como de las experiencias y conclusiones obtenidas en las reuniones, talleres e intercambio de ideas con líderes y pobladores de las comunidades establecidas dentro del área de estudio, se presentan las generalidades de un plan de acción que busca mejorar las condiciones de abastecimiento a partir de la integración de los sistemas de acueducto existentes, y el desarrollo de otro tipo de acciones de tipo administrativo y comercial
- En el capítulo "Diagnóstico institucional de los prestadores del servicio de acueducto" se desarrollan aspectos relativos a la caracterización corporativa, legal, administrativa, comercial y financiera de los prestadores del servicio de acueducto dentro del área de estudio, con el objetivo de evaluarlos a la luz de los lineamientos legales y normativos establecidos en la constitución y la ley, así como en las demás normas, decretos y resoluciones emitidas por las entidades de planeación, regulación y control de los servicios públicos domiciliarios en el ámbito nacional.

Finalmente, se presentan las conclusiones consideradas más relevantes dentro del estudio; no obstante, a lo largo del documento se exponen conclusiones y recomendaciones particulares en temáticas específicas.

2 Evaluación prospectiva de los sistemas de acueducto que se abastecen de la quebrada Caño Grande

La cuenca alta y media de la quebrada Caño Grande se constituye como fuente de abastecimiento de cuatro sistemas de acueducto que surten cerca de 49 barrios, 29 588 habitantes y 8 000 hogares de la comuna 8 de Villavicencio, de acuerdo con el siguiente detalle (tabla 37):

Tabla 37. Acueductos, prestadores, barrios y beneficiarios

Sistema	Entidad prestadora del servicio	No. barrios	Nombre barrios	Núm. hogares	Núm. susc./ usuarios	Núm. hab.
Playa Rica	Comisión Empresarial del Acueducto Playa Rica	2	Playa Rica y Villa Sonia	674	620	2 495
ESPO-CEAIMBA	Empresa de Servicios Públicos de Oriente - ESPO ^{ESP} / Comité Empresarial del Acueducto Integral de Montecarlo Bajo (CEAIMBA)	44	María Paz, Maranatha, Nueva Fundación, Nuevo Horizonte, Villa Unión, Catumare, Villa del Río II, Portales de San Jorge, San Jorge 2, San Jorge 3, San Jorge 4, San Jorge 5, Guatape, Guatape II, Villa Marina, La Isla, Bahía de Playa Rica, La Tigana, Nueva Jerusalen, El Palmar, La Rochela, Portal de Nuevo Horizonte, Álamos, Santa María, Santillana, Caminos Montecarlo, Divino Niño, Villa Milena, Altos de Guatape, C. C. Reservado, Portal Campes tre, Portal Campes tre II, Los Alpes, Urbanización M. Reservado, Casera de Santillana, Monterreal, La Pradera, Gardenias de Montecarlo, Las Margaritas I, Las Margaritas II, La Florida, ciudad del campo, Conjunto residencial Montecarlo, Portales de Santa Mónica, Avenida Acacias	6 354	5 762	23 490
Villa del río	Comisión Empresarial del Acueducto Villa del Río	2	Villa del Río I y un sector de La Rochela	478	438	1 769
Villa del Oriente	Comisión Empresarial del Acueducto Villa del Oriente	1	Villa del Oriente	496	450	1 834
Total		49		7 999	7 270	29 588

Fuente: información suministrada por los prestadores del servicio y estimaciones del consultor.

A continuación se presenta la definición de los parámetros poblacionales y de demanda integral y particular de los cuatro sistemas de abastecimiento.

3 Nivel de complejidad y periodo de evaluación

Tomando los criterios del numeral A.3.1 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS, 2000) para la asignación del nivel de complejidad del proyecto, y sobre la base de la población proyectada al 2029 del área de servicio del sistema Playa Rica, se puede establecer que la proyección poblacional es superior a los 2 500 habitantes e inferior a los 12 500; por lo tanto, el nivel de complejidad correspondientes sería medio y el periodo de evaluación asociado sería de veinte años.

No obstante, teniendo en cuenta la evaluación integral de los cuatro sistemas de abastecimiento (Playa Rica, Empresa de Servicios Públicos de Oriente [ESPO]-Comité Empresarial del Acueducto Integral de Montecarlo Bajo [Ceaimba], Villa del Río I y Villa del Oriente), la proyección poblacional al 2039 es superior a los 60 000 habitantes (véase tabla 44); en consecuencia, el nivel de complejidad adoptado será alto y el periodo asociado de evaluación será de treinta años.

3.1 Proyección poblacional

La proyección poblacional en el área de servicio de los sistemas Playa Rica, ESPO-Ceaimba, Villa del Río I y Villa del Oriente se llevó a cabo con base en las estadísticas del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para los años 1973, 1985, 1993 y 2005, correspondientes a la ciudad de Villavicencio (tabla 38).

Tabla 38. Censos poblacionales de Villavicencio

Año	Censo	Población (hab)	Tasa crec. % año
1973	DANE	97 596	
1985	DANE	191 001	7,98%
1993	DANE	272 118	5,31%
2005	DANE	380 222	3,31%

Fuente: DANE.

De acuerdo con el nivel de complejidad adoptado, y a lo indicado por el RAS (tabla B.2.1), se realizó la proyección poblacional por los métodos geométrico, aritmético y exponencial desde el 2009 hasta el 2039. Asimismo, teniendo en cuenta las características socioeconómicas y espaciales de Villavicencio, la situación actual de desarrollo y las proyecciones futuras de la ciudad, se consideró que los dos últimos métodos conjuntamente podrían prever el crecimiento poblacional; por lo tanto se adoptó como población proyectada para Villavicencio la definida por el promedio de las proyecciones calculadas por los métodos geométrico y aritmético, enunciados anteriormente (tabla 39).

Tabla 39. Proyección poblacional de Villavicencio

Año	Lineal	Geométrico	Exponencial	Proy. adoptada (1) Villavicencio
2009	415 550	450 674	453 835	433 112
2010	424 382	470 240	473 630	447 311
2011	433 214	490 654	494 287	461 934
2012	442 046	511 955	515 846	477 001
2013	450 879	534 181	538 345	492 530
2014	459 711	557 372	561 826	508 541
2015	468 543	581 569	586 330	525 056
2016	477 375	606 817	611 904	542 096
2017	486 207	633 161	638 593	559 684
2018	495 039	660 649	666 445	577 844
2019	503 871	689 330	695 513	596 600
2020	512 703	719 256	725 849	615 979
2021	521 535	750 481	757 507	636 008
2022	530 367	783 062	790 547	656 715
2023	539 199	817 058	825 027	678 128
2024	548 031	852 529	861 011	700 280
2025	556 863	889 540	898 565	723 202
2026	565 695	928 158	937 757	746 927
2027	574 527	968.453	978 658	771 490
2028	583 359	1010 496	1021 343	796 928
2029	592 192	1054 365	1065 890	823 278
2030	601 024	1100 139	1112 380	850 581
2031	609 856	1147 900	1160 898	878 878
2032	618 688	1197 734	1211 531	908 211
2033	627 520	1249 732	1264 374	938 626
2034	636 352	1303 987	1319 520	970 169
2035	645 184	1360 597	1377 073	1002 891
2036	654 016	1419 666	1437 135	1036 841
2037	662 848	1481 298	1499 817	1072 073
2038	671 680	1545 606	1565 233	1108 643
2039	680 512	1612 706	1633 502	1146 609
2040	689 344	1682 719	1704 749	1186 032

(1) Se adopta como protección poblacional el promedio de los métodos geométrico y aritmético.

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, teniendo en cuenta que el estudio va orientado a la comunidades abastecidas por los sistemas Playa Rica, ESPO-Ceaimba, Villa del Río I y Villa del Oriente, localizados en la jurisdicción de Villavicencio, a continuación se proyecta la población para cada una de las zonas de influencia de acuerdo con los siguientes criterios:

3.1.1 Proyección poblacional del área de servicio del sistema Playa Rica

Para el sistema Playa Rica en la actualidad se estima que se tienen 612 suscriptores residenciales dentro del área de abastecimiento; asimismo, de acuerdo con los resultados arrojados en el censo adelantado por el DANE en el 2005, se determinaron en

Villavicencio 380 222 habitantes y 93 276 unidades residenciales, con una relación de 4,08 habitantes por unidad residencial.

Tomando la densidad habitacional de la ciudad (4,08 habitantes/unidad residencial) sobre la base de que esta representa de la mejor manera el desarrollo del área de servicio evaluada, se estima que actualmente se abastecerían dentro del área del sistema Playa Rica cerca de 2495 habitantes, lo que equivale al 0,58% de la población total de Villavicencio; este porcentaje de participación de la población beneficiada (0,58%) ha sido adoptado para proyectar la población servida, obteniéndose los resultados relacionados en la tabla 40.

Tabla 40. Proyección de la población servida y usuarios del sistema Playa Rica

Año	Playa Rica			
	Susc. residenciales	Pob. servida (Hab.)	Susc. otros usos	Total suscriptores
2009	612	2 495	8	620
2010	632	2 576	8	640
2011	653	2 661	9	661
2012	674	2 748	9	683
2013	696	2 837	9	705
2014	719	2 929	9	728
2015	742	3 024	10	752
2016	766	3 122	10	776
2017	791	3 224	10	801
2018	817	3 328	11	827
2019	843	3 436	11	854
2020	870	3 548	11	882
2021	899	3 663	12	910
2022	928	3 783	12	940
2023	958	3 906	13	971
2024	990	4 034	13	1 002
2025	1 022	4 166	13	1 035
2026	1 055	4 302	14	1 069
2027	1 090	4 444	14	1 104
2028	1 126	4 590	15	1 141
2029	1 163	4 742	15	1 179
2030	1 202	4 899	16	1 218
2031	1 242	5 062	16	1 258
2032	1 283	5 231	17	1 300
2033	1 326	5 406	17	1 344
2034	1 371	5 588	18	1 389
2035	1 417	5 777	19	1 436
2036	1 465	5 972	19	1 484
2037	1 515	6 175	20	1 535
2038	1 567	6 386	20	1 587
2039	1 620	6 604	21	1 641
2040	1 676	6 831	22	1 698

Fuente: elaboración propia.

3.1.2 Proyección poblacional del área de servicio del sistema ESPO-Ceaimba

Para el sistema ESPO-Ceaimba en la actualidad se estima que se tienen 5 762 usuarios residenciales dentro del área de abastecimiento, de los cuales aproximadamente 852 son clandestinos, como producto de invasiones.

Tomando la densidad habitacional de Villavieancio (4,08 habitantes/unidad residencial), se estima que actualmente se abastecerían dentro del área de influencia del sistema ESPO-Ceaimba cerca de 23 490 habitantes, que equivalen al 5,42% de la población total de la ciudad; este porcentaje de participación de la población beneficiada (5,42%) ha sido adoptado para proyectar la población servida, obteniéndose los resultados relacionados en la tabla 41.

Tabla 41. Proyección de la población servida y usuarios del sistema ESPO-Ceaimba

Año	ESPO-Ceaimba			
	Hab./Susc. res	Susc. residenciales	Pob. servida (Hab.)	Total susc./usuar.
2009	4,08	5 762	23 490	5 762
2010	4,08	5 951	24 260	5 951
2011	4,08	6 146	25 053	6 146
2012	4,08	6 346	25 870	6 346
2013	4,08	6 553	26 712	6 553
2014	4,08	6 766	27 580	6 766
2015	4,08	6 986	28 476	6 986
2016	4,08	7 212	29 400	7 212
2017	4,08	7 446	30 354	7 446
2018	4,08	7 688	31 339	7 688
2019	4,08	7 938	32 356	7 938
2020	4,08	8 195	33 407	8 195
2021	4,08	8 462	34 493	8 462
2022	4,08	8 737	35 617	8 737
2023	4,08	9 022	36 778	9 022
2024	4,08	9 317	37 979	9 317
2025	4,08	9 622	39 222	9 622
2026	4,08	9 938	40 509	9 938
2027	4,08	10 265	41 841	10 265
2028	4,08	10 603	43 221	10 603
2029	4,08	10 954	44 650	10 954
2030	4,08	11 317	46 131	11 317
2031	4,08	11 693	47 665	11 693
2032	4,08	12 084	49 256	12 084
2033	4,08	12 488	50 906	12 488
2034	4,08	12 908	52 617	12 908
2035	4,08	13 343	54 391	13 343
2036	4,08	13 795	56 233	13 795
2037	4,08	14 264	58 143	14 264
2038	4,08	14 750	60 127	14 750
2039	4,08	15 255	62 186	15 255
2040	4,08	15 780	64 324	15 780

Fuente: elaboración propia.

3.1.3 Proyección poblacional del área de servicio del sistema Villa del Río I

Para el sistema Villa del Río I en la actualidad se estima que se tienen 434 suscriptores residenciales dentro del área de servicio. Tomando la densidad habitacional de Villavicencio (4,08 habitantes/unidad residencial), se estima que actualmente se abastecerían dentro su área de influencia cerca de 1 769 habitantes, que equivalen al 0,41% de la población total de la ciudad; este porcentaje de participación de la población beneficiada (0,41%) ha sido adoptado para proyectar la población servida, obteniéndose los resultados relacionados en la tabla 42.

Tabla 42. Proyección de la población servida y usuarios del sistema Villa del Río I

Año	Villa del Río 1				
	Hab./Suscrip- tes	Susc. residenciales	Pob. servida (Hab.)	Susc. otros usos	Total suscriptores
2009	4,08	434	1.769	4	438
2010	4,08	448	1.827	4	452
2011	4,08	463	1.887	4	467
2012	4,08	478	1.948	4	482
2013	4,08	494	2.012	5	499
2014	4,08	510	2.077	5	515
2015	4,08	526	2.145	5	531
2016	4,08	543	2.214	5	548
2017	4,08	561	2.286	5	566
2018	4,08	579	2.360	5	584
2019	4,08	598	2.437	6	604
2020	4,08	617	2.516	6	623
2021	4,08	637	2.598	6	643
2022	4,08	658	2.682	6	664
2023	4,08	680	2.770	6	686
2024	4,08	702	2.860	6	708
2025	4,08	725	2.954	7	732
2026	4,08	748	3.051	7	755
2027	4,08	773	3.151	7	780
2028	4,08	799	3.255	7	806
2029	4,08	825	3.363	8	833
2030	4,08	852	3.474	8	860
2031	4,08	881	3.590	8	889
2032	4,08	910	3.710	8	918
2033	4,08	941	3.834	9	950
2034	4,08	972	3.963	9	981
2035	4,08	1.005	4.096	9	1014
2036	4,08	1.039	4.235	10	1049
2037	4,08	1.074	4.379	10	1084
2038	4,08	1.111	4.528	10	1121
2039	4,08	1.149	4.684	11	1160
2040	4,08	1.188	4.845	11	1199

Fuente: elaboración propia.

3.1.4 Proyección poblacional del área de servicio del sistema Villa del Oriente

Para el sistema Villa del Oriente en la actualidad se estima que se tienen 450 suscriptores residenciales dentro del área de servicio. Tomando la densidad habitacional de Villavicencio (4,08 habitantes/unidad residencial), se estima que actualmente se abastecerían dentro de su área de influencia cerca de 1 834 habitantes, que equivalen al 0,42% de la población total de la ciudad; este porcentaje de participación de la población beneficiada (0,42%) ha sido adoptado para proyectar la población servida, obteniéndose los resultados relacionados en la tabla 43.

Tabla 43. Proyección de la población servida y usuarios del sistema Villa del Oriente

Año	Villa del Oriente			
	Hab./Susc.res	Susc. residenciales	Pob. servida (Hab.)	Total suscriptores
2009	4,08	450	1 834	450
2010	4,08	465	1 894	465
2011	4,08	480	1 956	480
2012	4,08	496	2 020	496
2013	4,08	512	2 086	512
2014	4,08	528	2 154	528
2015	4,08	546	2 224	546
2016	4,08	563	2 296	563
2017	4,08	582	2 370	582
2018	4,08	600	2 447	600
2019	4,08	620	2 527	620
2020	4,08	640	2 609	640
2021	4,08	661	2 694	661
2022	4,08	682	2 781	682
2023	4,08	705	2 872	705
2024	4,08	728	2 966	728
2025	4,08	751	3 063	751
2026	4,08	776	3 163	776
2027	4,08	802	3 267	802
2028	4,08	828	3 375	828
2029	4,08	855	3 487	855
2030	4,08	884	3 602	884
2031	4,08	913	3 722	913
2032	4,08	944	3 847	944
2033	4,08	975	3 975	975
2034	4,08	1 008	4 109	1 008
2035	4,08	1 042	4 247	1 042
2036	4,08	1 077	4 391	1 077
2037	4,08	1 114	4 541	1 114
2038	4,08	1 152	4 695	1 152
2039	4,08	1 191	4 856	1 191
2040	4,08	1 232	5 023	1 232

Fuente: elaboración propia.

3.1.5 Proyección poblacional del área de servicio del sistema integrado (comuna 8)

Considerando la integración de las áreas de cobertura de los cuatro sistemas evaluados, se contaría en la actualidad con 7 258 usuarios residenciales que involucran una población cercana a los 29 588 habitantes, representando cerca del 6,83% de la población total de Villavicencio. En la tabla 44 se muestran las proyecciones realizadas.

Tabla 44. Proyección de la población servida del sistema integrado

Año	Sector: Playa Rica - Montecarlo Bajo - Villa del Río 1 - Villa del Oriente					
	Hab./Suscr. res	Susc. residenciales	Pob. servida (Hab.)	% Participación	Susc. otros usos	Total suscriptores
2009	4,08	7 258	29 588	6,83%	12	7 270
2010	4,08	7 496	30 558	6,83%	12	7 509
2011	4,08	7 742	31 557	6,83%	13	7 754
2012	4,08	7 994	32 586	6,83%	13	8 007
2013	4,08	8 254	33 647	6,83%	14	8 268
2014	4,08	8 523	34 741	6,83%	14	8 537
2015	4,08	8 799	35 869	6,83%	15	8 814
2016	4,08	9 085	37 033	6,83%	15	9 100
2017	4,08	9 380	38 235	6,83%	15	9 395
2018	4,08	9 684	39 475	6,83%	16	9 700
2019	4,08	9 998	40 756	6,83%	17	10 015
2020	4,08	10 323	42 080	6,83%	17	10 340
2021	4,08	10 659	43 448	6,83%	18	10 676
2022	4,08	11 006	44 863	6,83%	18	11 024
2023	4,08	11 365	46 326	6,83%	19	11 383
2024	4,08	11 736	47 839	6,83%	19	11 755
2025	4,08	12 120	49 405	6,83%	20	12 140
2026	4,08	12 518	51 026	6,83%	21	12 538
2027	4,08	12 929	52 704	6,83%	21	12 951
2028	4,08	13 356	54 442	6,83%	22	13 377
2029	4,08	13 797	56 242	6,83%	23	13 820
2030	4,08	14 255	58 107	6,83%	24	14 278
2031	4,08	14 729	60 040	6,83%	24	14 753
2032	4,08	15 221	62 044	6,83%	25	15 245
2033	4,08	15 730	64 122	6,83%	26	15 757
2034	4,08	16 259	66 276	6,83%	27	16 286
2035	4,08	16 807	68 512	6,83%	28	16 835
2036	4,08	17 376	70 831	6,83%	29	17 405
2037	4,08	17 967	73 238	6,83%	30	17 997
2038	4,08	18 580	75 736	6,83%	30	18 610
2039	4,08	19 216	78 330	6,83%	32	19 248
2040	4,08	19 877	81 023	6,83%	33	19 909

Fuente: elaboración propia.

3.2 Dotación neta

La dotación neta (dneta) corresponde a la cantidad de agua que requiere un habitante, usuario o tipo de uso del sistema de acueducto para satisfacer sus necesidades normales, sin considerar las pérdidas técnicas del sistema, las cuales están involucradas dentro del índice de agua no contabilizada (IANC).

Considerando los reportes realizados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV, empresa de servicios públicos [ESP]) al Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) para el periodo 2003-2009, se pudieron obtener datos de suscriptores y consumos facturados a partir de los cuales se estimaron las respectivas dotaciones netas y se consideraron como lógicas y consistentes las correspondientes al periodo 2007-2009. La dotación neta promedio calculada como característica para Villavicencio se establece en 131 l/hab/día (tabla 45).

Tabla 45. Dotación neta estimada para Villavicencio (Meta)

Año	Suscriptores					Población abastecida (habitantes)	Vol. facturado (m ³)	Dot. neta (L/Hab-día)
	Resid.	Comerc.	Indust.	Otros usos	Total			
2003	55538	4662	252	313	60765	226390	13000000	157
2004	56752	4712	251	321	62036	231339	18120000	215
2005	57643	4912	228	373	63156	234971	23184000	270
2006	N. R.	N.R.	N.R.	N.R.			N.R.	
2007 ⁽¹⁾	63602	4594	250	385	68831	259262	1011275	126
2008	65436	4745	184	353	70718	266737	13478839	138
2009 ⁽²⁾	66655	4878	156	336	72025	271707	1092098	130
Promedio								131

Fuente: Información reportada al Sistema Único de Información (SUI) por la EAAV – ESP

(1) Mes de diciembre

(2) Mes de enero

Fuente: cálculos propios.

De igual forma, se desarrolló el mismo ejercicio para el municipio de Castilla la Nueva en el departamento del Meta, obteniéndose una dotación neta promedio de 118 l/hab/día, un poco inferior a la de Villavicencio (tabla 46).

Tabla 46. Dotación neta estimada para Castilla la Nueva (Meta)

Año	Suscriptores			Población abastecida (Habitantes)	Vol. facturado (m ³)	Dot. neta (L/Hab-día)
	Resid.	Otros usos	Total			
2006	1058	60	1118	4625	107147	63
2007	1140	67	12087	4983	217339	119
2008	1247	70	1317	5451	233420	117
Promedio						118

Fuente: Información reportada al Sistema Único de Información (SUI) por la Empresa de Servicios Públicos de Castilla la Nueva, Meta

Fuente: cálculos propios.

No obstante, hay que considerar, por obvias razones, que la dotación neta calculada para Villavicencio (131 l/hab/día) debe ser la adoptada para el área de influencia de los sistemas de abastecimiento bajo estudio; para efectos de las proyecciones de la demanda y de los caudales de diseño, en el presente estudio se adoptará una dotación neta de 150 l/hab/día, establecida como límite inferior en la tabla B.2.2 del RAS para nivel de complejidad alto.

3.3 Dotación bruta y pérdidas

La dotación bruta corresponde a la asignación de agua tratada que se hace a un habitante, usuario o tipo de uso del sistema de acueducto, por lo tanto se determina a la salida de los puntos de producción y tiene involucradas las pérdidas de agua tratada que se pueden presentar dentro del sistema. Estas pérdidas se refieren a las pérdidas técnicas por concepto de fugas y consumos operacionales en desarrollo de las labores de mantenimiento y operación de los componentes, especialmente de tanques de almacenamiento, filtros y redes de distribución.

3.3.1 Dotación bruta y pérdidas del sistema de acueducto operado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio ESP

A partir de los reportes realizados por la EAAV ESP al SUI para los períodos 2003-2004, 2007-2008, se pudieron obtener datos de suscriptores y volúmenes de agua producidos y puestos en circulación dentro de la red de su distribución, a partir de los cuales se determinaron las respectivas dotaciones brutas.

De igual manera, con las dotaciones brutas calculadas y las dotaciones netas concurrentes para los períodos anuales, se estimaron las pérdidas técnicas (Pt) en el sistema de acueducto, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Dot. Bruta (Lt / Hab - día) = \frac{Dot. Neta (Lt / Hab - día)}{1 - Pt} \quad (1)$$

Dadas las características de los datos utilizados para la determinación de las dotaciones y la no depuración de estos, especialmente en lo relativo a consumos facturados (por promedio y reales), las pérdidas técnicas calculadas por la anterior fórmula son equivalentes al IANC; de esta manera se obtuvieron resultados presentados en la tabla 47:

Tabla 47. Dotación bruta e IANC estimado para el sistema de acueducto operado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio ESP

Año	Población abastecida	Volumen producido (m ³)	Dot. neta (L/Hab-día)	Dot. bruta (L/Hab-día)	IANC %
2003	226390	43977670	157	532	70,45
2004	231339	46731171	215	553	61,2%
2007	259262	48603936	126	514	75,5%
2008	266737	43344759	138	445	68,9%

Fuente: Información reportada al Sistema Único de Información (SUI) por la Empresa de Servicios Públicos de Castilla la Nueva, Meta

Fuente: cálculos propios.

Como se puede observar, las pérdidas (IANC) estimadas para la EAAV ESP en el 2008 son de aproximadamente el 68,9%, las cuales se deben primordialmente a fugas, consumos operacionales, factores comerciales y posibles clandestinos.

Como criterio de comparación se acepta, de acuerdo con lo establecido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), de conformidad con la reglamentación vigente, que las pérdidas máximas permisibles medidas en términos del IANC no podrán ser superiores al 30%, límite ampliamente rebasado por la EAAV ESP.

3.3.2 Dotación bruta y pérdidas de los sistemas evaluados (comuna 8)

Para la determinación de la dotación bruta de cada uno de los sistemas evaluados (Playa Rica, ESPO-Ceaimba, Villa del Río I y Villa del Oriente), se procedió a hacer la estimación de los caudales medios captados a partir de diversos criterios, como mediciones directas, patrones operativos, concesiones de aguas y registros de macromedición (tabla 48).

Tabla 48. Caudales medios estimados para los sistemas evaluados

Sistema	Fecha	Long. vertedero (m)	Prof. lámina (m)	Q (lps)	Sitio	Observaciones
Playa Rica	29-Mar-09	1,16	0,035	14	Vertedero-tanque desarenador	Captación desde Caño Grande (10 LPS) y desde Caño Lozano (cerca de 4LPS), 24 horas al día durante 2 meses al año entre enero y abril (época de mayor verano).
	24-Nov-08	1,16	0,060	31	Vertedero-tanque desarenador	Solo capta desde Caño Grande.
	02-May-09	1,16	0,08	48	Vertedero-tanque desarenador	Solo capta desde Caño Grande.
	11-Mar-05			30	Sitio de captación: bocatomina de fondo	Concesión Cormacarena, resol. N.º 2605-240. Captación de 4:00 a. m. a 6:30 p. m. durante 10 meses al año.
ESPO	Año 2007			75	Sitio de captación	Reporte SUI, captación aspectos técnico-operativos 2007.
	29-Mar-08			50	Canal de captación	Captación únicamente desde Caño Grande durante 2 meses al año, entre enero y abril (época de mayor verano).
	14-Abr-00			90	Sitio de captación	Concesión Corporinoquia, reportada a evaluación integral de ESPO y desarrollada por la SSPD en mayo de 2008.
	01-May-09			90	Sitio de captación	Concesión Corporinoquia, otorgada hasta el año 2015, según información suministrada por ESPO.
Villa del Río 1	Ene-09			7,5	Aguas abajo de la bocatoma	Lectura macromedidor entre el 7 y el 31 de enero de 2009
	Feb-09			6,3	Aguas abajo de la bocatoma	Lectura macromedidor entre el 3 y el 28 de febrero de 2009
Villa del Oriente				6,8		Para la determinación del caudal medio, se adoptó el análisis del promedio de los resultados de los sistemas ESPO y Villa del Río 1, que obedece a un caudal medio de 6,8 LPS

Fuente: elaboración propia.

A partir de los caudales medios indicados, los patrones operativos del sistema, la población abastecida y la dotación neta característica de Villavicencio establecida en 131 l/hab/día, se determinaron para cada uno de los sistemas evaluados las respectivas dotaciones brutas y pérdidas de agua (tabla 49).

Tabla 49. Dotación bruta y pérdidas estimadas en los sistemas evaluados de la comuna 8

Sistema	Población abastecida (habitantes)	Volumen producido-captado (m ³ /año)	Dot. neta (l/hab-día)	Dot. bruta (l/hab-día)	IANC + uso irracional del agua %
Playa Rica	2415	550206	131	624	79,0%
E SPO	22742	2630880	131	317	58,6%
Villa del río	1713	217188	131	347	62,2%
Villa del Oriente	1776	214870	131	331	60,4%
Total	28646	3613144	131	346	62,0%

Fuente: cálculos propios.

Cabe resaltar que las pérdidas de agua calculadas no solamente involucran pérdidas físicas y comerciales contempladas dentro del IANC, sino que además contemplan el uso irracional del agua que hacen los usuarios al interior de sus viviendas, debido a la carencia de una cultura de consumo eficiente y de ahorro, la falta de medición de los consumos y la ausencia de cobro proporcional de estos de conformidad con una estructura tarifaria de la cual carecen.

Como corolario se puede indicar que los acueductos evaluados dentro de la comuna 8, a pesar de no contar con personal técnico altamente capacitado en procesos propios de la operación, carecer de fortalezas técnicas y tecnológicas a nivel de redes de distribución y de no aplicar el cobro del agua de conformidad con los reales consumos de los usuarios, presenta pérdidas similares a las reportadas por la EAAV ESP.

3.4 Proyección de la demanda y el almacenamiento

3.4.1 Proyección de la demanda

Las demandas actuales y futuras de agua se proyectan a partir del crecimiento de la población beneficiada, del índice de pérdidas y de la dotación bruta. Los caudales medios diarios (Qmd) proyectados para cada año corresponden a los caudales medios anuales (Qma) estimados en cada año de proyección.

Para la definición de los caudales máximos diarios (Qmáxd) se afecta el Qmd proyectado por el factor K1 de Qmáxd recomendado por el RAS, que para sistemas de nivel de complejidad alto es igual a 1,2; el Qmáxd corresponde al Qmd del día de máximo consumo en el año.

Los caudales máximos horarios (Qmh) se estimaron a partir de la afectación de cada uno de los Qmáxd proyectados, por el factor de consumo máximo horario (K2), que para sistemas de nivel de complejidad alto varía entre 1,5 y 1,6; de acuerdo con el RAS se adopta $K2 = 1,5$. El Qmh corresponde al Qmh de la hora de máximo consumo en el año; en otras palabras, es el caudal medio horario de la hora de mayor consumo correspondiente al día de máximo consumo en el año.

Como se indicó en el numeral 1, para efectos de la proyección de la demanda se adoptará una dotación neta de 150 l/hab/día a partir del 2014. En las tablas 50 a 54 se pueden observar los caudales medios diarios, máximos diarios y máximos horarios estimados en el periodo de evaluación para cada uno de los sistemas evaluados, así como para la integralidad de los sistemas bajo un escenario de reducción de pérdidas hasta una meta del 25% proyectada para el 2014 y años siguientes; asimismo, en las figuras 14 a 18 se presenta su variación durante el periodo de evaluación.

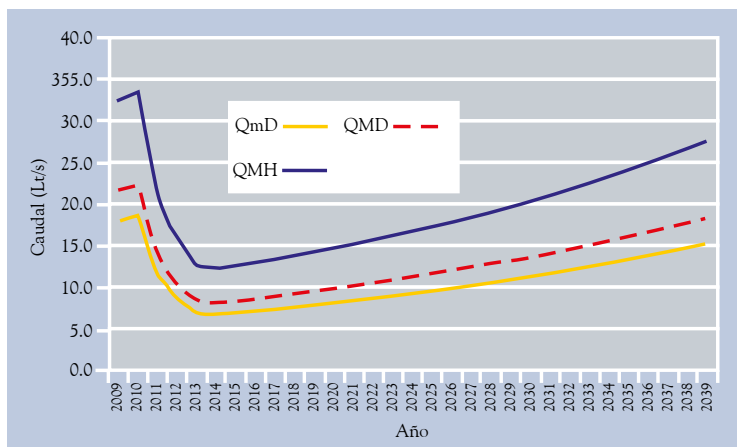
Tabla 50. Proyección de caudales de diseño del sistema Playa Rica

Año		Dot. neta	Pérdidas	Dot. bruta	QMD	QMD	QMH
		(L/hab-día)	(%)	(L/hab-día)	(Lt/s)	(Lt/s)	(Lt/s)
2009	0	131	79%	624,0	18,0	21,6	32,4
2010	1	131	79%	624,0	18,6	22,3	33,5
2011	2	131	65%	380,0	11,7	14,0	21,1
2012	3	131	52%	273,0	8,7	10,4	15,6
2013	4	131	38%	213,0	7,0	8,4	12,6
2014	5	150	25%	200,0	6,8	8,1	12,2
2015	6	150	25%	200,0	7,0	8,4	12,6
2016	7	150	25%	200,0	7,2	8,7	13,0
2017	8	150	25%	200,0	7,5	9,0	13,4
2018	9	150	25%	200,0	7,7	9,2	13,9
2019	10	150	25%	200,0	8,0	9,5	14,3
2020	11	150	25%	200,0	8,2	9,9	14,8
2021	12	150	25%	200,0	8,5	10,2	15,3
2022	13	150	25%	200,0	8,8	10,5	15,8
2023	14	150	25%	200,0	9,0	10,8	16,3
2024	15	150	25%	200,0	9,3	11,2	16,8
2025	16	150	25%	200,0	9,6	11,6	17,4
2026	17	150	25%	200,0	10,0	12,0	17,9
2027	18	150	25%	200,0	10,3	12,3	18,5
2028	19	150	25%	200,0	10,6	12,8	19,1
2029	20	150	25%	200,0	11,0	13,2	19,8
2030	21	150	25%	200,0	11,3	13,6	20,4
2031	22	150	25%	200,0	11,7	14,1	21,1
2032	23	150	25%	200,0	12,1	14,5	21,8
2033	24	150	25%	200,0	12,5	15,0	22,5
2034	25	150	25%	200,0	12,9	15,5	23,3
2035	26	150	25%	200,0	13,4	16,0	24,1
2036	27	150	25%	200,0	13,8	16,6	24,9
2037	28	150	25%	200,0	14,3	17,2	25,7
2038	29	150	25%	200,0	14,8	17,7	26,6
2039	30	150	25%	200,0	15,3	18,3	27,5

Fuente: cálculos propios.

Figura 14

Variación proyectada caudales de diseño del sistema Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

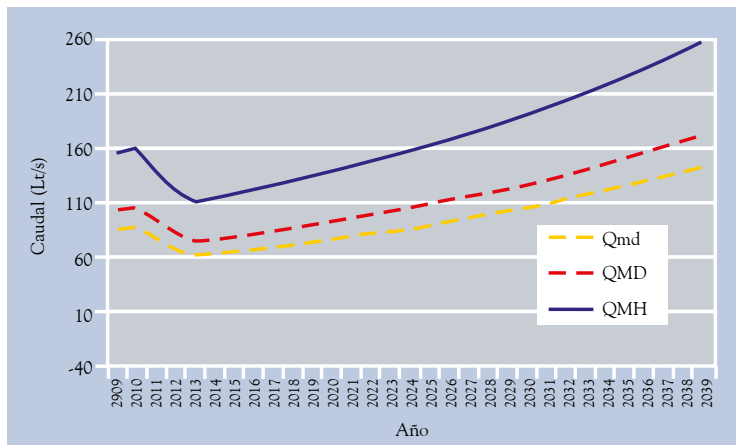
Tabla 51. Proyección de caudales de diseño del sistema ESPO-Ceaimba

Año		Dot. neta	Pérdidas	Dot. bruta	QMD	QMD	QMH
		(L/hab-día)	(%)	(L/hab-día)	(Lt/s)	(Lt/s)	(Lt/s)
2009	0	131	59%	317,0	86	103	155
2010	1	131	59%	317,0	89	107	160
2011	2	131	50%	264,0	77	92	138
2012	3	131	42%	226,0	68	81	122
2013	4	131	33%	197,0	61	73	110
2014	5	150	25%	200,0	64	77	115
2015	6	150	25%	200,0	66	79	119
2016	7	150	25%	200,0	68	82	123
2017	8	150	25%	200,0	70	84	126
2018	9	150	25%	200,0	73	87	131
2019	10	150	25%	200,0	75	90	135
2020	11	150	25%	200,0	77	93	139
2021	12	150	25%	200,0	80	96	144
2022	13	150	25%	200,0	82	99	148
2023	14	150	25%	200,0	85	102	153
2024	15	150	25%	200,0	88	105	158
2025	16	150	25%	200,0	91	109	163
2026	17	150	25%	200,0	94	113	169
2027	18	150	25%	200,0	97	116	174
2028	19	150	25%	200,0	100	120	180
2029	20	150	25%	200,0	103	124	186
2030	21	150	25%	200,0	107	128	192
2031	22	150	25%	200,0	110	132	199
2032	23	150	25%	200,0	114	137	205
2033	24	150	25%	200,0	118	141	212
2034	25	150	25%	200,0	122	146	219
2035	26	150	25%	200,0	126	151	227
2036	27	150	25%	200,0	130	156	234
2037	28	150	25%	200,0	135	162	242
2038	29	150	25%	200,0	139	167	251
2039	30	150	25%	200,0	144	173	259

Fuente: cálculos propios.

Figura 15

Variación proyectada caudales de diseño, sistema ESPO-Ceaimba



Fuente: elaboración propia.

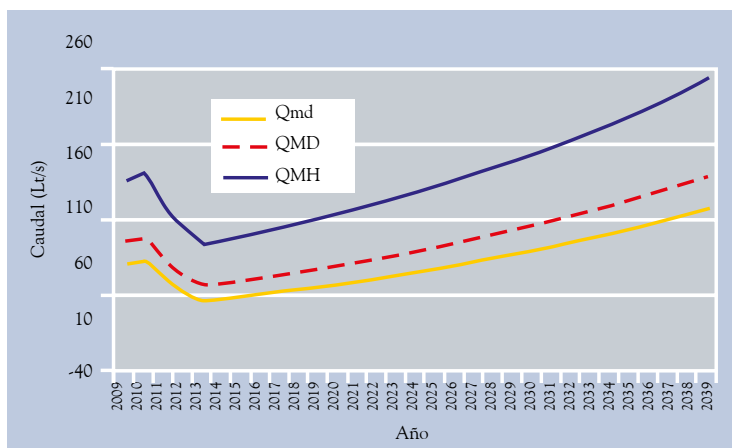
Tabla 52. Proyección de caudales de diseño del sistema Villa del Río 1

Año		Dot. neta	Pérdidas	Dot. bruta	QMD	QMD	QMH
		(L/hab-día)	(%)	(L/hab-día)	(Lt/s)	(Lt/s)	(Lt/s)
2009	0	131	62%	347,0	7,1	8,5	12,8
2010	1	131	62%	347,0	7,3	8,8	13,2
2011	2	131	53%	279,0	6,1	7,3	11,0
2012	3	131	44%	233,0	5,3	6,3	9,5
2013	4	131	34%	200,0	4,7	5,6	8,4
2014	5	150	25%	200,0	4,8	5,8	8,7
2015	6	150	25%	200,0	5,0	6,0	8,9
2016	7	150	25%	200,0	5,1	6,2	9,2
2017	8	150	25%	200,0	5,3	6,4	9,5
2018	9	150	25%	200,0	5,5	6,6	9,8
2019	10	150	25%	200,0	5,6	6,8	10,2
2020	11	150	25%	200,0	5,8	7,0	10,5
2021	12	150	25%	200,0	6,0	7,2	10,8
2022	13	150	25%	200,0	6,2	7,5	11,2
2023	14	150	25%	200,0	6,4	7,7	11,5
2024	15	150	25%	200,0	6,6	7,9	11,9
2025	16	150	25%	200,0	6,8	8,2	12,3
2026	17	150	25%	200,0	7,1	8,5	12,7
2027	18	150	25%	200,0	7,3	8,8	13,1
2028	19	150	25%	200,0	7,5	9,0	13,6
2029	20	150	25%	200,0	7,8	9,3	14,0
2030	21	150	25%	200,0	8,0	9,7	14,5
2031	22	150	25%	200,0	8,3	10,0	15,0
2032	23	150	25%	200,0	8,6	10,3	15,5
2033	24	150	25%	200,0	8,9	10,6	16,0
2034	25	150	25%	200,0	9,2	11,0	16,5
2035	26	150	25%	200,0	9,5	11,4	17,1
2036	27	150	25%	200,0	9,8	11,8	17,6
2037	28	150	25%	200,0	10,1	12,2	18,2
2038	29	150	25%	200,0	10,5	12,6	18,9
2039	30	150	25%	200,0	10,8	13,0	19,5

Fuente: cálculos propios.

Figura 16

Variación proyectada caudales de diseño del sistema Villa del Río 1



Fuente: elaboración propia.

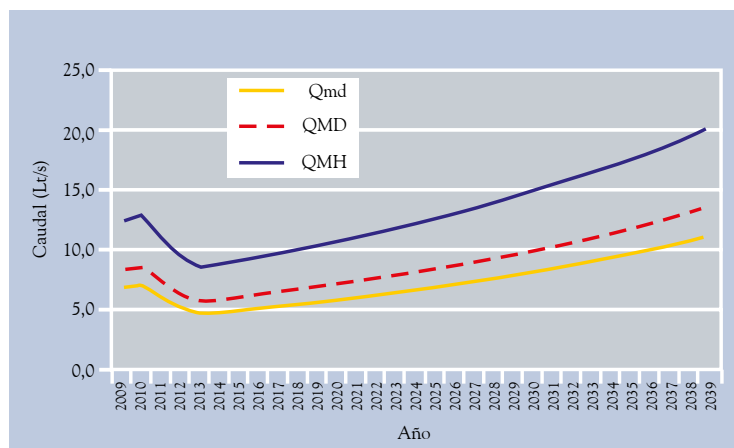
Tabla 53. Proyección caudales de diseño del sistema Villa del Oriente

Año		Dot. neta	Pérdidas	Dot. bruta	QMD	QMD	QMH
		(L/hab-día)	(%)	(L/hab-día)	(Lt/s)	(Lt/s)	(Lt/s)
2009	0	131	60%	331,0	7,0	8,4	12,6
2010	1	131	60%	331,0	7,3	8,7	13,1
2011	2	131	52%	271,0	6,1	7,4	11,0
2012	3	131	43%	229,0	5,4	6,4	9,6
2013	4	131	34%	198,0	4,8	5,7	8,6
2014	5	150	25%	200,0	5,0	6,0	9,0
2015	6	150	25%	200,0	5,1	6,2	9,3
2016	7	150	25%	200,0	5,3	6,4	9,6
2017	8	150	25%	200,0	5,5	6,6	9,9
2018	9	150	25%	200,0	5,7	6,8	9,9
2019	10	150	25%	200,0	5,8	7,0	10,2
2020	11	150	25%	200,0	6,0	7,2	10,5
2021	12	150	25%	200,0	6,2	7,5	10,9
2022	13	150	25%	200,0	6,4	7,7	11,2
2023	14	150	25%	200,0	6,6	8,0	11,6
2024	15	150	25%	200,0	6,9	8,2	12,0
2025	16	150	25%	200,0	7,1	8,5	12,4
2026	17	150	25%	200,0	7,3	8,8	12,8
2027	18	150	25%	200,0	7,6	9,1	13,2
2028	19	150	25%	200,0	7,8	9,4	13,6
2029	20	150	25%	200,0	8,1	9,7	14,1
2030	21	150	25%	200,0	8,3	10,0	14,5
2031	22	150	25%	200,0	8,6	10,3	15,0
2032	23	150	25%	200,0	8,9	10,7	15,5
2033	24	150	25%	200,0	9,2	11,0	16,0
2034	25	150	25%	200,0	9,5	11,4	16,6
2035	26	150	25%	200,0	9,8	11,8	17,1
2036	27	150	25%	200,0	10,2	12,2	18,3
2037	28	150	25%	200,0	10,5	12,6	18,9
2038	29	150	25%	200,0	10,9	13,0	19,6
2039	30	150	25%	200,0	11,2	13,5	20,2

Fuente: cálculos propios.

Figura 17

Variación proyectada caudales de diseño del sistema Villa del Oriente



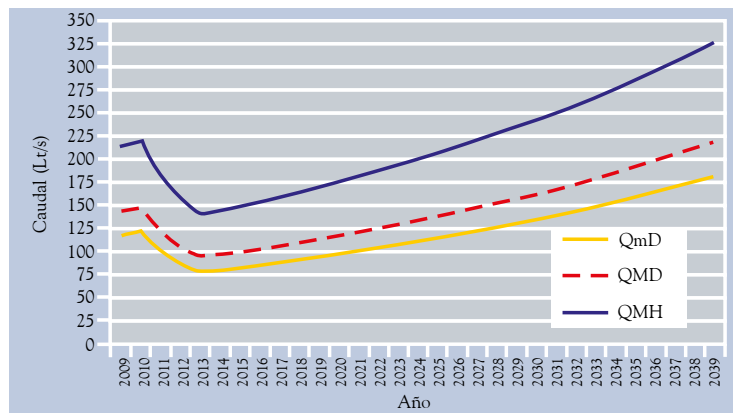
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 54. Proyección de caudales de diseño del sistema integrado
(acueductos comuna 8)**

Año		Dot. neta (L/hab- día)	Pérdidas (%)	Dot. bruta (L/hab-día)	QMD (Lt/s)	QMD (Lt/s)	QMH (Lt/s)
2009	0	131	62%	346,0	118	142	213
2010	1	131	62%	346,0	122	147	220
2011	2	131	53%	278,0	102	122	183
2012	3	131	44%	232,0	87	105	157
2013	4	131	34%	200,0	78	93	140
2014	5	150	25%	200,0	80	97	145
2015	6	150	25%	200,0	83	100	149
2016	7	150	25%	200,0	86	103	154
2017	8	150	25%	200,0	89	106	159
2018	9	150	25%	200,0	91	110	164
2019	10	150	25%	200,0	94	113	170
2020	11	150	25%	200,0	97	117	175
2021	12	150	25%	200,0	101	121	181
2022	13	150	25%	200,0	104	125	187
2023	14	150	25%	200,0	107	129	193
2024	15	150	25%	200,0	111	133	199
2025	16	150	25%	200,0	114	137	206
2026	17	150	25%	200,0	118	142	213
2027	18	150	25%	200,0	122	146	220
2028	19	150	25%	200,0	126	151	227
2029	20	150	25%	200,0	130	156	234
2030	21	150	25%	200,0	135	161	242
2031	22	150	25%	200,0	139	167	250
2032	23	150	25%	200,0	144	172	259
2033	24	150	25%	200,0	148	178	267
2034	25	150	25%	200,0	153	184	276
2035	26	150	25%	200,0	159	190	285
2036	27	150	25%	200,0	164	197	295
2037	28	150	25%	200,0	170	203	305
2038	29	150	25%	200,0	175	210	316
2039	30	150	25%	200,0	181	218	326

Fuente: cálculos propios.

Figura 18
Variación proyectada caudales de diseño del sistema integrado
(acueductos comuna 8)



Fuente: elaboración propia.

3.4.2 Almacenamiento y compensación

De acuerdo con lo establecido por el RAS (2000), para sistemas de complejidad alto se adopta como requerimiento de volumen de almacenamiento para compensación el correspondiente al 25% del volumen consumido en el día de máximo consumo de cada año; es decir, el 25% del volumen diario asociado al $Q_{máxd}$. Por otra parte, para niveles de complejidad medio y bajo este porcentaje asciende al 33%.

Para el análisis de los sistemas individuales se adoptan los siguientes niveles de complejidad: 1) Playa Rica, Villa del Río I y Villa del Oriente: NC bajo, y 2) ESPO-Ceaimba: NC alto. De igual manera, para el análisis integral de los cuatro sistemas se adopta nivel de complejidad alto.

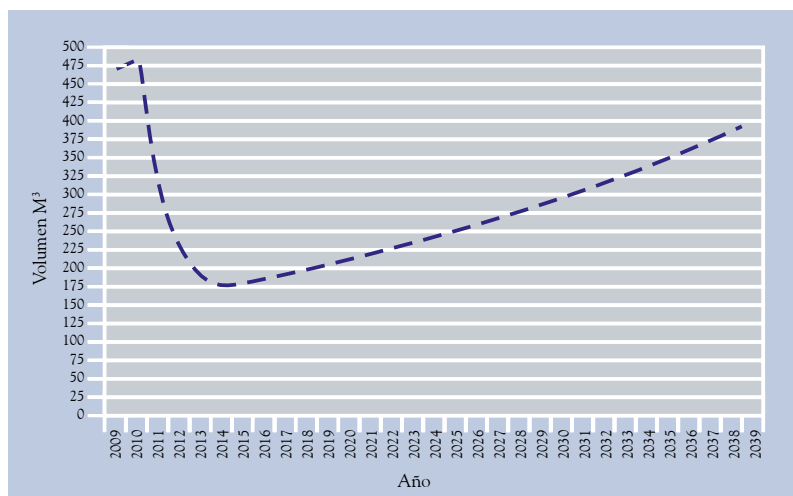
En las tablas 55 a 59 se pueden observar las necesidades de almacenamiento y de compensación estimadas en el periodo de evaluación para cada uno de los sistemas evaluados, así como para su integralidad; asimismo, en las figuras 19 a 23 se representa gráficamente los datos obtenidos.

Tabla 55. Proyección del almacenamiento del sistema Playa Rica

Año		QMD (Lt/s)	Vol. alm. (M ³)
2009	0	21,6	616
2010	1	22,3	637
2011	2	14,0	400
2012	3	10,4	297
2013	4	8,4	239
2014	5	8,1	232
2015	6	8,4	240
2016	7	8,7	247
2017	8	9,0	255
2018	9	9,2	264
2019	10	9,5	272
2020	11	9,9	281
2021	12	10,2	290
2022	13	10,5	300
2023	14	10,8	309
2024	15	11,2	319
2025	16	11,6	330
2026	17	12,0	341
2027	18	12,3	352
2028	19	12,8	364
2029	20	13,2	376
2030	21	13,6	388
2031	22	14,1	401
2032	23	14,5	414
2033	24	15,0	428
2034	25	15,5	443
2035	26	16,0	458
2036	27	16,6	473
2037	28	17,2	489
2038	29	17,7	506
2039	30	18,3	523

Fuente: cálculos propios.

Figura 19
Proyección del almacenamiento del sistema Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

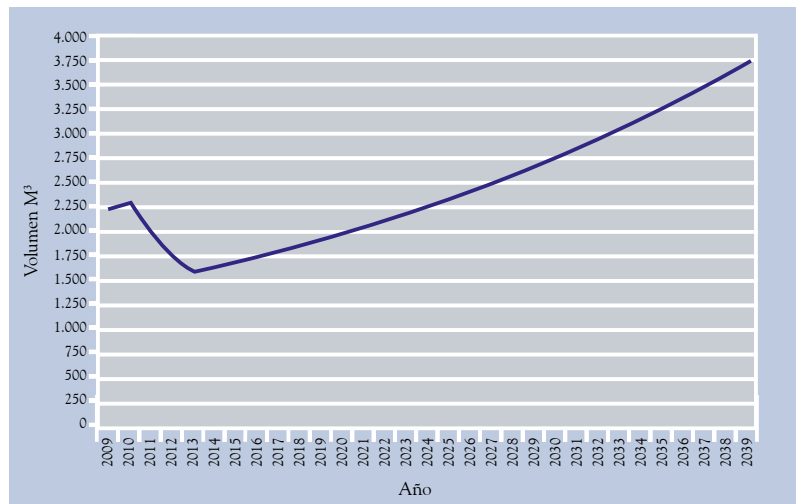
Tabla 56. Proyección del almacenamiento del sistema ESPO-Ceaimba

Año		QMD (Lt/s)	Vol. alm. (M ³)
2009	0	103	2234
2010	1	107	2307
2011	2	92	1984
2012	3	81	1754
2013	4	73	1579
2014	5	77	1655
2015	6	79	1709
2016	7	82	1764
2017	8	84	1821
2018	9	87	1880
2019	10	90	1941
2020	11	93	2004
2021	12	96	2070
2022	13	99	2137
2023	14	102	2207
2024	15	105	2279
2025	16	109	2353
2026	17	113	2431
2027	18	116	2510
2028	19	120	2593
2029	20	124	2679
2030	21	128	2766
2031	22	132	2860
2032	23	137	2955
2033	24	141	3054
2034	25	146	3157
2035	26	151	3263
2036	27	156	3374
2037	28	162	3489
2038	29	167	3608
2039	30	173	3731

Fuente: cálculos propios.

Figura 20

Proyección del almacenamiento del sistema ESPO-Ceaimba



Fuente: elaboración propia.

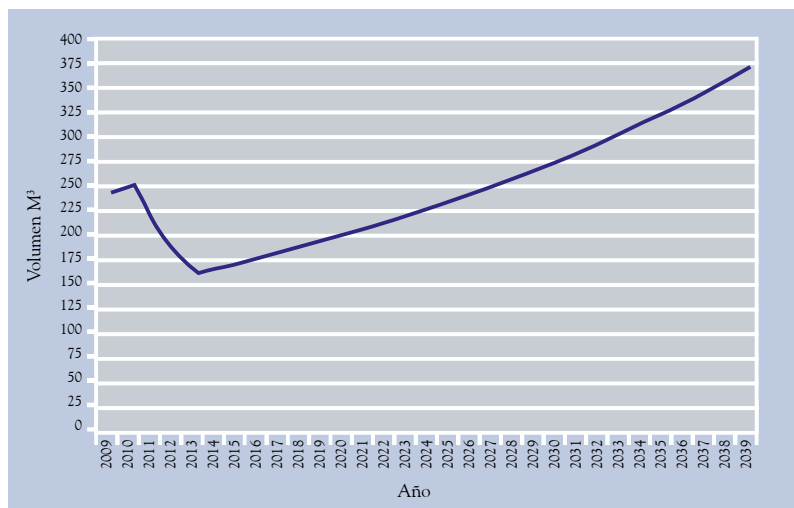
Tabla 57. Proyección del almacenamiento del sistema Villa del Río I

Año		QMD (Lt/s)	Vol. alm. (M³)
2009	0	8,5	243
2010	1	8,5	251
2011	2	7,3	208
2012	3	6,3	180
2013	4	5,6	159
2014	5	5,8	165
2015	6	6,0	170
2016	7	6,2	175
2017	8	6,4	181
2018	9	6,6	187
2019	10	6,8	193
2020	11	7,0	199
2021	12	7,2	206
2022	13	7,5	212
2023	14	7,7	219
2024	15	7,9	227
2025	16	8,2	234
2026	17	8,5	242
2027	18	8,8	250
2028	19	9,0	258
2029	20	9,3	266
2030	21	9,7	275
2031	22	10,0	284
2032	23	10,3	294
2033	24	10,6	304
2034	25	11,0	314
2035	26	11,4	324
2036	27	11,8	335
2037	28	12,2	347
2038	29	12,6	359
2039	30	13,0	371

Fuente: cálculos propios.

Figura 21

Proyección del almacenamiento del sistema Villa del Río I



Fuente: elaboración propia.

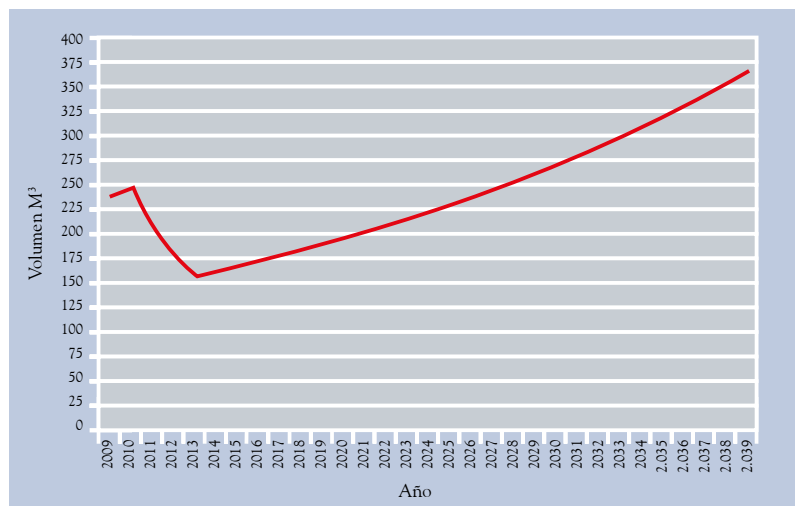
Tabla 58. Proyección del almacenamiento del sistema Villa del Oriente

Año		QMD (Lt/s)	Vol. alm. (M³)
2009	0	8,4	240
2010	1	8,7	248
2011	2	7,4	210
2012	3	6,4	183
2013	4	5,7	164
2014	5	6,0	171
2015	6	6,2	176
2016	7	6,4	182
2017	8	6,6	188
2018	9	6,8	194
2019	10	7,0	200
2020	11	7,2	207
2021	12	7,5	213
2022	13	7,7	220
2023	14	8,0	227
2024	15	8,2	235
2025	16	8,5	243
2026	17	8,8	251
2027	18	9,1	259
2028	19	9,4	267
2029	20	9,7	276
2030	21	10,0	285
2031	22	10,3	295
2032	23	10,7	305
2033	24	11,0	315
2034	25	11,4	325
2035	26	11,8	336
2036	27	12,2	348
2037	28	12,6	360
2038	29	13,0	372
2039	30	13,5	385

Fuente: cálculos propios.

Figura 22

Proyección del almacenamiento del sistema Villa del Oriente



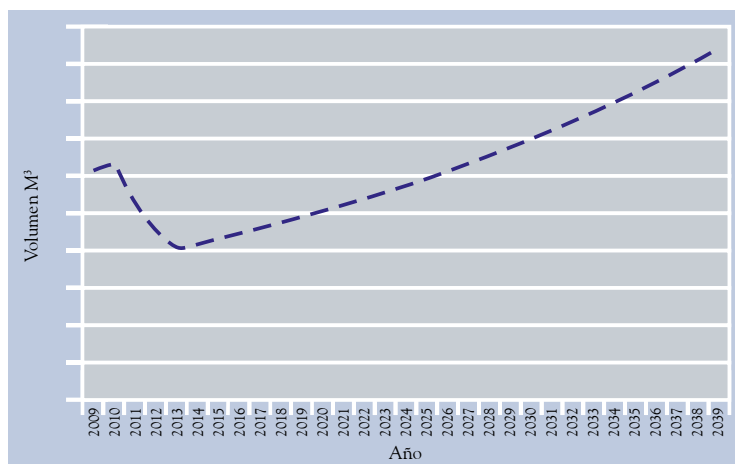
Fuente: elaboración propia.

Tabla 59. Proyección del almacenamiento del sistema integrado (comuna 8)

Año		QMD (Lt/s)	Vol. alm. (M ³)
2009	0	142	3 071
2010	1	147	3 172
2011	2	122	2 632
2012	3	105	2 268
2013	4	93	2 019
2014	5	97	2 084
2015	6	100	2 152
2016	7	103	2 222
2017	8	106	2 294
2018	9	110	2 369
2019	10	113	2 445
2020	11	117	2 525
2021	12	121	2 607
2022	13	125	2 692
2023	14	129	2 780
2024	15	133	2 870
2025	16	137	2 964
2026	17	142	3 062
2027	18	146	3 162
2028	19	151	3 266
2029	20	156	3 374
2030	21	161	3 486
2031	22	167	3 602
2032	23	172	3 723
2033	24	178	3 874
2034	25	184	3 977
2035	26	190	4 111
2036	27	197	4 250
2037	28	203	4 394
2038	29	210	4 544
2039	30	218	4 700

Fuente: cálculos propios.

Figura 23
Proyección del almacenamiento del sistema integrado (comuna 8)



Fuente: elaboración propia.

4. Diagnóstico técnico de los sistemas de acueducto que se abastecen de la quebrada Caño Grande

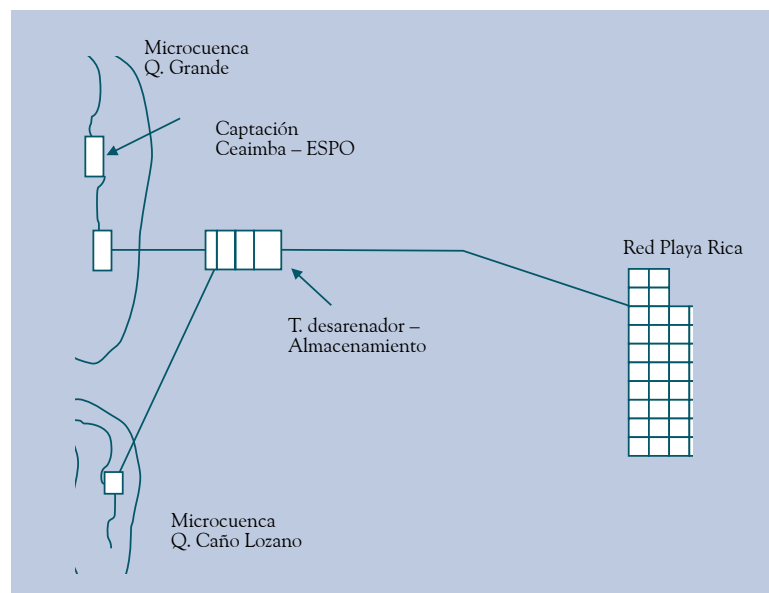
A continuación, se presenta el diagnóstico técnico-operativo de los componentes de los sistemas de acueducto de Playa Rica y ESPO-Ceaimba, así como las generalidades de las condiciones técnico-operativas de los sistemas de Villa del Río I y Villa del Oriente.

4.1 Sistema de acueducto Playa Rica

4.1.1 Estructura del sistema

En la actualidad, cerca de 620 suscriptores (2 495 habitantes, aproximadamente) de los barrios Playa Rica y Villa Sonia se surten del sistema de acueducto operado por la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica; dicho sistema se ha materializado a lo largo de los años exclusivamente por la iniciativa comunitaria, que ha gestionado y aportado no solamente recursos económicos y materiales, sino también su fuerza de trabajo. En la figura 24 se presenta el área de influencia del sistema de abastecimiento.

Figura 24
Componentes del sistema de acueducto Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

El sistema de acueducto se encuentra estructurado por los componentes básicos de un sistema que opera por gravedad, estos son: dos fuentes de abastecimiento constituidas por la quebrada Caño Grande (fuente principal) y la quebrada Caño Lozano; dos captaciones, dos aducciones; un desarenador que opera como tanque de almacenamiento y la red de distribución (figura 25).

Figura 25
Área de influencia del sistema de acueducto Playa Rica



Fuente: Europa Technologies Image. DigitalGlobe. Web. Google Earth (2009). Editado por el autor.

El sistema de acueducto se encuentra estructurado por los componentes básicos de un sistema que opera por gravedad, los cuales son dos fuentes de abastecimiento constituidas por la quebrada Caño Grande (fuente principal) y la quebrada Caño Lozano; dos captaciones, dos aducciones; un desarenador que opera como tanque de almacenamiento y la red de distribución, tal como se observa en la figura 24.

4.1.2 Cuenca-fuente

4.1.2.1 Generalidades

La fuente principal de abastecimiento la constituye la quebrada Caño Grande (foto 1), la cual presenta amplios rangos de variabilidad en su escurrimiento debido al deterioro de su microcuenca, la erosión, la deforestación y los inadecuados usos y explotaciones, entre las que se destacan las canteras para la extracción de materiales pétreos, especialmente de arena; estos aspectos, vinculados a sus características topográficas y morfométricas, determinan torrenciales caudales en épocas de invierno y muy bajos escurrimientos en época de verano.

Foto 1
Quebrada Caño Grande (en época de verano)



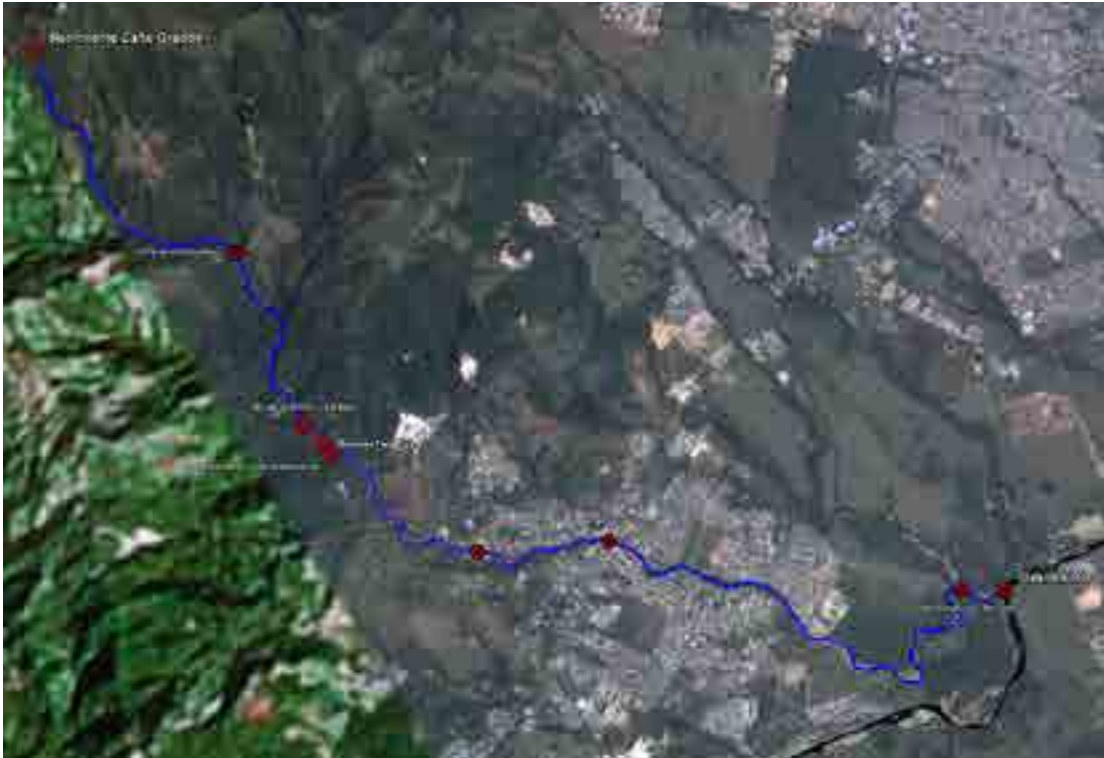
Tramo comprendido entre la captación del sistema Playa Rica y la captación del sistema ESPO-Ceaimba aguas abajo del primero. Foto tomada el 29 de marzo del 2008.

La quebrada Caño Grande tiene una longitud aproximada de 9,04 km entre su nacimiento y su desembocadura en el río Ocoa; en cuanto al régimen hidráulico, se puede clasificar como de régimen torrente con una pendiente media del 17,8%, aproximadamente, entre su nacimiento y el punto de captación del sistema Playa Rica; de igual forma, entre este punto y su desembocadura en el río Ocoa se puede clasificar como de régimen torrencial, con una pendiente media del 2,17%.

En las figuras 26 a 31 se puede observar la localización de algunos puntos característicos y tramos sobre la corriente Caño Grande, mientras que en las tablas 60 y 61, y en la figura 32 se presentan algunas dimensiones características, las cuales fueron definidas a partir de fotografías satelitales y algunas herramientas de georreferenciación y medición ofrecidas por Google Earth⁷.

⁷ Disponible en: [http:// earth.google.es/](http://earth.google.es/)

Figura 26
Puntos característicos sobre la quebrada Caño Grande



Fuente: Europa Technologies Image. DigitalGlobe. Web. Google Earth (2009). Editado por el autor.

Figura 27
Tramo 1 Caño Grande: nacimiento - confluencia Caño Paujil



Fuente: Europa Technologies Image. DigitalGlobe. Web. Google Earth (2009). Editado por el autor.

Figura 28

Tramos 2 y 3 Caño Grande: confluencia Caño Paujil - bocatomas



Fuente: Europa Technologies Image. DigitalGlobe. Web. Google Earth (2009). Editado por el autor.

Figura 29

Tramo 4 Caño Grande: bocatomas - puente colgante



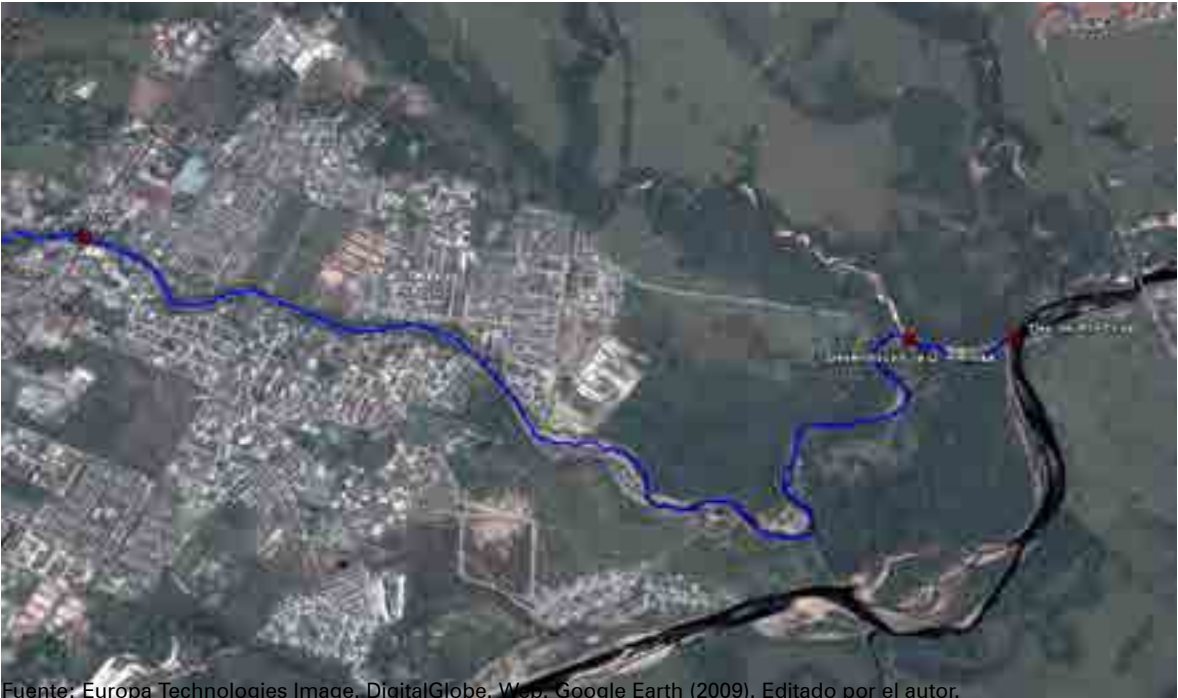
Fuente: Europa Technologies Image. DigitalGlobe. Web. Google Earth (2009). Editado por el autor.

Figura 30
Tramo 5 Caño Grande: puente colgante - vía Acacías



Fuente: Europa Technologies Image, DigitalGlobe, Web, Google Earth (2009). Editado por el autor.

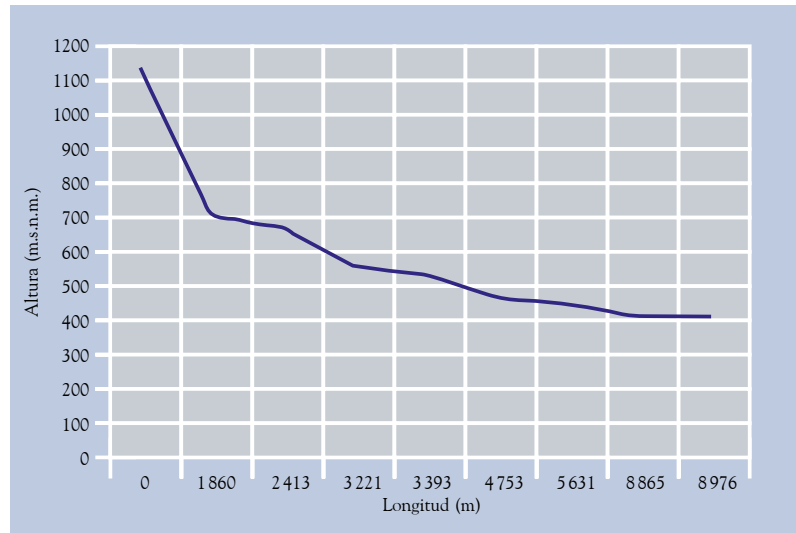
Figura 31
Tramo 6 Caño Grande: puente vía Acacías - desembocadura río Ocoa



Fuente: Europa Technologies Image, DigitalGlobe, Web, Google Earth (2009). Editado por el autor.

Figura 32

Perfil de la pendiente de la quebrada Caño Grande



Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth.

Tabla 60. Georreferenciación de puntos sobre la quebrada Caño Grande

Punto	Sitio	Coordenadas	Altura (m.s.n.m.)
1	Nacimiento	4°07'54,04" N 73°41'09,27" O	1132
2	Confluencia Caño Paujil	4°07'20,60" N 73°40'27,62" O	704
3	Confluencia Caño 2	4°07'06,18" N 73°40'25,17" O	668
4	Bocatoma ESPO–Ceaimba	4°06'46,58" N 73°40'21,31" O	554
5	Bocatoma Playa Rica	4°06'43,18" N 73°40'17,48" O	529
6	Puente colgante	4°06'22,32" N 73°39'47,74" O	465
7	Puente vía Acacias	4°06'22,39" N 73°39'21,54" O	444
8	Confluencia Caño Arenoso	4°06'11,26" N 73°38'13,90" O	409
9	Confluencia río Ocoa	4°06'11,02" N 73°38'05,45" O	408

Fuente: cálculos propios a partir de Google Earth.

Tabla 61. Longitudes y pendientes en tramos de la quebrada Caño Grande

Tramo	Punto		Longitud (m)	Pendiente (m)
	Inicial	Final		
1	Nacimiento	Confluencia Caño Paujil	1909	23,0%
2	Confluencia Caño Paujil	Bocatoma ESPO–Ceaimba	1370	11,0%
3	Bocatoma ESPO–Ceaimba	Bocatoma Playa Rica	174	14,5%
4	Bocatoma Playa Rica	Puente colgante	1362	4,7%
5	Puente colgante	Puente vía Acacias	878	2,4%
6	Puente vía Acacias	Confluencia río Ocoa	3345	1,1%

Fuente: cálculos propios a partir de Google Earth.

En visita realizada a finales de marzo del 2008 (época de verano), se pudo determinar que 200 m aguas arriba de la captación del sistema Playa Rica, y pocos metros arriba de la captación del sistema de acueducto comunitario de Ceaimba S.A. ESP-ESPO, había un caudal cercano a los 60 l/s, de los cuales eran captados aproximadamente 50 l/s por el sistema Ceaimba S.A. ESP-ESPO y 10 l/s por el sistema Playa Rica; esta situación contrasta con los elevados escurrimientos registrados en épocas de invierno, acompañados de arrastre de material que, para principios de septiembre del 2003, generaron el desbordamiento del caño, el arrasamiento de dieciséis casas y la afectación de aproximadamente 44 familias del barrio Playa Rica⁸.

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), por su parte, a través de diversos estudios relacionados con los riesgos naturales en el departamento del Meta, ha determinado que el área del río Guatiquía es la zona más crítica por la presencia de deslizamientos, así como la falla de Servitá, desde la localidad de Servitá hasta las inmediaciones del río Caney, la margen derecha del río Guatiquía y la cabecera de los caños y quebradas que nacen sobre las laderas próximas a Villavicencio, como los caños Grande, Buque, Parrado y Susumuco.

Respecto a la cuenca de la quebrada Caño Grande, esta situación de amenaza se ve agravada por la quema de bosques y la explotación de canteras a cielo abierto para la extracción de materiales pétreos, especialmente arena, entre las que sobresale la de Villa Lorena por ser la de mayor extensión, los Capachos (foto 2) y otras cuya localización se puede observar en la tabla 62 y en la figura 33.

⁸ Esta noticia fue registrada en el periódico *El Tiempo*, el 19 de septiembre del 2003. Disponible en <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1021863>.

Tabla 62. Localización de intervenciones en microcuenca de la quebrada Caño Grande

Punto	Coordenadas	Altura (m.s.n.m.)	Tipo de intervención
1	4°07'36,18" N 73°40'51,08" O	999	Cantera
2	4°07'36,18" N 73°40'28,62" O	851	Cantera
3	4°06'47,85" N 73°40'26,33" O	618	Cantera
4	4°06'45,48" N 73°40'00,60" O	579	Cantera – Villa Lorena
5	4°06'25,93" N 73°39'54,17" O	476	Cantera
6	4°06'35,22" N 73°40'14,06" O	525	Cantera
7	4°06'55,74" N 73°39'48,40" O	607	Cantera
8	4°07'16,30" N 73°39'39,13" O	652	Cantera
9	4°07'25,25" N 73°39'33,00" O	617	Cantera
10	4°07'45,43" N 73°40'31,15" O	960	Quema
11	4°07'49,27" N 73°40'31,96" O	1003	Quema

Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth

Foto 2
Arenera Los Capachos, entrada al barrio Playa Rica



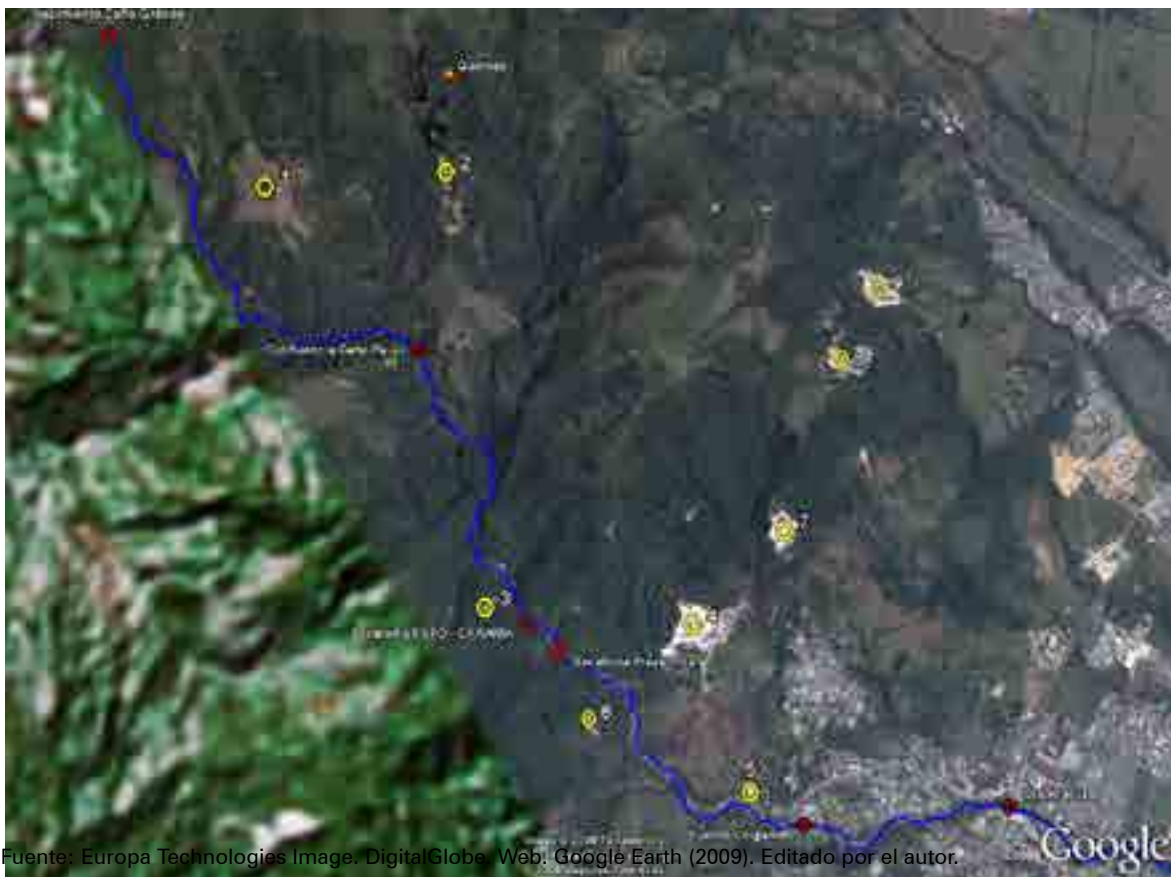
Foto superior izquierda: valla licencia ambiental para explotación minera otorgada por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial la Macarena (Cormacarena) a la arenera Los Capachos.

Foto superior derecha: vista corte del terreno producto de la explotación minera.

Foto inferior: remoción y cargue de material en la Arenera Los Capachos.

Figura 33

Localización de intervenciones negativas en microcuenca de la quebrada Caño Grande



Fuente: Europa Technologies Image. DigitalGlobe. Web: Google Earth (2009). Editado por el autor.

Las laderas de la quebrada Caño Grande son elevadas, presentan altas pendientes e inestabilidad natural, la cual se ve incrementada por las intervenciones realizadas en trabajos de anclajes de tuberías y canalización de flujos, situación que ha generado derrumbes y desprendimientos en masa que han provocado gran aporte de sedimentos a la fuente, incrementando así los niveles de turbiedad y, en consecuencia, la disminución de las condiciones de calidad del agua (foto 3).

Foto 3

Anclaje de tuberías en laderas de la quebrada Caño Grande



Soporte de la tubería de conducción del sistema ESPO-Ceaimba mediante tirantes de acero anclados a una de las laderas de la quebrada Caño Grande. Foto tomada el 29 de marzo del 2008.

4.1.2.1.1 Concesión de aguas

Actualmente, la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica cuenta con una concesión de aguas de 30 l/s, otorgada por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial la Macarena (Cormacarena) mediante resolución N.º 2 605-24Q, expediente N.º 20-059 expedida el 11 de marzo del 2005, la cual se extiende por un periodo de diez años hasta marzo del 2015. Según lo indicado en esta resolución, el caudal concesionado solamente podría ser captado en horas diurnas.

Asimismo, Cormacarena requirió a la Junta de Acción Comunal (JAC) del barrio Playa Rica para que iniciara los trámites para la obtención de la concesión de aguas sobre los caños Vitalia y Lozano, los cuales son periódicamente aprovechados, especialmente en época de verano (enero a abril), cuando los escurrimientos de la quebrada Caño Grande disminuyen dramáticamente. En este sentido, la Subdirección de Gestión y Control Ambiental de Cormacarena consideró viable técnica y ambientalmente otorgar concesión de aguas a la JAC del barrio Playa Rica sobre el caño Vitalia en caudal de 6 l/s; aunque a la fecha no se tiene conocimiento del trámite de dicha concesión, como se indicó anteriormente, se siguen aprovechando las aguas del caño Lozano (foto 4).

Foto 4

Captación sobre quebrada Caño Lozano, sistema Playa Rica



Foto tomada el 29 de marzo del 2008.

La resolución de concesión indica, en su artículo 8, que la JAC del barrio Playa Rica no podrá, en ninguna época del año, captar la totalidad del caudal que llega a la bocatoma, siendo obligatorio e indispensable dejar pasar por lo menos un 40% de la corriente de agua como caudal ecológico; no obstante, en visita realizada el 29 de marzo del 2008 se pudo evidenciar que a la altura de la bocatoma del sistema Playa Rica se capta casi la totalidad del caudal que escurre por la quebrada en este punto, dado el bajo caudal que lleva la corriente y la constante demanda de agua a cargo de la comunidad abastecida (foto 5).

Foto 5

Captación sobre la quebrada Caño Grande en verano, sistema Playa Rica



Se observa la captación de la totalidad del escurrimiento de la quebrada Caño Grande por parte del sistema Playa Rica en época de verano. Foto tomada el 29 de marzo del 2008.

4.1.2.1.2 Evaluación de la capacidad vs. demanda

El bajo caudal de la quebrada Caño Grande (10 l/s, aproximadamente) a la altura de la captación del sistema Playa Rica en épocas de estiaje será el criterio para evaluar la suficiencia de la fuente.

Para efectos de la evaluación de la capacidad de la fuente se adopta un caudal neto proyectado: $Q_{\text{neto}}^{\text{proyectado}}$, asociado a las necesidades reales de captación así: $Q_{\text{máx}} +$ las pérdidas de agua cruda en la aducción y conducción (5%) + pérdidas de agua cruda en una potencial planta de tratamiento (3%). De esta manera, en las tablas 63 y 64, y en la figura 34, se evalúa la suficiencia de la fuente de acuerdo con los siguientes criterios:

$$\text{RAS} (Q_{95} (Q_{\text{mín. Reg.}) \geq 2,0 * Q_{\text{mD}})$$

$$(Q_{95} (Q_{\text{mín. Reg.}) > Q_{\text{neto}}^{\text{proyectado}})$$

Tabla 63. Evaluación de la capacidad de la fuente (RAS 2000), sistema Playa Rica

Año		QmD	Evaluación de la suficiencia de la fuente – Q. La Chorrera / RAS				
		(Lt/s)	Qmín. REG (LPS)	2,0* Qmd (LPS)	Cumple	Concepto	Recomendación
2009	0	18,0	10,0	36,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2010	1	18,6	10,0	37,2	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2011	2	11,7	10,0	23,4	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2012	3	8,7	10,0	17,4	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2013	4	7,0	10,0	14,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2014	5	6,8	10,0	13,6	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2015	6	7,0	10,0	14,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2016	7	7,2	10,0	14,5	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2017	8	7,5	10,0	14,9	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2018	9	7,7	10,0	15,4	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2019	10	8,0	10,0	15,9	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2020	11	8,2	10,0	16,4	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2021	12	8,5	10,0	17,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2022	13	8,8	10,0	17,5	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2023	14	9,0	10,0	18,1	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2024	15	9,3	10,0	18,7	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2025	16	9,6	10,0	19,3	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2026	17	10,0	10,0	19,9	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2027	18	10,3	10,0	20,6	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2028	19	10,6	10,0	21,3	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2029	20	11,0	10,0	22,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2030	21	11,3	10,0	22,7	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2031	22	11,7	10,0	23,4	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2032	23	12,1	10,0	24,2	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2033	24	12,5	10,0	25,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2034	25	12,9	10,0	25,9	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2035	26	13,4	10,0	26,7	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2036	27	13,8	10,0	27,6	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2037	28	14,3	10,0	28,6	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2038	29	14,8	10,0	29,6	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2039	30	15,3	10,0	30,6	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento

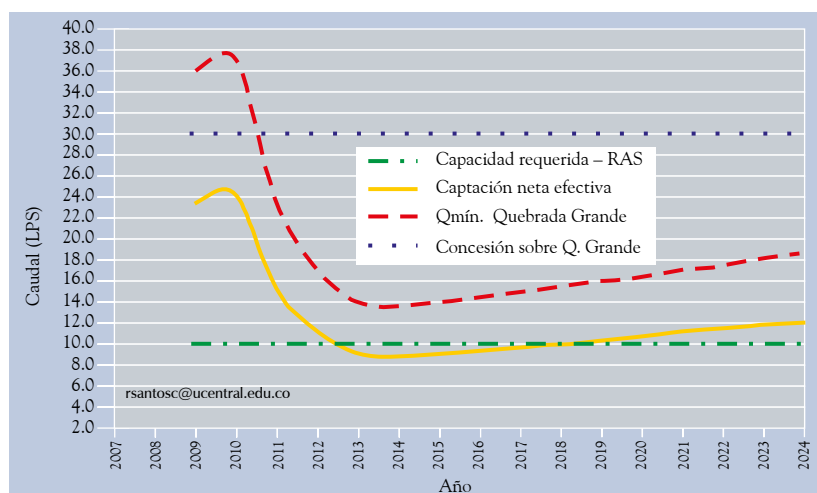
Fuente: cálculos propios.

Tabla 64. Evaluación de la capacidad de la fuente según demanda neta, sistema Playa Rica

Año	QmD (Lt/s)	Evaluación de la suficiencia de la fuente según análisis Qneto requerido					
		Q _{NETO} captado (LPS)	Q _{mín. est.} (LPS)	Cumple	Concepto	Recomendación	
2009	0	21,6	23,5	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2010	1	22,3	24,3	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2011	2	14,0	15,3	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2012	3	10,4	11,3	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2013	4	8,4	9,1	10,0	Si	Fuente suficiente	Fuentes segura
2014	5	8,1	8,8	10,0	Si	Fuente suficiente	Fuentes segura
2015	6	8,4	9,1	10,0	Si	Fuente suficiente	Fuentes segura
2016	7	8,7	9,4	10,0	Si	Fuente suficiente	Fuentes segura
2017	8	9,0	9,7	10,0	Si	Fuente suficiente	Fuentes segura
2018	9	9,2	10,0	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2019	10	9,5	10,4	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2020	11	9,9	10,7	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2021	12	10,2	11,1	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2022	13	10,5	11,4	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2023	14	10,8	11,8	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2024	15	11,2	12,2	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2025	16	11,6	12,6	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2026	17	12,0	13,0	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2027	18	12,3	13,4	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2028	19	12,8	13,9	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2029	20	13,2	14,3	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2030	21	13,6	14,8	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2031	22	14,1	15,3	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2032	23	14,5	15,8	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2033	24	15,0	16,3	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2034	25	15,5	16,9	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2035	26	16,0	17,4	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2036	27	16,6	18,0	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2037	28	17,2	18,6	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2038	29	17,7	19,3	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2039	30	18,3	19,9	10,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento

Fuente: cálculos propios.

Figura 34
Evaluación de la capacidad de la fuente vs. demanda, sistema Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

- *Escenario 1.* Teniendo en cuenta los criterios establecidos por el RAS, la fuente para garantizar suficiencia debe satisfacer que el $Q_{\text{mín}} = 10 \text{ l/s}$ sea superior a 2,0 veces el Q_{md} demandado durante todo el periodo de evaluación, lo cual no se cumple en la actualidad y durante los años de proyección; en consecuencia, a la luz de este criterio la quebrada Caño Grande no es una fuente confiable para el abastecimiento de la comunidad.

Sin embargo, la amplia variabilidad de los caudales que presenta la quebrada durante el año, las características topográficas y morfométricas de la microcuenca, y el encañonamiento del cauce, entre otros aspectos, son circunstancias que permiten pensar en una solución de almacenamiento artificial en un embalse a partir del cual se logre la retención de parte del escurrimiento en época de creciente para su utilización en época de estiaje, o el almacenamiento del agua a través de un reservorio establecido en área cercana a la de aprovechamiento, lo cual no solamente garantizaría el abastecimiento continuo de la comunidad de Playa Rica, sino que además permitiría regular el régimen de escurrimiento del caño y el control de posibles inundaciones, especialmente en la parte baja, desde el barrio Playa Rica hasta su desembocadura en el río Ocoa.

La factibilidad, la localización y el diseño del embalse o del reservorio, así como de las estructuras y obras complementarias requerirán, según sea el caso, un estudio específico que involucre análisis detallados en los campos de la hidrología, la hidráulica fluvial, la geología y la geomorfología; la hidrogeología, la topografía, los aspectos sociales, ambientales, económicos y financieros, entre otros, evaluando además la viabilidad técnica en relación con los demás sistemas de abastecimiento que captan el agua desde la misma fuente, como es el caso de los sistemas de acueducto de ESPO-Ceaimba, Villa del Río I y Villa del Oriente.

- *Escenario 2.* Haciendo un análisis de la suficiencia de la fuente estrictamente en relación con las demandas netas de agua ($Q_{\text{md}} + \text{pérdidas permisibles}$) durante el periodo de evaluación, se puede observar que la quebrada Caño Grande, a la altura del punto de captación del sistema Playa Rica, podría ser suficiente hasta el 2017 si y solo si se implementa y ejecuta un programa que conduzca a la reducción y el control de las pérdidas de agua en el sistema, de manera tal que estas no sean superiores a la meta establecida del 25%; asimismo, es necesario que se promueva una cultura de ahorro y de uso eficiente del agua entre la comunidad abastecida, condiciones que disminuirán la vulnerabilidad del sistema, especialmente en época de verano. En este escenario el escurrimiento natural de la corriente, sin ningún tipo de obra de almacenamiento, sería suficiente para garantizar el abastecimiento aproximadamente hasta el 2017 incluso en época de verano, para la cual implicaría captar la totalidad del escurrimiento, como se pudo evidenciar en la visita realizada a finales de marzo del 2008 (foto 5).
- *Escenario 3.* Considerando que Cormacarena ha establecido en la resolución de concesión otorgada a la JAC del barrio Playa Rica la obligatoriedad de dejar pasar como caudal ecológico por lo menos el 40% del escurrimiento de la quebrada, incluso en época de verano, el caudal disponible para captar en época de estiaje será de aproximadamente 6 l/s, que es insuficiente para suplir la demanda del sistema durante todo el periodo de evaluación; ante este escenario, completar el abastecimiento con la fuente Caño Lozano en 4 l/s permitiría llegar a un escenario de abastecimiento como el descrito anteriormente.

Respecto a la concesión de aguas de Cormacarena, se puede afirmar que esta es ampliamente suficiente en los escenarios de demanda actual y futura (tabla 65); no obstante, la concesión otorgada y las condiciones establecidas en la resolución, específicamente en relación con el caudal ecológico, no se compadecen con la realidad de la quebrada Caño Grande durante los meses de verano, en los cuales se registran caudales muy inferiores a la concesión otorgada.

Como se indicó, el bajo caudal de la quebrada Caño Grande (10 l/s, aproximadamente) a la altura de la captación del sistema Playa Rica es insuficiente para atender la demanda del sistema de acueducto en época de verano (enero a abril de cada año) en el escenario de demanda actual, por lo que se ha dispuesto la captación de cerca de 4,0 l/s desde la quebrada Caño Lozano para complementar el déficit existente.

Tabla 65. Evaluación de la concesión de Cormacarena para el sistema Playa Rica

Año	Evaluación de la concesión			
	Concesión CAR (LPS)	Q _{NETO} captado (LPS)	Cumple concesión	
2009	0	30,00	23,5	Concesión suficiente
2010	1	30,00	24,3	Concesión suficiente
2011	2	30,00	15,3	Concesión suficiente
2012	3	30,00	11,3	Concesión suficiente
2013	4	30,00	9,1	Concesión suficiente
2014	5	30,00	8,8	Concesión suficiente
2015	6	30,00	9,1	Concesión suficiente
2016	7	30,00	9,4	Concesión suficiente
2017	8	30,00	9,7	Concesión suficiente
2018	9	30,00	10,0	Concesión suficiente
2019	10	30,00	10,4	Concesión suficiente
2020	11	30,00	10,7	Concesión suficiente
2021	12	30,00	11,1	Concesión suficiente
2022	13	30,00	11,4	Concesión suficiente
2023	14	30,00	11,8	Concesión suficiente
2024	15	30,00	12,2	Concesión suficiente
2025	16	30,00	12,6	Concesión suficiente
2026	17	30,00	13,0	Concesión suficiente
2027	18	30,00	13,4	Concesión suficiente
2028	19	30,00	13,9	Concesión suficiente
2029	20	30,00	14,3	Concesión suficiente
2030	21	30,00	14,8	Concesión suficiente
2031	22	30,00	15,3	Concesión suficiente
2032	23	30,00	15,8	Concesión suficiente
2033	24	30,00	16,3	Concesión suficiente
2034	25	30,00	16,9	Concesión suficiente
2035	26	30,00	17,4	Concesión suficiente
2036	27	30,00	18,0	Concesión suficiente
2037	28	30,00	18,6	Concesión suficiente
2038	29	30,00	19,3	Concesión suficiente
2039	30	30,00	19,9	Concesión suficiente

Fuente: cálculos propios.

Para optimizar el uso de la quebrada Caño Grande, es necesario que los cuatro acueductos comunitarios que se surten de ella desarrollen un programa concertado, orientado a recuperar, conservar y proteger la microcuenca; reducir y controlar las pérdidas de agua por concepto de fugas y consumos operacionales en los cuatro sistemas, y promover la cultura del ahorro y el uso eficiente del agua entre los habitantes de las comunidades servidas.

4.1.2.1.3 Evaluación de parámetros de almacenamiento

Considerando la recomendación formulada en el numeral anterior de implementar un almacenamiento artificial a través de un reservorio o embalse que garantice el abastecimiento durante las épocas de verano, correspondientes generalmente a los meses de diciembre, enero, febrero y marzo de cada año, así como las proyecciones de demanda (véase numeral 3.4.1) y de oferta, esta última evaluada a la luz de la concesión de aguas requerida desde la quebrada Caño Grande, se determinaron algunos parámetros técnicos de importancia para dos escenarios potenciales.

Cabe resaltar que ambos escenarios son factibles si se implementa y se ejecuta un programa que conduzca a la reducción y el control de las pérdidas de agua en el sistema, de tal manera que estas no sean superiores a la meta establecida del 25%; así mismo, se requiere la promoción de una cultura del ahorro y el uso eficiente del agua entre la comunidad abastecida.

- *Escenario 1.* Considera el aprovechamiento hasta del 60% del caudal disponible en la quebrada Caño Grande a la altura de la captación del sistema Playa Rica durante los cuatro meses de verano, garantizando como caudal ecológico mínimo el 40% del caudal disponible.

De conformidad con este escenario y los registros de caudal levantados durante el último año en desarrollo del presente estudio, se pudo evidenciar un escurrimiento mínimo en época de verano de aproximadamente 10 l/s a la altura de la captación del sistema Playa Rica, lo cual determina un aprovechamiento máximo hasta de 6 l/s durante los cuatro meses de verano. De igual manera, las necesidades de concesión requeridas durante los ocho meses restantes se definen en función de las necesidades de almacenamiento para garantizar el suministro continuo y eficiente durante los meses de escasez, tal como se muestra a continuación (tabla 66, figuras 35 y 36):

Tabla 66. Estimación de almacenamiento del sistema Playa Rica. Escenario 1*

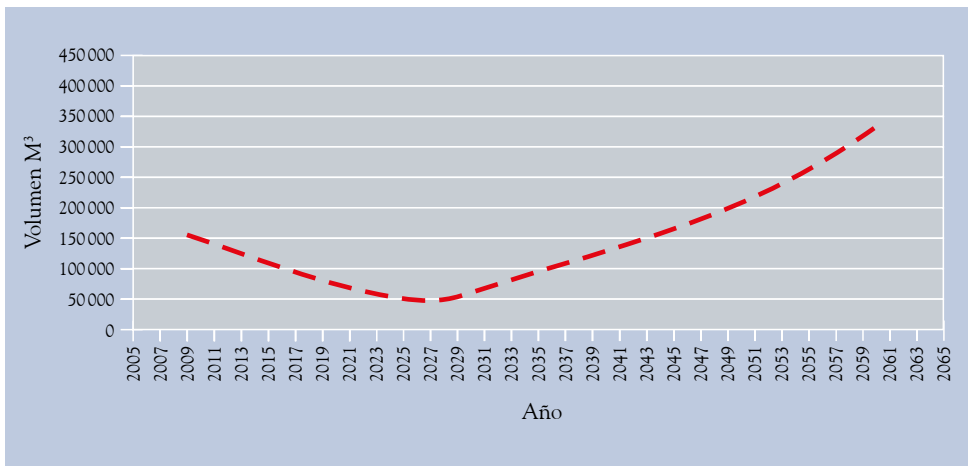
Año	Vol. util. (M ³)	Vol. muerto. (M ³)	Vol. total (M ³)	Concesión requerida** (l/s)	Prof. media. almacenamiento (m)	Área requerida (m ²)
2009	142013	14201	156214	26	3	52
2025	46847	4685	51532	13	3	17
2035	89223	8922	98146	19	3	33
2045	150497	15050	165546	28	3	55
2050	191167	19117	210284	33	3	70
2055	240674	24067	264742	40	3	88
2060	301110	30111	331221	49	3	110

* Concesión máxima de 6 l/s durante cuatro meses secos (diciembre, enero, febrero y marzo).

** Concesión requerida durante ocho meses (abril a noviembre)/24 h/día.

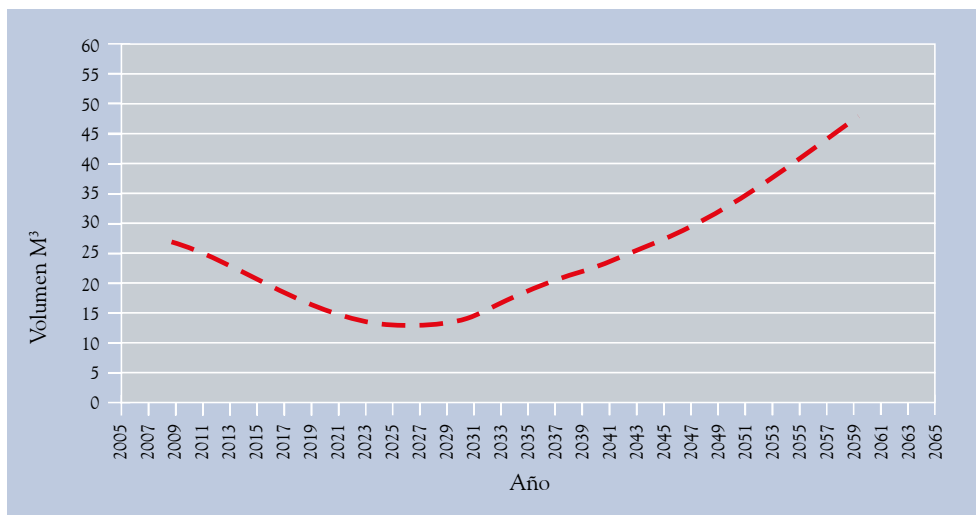
Fuente: cálculos propios.

Figura 35
Capacidad del reservorio o embalse requerido, sistema Playa Rica.
Escenario 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 36
Concesión máxima requerida durante ocho meses del año (24 h/día),
sistema Playa Rica. Escenario 1



Fuente: elaboración propia.

- *Escenario 2.* Considera el no aprovechamiento del caudal disponible en la quebrada Caño Grande a la altura de la captación del sistema Playa Rica durante los cuatro meses de verano; es decir, no se derivaría caudal alguno durante estos meses.

Las necesidades de concesión requeridas durante los ocho meses restantes se definen en función de las necesidades de almacenamiento para garantizar el suministro continuo y eficiente durante los meses de escasez, tal como se muestra a continuación (tabla 67, figuras 37 y 38):

Tabla 67. Estimación de parámetros de almacenamiento del sistema Playa Rica. Escenario 2*

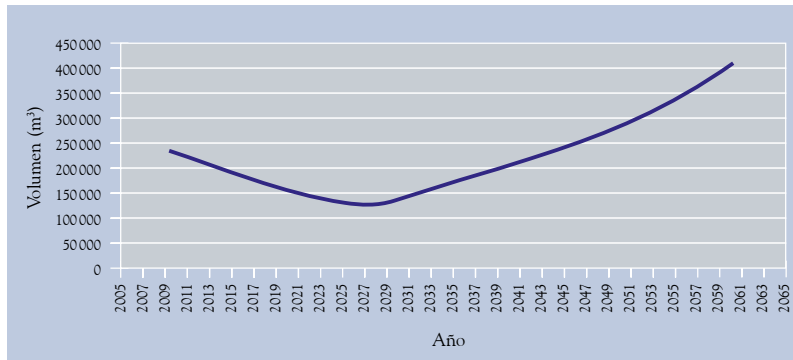
Año	Vol. util. (M ³ *10 ⁶)	Vol. muerto. (M ³ *10 ⁶)	Vol. total (M ³ *10 ⁶)	Concesión requerida** (l/s)	Prof. media. almacenamiento (m)	Área requerida (m ²)
2009	204739	20474	225213	29	3	75
2025	109574	10957	150531	16	3	40
2035	151950	15195	167145	22	3	56
2045	213223	21322	234545	31	3	78
2050	253893	25389	279283	36	3	93
2055	303401	30340	333741	43	3	111
2060	363836	36384	400220	52	3	133

* Sin concesión otorgada para los cuatro meses secos (diciembre, enero, febrero y marzo).

** Concesión requerida durante ocho meses (abril a noviembre).

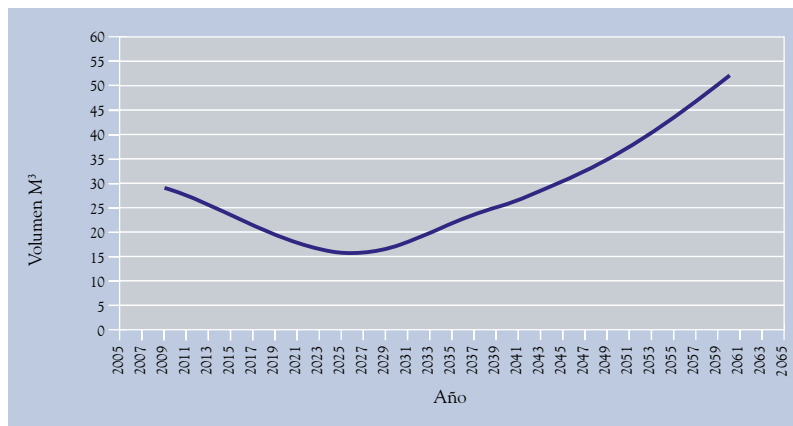
Fuente: cálculos propios.

Figura 37
Capacidad del reservorio o embalse requerido, sistema Playa Rica. Escenario 2



Fuente: elaboración propia.

Figura 38
Concesión máxima requerida durante ocho meses del año (24 h/día), sistema Playa Rica. Escenario 2



Fuente: elaboración propia.

4.1.2.2 Captación

4.1.2.2.1 Generalidades

El sistema de captación se establece aproximadamente en la cota 529 msnm, en la coordenada $73^{\circ} 40' 17,48'' W - 04^{\circ} 06' 43,18'' N$. Consiste en una estructura tipo bocatoma de fondo sobre la quebrada Caño Grande, que consta de una estructura de encauzamiento en concreto, una rejilla sobre la estructura a través de la cual se deriva el caudal requerido, que es conducido lateralmente hasta una cámara de derivación de donde es llevado, por medio de una tubería de 6", hasta la estructura de desarenado (foto 6).

La estructura de captación, en términos generales, se encuentra en buen estado; el dispositivo es una reja de 4,34 m de longitud y 21,4 cm de ancho, formada por 85 barras de 1/2" separadas cada 3,8 cm; se estima para la bocatoma una capacidad nominal de 125 l/s en época de invierno. Sin embargo, como se observa en la foto 5, en verano el dispositivo no funciona sumergido, captando la totalidad del caudal que escurre por la fuente, situación que justifica su longitud.

Foto 6

Sistema de captación sobre la quebrada Caño Grande, sistema Playa Rica



Se observa la estructura de toma con dique de encauzamiento sobre la quebrada Caño Grande y la tubería de aducción hacia el desarenador.

Estas fotografías contrastan con la foto 5, de marzo del 2008 (verano), evidenciándose un mayor caudal en la corriente. Foto de la izquierda tomada el 21 de noviembre del 2008. Foto de la derecha tomada el 2 de mayo del 2009.

Se considera inadecuada la separación entre barras, pues dadas las características de la corriente y el gran aporte de material de arrastre en épocas de invierno se puede generar la obstrucción del dispositivo o del canal de conducción hacia la cámara de derivación, incrementándose asimismo las actividades de mantenimiento, las cuales se dificultan especialmente en época de crecientes; en tal sentido se recomienda la inclusión intermedia (entre barras) de cerca de 85 barras de 1/2", con lo que su separación disminuiría casi a 1,3 cm y la capacidad nominal de captación a 84 l/s, la cual sigue siendo ampliamente suficiente para satisfacer las necesidades de la comunidad abastecida. También se recomienda la reparación o el cambio de la compuerta de entrada a la cámara de derivación (foto 7).

Foto 7

Entrada a la cámara de derivación del sistema Playa Rica



Compuerta de tablero sin vástago ni rueda de manejo para controlar entrada de agua desde el dispositivo de captación hacia la cámara de derivación. Foto tomada el 29 de marzo del 2008.

La Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica ejecutó, durante el primer semestre del 2009, algunas obras de optimización y mejoramiento de la infraestructura del sistema entre las cuales se hizo el cambio de la válvula de 8", para alivio y lavado de la cámara de derivación (foto 8).

Foto 8

Nueva válvula de la cámara de derivación del sistema Playa Rica



Fuente: Huertas (2009).

4.1.2.2.2 Evaluación de la capacidad vs. demanda

En términos generales, el dispositivo de captación del sistema de acueducto de Playa Rica tiene una capacidad nominal cercana a los 125 l/s. De acuerdo con el RAS, el dispositivo de captación para nivel de complejidad alto debe tener una capacidad igual a 2,5 veces el $Q_{máx}$; tomando esta condición, la capacidad del dispositivo sería ampliamente suficiente para la demanda actual y futura (tabla 68).

Tabla 68. Evaluación de la capacidad de captación (125 l/s) vs. demanda del sistema Playa Rica. RAS (2000)

Año		QMD (lt/s)	Evaluación según RAS		
			Cap. req. – RAS (LPS)	Cap. toma Q grande (LPS)	Evaluación capacidad
2009	0	21,6	54,1	125	Suficiente
2010	1	22,3	55,8	125	Suficiente
2011	2	14,0	35,1	125	Suficiente
2012	3	10,4	26,0	125	Suficiente
2013	4	8,4	21,0	125	Suficiente
2014	5	8,1	20,3	125	Suficiente
2015	6	8,4	21,0	125	Suficiente
2016	7	8,7	21,7	125	Suficiente
2017	8	9,0	22,4	125	Suficiente
2018	9	9,2	23,1	125	Suficiente
2019	10	9,5	23,9	125	Suficiente
2020	11	9,9	24,6	125	Suficiente
2021	12	10,2	25,4	125	Suficiente
2022	13	10,5	26,3	125	Suficiente
2023	14	10,8	27,1	125	Suficiente
2024	15	11,2	28,0	125	Suficiente
2025	16	11,6	28,9	125	Suficiente
2026	17	12,0	29,9	125	Suficiente
2027	18	12,3	30,9	125	Suficiente
2028	19	12,8	31,9	125	Suficiente
2029	20	13,2	32,9	125	Suficiente
2030	21	13,6	34,0	125	Suficiente
2031	22	14,1	35,2	125	Suficiente
2032	23	14,5	36,3	125	Suficiente
2033	24	15,0	37,5	125	Suficiente
2034	25	15,5	38,8	125	Suficiente
2035	26	16,0	40,1	125	Suficiente
2036	27	16,6	41,5	125	Suficiente
2037	28	17,2	42,9	125	Suficiente
2038	29	17,7	44,3	125	Suficiente
2039	30	18,3	45,9	125	Suficiente

Fuente: cálculos propios.

Cabe anotar, como se indicó, que la capacidad del dispositivo de captación puede disminuir a cerca de 84 l/s si se implementan las acciones sugeridas para la rejilla; no obstante, esta capacidad sigue siendo ampliamente suficiente durante todo el periodo de evaluación (tabla 69).

Tabla 69. Evaluación de la capacidad de captación (84 l/s) vs. demanda del sistema Playa Rica. RAS (2000)

Año		QMD (lt/s)	Evaluación según RAS		
			Cap. req. – RAS (LPS)	Cap. toma Q grande (LPS)	Evaluación de la capacidad
2009	0	21,6	54,1	84	Suficiente
2010	1	22,3	55,8	84	Suficiente
2011	2	14,0	35,1	84	Suficiente
2012	3	10,4	26,0	84	Suficiente
2013	4	8,4	21,0	84	Suficiente
2014	5	8,1	20,3	84	Suficiente
2015	6	8,4	21,0	84	Suficiente
2016	7	8,7	21,7	84	Suficiente
2017	8	9,0	22,4	84	Suficiente
2018	9	9,2	23,1	84	Suficiente
2019	10	9,5	23,9	84	Suficiente
2020	11	9,9	24,6	84	Suficiente
2021	12	10,2	25,4	84	Suficiente
2022	13	10,5	26,3	84	Suficiente
2023	14	10,8	27,1	84	Suficiente
2024	15	11,2	28,0	84	Suficiente
2025	16	11,6	28,9	84	Suficiente
2026	17	12,0	29,9	84	Suficiente
2027	18	12,3	30,9	84	Suficiente
2028	19	12,8	31,9	84	Suficiente
2029	20	13,2	32,9	84	Suficiente
2030	21	13,6	34,0	84	Suficiente
2031	22	14,1	35,2	84	Suficiente
2032	23	14,5	36,3	84	Suficiente
2033	24	15,0	37,5	84	Suficiente
2034	25	15,5	38,8	84	Suficiente
2035	26	16,0	40,1	84	Suficiente
2036	27	16,6	41,5	84	Suficiente
2037	28	17,2	42,9	84	Suficiente
2038	29	17,7	44,3	84	Suficiente
2039	30	18,3	45,9	84	Suficiente

Fuente: cálculos propios.

No obstante lo planteado por el RAS para efectos de diseño de captaciones, las necesidades de captación en términos reales van a ser muy inferiores y van a depender estrictamente del caudal máximo diario requerido en cada año y las pérdidas de agua cruda esperadas en la aducción, conducción y planta de tratamiento. De esta manera, para efectos de la evaluación de la capacidad efectivamente requerida de dispositivo de captación, se adopta un caudal neto proyectado Q_{neto} Proyectado asociado a las necesidades reales de captación, así: $Q_{\text{máx}} +$ las pérdidas de agua cruda en la aducción y conducción (5%) + pérdidas de agua cruda en una potencial planta

de tratamiento (3%). Bajo esta condición, la capacidad del dispositivo de captación existente lógicamente sigue siendo ampliamente suficiente durante todo el periodo de evaluación (tabla 70 y figura 39).

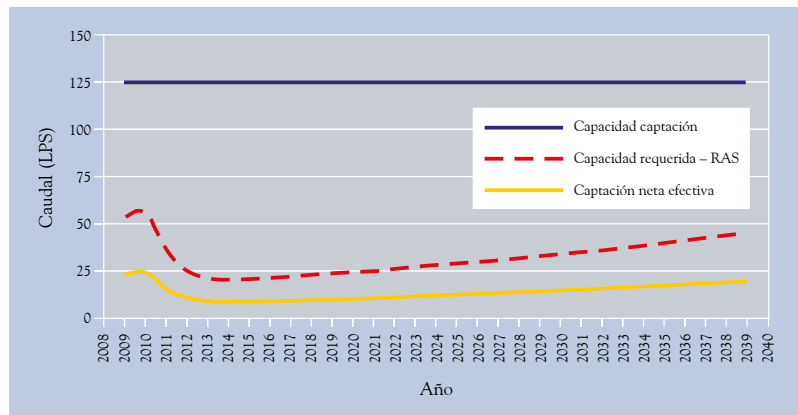
Tabla 70. Evaluación de la capacidad de captación (125 l/s) vs. demanda neta requerida del sistema Playa Rica

Año		QMD (lt/s)	Evaluación según RAS		
			Cap. toma Q. Grande (LPS)	Q _{NETO} captado (lps)	Evaluación de la capacidad
2009	0	21,6	125	23,5	Suficiente
2010	1	22,3	125	24,3	Suficiente
2011	2	14,0	125	15,3	Suficiente
2012	3	10,4	125	11,3	Suficiente
2013	4	8,4	125	9,1	Suficiente
2014	5	8,1	125	8,8	Suficiente
2015	6	8,4	125	9,1	Suficiente
2016	7	8,7	125	9,4	Suficiente
2017	8	9,0	125	9,7	Suficiente
2018	9	9,2	125	10,0	Suficiente
2019	10	9,5	125	10,4	Suficiente
2020	11	9,9	125	10,7	Suficiente
2021	12	10,2	125	11,1	Suficiente
2022	13	10,5	125	11,4	Suficiente
2023	14	10,8	125	11,8	Suficiente
2024	15	11,2	125	12,2	Suficiente
2025	16	11,6	125	12,6	Suficiente
2026	17	12,0	125	13,0	Suficiente
2027	18	12,3	125	13,4	Suficiente
2028	19	12,8	125	13,9	Suficiente
2029	20	13,2	125	14,3	Suficiente
2030	21	13,6	125	14,8	Suficiente
2031	22	14,1	125	15,3	Suficiente
2032	23	14,5	125	15,8	Suficiente
2033	24	15,0	125	16,3	Suficiente
2034	25	15,5	125	16,9	Suficiente
2035	26	16,0	125	17,4	Suficiente
2036	27	16,6	125	18,0	Suficiente
2037	28	17,2	125	18,6	Suficiente
2038	29	17,7	125	19,3	Suficiente
2039	30	18,3	125	19,9	Suficiente

Fuente: cálculos propios.

Figura 39

Evaluación de la capacidad de captación vs. demanda del sistema Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

4.1.2.3 Aducción

4.1.2.3.1 Generalidades

La conducción de agua (aducción) desde la captación hasta el desarenador se realiza a través de una tubería de 6" en PVC, de 170 m de longitud aproximadamente, que discurre elevada y soportada por cables y tirantes de acero empotrados en las laderas de la quebrada. La tubería se encuentra soportada en su parte media por un arreglo de gaviones escalonados recubiertos en concreto (foto 9).

Foto 9

Tubería de aducción del sistema Playa Rica



Foto tomada el 29 de marzo del 2008.

Según la información suministrada por la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica, el sistema no ha mostrado fallas hasta la fecha; sin embargo, el anclaje de los cables de soporte en las laderas de la corriente generan la vulnerabilidad de estas a desprendimientos en masa, dada su inestabilidad.

Considerando que la bocatoma se encuentra aproximadamente a la cota 529 msnm y el desarenador a 524 msnm bajo condiciones de flujo presurizado, se estima una capacidad máxima de la tubería de aducción de cerca de 44 l/s.

4.1.2.3.2 Evaluación de la capacidad vs. demanda

Para efectos de la evaluación de la capacidad de la aducción del sistema Playa Rica se compara su capacidad, estimada en 44 l/s, con el caudal neto proyectado Q_{neto} proyectado durante el periodo de evaluación, calculado así: $Q_{\text{máx}} + \text{pérdidas de agua cruda en la aducción y conducción (5\%)} + \text{pérdidas de agua cruda en una potencial planta de tratamiento (3\%)}$.

A partir del respectivo análisis se concluye que la capacidad de la aducción es ampliamente suficiente para satisfacer las condiciones de operatividad del sistema bajo el escenario de demanda actual y futura, proyectada tal como se observará a continuación (tabla 71 y figura 40):

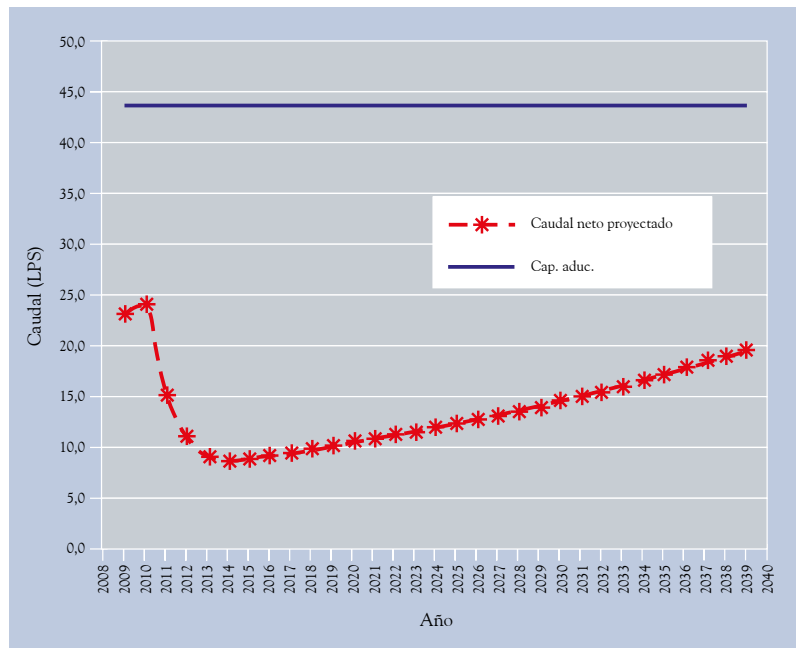
Tabla 71. Evaluación de la capacidad de aducción vs. demanda del sistema Playa Rica

Año		QMD (lt/s)	Evaluación de la aducción		
			Cap. nominal (Lt/s)	Q_{NETO} proyectado (LPS)	Evaluación de la capacidad
2009	0	21,6	44	23,5	Suficiente
2010	1	22,3	44	24,3	Suficiente
2011	2	14,0	44	15,3	Suficiente
2012	3	10,4	44	11,3	Suficiente
2013	4	8,4	44	9,1	Suficiente
2014	5	8,1	44	8,8	Suficiente
2015	6	8,4	44	9,1	Suficiente
2016	7	8,7	44	9,4	Suficiente
2017	8	9,0	44	9,7	Suficiente
2018	9	9,2	44	10,0	Suficiente
2019	10	9,5	44	10,4	Suficiente
2020	11	9,9	44	10,7	Suficiente
2021	12	10,2	44	11,1	Suficiente
2022	13	10,5	44	11,4	Suficiente
2023	14	10,8	44	11,8	Suficiente
2024	15	11,2	44	12,2	Suficiente
2025	16	11,6	44	12,6	Suficiente
2026	17	12,0	44	13,0	Suficiente
2027	18	12,3	44	13,4	Suficiente
2028	19	12,8	44	13,9	Suficiente
2029	20	13,2	44	14,3	Suficiente
2030	21	13,6	44	14,8	Suficiente
2031	22	14,1	44	15,3	Suficiente
2032	23	14,5	44	15,8	Suficiente
2033	24	15,0	44	16,3	Suficiente
2034	25	15,5	44	16,9	Suficiente
2035	26	16,0	44	17,4	Suficiente
2036	27	16,6	44	18,0	Suficiente
2037	28	17,2	44	18,6	Suficiente
2038	29	17,7	44	19,3	Suficiente
2039	30	18,3	44	19,9	Suficiente

Fuente: elaboración propia.

Figura 40

Evaluación de la capacidad de aducción vs. demanda del sistema Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

4.1.2.4 Desarenador y almacenamiento

4.1.2.4.1 Generalidades

El sistema de desarenado está conformado por una unidad de concreto, localizada aproximadamente a 170 m de la captación a 524 msnm, en la coordenada 73° 40' 16,45" W - 04° 06' 41,26" N. Está constituido por cuatro zonas o sectores, establecidos en serie en el sentido de flujo.

La primera zona recibe el agua proveniente de la captación, donde se aplica el cloro líquido para la desinfección en época de verano; por medio de una pantalla se permite el flujo por la parte inferior hacia la segunda zona; en esta zona se genera un proceso de sedimentación en flujo ascendente, permitiendo el paso superficial del agua hacia la tercera zona por medio de un vertedero rectangular. Desde la tercera zona el flujo pasa a la cuarta a través de otro vertedero, localizado en el costado opuesto, que promueve el flujo horizontal. La cuarta y última zona está constituida por un tanque de 6,91 m de longitud, 3,73 m de ancho y 3,0 m de profundidad para una capacidad total de 77 m³ aproximadamente y una capacidad neta de 64 m³, que funciona en la actualidad como tanque de almacenamiento y compensación; este tanque no tiene ningún tipo de protección superficial contra la contaminación externa (foto 10).

Foto 10

Tanque desarenador y de almacenamiento - sistema Playa Rica



Tanque desarenador con zona 4 de almacenamiento en su nivel máximo. Se observa la claridad del agua en época de verano (foto tomada el 29 de marzo del 2008).



Tanque desarenador con zona 4 de almacenamiento en su nivel mínimo. Se observa la turbiedad del agua en época de invierno (foto tomada el 21 de noviembre del 2008).

Teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento que ofrece la estructura descrita, esta no es suficiente según los criterios establecidos por el RAS (2000), y no garantiza condiciones de seguridad contra la contaminación externa, se considera pertinente adecuar esta estructura en sus cuatro zonas como un desarenador en toda su magnitud, lo cual es adecuado considerando que los niveles de turbiedad del agua en época de invierno son muy elevados, para lo cual se requiere ampliar la capacidad de la estructura para la remoción de arenas. Teniendo en cuenta lo anterior y definiendo como área principal de sedimentación la zona 4, se determina previa adecuación de la estructura con una capacidad nominal de 20 l/s para un porcentaje de remoción cercano al 87,5%, que es altamente eficiente.

La Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica ejecutó, durante el primer semestre del 2009, algunas obras de optimización y mejoramiento de la infraestructura del sistema, entre las cuales se hizo el cambio de la válvula de 6" de salida desde el tanque desarenador hacia la red de distribución (foto 11).

Foto 11

Nueva válvula de salida del tanque desarenador del sistema Playa Rica



Fuente: Huertas (2009)

4.1.2.4.2 Evaluación de la capacidad vs. demanda

Para efectos de la evaluación de la capacidad efectiva del desarenador se adopta un caudal neto proyectado Q_{neto} proyectado, así: $Q_{\text{máx}} +$ pérdidas de agua cruda en la aducción y conducción (5%) + pérdidas de agua cruda en una potencial planta de tratamiento (3%). Asimismo, a partir de la aplicación de la teoría de sedimentación para las siguientes condiciones:

- Gravedad específica de las partículas (S_p) = 2,65
- Aceleración de la gravedad (g) = 9,81 m/s²
- Viscosidad cinemática del agua a 15 °C (ν) = 1,059 * 10⁻⁶ m²/s
- Diámetro de la mínima partícula a remover (d) = 0,00005 m
- Número de Hazen = 7,0 (desarenadores con deflectores deficientes o sin ellos)
- Área superficial del tanque: 25,8 m²

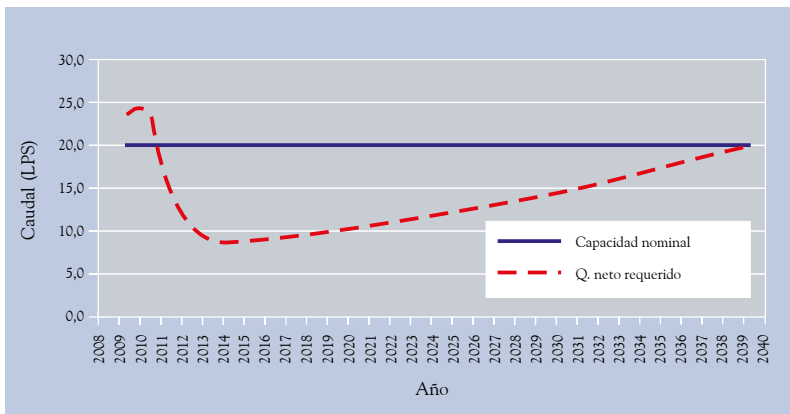
Se determina, para un porcentaje de remoción del 87,5% de partículas tamaño arena fina, una capacidad nominal de 20 l/s. Como se puede observar, la capacidad del desarenador para el porcentaje de remoción del 87,5% es insuficiente para las condiciones actuales de demanda. Sin embargo, si se lleva a cabo el programa de recuperación de pérdidas de agua de acuerdo con las proyecciones del presente estudio, a partir del 2011 y durante todo el periodo de evaluación, la capacidad del dispositivo sería suficiente (tabla 72 y figura 41).

Tabla 72. Evaluación de la capacidad del desarenador vs. demanda del sistema Playa Rica

Año		QMD (Lt/s)	Q _{NETO} PROY (LPS)	Cap. nominal (LPS)	Evaluación de la capacidad
2009	0	21,6	23,5	20	Insuficiente
2010	1	22,3	24,3	20	Insuficiente
2011	2	14,0	15,3	20	Suficiente
2012	3	10,4	11,3	20	Suficiente
2013	4	8,4	9,1	20	Suficiente
2014	5	8,1	8,8	20	Suficiente
2015	6	8,4	9,1	20	Suficiente
2016	7	8,7	9,4	20	Suficiente
2017	8	9,0	9,7	20	Suficiente
2018	9	9,2	10,0	20	Suficiente
2019	10	9,5	10,4	20	Suficiente
2020	11	9,9	10,7	20	Suficiente
2021	12	10,2	11,1	20	Suficiente
2022	13	10,5	11,4	20	Suficiente
2023	14	10,8	11,8	20	Suficiente
2024	15	11,2	12,2	20	Suficiente
2025	16	11,6	12,6	20	Suficiente
2026	17	12,0	13,0	20	Suficiente
2027	18	12,3	13,4	20	Suficiente
2028	19	12,8	13,9	20	Suficiente
2029	20	13,2	14,3	20	Suficiente
2030	21	13,6	14,8	20	Suficiente
2031	22	14,1	15,3	20	Suficiente
2032	23	14,5	15,8	20	Suficiente
2033	24	15,0	16,3	20	Suficiente
2034	25	15,5	16,9	20	Suficiente
2035	26	16,0	17,4	20	Suficiente
2036	27	16,6	18,0	20	Suficiente
2037	28	17,2	18,6	20	Suficiente
2038	29	17,7	19,3	20	Suficiente
2039	30	18,3	19,9	20	Insuficiente

Fuente: elaboración propia.

Figura 41
Evaluación de la capacidad del desarenador vs. demanda (remoción 87,5%) del sistema Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

4.1.2.5 Planta de tratamiento

El sistema carece de una planta de tratamiento, por lo que el agua consumida por la comunidad abastecida es sometida únicamente a un deficiente proceso de desinfección en época de verano, mediante la aplicación de cloro líquido a la entrada del agua cruda, sin que la dosificación de cloro se realice siguiendo criterios técnicos que permitan la neutralización eficiente de la concentración de bacterias coliformes y organismos patógenos.

Por otro lado, como se indicó anteriormente, la calidad del agua en épocas de invierno se ve afectada principalmente por los elevados niveles de turbiedad, los cuales son levemente contrarrestados por la acción de un tanque desarenador que funciona igualmente como tanque de almacenamiento y compensación; a pesar de que dicha estructura, como se indicó en el numeral 4.1.2.4, tiene la capacidad de remoción de material del tamaño arena fina a gruesa, los niveles de turbiedad persisten por el alto contenido de material coloidal de tipo arcilla y limo, que no puede ser removido mediante este proceso; en este sentido, el sistema requiere procesos adicionales de coagulación, floculación, filtración y desinfección que mejoren las condiciones de calidad del agua en términos de color, turbidez y microorganismos.

Teniendo en cuenta que el tanque desarenador existente funciona simultáneamente en la actualidad como tanque de almacenamiento de poca capacidad, y que de acuerdo con la evaluación realizada se requiere la implementación de procesos complementarios de coagulación-floculación-filtración inmediatamente después del tanque desarenador existente, se hace necesaria la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento de por lo menos 300 m³ entre la filtración y la red de distribución, para que cumpla las funciones de almacenamiento y compensación del sistema. A continuación se proyectan las necesidades de tratamiento para el sistema Playa Rica (tabla 73 y figura 42).

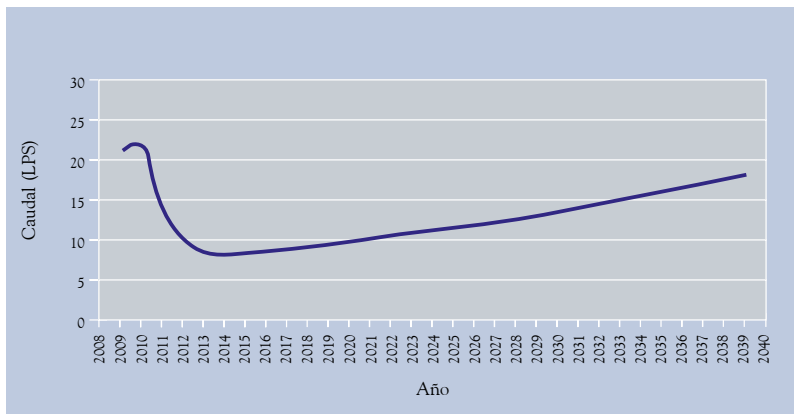
Tabla 73. Proyección de la capacidad de tratamiento requerida del sistema Playa Rica

Año		QMD	Vol. alm. req. (M ³)	Cap. nominal tratamiento (LPS)	Cap. requerida planta (LPS)
		(Lt/s)			
2009	0	22	616	0	22
2010	1	22	637	0	22
2011	2	14	400	0	14
2012	3	10	297	0	10
2013	4	8	239	0	8
2014	5	8	232	0	8
2015	6	8	240	0	8
2016	7	9	247	0	9
2017	8	9	255	0	9
2018	9	9	264	0	9
2019	10	10	272	0	10
2020	11	10	281	0	10
2021	12	10	290	0	10
2022	13	11	300	0	11
2023	14	11	309	0	11
2024	15	11	319	0	11
2025	16	12	330	0	12
2026	17	12	341	0	12
2027	18	12	352	0	12
2028	19	13	364	0	13
2029	20	13	376	0	13
2030	21	14	388	0	14
2031	22	14	401	0	14
2032	23	15	414	0	15
2033	24	15	428	0	15
2034	25	16	443	0	16
2035	26	16	458	0	16
2036	27	17	473	0	17
2037	28	17	489	0	17
2038	29	18	506	0	18
2039	30	18	523	0	18

Fuente: cálculos propios.

Figura 42

Proyección de la capacidad de tratamiento requerida del sistema Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, se requiere la implementación en una primera fase de una planta de tratamiento con capacidad nominal de 10 l/s, que garantizaría el abastecimiento hasta el 2021 si y solo si se implementa y se ejecuta un programa que conduzca a la reducción y el control de las pérdidas de agua en el sistema, de tal manera que estas no sean superiores a la meta establecida del 25%, e igualmente se desarrolle la promoción de una cultura del ahorro y el uso eficiente del agua entre la comunidad abastecida. A partir del 2019 se puede implementar una segunda fase de igual capacidad (10 l/s) que garantizaría el abastecimiento hasta el 2039.

4.1.2.6 Red de distribución

4.1.2.6.1 Generalidades

La red de distribución parte directamente desde la estructura de desarenado-almacenamiento, está constituida por una tubería de conducción de 6" en PVC RDE 21 que se extiende a lo largo de 1,0 km, aproximadamente, a partir de la cual se derivan los ramales y circuitos en diámetros de 3", 2" y 1" en PVC que distribuyen el agua dentro del área de influencia del sistema (foto 12).

Foto 12

Tubería de conducción hacia el área de servicio



La tubería de 6" muestra tramos expuestos a la intemperie. Foto tomada el 29 de marzo del 2008.

Se estima una longitud total de redes de 5500 m aproximadamente, 1000 m en diámetro de 6" y 4500 m en diámetros de 3", 2" y 1" en PVC. Como se ha indicado, la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica ejecutó durante el primer semestre del 2009 algunas obras de optimización y mejoramiento de la infraestructura del sistema, entre las cuales se hizo la instalación de dos válvulas ventosas automáticas de 1" e igual número de válvulas de compuerta con diámetro de 6" aguas arriba de estas; en el desarrollo del presente estudio y de conformidad con la inspección ocular realizada el 2 de mayo del 2009, se manifestó a la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica que no se evidencia la funcionalidad operativa de las válvulas de compuerta instaladas aguas arriba de las ventosas y, en consecuencia, se consideran innecesarias. Por el contrario, las válvulas ventosas adolecen de válvulas de corte o paso de 1/2", pues sobre la derivación pasa su mantenimiento (foto 13).

Foto 13

Ventosa sobre la red de conducción del sistema Playa Rica



Vista de una de las ventosas instaladas sobre la red de conducción que parte desde el tanque desarenador del sistema de acueducto de Playa Rica. Foto de la izquierda: válvula de compuerta de 6" instalada aguas arriba de la ventosa y considerada inoperante. Foto de la derecha: válvula ventosa de 1" instalada aguas abajo de la válvula de compuerta de 6", derivada de la tubería del mismo diámetro. Fotos tomadas el 2 de mayo del 2009.

La red de conducción de 6" se encuentra expuesta en varios de sus tramos, lo cual genera gran vulnerabilidad a daños e intervenciones externas; se identificaron en la visita realizada el 2 de mayo del 2009 nueve puntos de exposición (foto 14).

Foto 14

Puntos de exposición de la red de conducción - sistema Playa Rica



Fotos tomadas el 2 de mayo del 2009.

En la visita realizada a finales de marzo del 2008 se pudo identificar un sector de alta vulnerabilidad sobre la conducción, localizado aproximadamente a un kilómetro aguas abajo del tanque desarenador; en su momento, para este tramo constituido por un paso elevado (viaducto) sobre la quebrada Caño Grande se recomendó especial monitoreo, cuidado y mantenimiento, pues en este sector la tubería se encontraba soportada por un cable en acero adosado a esta por medio de abrazaderas, en una trayectoria de aproximadamente 32 m; el cable se encontraba soportado (anclado) en sus extremos por sendos muertos de concreto, establecidos a ambas orillas de la quebrada. Asimismo, en esta misma visita se pudo observar que la tubería presentaba una alta flectación y fugas (fotos 15 y 16).

Foto 15

Paso de conducción sobre la quebrada Caño Grande, sistema Playa Rica



Fotos tomadas el 28 de marzo del 2009.

Foto 16

Fugas de conducción a la altura de paso sobre la quebrada Caño Grande, sistema Playa Rica



Foto tomada el 28 de marzo del 2009.

En su momento, la Universidad Central, en el documento “Informe técnico para la optimización y complementación del sistema de acueducto y dotación de agua potable a la comunidad del barrio Playa Rica, ciudad de Villavicencio” proyectó, entre otras obras e inversiones, el acondicionamiento del paso elevado de la red de conducción sobre la quebrada Caño Grande mediante una estructura metálica tipo viaducto para el paso de la tubería.

En la visita realizada en mayo del 2009, se observó que la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica acogió la recomendación hecha y, como consecuencia de ello, realizó el cambio del tramo de 32 m de tubería que pasa sobre la quebrada Caño Grande, así como la implementación de una estructura metálica de la misma longitud que soporta la tubería y que se encuentra apoyada en una de las orillas por un pie de amigo y en la otra por una ménsula en concreto reforzado. La estructura fue cubierta con láminas galvanizadas para proteger la tubería de la intemperie y evitar el paso de peatones, especialmente de niños, sobre ella. Asimismo, el viaducto fue dotado de un par de apoyos constituidos por tubería petrolera y cimentados en el lecho de la quebrada con el objetivo de acortar la luz y darle mayor estabilidad a la estructura, según se indica en el respectivo informe del contratista que realizó la obra (Huertas, 2009).

Foto 17

Estructura metálica y paso sobre la quebrada Caño Grande, sistema Playa Rica



Fotos tomadas el 2 de mayo del 2009.

De conformidad con la inspección ocular realizada el 2 de mayo del 2009 se evidenció que, dadas las características torrenciales de la corriente, no había garantía en la estabilidad de los apoyos con tubería petrolera y, como consecuencia de ello, se manifestó al contratista y a la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica que la estabilidad de la obra se debería garantizar y respaldar exclusivamente con los diseños propios de la estructura metálica y sus apoyos en concreto hacia las orillas, bajo la consideración de cargas a las cuales podría estar sometida (foto 18). Por lo tanto, se recomendó al comité exigir al contratista las memorias de cálculo y diseño de la obra, con los respectivos planos y presupuestos debidamente avalados por un ingeniero civil, mecánico o arquitecto. También se indicó que la obra, en su proceso constructivo, tuvo que acoger en un todo el diseño previo.

Foto 18

Apoyos con tubería petrolera de viaducto, sistema Playa Rica



Fuente: Huertas (2009).

Respecto a la presión de servicio, se determinó que la red de distribución se extiende aproximadamente entre los 524 msnm y los 444 msnm, correspondiente a los puntos de localización del tanque de almacenamiento-desarenador y la zona más baja de Playa Rica a la altura de la vía a Acacías; de esta manera se estima que las presiones de servicio oscilan entre los 50 y 65 metros de columna de agua (mca) respectivamente, en condiciones dinámicas, y entre los 55 y 75 mca en condiciones estáticas. Ambas condiciones operativas están aproximadamente entre el rango de presión permisible establecido por el RAS (10- 60 mca).

4.1.2.6.2 Acometidas domiciliarias

El sistema cuenta con cerca de 620 acometidas domiciliarias, las cuales son en su totalidad de 1/2" y constan básicamente de un collar de derivación, registro de incorporación, tubería de 1/2" y un corte alojado en una caja localizada a las afueras de cada predio. Las acometidas carecen de micromedidores para el control de los consumos y la facturación, por lo que el cobro obedece a una tarifa fija mensual independientemente del consumo, situación que favorece el uso irracional e indiscriminado del agua.

4.1.3 Calidad del servicio

A pesar de los grandes esfuerzos que ha venido realizado la comunidad para mejorar sus condiciones de calidad de vida a través del sistema de acueducto, y de la disponibilidad de agua que este brinda a cada uno de sus habitantes, aún persisten deficiencias de carácter técnico y carencias en la infraestructura que han repercutido negativamente en aspectos fundamentales del servicio como la continuidad, la limitación de su cobertura y la deficiente calidad del agua para el consumo humano.

Cabe indicar que la continuidad se ve afectada durante las épocas de verano, debido principalmente a que el deterioro de la cuenca de la quebrada Caño Grande ha hecho que los caudales disminuyan dramáticamente, limitando la disponibilidad del recurso hídrico a los excedentes que escurren después del aprovechamiento que otros tres sistemas de acueducto comunitario⁹ realizan aguas arriba de la captación que abastece a la comunidad de Playa Rica.

Si bien es cierto que esta situación requiere un manejo integral de la microcuenca a cargo de la totalidad de las comunidades beneficiadas y asentadas en ella, es necesaria específicamente para el sistema de Playa Rica, la realización de actividades orientadas al control de pérdidas de agua por concepto de fugas, y la promoción del ahorro y el uso eficiente del agua entre sus habitantes; por otro lado, en épocas de invierno y dadas las condiciones topográficas de la cuenca, su nivel de deterioro, la pérdida de cobertura vegetal y la alta pendiente de la quebrada Caño Grande, se registran a la altura de la captación torrenciales caudales que vienen acompañados de elevados contenidos de sedimento y material de arrastre, que obstruyen la bocatoma y generan altos niveles de turbiedad en el agua captada, situación que limita su uso y, en consecuencia, la continuidad del servicio; por lo tanto, para estas épocas las labores operativas de mantenimiento y de remoción de materia del dispositivo de captación son actividades obligadas, además de que la concesión otorgada por Corporinoquia solo permite el aprovechamiento de la fuente durante las horas diurnas (Cormacarena, 2005). Sin embargo, la remoción de los altos niveles de turbiedad del agua captada requiere procesos complementarios de tratamiento de coagulación-sedimentación-filtración, de los cuales el sistema de acueducto actualmente carece.

Como se indicó en el numeral 4.1.2, la amplia variabilidad de los caudales que presenta la quebrada durante el año, las características topográficas y morfométricas de la microcuenca y el encañonamiento del cauce, entre otros aspectos, son circunstancias que permiten pensar en una solución de almacenamiento a través de un embalse, a partir del cual se logre la retención de parte del escurrimiento en época de creciente para su posterior utilización en época de estiaje, lo cual no solamente garantizaría el abastecimiento continuo de la comunidad de Playa Rica, sino también permitiría regular el régimen de escurrimiento del caño y el control de posibles inundaciones, especialmente en la parte de baja, desde el barrio Playa Rica hasta su desembocadura en el río Ocoa.

La calidad del agua es un factor determinante del nivel de salubridad de la población. En relación con este importante parámetro la comunidad ha desarrollado una serie de resistencias a las deficientes condiciones de calidad del agua con la cual se abastecen;

⁹ Sistemas de acueductos ESPO-Ceaimba, Villa del Río I y Villa del Oriente.

sin embargo, enfermedades de origen hídrico como la diarrea, la amibiasis, el parasitismo intestinal y las infecciones de la piel son frecuentes, en especial entre la población infantil. De esta manera, el agua consumida por la comunidad de Playa Rica es sometida solamente a un deficiente proceso de desinfección, únicamente en época de verano, mediante la aplicación de cloro líquido a la entrada del agua cruda, sin que la dosificación de cloro se realice siguiendo criterios técnicos que permitan la neutralización eficiente de la concentración de bacterias coliformes y organismos patógenos.

Por otro lado, como se indicó, la calidad del agua en época de invierno se ve afectada principalmente por los elevados niveles de turbiedad, los cuales son levemente contrarrestados por la acción de un tanque desarenador que funciona también como tanque de almacenamiento y compensación. A pesar de que dicha estructura, como se indicó en el numeral 4.1.2.4, tiene la capacidad de remoción de material del tamaño arena fina a gruesa, los niveles de turbiedad persisten por el alto contenido de material coloidal de tipo arcilla y limo que no pueden ser removidos mediante este proceso; en tal sentido, el sistema requiere procesos adicionales de coagulación, floculación, filtración y desinfección que mejoren las condiciones de calidad del agua en términos de color, turbidez y microorganismos.

Teniendo en cuenta que el tanque desarenador existente funciona simultáneamente como tanque de almacenamiento de poca capacidad, y que de acuerdo con la evaluación realizada se requiere la implementación de procesos complementarios de coagulación-floculación-filtración inmediatamente después del paso del agua por el tanque, se hace necesaria la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento de por lo menos 300 m³ entre la filtración y la red de distribución, para que cumpla la funciones de almacenamiento y de compensación del sistema.

Finalmente, es importante anotar que la sostenibilidad operativa del sistema, su crecimiento, mantenimiento y administración requiere necesariamente de recursos económicos que deben ser generados, en parte, por la misma comunidad beneficiada a partir de la estructuración, la implementación y la aplicación de un esquema de tarifas que, según criterios de equidad, eficiencia y suficiencia económica y financiera, garanticen la sostenibilidad y la calidad del servicio. Asimismo, la cultura del ahorro y el uso eficiente del agua, así como la equidad en el cobro del servicio son en gran parte el resultado de la implementación de la medición de los consumos individuales de los usuarios y de la facturación conforme al consumo realizado a la luz de la estructura de tarifas.

4.2 Sistema de acueducto ESPO-Ceaimba

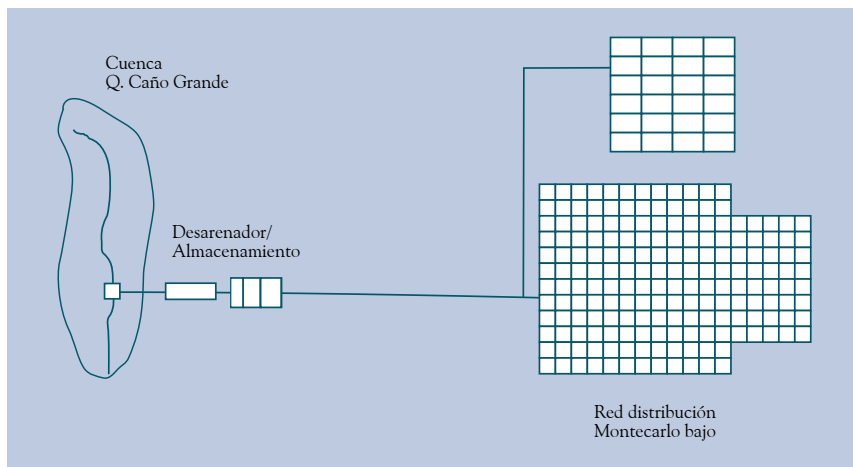
4.2.1 Estructura del sistema

En la actualidad, cerca de 5 762 suscriptores (23 490 habitantes aproximadamente) de 44 barrios de la comuna 8 de Villavicencio (tabla 37) se surten del sistema de acueducto operado por ESPO S.A. ESP, en proceso de liquidación, y la coadministradora Ceaimba.

El sistema de acueducto se encuentra estructurado por los componentes básicos de un sistema que opera por gravedad, estos son: una fuente de abastecimiento constituida por la quebrada Caño Grande, una captación y una aducción, un desarenador, un tanque de almacenamiento y la red de distribución (figura 43).

Figura 43

Componentes del sistema de acueducto ESPO-Ceaimba



Fuente: elaboración propia.

4.2.2 Cuenca-fuente

4.2.2.1 Generalidades

La fuente de abastecimiento es la quebrada Caño Grande, que como se indicó en el numeral 4.1.2 presenta amplios rangos de variabilidad en su escurrimiento, debido al deterioro de su microcuenca, la erosión, la deforestación y los inadecuados usos y explotaciones, entre las que destacan las canteras para la extracción de materiales pétreos, especialmente de arena. Estos aspectos, vinculados a sus características topográficas y morfométricas, determinan torrenciales caudales en épocas de invierno y muy bajos escurrimientos en época de verano (foto 19).

Foto 19

Quebrada Caño Grande en época de verano



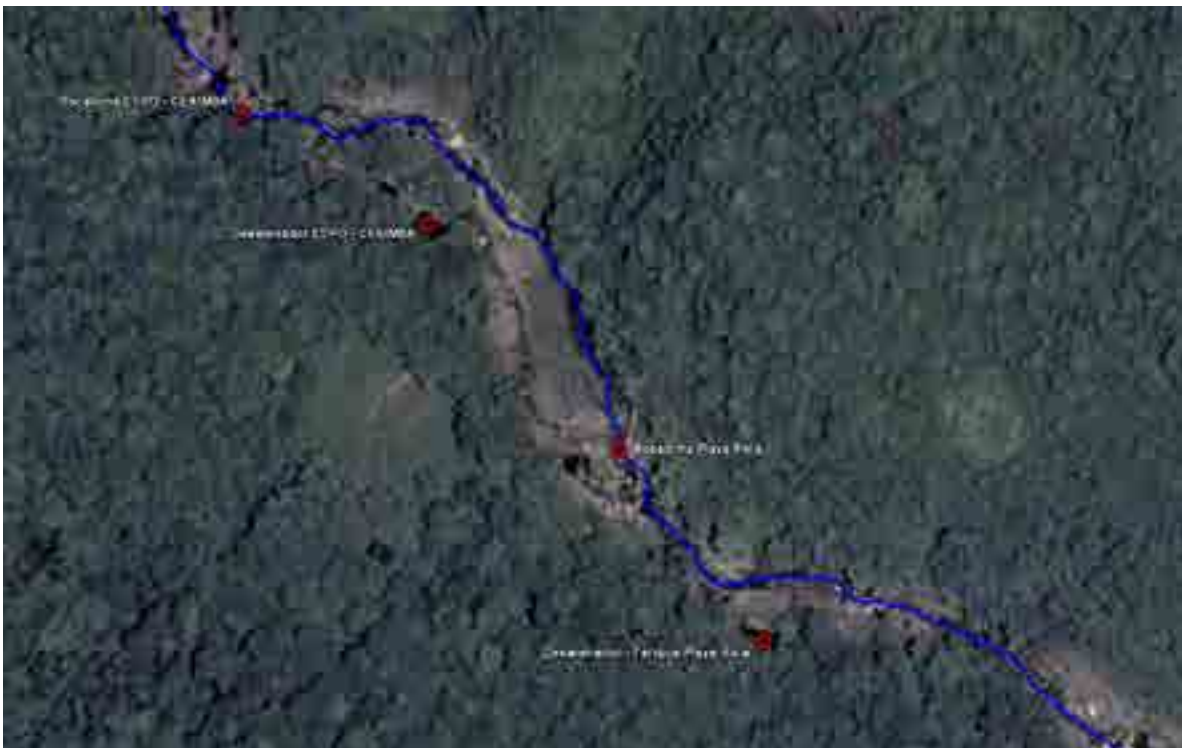
Foto de la izquierda: tramo inmediatamente aguas arriba de la captación de ESPO-Ceaimba. Foto de la derecha: tramo inmediatamente aguas abajo de la captación de ESPO-Ceaimba. Se observa la obstrucción del flujo hacia el sistema Playa Rica. Foto tomada el 29 de marzo del 2008.

En el numeral 4.1.2 se desarrolla ampliamente lo relativo a la caracterización de la quebrada Caño Grande, y en la figura 44 se puede observar la localización de las bocatomas.

En visita realizada a finales de marzo del 2008 (época de verano) se pudo determinar, 200 m aguas arriba de la captación del sistema de Playa Rica y pocos metros arriba de la captación del sistema de acueducto comunitario de ESPO-Ceaimba, un caudal cercano a los 60 l/s, de los cuales eran captados aproximadamente 50 l/s por el sistema ESPO-Ceaimba y 10 l/s por el sistema de Playa Rica; esta situación contrasta con los elevados escurrimientos registrados en épocas de invierno, acompañados de arrastre de material.

Figura 44

Localización de bocatomas ESPO-Ceaimba y Playa Rica sobre la quebrada Caño Grande



Fuente: Europa Technologies Image. DigitalGlobe. Web. Google Earth (2009). Editado por el autor.

4.2.2.1.1 Concesión de aguas

Actualmente la ESPO S.A. ESP cuenta con una concesión de aguas de 90 l/s, otorgada por la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia) desde el 14 de abril del 2000 (SSPD, 2008). La corporación ha exigido a ESPO S.A. ESP la presentación de informes trimestrales acerca del comportamiento del caudal de la fuente y la implementación de un sistema de medición del caudal extraído, el cual a la fecha de la última visita de noviembre del 2008 aún no había sido implementado; asimismo, se ha establecido que ESPO S.A. ESP debe pagar a Corporinoquia el 1% anual de sus gastos administrativos, por concepto de derechos de concesión (Invercor, 2007).

4.2.2.1.2 Evaluación de la capacidad vs. demanda

El bajo caudal de la quebrada Caño Grande (60 l/s, aproximadamente) a la altura de la captación del sistema ESPO-Ceaimba en épocas de estiaje, del cual aprovecha como mínimo cerca de 45 l/s para permitir que el remanente fluya hacia la captación del sistema Playa Rica, será el criterio para evaluar la suficiencia de la fuente.

Para efectos de la evaluación de la capacidad de la fuente, se adopta un caudal neto proyectado Q_{neto} proyectado, asociado a las necesidades reales de captación así: QMD + pérdidas de agua cruda en la aducción y conducción (5%) + pérdidas de agua cruda en una potencial planta de tratamiento (3%). A continuación (tablas 74 y 75, y figura 45) se evalúa la suficiencia de la fuente según los siguientes criterios:

- $RAS (Q95 (Q_{\text{mín}} \cdot \text{Reg.}) \geq 2,0 * QMD)$
- $(Q95 (Q_{\text{mín}} \cdot \text{Reg.}) > Q_{\text{neto}} \text{proyectado})$

Tabla 74. Evaluación de la capacidad de la fuente del sistema ESPO-Ceaimba (RAS 2000)

Año		Evaluación de la suficiencia de la fuente – Q. La Chorrera / RAS					Recomendación
		QMD (Lt/s)	Qmín reg (LPS)	2,0* Qmd (LPS)	Cumple	Concepto	
2009	0	86	45,0	172	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2010	1	89	45,0	178	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2011	2	77	45,0	153	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2012	3	68	45,0	135	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2013	4	61	45,0	122	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2014	5	64	45,0	128	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2015	6	66	45,0	132	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2016	7	68	45,0	136	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2017	8	70	45,0	141	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2018	9	73	45,0	145	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2019	10	75	45,0	150	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2020	11	77	45,0	155	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2021	12	80	45,0	160	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2022	13	82	45,0	165	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2023	14	85	45,0	170	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2024	15	88	45,0	176	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2025	16	91	45,0	182	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2026	17	94	45,0	188	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2027	18	97	45,0	194	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2028	19	100	45,0	200	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2029	20	103	45,0	207	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2030	21	107	45,0	214	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2031	22	110	45,0	221	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2032	23	114	45,0	228	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2033	24	118	45,0	236	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2034	25	122	45,0	244	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2035	26	126	45,0	252	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2036	27	130	45,0	260	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2037	28	135	45,0	269	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2038	29	139	45,0	278	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2039	30	144	45,0	288	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento

Fuente: cálculos propios.

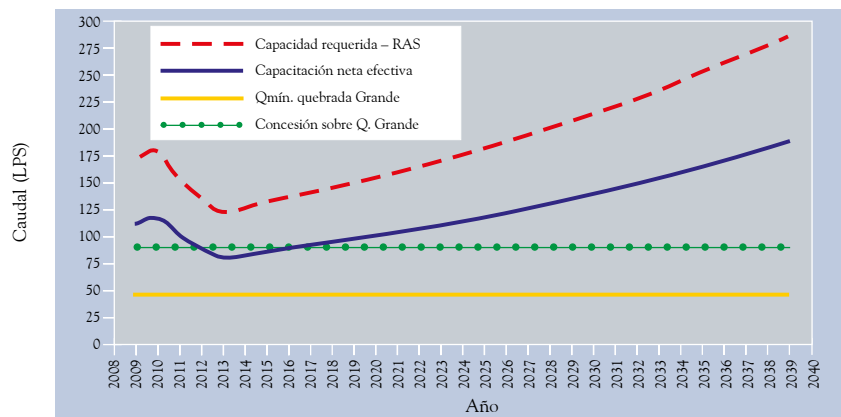
Tabla 75. Evaluación de la capacidad de la fuente según demanda neta del sistema ESPO-Ceaimba

Año	QMD (Lt/s)	Evaluación de la suficiencia de la fuente según análisis Q neto requerido					
		Q _{NETO} captado (LPS)	Q _{mín. est.} (LPS)	Cumple	Concepto	Recomendación	
2009	0	103	112,4	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2010	1	107	116,1	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2011	2	92	99,8	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2012	3	81	88,3	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2013	4	73	79,4	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2014	5	77	83,3	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2015	6	79	86,0	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2016	7	82	88,8	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2017	8	84	91,6	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2018	9	87	94,6	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2019	10	90	97,7	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2020	11	93	100,9	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2021	12	96	104,1	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2022	13	99	107,5	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2023	14	102	111,0	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2024	15	105	114,7	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2025	16	109	118,4	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2026	17	113	122,3	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2027	18	116	126,3	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2028	19	120	130,5	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2029	20	124	134,8	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2030	21	128	139,3	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2031	22	132	143,9	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2032	23	137	148,7	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2033	24	141	153,7	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2034	25	146	158,9	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2035	26	151	164,2	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2036	27	156	169,8	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2037	28	162	175,6	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2038	29	167	181,5	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento
2039	30	173	187,8	45,0	No	Fuente insuficiente	Buscar nuevas fuentes o almacenamiento

Fuente: cálculos propios.

Figura 45

Evaluación de la capacidad de la fuente vs. demanda del sistema ESPO-Ceaimba



Fuente: elaboración propia.

- *Escenario 1.* Teniendo en cuenta los criterios establecidos por el RAS, la fuente para garantizar la suficiencia debe satisfacer que el $Q_{\text{mín}} = 45$ l/s sea superior a 2,0 veces el Q_{md} durante todo el periodo de evaluación, lo cual no se cumple en la actualidad y durante los años de proyección; en consecuencia, a la luz de este criterio, la quebrada Caño Grande no es una fuente confiable para el abastecimiento de la comunidad.

Sin embargo, la amplia variabilidad de los caudales que presenta la quebrada durante el año, las características topográficas y morfométricas de la microcuenca, así como el encañonamiento del cauce, entre otros aspectos, son circunstancias que permiten pensar en una solución de almacenamiento artificial a través de un embalse para lograr la retención de parte del escurrimiento en época de creciente para su utilización en época de estiaje, o el almacenamiento de agua a través de un reservorio establecido en área cercana a la de aprovechamiento, lo cual no solamente garantizaría el abastecimiento continuo de la comunidad de Montecarlo, Playa Rica, Villa del Río I y Villa del Oriente, sino que también permitiría regular el régimen de escurrimiento del caño y el control de posibles inundaciones, especialmente en la parte de baja, desde el barrio Playa Rica hasta su desembocadura en el río Ocoa.

La factibilidad, la localización y el diseño del embalse, así como de las estructuras y obras complementarias, requerirán un estudio específico que involucre análisis detallados en los campos de la hidrología, la hidráulica fluvial, la geología y la geomorfología; la hidrogeología, la topografía y los aspectos sociales, ambientales, económicos y financieros, entre otros.

- *Escenario 2.* Haciendo un análisis de la suficiencia de la fuente estrictamente en relación con las demandas netas de agua ($Q_{\text{máxd}} + \text{pérdidas permisibles}$) durante el periodo de evaluación se puede observar que la quebrada Caño Grande, a la altura del punto de captación del sistema ESPO-Ceaimba, no es suficiente para las condiciones de demanda actualmente proyectadas; en este escenario el escurrimiento natural de la corriente, sin ningún tipo de obra de almacenamiento, sería insuficiente para garantizar el abastecimiento.

Respecto a la concesión de aguas que hizo Corporinoquia, se puede afirmar que esta será suficiente aproximadamente hasta el 2016 (tabla 76) si y solo si se implementa y se ejecuta un programa que conduzca a la reducción y el control de las pérdidas de agua en el sistema, de tal manera que estas no sean superiores a la meta establecida del 25% y que, asimismo, se desarrolle la promoción de una cultura del ahorro y el uso eficiente del agua entre la comunidad abastecida, condiciones que disminuirán la vulnerabilidad del sistema, especialmente en época de verano.

Cabe aclarar que la concesión otorgada no corresponde a la realidad de la quebrada Caño Grande, especialmente durante los meses verano, en los cuales se registran caudales muy inferiores a esta.

Tabla 76. Evaluación de la concesión de Corporinoquia al sistema ESPO-Ceaimba

Año		QMD (Lt/s)	Evaluación de la concesión		
			Concesión – CAR (LPS)	Q _{NETO} captado (LPS)	Cumple concesión
2009	0	103	90,00	112	Concesión insuficiente
2010	1	107	90,00	116	Concesión insuficiente
2011	2	92	90,00	100	Concesión insuficiente
2012	3	81	90,00	88	Concesión suficiente
2013	4	73	90,00	79	Concesión suficiente
2014	5	77	90,00	83	Concesión suficiente
2015	6	79	90,00	86	Concesión suficiente
2016	7	82	90,00	89	Concesión suficiente
2017	8	84	90,00	92	Concesión insuficiente
2018	9	87	90,00	95	Concesión insuficiente
2019	10	90	90,00	98	Concesión insuficiente
2020	11	93	90,00	101	Concesión insuficiente
2021	12	96	90,00	104	Concesión insuficiente
2022	13	99	90,00	108	Concesión insuficiente
2023	14	102	90,00	111	Concesión insuficiente
2024	15	105	90,00	115	Concesión insuficiente
2025	16	109	90,00	118	Concesión insuficiente
2026	17	113	90,00	122	Concesión insuficiente
2027	18	116	90,00	126	Concesión insuficiente
2028	19	120	90,00	130	Concesión insuficiente
2029	20	124	90,00	135	Concesión insuficiente
2030	21	128	90,00	139	Concesión insuficiente
2031	22	132	90,00	144	Concesión insuficiente
2032	23	137	90,00	149	Concesión insuficiente
2033	24	141	90,00	154	Concesión insuficiente
2034	25	146	90,00	159	Concesión insuficiente
2035	26	151	90,00	164	Concesión insuficiente
2036	27	156	90,00	170	Concesión insuficiente
2037	28	162	90,00	176	Concesión insuficiente
2038	29	167	90,00	182	Concesión insuficiente
2039	30	173	90,00	188	Concesión insuficiente

Fuente: cálculos propios.

Para optimizar el uso de la quebrada Caño Grande, los cuatro acueductos comunitarios que se surten de ella deben desarrollar un programa concertado, orientado a recuperar, conservar y proteger la microcuenca; reducir y controlar las pérdidas de agua por concepto de fugas y consumos operacionales en los cuatro sistemas, y promover la

cultura del ahorro y el uso eficiente del agua entre los habitantes de las comunidades servidas.

4.2.2.1.3 Evaluación de parámetros de almacenamiento

Considerando la recomendación formulada para implementar un almacenamiento artificial a través de un reservorio o embalse que garantice el abastecimiento durante la época de verano, correspondiente generalmente a los meses de diciembre, enero, febrero y marzo de cada año, así como las proyecciones de demanda del sistema integrado (véase numeral 3.4.1, tabla 54) y de la oferta, esta última evaluada a la luz de la concesión de aguas requerida desde la quebrada Caño Grande, se determinaron algunos parámetros técnicos de importancia para dos escenarios potenciales. Cabe resaltar que ambos escenarios son factibles si se implementa y se ejecuta un programa que conduzca a la reducción y el control de las pérdidas de agua en el sistema, de tal manera que estas no sean superiores a la meta establecida del 25% y que, asimismo, se desarrolle la promoción de una cultura del ahorro y el uso eficiente del agua entre la comunidad abastecida.

- *Escenario 1.* Considera el aprovechamiento hasta del 60% del caudal disponible en la quebrada Caño Grande, a la altura de la captación del sistema ESPO-Ceaimba durante los cuatro meses de verano, garantizando un caudal ecológico mínimo del 40% del caudal disponible.

De conformidad con este escenario y con los registros de caudal levantados durante el último año en el desarrollo del presente estudio, se evidenció un escurrimiento mínimo en la época de verano de aproximadamente 60 l/s, a la altura de la captación del sistema ESPO-Ceaimba, que determina un aprovechamiento máximo hasta de 36 l/s durante los cuatro meses de verano. De igual manera, las necesidades de concesión demandadas para los ocho meses restantes se definen en función de las necesidades de almacenamiento, para garantizar así el suministro continuo y eficiente durante los meses de escasez, tal como se muestra a continuación en la tabla 77 y en las figuras 46 y 47.

Tabla 77. Estimación del almacenamiento del sistema integrado. Escenario 1*

Año	Vol. util. (M ³ *10 ⁶)	Vol. muerto (M ³ *10 ⁶)	Vol. total (M ³ *10 ⁶)	Concesión requerida** (l/s)	Prof. media almacenamiento (m)	Área requerida (m ²)
2009	1,0	0,1	1,1	175	3	356
2025	0,9	0,1	1,0	168	3	339
2035	1,4	0,1	1,6	240	3	523
2045	2,2	0,2	2,4	344	3	789
2050	2,6	0,3	2,9	413	3	966
2055	3,2	0,3	3,5	497	3	1 181
2060	3,9	0,4	4,3	600	3	1 444

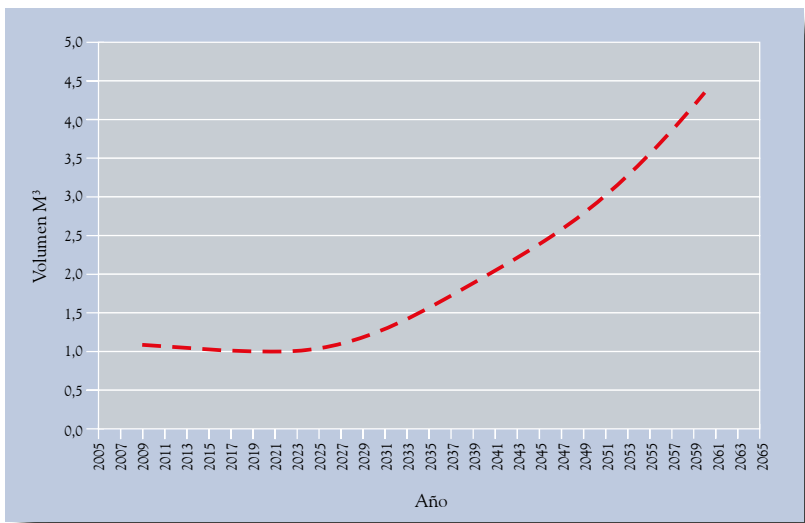
* Concesión máxima de 36 l/s durante los cuatro meses secos (diciembre, enero, febrero y marzo).

** Concesión requerida durante ocho meses (abril a noviembre).

Fuente: cálculos propios.

Figura 46

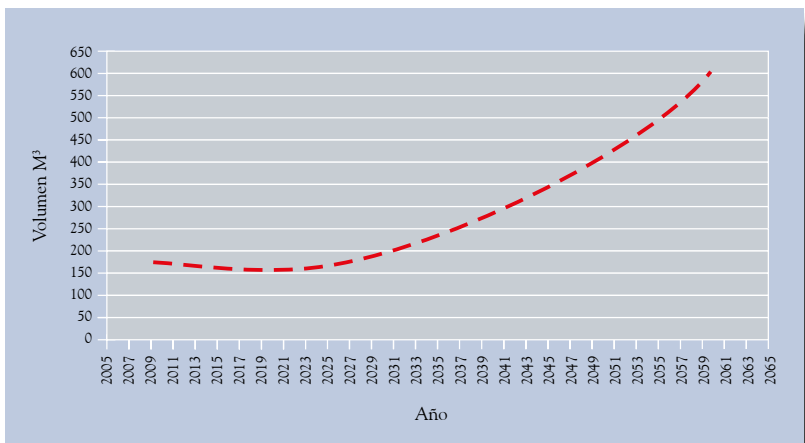
Capacidad del reservorio o embalse requerido del sistema integrado. Escenario 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 47

Concesión máxima requerida durante ocho meses del año del sistema integrado. Escenario 1



Fuente: elaboración propia

- *Escenario 2.* Considera el no aprovechamiento del caudal disponible en la quebrada Caño Grande, a la altura de la captación del sistema Playa Rica, durante los cuatro meses de verano; es decir, no se derivaría caudal alguno durante estos meses.

Las necesidades de concesión demandadas durante los ocho meses restantes se definen en función de las necesidades de almacenamiento, para garantizar el suministro continuo y eficiente en el periodo de escasez, tal como se muestra a continuación en la tabla 78 y en las figuras 48 y 49.

Tabla 78. Estimación de parámetros de almacenamiento del sistema integrado.

Escenario 2*

Año	Vol. util. (M ³ *10 ⁶)	Vol. muerto (M ³ *10 ⁶)	Vol. total (M ³ *10 ⁶)	Concesión requerida ** (l/s)	Prof. media almacenamiento (m)	Área requerida (m ²)
2009	1,3	0,1	1,5	193	3	494
2025	1,3	0,1	1,4	186	3	477
2035	1,8	0,2	2,0	258	3	661
2045	2,5	0,3	2,8	362	3	927
2050	3,0	0,3	3,3	431	3	1104
2055	3,6	0,4	4,0	515	3	1319
2060	4,3	0,4	4,7	617	3	1582

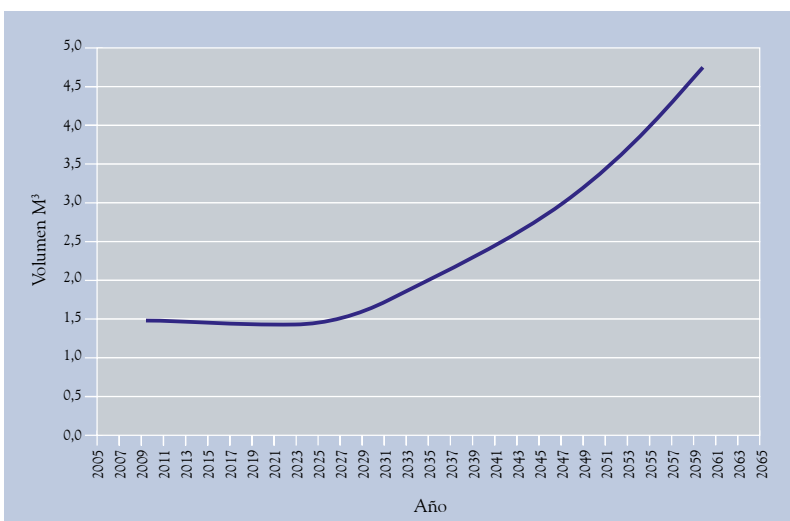
* Sin concesión otorgada durante los cuatro meses secos (diciembre, enero, febrero y marzo).

** Concesión requerida durante ocho meses (abril a noviembre).

Fuente: cálculos propios.

Figura 48

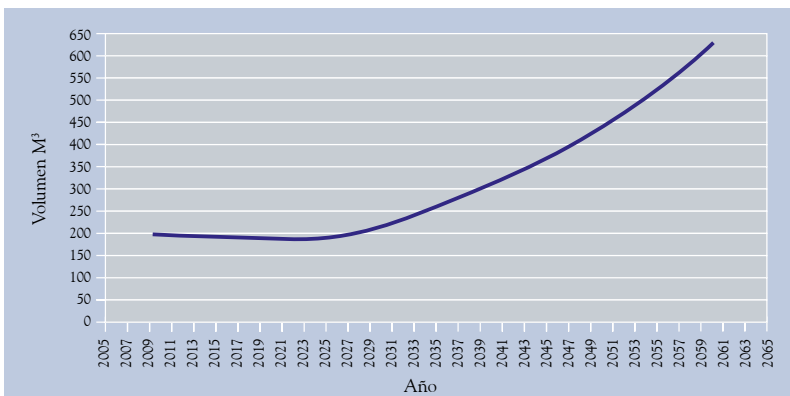
Capacidad del reservorio o embalse requerido del sistema integrado. Escenario 2



Fuente: elaboración propia.

Figura 49

Concesión máxima requerida durante ocho meses del año del sistema integrado. Escenario 2



Fuente: elaboración propia.

4.2.2.2 Captación

4.2.2.2.1 Generalidades

La captación se establece aproximadamente en la cota 554 msnm, en la coordenada $4^{\circ} 06' 46,58''$ N - $73^{\circ} 40' 21,31''$ O. Según lo observado, consiste en un sistema de encauzamiento por medio de trinchos construidos sobre la misma corriente con material del río, hasta un dique en concreto que retiene el agua para ser derivada lateralmente hasta un canal de sección rectangular, que transporta el agua hacia los demás componentes del sistema (foto 20).

Foto 20

Sistema de captación sobre la quebrada Caño Grande en época de verano, sistema ESPO-Ceaimba



Foto de la izquierda: se observa en verano el dique vertedero de la estructura de toma completamente expuesto; la zona de retención y almacenamiento de agua seca y colmatada por el arrastre de sedimentos.

Foto de la derecha: aguas arriba del dique se puede observar el encauzamiento de casi la totalidad del escurrimiento de la quebrada hacia la estructura de toma del sistema ESPO-Ceaimba. Foto tomada el 2 de mayo del 2008.

El canal de derivación tiene las siguientes dimensiones: 90 cm de base por 80 cm de altura, y 32 m de longitud hasta el desarenador; según lo observado en campo y con base en la experiencia, se estima la capacidad nominal de la captación cercana a los 288 l/s para una velocidad media de flujo a través del canal de 0,5 m/s (foto 21).

Foto 21

Sistema de captación sobre la quebrada Caño Grande en época de invierno, sistema ESPO-Ceaimba



Se observa en invierno la estructura de toma con dique vertedero sobre la quebrada Caño Grande; aguas arriba del dique se pueden observar rocas utilizadas para conformar trinchos, como mecanismo de encauzamiento hacia la toma. Foto tomada el 21 de noviembre del 2008.

4.2.2.2.2 Evaluación de la capacidad vs. demanda

En términos generales, el dispositivo de captación del sistema de acueducto ESPO-Ceaimba tiene una capacidad nominal cercana a los 288 l/s. De acuerdo con el RAS, el dispositivo de captación para nivel de complejidad alto debe tener una capacidad igual a 2,5 veces el QMD; tomando esta condición, la capacidad del dispositivo es suficiente aproximadamente hasta el 2026 (tablas 79 y 80, figura 50).

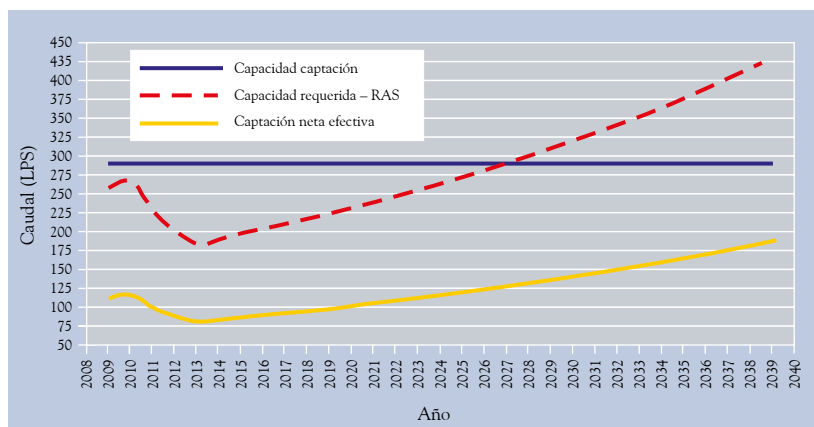
No obstante lo planteado por el RAS para efectos de diseño de captaciones, las necesidades de captación en términos reales van a ser muy inferiores y dependerán estrictamente del QMD requerido en cada año, y de las pérdidas de agua cruda esperadas en la aducción, la conducción y la planta de tratamiento. De esta manera, para efectos de la evaluación de la capacidad efectivamente requerida por el dispositivo de captación, se adopta un Q_{neto} proyectado asociado a las necesidades reales de captación así: QMD + pérdidas de agua cruda en la aducción y la conducción (5%) + pérdidas de agua cruda en una potencial planta de tratamiento (3%); por lo tanto, la capacidad del dispositivo de captación existente sigue siendo ampliamente suficiente durante todo el periodo de evaluación.

Tabla 79. Evaluación de la capacidad de captación vs. demanda del sistema ESPO-Ceaimba. RAS (2000)

Año	Evaluación según RAS				
	QMD (Lt/s)	Cap. req. – RAS (LPS)	Cap. toma Q. Grande (LPS)	Evaluación de la capacidad	
2009	0	103	259	288	Suficiente
2010	1	107	267	288	Suficiente
2011	2	92	230	288	Suficiente
2012	3	81	203	288	Suficiente
2013	4	73	183	288	Suficiente
2014	5	77	192	288	Suficiente
2015	6	79	198	288	Suficiente
2016	7	82	204	288	Suficiente
2017	8	84	211	288	Suficiente
2018	9	87	218	288	Suficiente
2019	10	90	225	288	Suficiente
2020	11	93	232	288	Suficiente
2021	12	96	240	288	Suficiente
2022	13	99	247	288	Suficiente
2023	14	102	255	288	Suficiente
2024	15	105	264	288	Suficiente
2025	16	109	272	288	Suficiente
2026	17	113	282	288	Suficiente
2027	18	116	291	288	Déficit
2028	19	120	300	288	Déficit
2029	20	124	310	288	Déficit
2030	21	128	320	288	Déficit
2031	22	132	331	288	Déficit
2032	23	137	342	288	Déficit
2033	24	141	354	288	Déficit
2034	25	146	365	288	Déficit
2035	26	151	378	288	Déficit
2036	27	156	391	288	Déficit
2037	28	162	404	288	Déficit
2038	29	167	418	288	Déficit
2039	30	173	432	288	Déficit

Fuente: cálculos propios.

Figura 50
Evaluación de la capacidad de captación vs. demanda



Fuente: elaboración propia.

Tabla 80. Evaluación de la capacidad de captación vs. demanda neta del sistema ESPO-Ceaimba

Año		Evaluación de la capacidad vs. demanda neta			
		QMD (Lt/s)	Cap. toma Q. Grande (LPS)	QNETO captado (LPS)	Evaluación de la capacidad
2009	0	103	288	112	Suficiente
2010	1	107	288	116	Suficiente
2011	2	92	288	100	Suficiente
2012	3	81	288	88	Suficiente
2013	4	73	288	79	Suficiente
2014	5	77	288	83	Suficiente
2015	6	79	288	86	Suficiente
2016	7	82	288	89	Suficiente
2017	8	84	288	92	Suficiente
2018	9	87	288	95	Suficiente
2019	10	90	288	98	Suficiente
2020	11	93	288	101	Suficiente
2021	12	96	288	104	Suficiente
2022	13	99	288	108	Suficiente
2023	14	102	288	111	Suficiente
2024	15	105	288	115	Suficiente
2025	16	109	288	118	Suficiente
2026	17	113	288	122	Suficiente
2027	18	116	288	126	Suficiente
2028	19	120	288	130	Suficiente
2029	20	124	288	135	Suficiente
2030	21	128	288	139	Suficiente
2031	22	132	288	144	Suficiente
2032	23	137	288	149	Suficiente
2033	24	141	288	154	Suficiente
2034	25	146	288	159	Suficiente
2035	26	151	288	164	Suficiente
2036	27	156	288	170	Suficiente
2037	28	162	288	176	Suficiente
2038	29	167	288	182	Suficiente
2039	30	173	288	188	Suficiente

Fuente: cálculos propios.

4.2.2.3 Aducción

4.2.2.3.1 Generalidades

Como se indicó, la conducción de agua (aducción) desde la captación hasta el desarenador se realiza a través de un canal de sección rectangular de 90 cm de base, 80 cm de altura y 32 m de longitud; de acuerdo con lo observado en campo y con base en la experiencia, se estima la capacidad nominal de la aducción cercana a los 288 l/s para una velocidad media de flujo a través del canal de 0,5 m/s.

4.2.2.3.2 Evaluación de la capacidad vs. demanda

Para efectos de la evaluación de la capacidad de la aducción del sistema ESPO-Ceaimba (foto 22) se compara su capacidad estimada en 288 l/s con el Q_{neto} proyectado durante el periodo de evaluación calculado así: QMD + pérdidas de agua cruda en la aducción y la conducción (5%) + pérdidas de agua cruda en una potencial planta de tratamiento (3%).

Foto 22

Canal de aducción del sistema ESPO-Ceaimba



Foto tomada el 29 de marzo del 2008.

A partir del respectivo análisis se concluye que la capacidad de la aducción es ampliamente suficiente para satisfacer las condiciones de operatividad del sistema en el escenario de demanda actual y futura, proyectada tal como se observa a continuación (tabla 81 y figura 51).

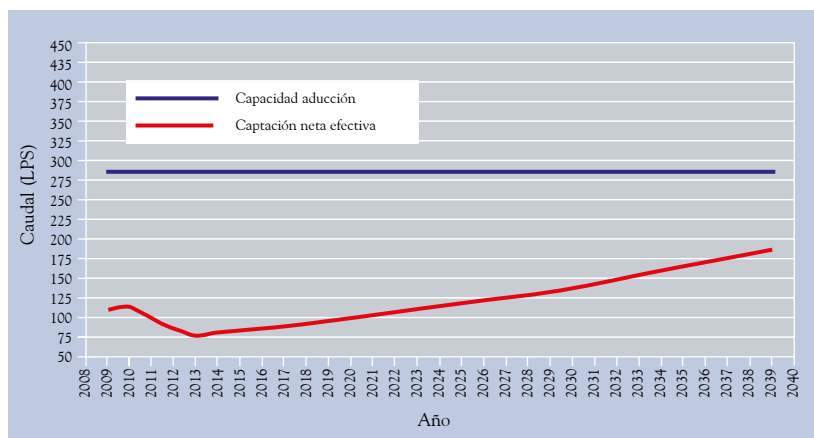
Tabla 81. Evaluación de la capacidad de aducción vs. demanda del sistema ESPO-Ceaimba

Año		Evaluación de la capacidad de aducción vs. demanda					
		QmD (Lt/s)	QmD (Lt/s)	QMH (Lt/s)	Cap. nom. aducción (LPS)	QNETO captado (LPS)	Evaluación de la capacidad
2009	0	86	103	155	288	112	Suficiente
2010	1	89	107	160	288	116	Suficiente
2011	2	77	92	138	288	100	Suficiente
2012	3	68	81	122	288	88	Suficiente
2013	4	61	73	110	288	79	Suficiente
2014	5	64	77	115	288	83	Suficiente
2015	6	66	79	119	288	86	Suficiente
2016	7	68	82	123	288	89	Suficiente
2017	8	70	84	126	288	92	Suficiente
2018	9	73	87	131	288	95	Suficiente
2019	10	75	90	135	288	98	Suficiente
2020	11	77	93	139	288	101	Suficiente
2021	12	80	96	144	288	104	Suficiente
2022	13	82	99	148	288	108	Suficiente
2023	14	85	102	153	288	111	Suficiente
2024	15	88	105	158	288	115	Suficiente
2025	16	91	109	163	288	118	Suficiente
2026	17	94	113	169	288	122	Suficiente
2027	18	97	116	174	288	126	Suficiente
2028	19	100	120	180	288	130	Suficiente
2029	20	103	124	186	288	135	Suficiente
2030	21	107	128	192	288	139	Suficiente
2031	22	110	132	199	288	144	Suficiente
2032	23	114	137	205	288	149	Suficiente
2033	24	118	141	212	288	154	Suficiente
2034	25	122	146	219	288	159	Suficiente
2035	26	126	151	227	288	164	Suficiente
2036	27	130	156	234	288	170	Suficiente
2037	28	135	162	242	288	176	Suficiente
2038	29	139	167	251	288	182	Suficiente
2039	30	144	173	259	288	188	Suficiente

Fuente: cálculos propios.

Figura 51

Evaluación de la capacidad de aducción vs. demanda del sistema ESPO-Ceaimba



Fuente: elaboración propia.

4.2.2.4 Desarenador

4.2.2.4.1 Generalidades

Consiste en una unidad de concreto localizada aproximadamente a 32 m de la captación en la cota 543 msnm, en la coordenada $73^{\circ} 40' 19,85'' W - 04^{\circ} 06' 45,94'' N$. Tiene una longitud útil de 8,75 m y un ancho de 2,5 m, para un área superficial de 22 m² (foto 23).

Foto 23

Desarenador del sistema ESPO-Ceiamba



Foto tomada el 21 de noviembre del 2008.

Como se puede observar, está dotado con un cerramiento perimetral para evitar posibles accidentes.

4.2.2.4.2 Evaluación de la capacidad vs. demanda

Para efectos de la evaluación de la capacidad efectivamente requerida por el sistema desarenador se adopta un Q_{neto} proyectado así: QMD + pérdidas de agua cruda en la aducción y conducción (5%) + pérdidas de agua cruda en la planta de tratamiento (3%). Asimismo, a partir de la aplicación de la teoría de sedimentación para las siguientes condiciones:

- Gravedad específica de las partículas (S_p) = 2,65
- Aceleración de la gravedad (g) = 9,81 m/s²
- Viscosidad cinemática del agua a 15 °C (ν) = 1,059 * 10⁻⁶ m²/s
- Diámetro de la mínima partícula a remover (d) = 0,00005 m
- Número de Hazen = 7,0 (desarenadores con deflectores deficientes o sin ellos)
- Área superficial del tanque: 22 m²

Se determinan, para diferentes porcentajes de remoción de partículas de tamaño de arena fina y superior, las siguientes capacidades del tanque (tabla 82):

Tabla 82. Capacidad del desarenador vs. porcentaje de remoción del sistema ESPO-Ceaimba

Área sup. (M ²)	% Remoción	Grado	Núm. Hanzen	Vs. (cm/sg)	Vo (cm/sg)	Q (LPS)
21,9	87,5	1	7	0,212	0.030	7
21,9	75	1	3	0,212	0,071	15
21,9	50	1	1	0,212	0,212	46

Fuente: cálculos propios.

Para efectos de la evaluación de la capacidad del tanque desarenador, se estima lograr un porcentaje de remoción del 75%, para lo cual podrá pretratar un caudal máximo de 15 l/s.

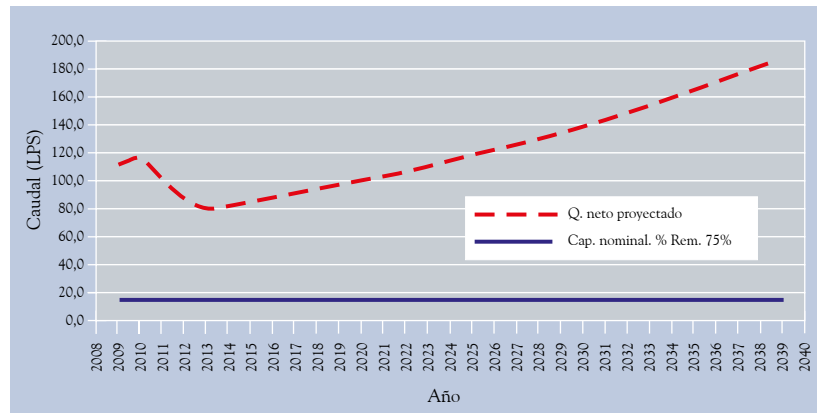
Como se observa en la tabla 83 y la figura 52, la capacidad del desarenador para el porcentaje de remoción del 75% es insuficiente para las condiciones actuales de demanda y las proyectadas durante todo el periodo de evaluación; en tal sentido, el desarenador existente no cumple la función para la cual es concebido en sistemas de acueducto, especialmente para época de invierno, cuando los contenidos de arena en suspensión y arrastre son superiores.

Tabla 83. Evaluación de la capacidad del desarenador vs. demanda (remoción del 75%) del sistema ESPO-Ceaimba

Año		QmD (Lt/s)	Q _{NETO} Proy. (LPS)	Cap. nominal (LPS)	Evaluación de la capacidad
2009	0	103	112,4	15	Insuficiente
2010	1	107	116,1	15	Insuficiente
2011	2	92	99,8	15	Insuficiente
2012	3	81	88,3	15	Insuficiente
2013	4	73	79,4	15	Insuficiente
2014	5	77	83,3	15	Insuficiente
2015	6	79	86,0	15	Insuficiente
2016	7	82	88,8	15	Insuficiente
2017	8	84	91,6	15	Insuficiente
2018	9	87	94,6	15	Insuficiente
2019	10	90	97,7	15	Insuficiente
2020	11	93	100,9	15	Insuficiente
2021	12	96	104,1	15	Insuficiente
2022	13	99	107,5	15	Insuficiente
2023	14	102	111,0	15	Insuficiente
2024	15	105	114,7	15	Insuficiente
2025	16	109	118,4	15	Insuficiente
2026	17	113	122,3	15	Insuficiente
2027	18	116	126,3	15	Insuficiente
2028	19	120	130,5	15	Insuficiente
2029	20	124	134,8	15	Insuficiente
2030	21	128	139,3	15	Insuficiente
2031	22	132	143,9	15	Insuficiente
2032	23	137	148,7	15	Insuficiente
2033	24	141	153,7	15	Insuficiente
2034	25	146	158,9	15	Insuficiente
2035	26	151	164,2	15	Insuficiente
2036	27	156	169,8	15	Insuficiente
2037	28	162	175,6	15	Insuficiente
2038	29	167	181,5	15	Insuficiente
2039	30	173	187,8	15	Insuficiente

Fuente: elaboración propia.

Figura 52
Evaluación de la capacidad del desarenador vs. demanda (remoción del 75%) del sistema ESPO-Ceaimba



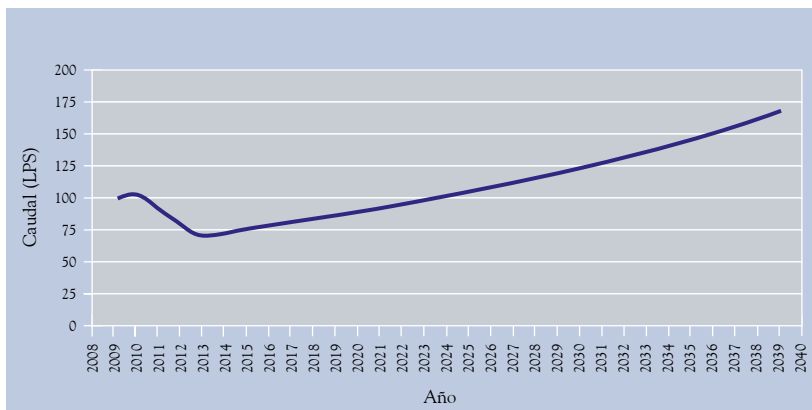
Fuente: elaboración propia.

Aún más crítica es la situación si se espera del desarenador un porcentaje de remoción del 87,5%, para el cual presenta una capacidad de tan solo 7 l/s aproximadamente. Por lo tanto, es absolutamente necesaria la implementación de un desarenador con buenos deflectores de entrada y de salida (grado 3), con un área superficial de por lo menos 125 m² para una eficiencia de remoción del 87,5% hasta el 2015; a partir de este año se debe implementar un segundo módulo en paralelo, con las misma capacidad, para garantizar el pretratamiento hasta el 2039.

4.2.2.5 Planta de tratamiento

El sistema carece de una planta de tratamiento, por lo que el agua consumida por la comunidad abastecida por el sistema ESPO-Ceaimba es sometida solamente a un muy deficiente proceso de remoción de arenas, cuya concentración se eleva especialmente en época de invierno, provocando en la mayoría de los casos prolongados cortes que afectan la continuidad del servicio. Como se indicó en el numeral 4.2.1.4, el desarenador tiene una capacidad de tratamiento muy inferior a la requerida; asimismo, los niveles de turbiedad persistentes, por el alto contenido de material coloidal de tipo arcilla y limo que no puede ser removido mediante procesos convencionales de sedimentación, demandan tratamientos adicionales de coagulación, floculación, filtración y desinfección que mejoren las condiciones de calidad en términos de color, turbidez y microorganismos. A continuación se proyectan las necesidades de tratamiento para el sistema ESPO-Ceaimba (figura 53 y tabla 84).

Figura 53
Proyección de la capacidad de tratamiento requerida del sistema ESPO-Ceaimba



Fuente: elaboración propia.

Tabla 84. Proyección de la capacidad de tratamiento requerida del sistema ESPO-Ceaimba

Año	QMD (Lt/s)	Cap. nominal tratamiento (LPS)	Cap. requerida planta (LPS)	
2.009	0	103	0	103
2010	1	107	0	107
2011	2	92	0	92
2012	3	81	0	81
2013	4	73	0	73
2014	5	77	0	77
2015	6	79	0	79
2016	7	82	0	82
2017	8	84	0	84
2018	9	87	0	87
2019	10	90	0	90
2020	11	93	0	93
2021	12	96	0	96
2022	13	99	0	99
2023	14	102	0	102
2024	15	105	0	105
2025	16	109	0	109
2026	17	113	0	113
2027	18	116	0	116
2028	19	120	0	120
2029	20	124	0	124
2030	21	128	0	128
2031	22	132	0	132
2032	23	137	0	137
2033	24	141	0	141
2034	25	146	0	146
2035	26	151	0	151
2036	27	156	0	156
2037	28	162	0	162
2038	29	167	0	167
2039	30	173	0	173

Fuente: cálculos propios.

Como se observa, se requiere la implementación en una primera fase de una planta de tratamiento con capacidad nominal de 100 l/s que garantizaría el abastecimiento hasta el 2022 si y solo si se implementa y se ejecuta un programa que conduzca a la reducción y al control de las pérdidas de agua en el sistema, de tal manera que estas no sean superiores a la meta establecida del 25%, e igualmente se desarrolle la promoción de una cultura del ahorro y el uso eficiente del agua entre la comunidad abastecida. A partir del 2022 se podría implementar una segunda fase de 50 l/s, que garantizaría el abastecimiento hasta el 2034.

4.2.2.6 Almacenamiento

4.2.2.6.1 Generalidades

El almacenamiento está constituido por un tanque de sección rectangular en concreto, con capacidad de 130 m³ que se encuentra localizado 9,5 m aguas abajo del desarenador, a una altura de 542 msnm y coordenada 73° 40' 19,41" W - 04° 06' 45,51" N. El tanque está desprovisto de protección superficial y, en consecuencia, presenta gran vulnerabilidad a la contaminación por agentes externos. Es alimentado superficialmente a través de dos tuberías en paralelo de 6", provenientes del desarenador, y la descarga hacia la red de distribución se realiza a través de una tubería de 8" en PVC (foto 24).

Foto 24

Tanque de almacenamiento del sistema ESPO-Ceaimba



Foto tomada el 21 de noviembre del 2008.

4.2.2.6.2 Evaluación de la capacidad vs. demanda

Según lo establecido por el RAS (2000), para sistemas de complejidad alto se adopta como requerimiento, en volumen de almacenamiento para compensación, el correspondiente al 25% del volumen demandado en el día de máximo consumo de cada año; es decir, el 33% del volumen diario asociado al QMD.

Como se indicó, la capacidad de almacenamiento del sistema es de 130 m³, la cual es insuficiente para suplir las necesidades de compensación y de almacenamiento actuales y proyectados durante todo el periodo de evaluación. En la tabla 85 y la figura 54 se evalúa la capacidad de almacenamiento.

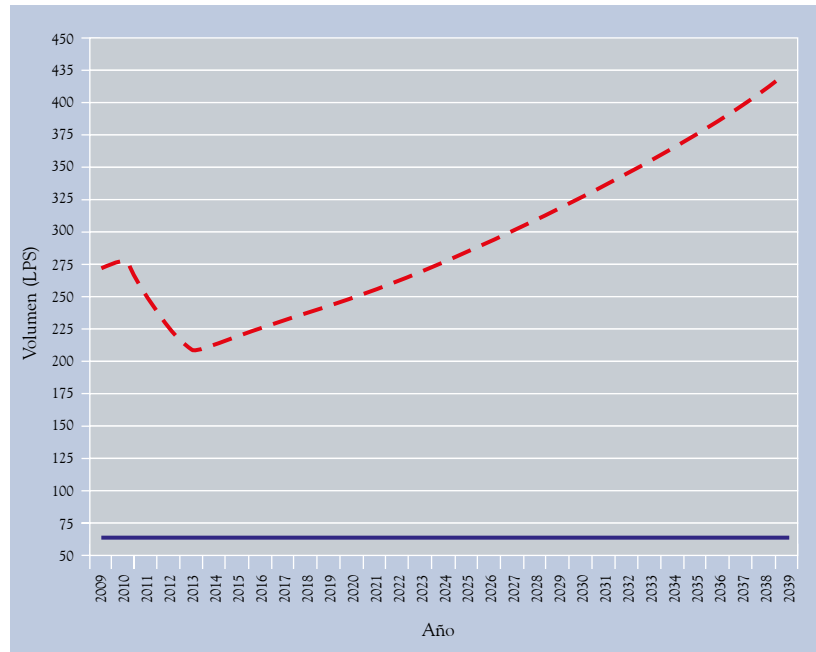
Para suplir las necesidades de almacenamiento y compensación del sistema hasta el 2016 es necesaria la construcción de un tanque con capacidad de 1800 m³, y un módulo adicional de la misma capacidad permitiría garantizar la función de compensación hasta el 2039.

Tabla 85. Evaluación de la capacidad de compensación requerida vs. capacidad disponible del sistema ESPO-Ceaimba

Año	QMD (Lt/s)	Vol. alm. req. (m ³)	Vol. alm. disp. (m ³)	Evaluación capacidad	Déficit en almacenamiento (m ³)	
2009	0	103	2 234	130	Insuficiente	-2 104
2010	1	107	2 037	130	Insuficiente	-2 177
2011	2	92	1 984	130	Insuficiente	-1 854
2012	3	81	1 754	130	Insuficiente	-1 624
2013	4	73	1 579	130	Insuficiente	-1 449
2014	5	77	1 655	130	Insuficiente	-1 525
2015	6	79	1 709	130	Insuficiente	-1 579
2016	7	82	1 764	130	Insuficiente	-1 634
2017	8	84	1 821	130	Insuficiente	-1 691
2017	9	87	1 880	130	Insuficiente	-1 750
2018	10	90	1 941	130	Insuficiente	-1 811
2019	11	93	2 004	130	Insuficiente	-1 874
2020	12	96	2 070	130	Insuficiente	-1 940
2021	13	99	2 137	130	Insuficiente	-2 007
2022	14	102	2 207	130	Insuficiente	-2 077
2023	15	105	2 279	130	Insuficiente	-2 149
2024	16	109	2 353	130	Insuficiente	-2 223
2025	17	113	2 431	130	Insuficiente	-2 301
2026	18	116	2 510	130	Insuficiente	-2 380
2027	19	120	2 593	130	Insuficiente	-2 463
2028	20	124	2 679	130	Insuficiente	-2 549
2029	21	128	2 768	130	Insuficiente	-2 638
2030	22	132	2 860	130	Insuficiente	-2 730
2031	23	137	2 955	130	Insuficiente	-2 825
2032	24	141	3 054	130	Insuficiente	-2 924
2033	25	146	3 157	130	Insuficiente	-3 027
2034	26	151	3 263	130	Insuficiente	-3 133
2035	27	156	3 374	130	Insuficiente	-3 244
2036	28	162	3 489	130	Insuficiente	-3 359
2038	29	157	3 608	130	Insuficiente	-3 478
2039	30	173	3 731	130	Insuficiente	-3 601

Fuente: cálculos propios.

Figura 54
Evaluación de la capacidad de compensación requerida vs. capacidad disponible del sistema ESPO-Ceaimba



Fuente: elaboración propia.

4.2.2.7 Red de distribución

Generalidades

Como se indicó, desde el tanque de almacenamiento sale una tubería de conducción en 8" de diámetro y aproximadamente 2410 m de longitud, que se extiende hasta la intersección con la carretera central a Acacias; en este punto se deriva una tubería de 3" para abastecer parte de los barrios Playa Rica y La Isla.

La cota de salida de la conducción desde el tanque de almacenamiento es 542 msnm, y la cota a la altura de la vía hacia Acacias es de 444 msnm, lo que determina una presión máxima en condiciones estáticas (sin consumo) de 98 mca; con respecto a la zona más baja del área de servicio, localizada a los 417 msnm, se estiman presiones máximas de cerca de 125 mca, ambos valores superiores al máximo establecido por el RAS de 60 mca. De igual manera, se calcula que la presión que se desarrolla bajo condiciones de máximo consumo en el área de servicio está dentro del rango de 60 a 75 mca, entre la zona más alta y la más baja respectivamente. Esta situación incrementa las pérdidas de agua por concepto de fugas en la red de distribución, así como la frecuencia de daños, mayor vulnerabilidad ante estos y mayor consumo de agua de los usuarios del sistema.

Las redes de distribución que se desprenden de la conducción se desarrollan a partir de dos tuberías matrices de 8" y 6", desde las cuales se derivan los circuitos y ramales que abastecen los diferentes barrios, condominios y conjuntos habitacionales establecidos dentro del área de servicio; estas derivaciones se presentan principalmente

en diámetro de 3". Según información suministrada por ESPO S.A. ESP, la red se encuentra en buen estado y está constituida en un 100% por tuberías en PVC. A continuación se presenta un inventario de redes del sistema ESPO-Ceaimba (tabla 86).

Tabla 86. Inventario de redes del sistema ESPO-Ceaimba

Diámetro (Pg)	Componente	Longitud (m)
8	Condición	2 410
8	Distribución	1 564
6	Distribución	1 818
3	Distribución	31 123
Total		36 915

Fuente: cálculos propios basados en SSPD (2008).

5. Propuesta de integración de los sistemas de acueducto para el abastecimiento de la comuna 8 de Villavicencio

A continuación se presentan las generalidades de una propuesta de integración de los sistemas de acueducto que aprovechan la quebrada Caño Grande para el abastecimiento de la comuna 8 de Villavicencio.

Las generalidades de las principales obras y acciones consideradas son:

1. *Recuperación y conservación de la microcuenca.* Se deberán adelantar las acciones conjuntas que comprometan a Cormacarena, a la Alcaldía de Villavicencio, a los prestadores del servicio público de acueducto y a las comunidades organizadas de la comuna 8 que dependen del aprovechamiento de la quebrada Caño Grande, en la recuperación y la conservación de la microcuenca con acciones como: redefinición del uso del suelo de la microcuenca como zona protegida, de interés ecosistémico y productora de agua; suspensión de licencias y permisos de explotación que degradan la microcuenca; implementación de campañas de reforestación, compra de predios, obras de estabilización y todas las demás requeridas.
2. *Sistema de almacenamiento.* Localización, diseño y construcción de un sistema de almacenamiento tipo presa-embalse o reservorio, que permita la detección y el almacenamiento de agua de la quebrada Caño Grande, con fines de abastecimiento de las comunidades beneficiadas por los sistemas ESPO-Ceaimba, Playa Rica, Villa del Río I y Villa del Oriente.

Se estima la localización del almacenamiento por encima de la cota 554 msnm, aguas arriba de la actual captación del sistema ESPO-Ceaimba, con un volumen útil máximo de 4,3 millones de m³ y un total de 4,7 millones de m³, suficientes

para una vida útil de cincuenta años y para los cuales se requerirá una concesión máxima de 617 l/s durante ocho meses del año.

A continuación se presentan algunas condiciones de almacenamiento y concesión estimadas para dos escenarios:

- *Escenario 1.* Hacer captación hasta del 60% del caudal disponible en la quebrada durante los cuatro meses más secos (tabla 87).

Tabla 87. Estimación de almacenamiento del sistema integrado. Escenario 1*

Año	Vol. util. (m ³ *10 ⁶)	Vol. muerto (m ³ *10 ⁶)	Vol. total (M ³ *10 ⁶)	Concesión requerida** (l/s)	Prof. media almacenamiento (m)	Área requerida (m ²)
2009	1,0	0,1	1,1	175	3	356
2025	0,9	0,1	1,0	168	3	339
2035	1,4	0,1	1,6	240	3	523
2045	2,2	0,2	2,4	344	3	789
2050	2,6	0,3	2,9	413	3	966
2055	3,2	0,3	3,5	497	3	1 181
2060	3,9	0,4	4,3	600	3	1 444

* Concesión máxima de 36 l/s durante los cuatro meses más secos (diciembre, enero, febrero y marzo)

** Concesión requerida durante ocho meses (abril a noviembre)

Fuente: Cálculos propios.

- *Escenario 2.* No hacer captación alguna durante los cuatro meses más secos del año (tabla 88 y figura 55).

Tabla 88. Estimación de almacenamiento del sistema integrado. Escenario 2*

Año	Vol. util. (m ³ *10 ⁶)	Vol. muerto (m ³ *10 ⁶)	Vol. total (m ³ *10 ⁶)	Concesión requerida** (l/s)	Prof. media almacenamiento (m)	Área requerida (m ²)
2009	1,3	0,1	1,5	193	3	494
2025	1,3	0,1	1,4	186	3	477
2035	1,8	0,2	2,0	258	3	661
2045	2,5	0,3	2,8	362	3	927
2050	3,0	0,3	3,3	431	3	1 104
2055	3,6	0,4	4,0	515	3	1 319
2060	4,3	0,4	4,7	617	3	1 582

* Sin concesión otorgada para los cuatro meses más secos (diciembre, enero, febrero y marzo).

** Concesión requerida durante ocho meses (abril a noviembre).

Fuente: cálculos propios.

Figura 55

Potencial del área de abastecimiento de la comuna 8 de Villavicencio, sistema integrado



Fuente: Europa Technologies Image. DigitalGlobe. Web. Google Earth (2009). Editado por el autor.

3. *Desarenador.* Diseño y construcción de un desarenador localizado aguas arriba del predio en el cual actualmente ESPO-Ceaimba tiene su desarenador y su tanque de almacenamiento (arriba de la cota 543 msnm). Se proyecta en una primera fase un desarenador de tipo flujo horizontal, conformado por dos módulos en paralelo, cada uno con capacidad nominal de 80 l/s, para una capacidad total de 160 l/s que garantizarían el tratamiento aproximadamente hasta el 2027; un tercer módulo de 80 l/s sería implementado en el 2028 para garantizar el pretratamiento hasta el 2039.
4. *Planta de tratamiento.* Diseño y construcción de una planta de tratamiento convencional a la altura de predio en el cual actualmente ESPO-Ceaimba tiene su desarenador y su tanque de almacenamiento (cota 543 msnm). Se estima para la planta en su primera fase una capacidad nominal de 125 l/s, suficiente aproximadamente hasta el 2022, y una segunda fase de 100 l/s en el 2021 para el resto del periodo de evaluación.
5. *Tanque de almacenamiento y compensación.* Diseño y construcción de un tanque de almacenamiento semienterrado en concreto reforzado, establecido a la altura del predio en el cual actualmente la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica tiene su desarenador y su tanque de almacenamiento (cota 524 msnm). Se proyecta para el tanque una primera fase de 2 500 m³, suficiente aproximadamente hasta el 2020; una segunda fase de 1 250 m³, suficiente hasta el 2032, y una tercera fase de 1 000 m³, suficiente hasta el 2039.

6. *Acondicionamiento redes de conducción.* Del tanque de almacenamiento se desprenderá una tubería de conducción, desde la cual se derivarán los respectivos ramales hacia los sistemas de distribución Playa Rica, ESPO-Ceaimba, Villa del Río I y Villa del Oriente. Cada uno de los ramales en su cabecera deberá estar dotado de una estación de macromedición y control de flujo; asimismo, a la salida del tanque de almacenamiento la tubería de conducción deberá contar con su respectiva estación de macromedición. Se estima la tubería de conducción en diámetros que oscilan entre 20" y 16", con una longitud total de 2250 m.
7. *Estación reductora de presión.* Se proyecta la implementación de una estación reductora de presión a la altura de la vía a Acacías, instalada sobre la tubería de conducción proveniente del tanque de almacenamiento, aguas arriba de las derivaciones hacia los sistemas ESPO-Ceaimba, Villa del Río I y Villa del Oriente; la estación de regulación de presión se estima en diámetro nominal del 14" establecida en la cota (444 msnm).
8. *Normalización de acometidas e instalación de micromedidores.* Se proyecta la instalación de micromedidores de tipo velocidad chorro único de 1/2" a todos los suscriptores y usuarios actuales y potenciales de los sistemas ESPO-Ceaimba, Playa Rica, Villa del Río I y Villa del Oriente, dotados con su respectiva válvula antifraude y cajilla. Se estima que se deberán instalar en los próximos cinco años cerca de 8 500 micromedidores y, en adelante, se deberá velar por mantener la cobertura nominal y efectiva de micromedición cercana al 100%, es decir, se deberá verificar que la totalidad de los medidores estén funcionando.
9. *Organización empresarial para la prestación del servicio.* Se deberá trabajar en la reestructuración del esquema organizacional y empresarial de las entidades que actualmente estén prestando los servicios públicos en el área de influencia de la comuna 8 de Villavicencio y, en especial, de los prestadores ESPO-Ceaimba, Comité de Acueducto de Playa Rica, JAC Villa de Río I y JAC Villa del Oriente, de tal manera que su organización y accionar den respuesta a los requerimientos de tipo administrativo, comercial, técnico y financiero que demanda la prestación del servicio de acueducto con criterios de eficiencia y calidad en el ámbito nacional, dando cumplimiento a los lineamientos establecidos en la Constitución, la ley y la normativa definida por las entidades de planeación, vigilancia, regulación y control.
10. *Cultura del ahorro y el uso eficiente del agua.* Se deberá educar, promover y fomentar la cultura del ahorro y el uso eficiente del agua entre la población (niños y adultos), para que se adquiera responsabilidad en el uso de los recursos naturales, especialmente del agua, su aprovechamiento y su conservación.
11. *Banca de inversión y estructura de tarifas.* Se deberá contar con un estudio de banca de inversión que evalúe los posibles escenarios de financiación y de organización para la materialización del proyecto de integración de los sistemas de acueducto, así como de los posibles escenarios tarifarios generados, contemplando además de los costos el aporte de subsidios por parte del gobierno municipal.

6. Diagnóstico institucional de los prestadores del servicio de acueducto

6.1 Panorama de los acueductos comunitarios

Los acueductos comunitarios son entidades complejas en sentido histórico, social, económico e institucional público, pues ante todo son construcciones populares en torno a la gestión del agua que hacen parte de los territorios sociales en veredas, resguardos indígenas, territorios de comunidades negras y barrios de las diferentes regiones y ciudades del país. Como tales son instituciones populares diversas, integrantes del patrimonio público nacional por su condición sociocultural y territorial, y por su objeto público, el agua como bien común y derecho fundamental (Correa, 2006)

Este es el concepto generado después del Primer Encuentro Nacional de Acueductos Comunitarios promovido por Ecofondo¹⁰.

Hernán Correa, en el ensayo “Acueductos comunitarios, patrimonio público y movimientos sociales”, preparado para Ecofondo, plantea que la construcción popular de territorios ha sido propia de los procesos de urbanización, y en tal sentido es preciso reconocer y analizar las diferentes formas regionales de construcción de ciudades en el país, dentro de una realidad geográfica que muchas comparten: su ubicación en laderas y piedemontes colmados de microcuencas, que han sido aprovechadas por los pobladores urbanos en el crecimiento informal de las ciudades, hasta el punto que la cobertura de casi el 20% del servicio en capitales como Pereira, Ibagué o Villavicencio está en manos de acueductos comunitarios. Asimismo, en el sector rural la cobertura alcanza el 40%, a cargo de más de 10 000 acueductos de este tipo, también asociados a la riqueza de microcuencas del país andino (Correa, 2006).

Correa indica que los veintiocho acueductos comunitarios de Ibagué, por ejemplo, surten el agua a sendos barrios periféricos de la misma ciudad, desde veintidós microcuencas con una cobertura del 20% del servicio total de la ciudad; en el caso del municipio de Dosquebradas (hoy parte del área metropolitana de Pereira), su lógica de poblamiento fue determinada por la construcción de estos acueductos desde los años treinta del siglo pasado; hoy la Asociación Municipal de Acueductos Comunitarios (AMAC) cuenta con alrededor de sesenta acueductos afiliados (Correa, 2006).

Por otra parte, según las cifras que maneja la Superintendencia de Servicios Públicos Intendencia Regional Meta, en Villavicencio hay unos 33 acueductos comunitarios que surten el 15% de la población de la ciudad, algunos son: ESPO, Ciudad Porfía, Doce de Octubre, Alborada, Ay mi llanura, El Triunfo, Ceiba, Eduardo Cuevas, Estero Galán, Azotea, Las Américas, Las Mercedes, Montecarlo, Playa Rica, Puerto Colombia, La Rochela, Samán de la Rivera, Vanguardia, Vereda Santa María Baja, Vereda La Argentina, Villa de Oriente, Villa del Río, Villa Lorena, Serramonte, Hacienda El Trapiche Lago turístico, entre otros (*El Tiempo*, 2000).

No obstante los valiosos e importantes procesos históricos, sociales y culturales que han contextualizado, posicionado y sustentado los acueductos comunitarios en nues-

¹⁰ Fondo ambiental democrático y participativo, fundado en 1993, sin ánimo de lucro, que canaliza recursos de cooperación internacional para la conservación del medio ambiente.

tro país, en la actualidad se presenta un panorama poco alentador a la luz del objetivo y finalidad última del servicio público de acueducto, representada en los usuarios y su calidad de vida. En este sentido, salvo algunas excepciones, los factores comunes de los acueductos de iniciativa comunitaria son:

- Actuación al margen de la ley 142 de 1994, específicamente en lo relativo al artículo 3º de del decreto 421 del 2000, reglamentario de esta.
- Suministro de agua sin tratar no apta para el consumo humano.
- Aplicación de tarifas no establecidas con arreglo a los decretos definidos por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) que no garantizan la sostenibilidad y la calidad del servicio.

6.2 Antecedentes constitucionales y legales relativos a los servicios públicos domiciliarios

La Constitución colombiana de (1991 y la ley 142 de 1994 [Régimen de Servicios Públicos Domiciliarios SPD]) contienen principios básicos en relación con la naturaleza de los servicios, el papel y la posibilidades de acción de los agentes públicos y privados, los deberes y derechos de los usuarios, el precio de los servicios y el monto, las fuentes y los mecanismos para otorgar subsidios a los usuarios de menores recursos, sin afectar la suficiencia financiera de las empresas, entidades o personas prestadoras.

A partir del contexto legal y normativo en el que sustenta la prestación de los servicios públicos domiciliarios en nuestro país, y que tiene sus orígenes en el mandato constitucional de 1991, su principal desarrollo en la ley 142 de 1994, sus decretos reglamentarios y su perfeccionamiento continuo en los decretos y resoluciones emitidos por el organismo de supervisión y control, en cabeza de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y el organismo de regulación, en cabeza de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), a continuación se reseñan brevemente los antecedentes constitucionales y legales referentes a la prestación de los servicios públicos domiciliarios en Colombia. De acuerdo con lo anterior se desarrolla la descripción general de la situación administrativa, organizacional, comercial y financiera de las entidades prestadoras del servicio público de agua potable en jurisdicción de la comuna 8 de Villavicencio, que aprovechan como fuente de abastecimiento la quebrada Caño Grande.

6.2.1 Antecedentes constitucionales

El artículo 365 de la Constitución Política establece que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado, por lo que es su deber asegurar la prestación eficiente de estos a todos los habitantes del territorio nacional. Asimismo, que los servicios públicos están sometidos al régimen jurídico que fije la ley y que podrán ser prestados por el Estado, por comunidades organizadas o por particulares.

El artículo 366 de la Constitución de 1991 reitera que son finalidades sociales del Estado el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población, consecuentemente la solución de las necesidades insatisfechas de salud y saneamiento ambiental constituyen un objetivo fundamental; la Constitución determina que en los planes y presupuestos de la nación y de las entidades territoriales debe darse prioridad al gasto público social sobre cualquier otra asignación.

El artículo 367 de la Constitución Política señala que la ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que tendrá en cuenta, además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos. Señala además esta disposición que los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y que los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación. Por último, menciona la disposición que la ley determinará las entidades competentes para fijar las tarifas en esta materia.

El artículo 368 de la Constitución Política señala que se podrán conceder subsidios a cargo de la nación, los departamentos, los distritos, los municipios y las entidades descentralizadas en sus respectivos presupuestos, para que las personas de menores ingresos puedan pagar las tarifas de los servicios públicos domiciliarios que cubran sus necesidades básicas.

Conforme al artículo 369 de la Carta Política, la ley determinará los deberes y derechos de los usuarios, el régimen de su protección y las formas de su participación en la gestión y la fiscalización de las empresas estatales que presten el servicio. Igualmente, la ley definirá la participación de los municipios o de sus representantes en las entidades y las empresas que presten servicios públicos domiciliarios.

El artículo 370 de la Constitución establece que al presidente de la República corresponde señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de la eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer, por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y la vigilancia de las entidades que los presten.

6.2.2 Antecedentes legales

Por medio de la ley 142 de 1994 se expide el régimen de los servicios públicos domiciliarios en el país¹¹. A continuación se presentan algunos de sus principales aspectos.

- El artículo 1º de la ley 142 de 1994 establece como ámbito de aplicación de esta los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos de que trata el artículo 15 de la misma ley...
- En el artículo 5º de la ley 142 de 1994 se señalan, como competencia de los municipios en relación con los servicios públicos, entre otras las siguientes:
 - Asegurar que se presten de manera eficiente a sus habitantes, los servicios domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica y telefonía pública básica conmutada, por empresas de servicios públicos de carácter oficial, privado o mixto, o directamente por la administración central del respectivo municipio.
 - Asegurar la participación de los usuarios en la gestión y la fiscalización de las entidades que prestan los servicios públicos domiciliarios.
 - Disponer el otorgamiento de subsidios a los usuarios de menores ingresos con cargo al presupuesto del municipio.

¹¹ La ley 689 de 2001 modifica parcialmente la ley 142 de 1994.

- Estratificar los inmuebles residenciales según las metodologías trazadas por el Gobierno nacional.
- En el artículo 15 de la citada ley se señalan las personas que pueden prestar los servicios públicos: las empresas de servicios públicos; las personas naturales o jurídicas que produzcan para ellas mismas, o como consecuencia o complemento de su actividad principal, los bienes y servicios propios del objeto de las empresas de servicios públicos; los municipios cuando asuman en forma directa, a través de su administración central, la prestación de los servicios públicos, conforme a lo dispuesto en esta ley; las organizaciones autorizadas conforme a la ley 142; las entidades descentralizadas de cualquier orden territorial o nacional que al momento de expedirse esta ley estén prestando cualquiera de los servicios públicos y cuyos propietarios no deseen que su capital esté representado en acciones, deberán adoptar la forma de empresa industrial y comercial del Estado.
- Mediante del decreto 421 del 2000 se reglamenta el numeral 4 del artículo 15 de la ley 142 de 1994, en relación con las organizaciones autorizadas para prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas, así:
 - Artículo 1º: “para los efectos de lo establecido en la ley 142 de 1994, en cuanto a los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico, podrán prestar dichos servicios en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas, las comunidades organizadas constituidas como personas jurídicas sin ánimo de lucro”.
 - Artículo 2º: “... son áreas urbanas específicas, según el artículo 93 de la ley 388 de 1997, los núcleos poblacionales localizados en suelo urbano que se encuentren clasificados en los estratos 1 y 2 de la metodología de estratificación socioeconómica vigente”.
 - Artículo 3º: las personas jurídicas descritas en el artículo 1º del decreto deberán registrarse en la Cámara de Comercio con jurisdicción en su respectivo domicilio, inscribirse ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, y obtener las respectivas concesiones, permisos y licencias a los que se refieren los artículos 25 y 26 de la ley 142 de 1994.
 - Artículo 4º: “Las personas jurídicas descritas en el artículo 1º de este decreto que actualmente presten los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas, podrán continuar desarrollando esta actividad, con arreglo a lo dispuesto en el presente decreto”.
- El párrafo del artículo 18 de la ley 142 establece: “En el objeto de las comunidades organizadas siempre se entenderá incluida la facultad de promover y constituir empresas de servicios públicos, en las condiciones de esta ley y de la ley que las regule. En los concursos públicos a los que se refiere esta ley se preferirá a las empresas en que tales comunidades tengan mayoría, si estas empresas se encuentran en igualdad de condiciones con los demás participantes”.
- El artículo 181 de la ley establece un plazo de dos años para que todas las empresas de servicios públicos, o quienes al entrar en vigencia la ley estén prestando

servicios públicos domiciliarios, lleven a cabo una evaluación de su viabilidad empresarial a mediano y a largo plazo; a partir de los resultados obtenidos del estudio de viabilidad empresarial, las entidades prestadoras de servicios públicos tuvieron que haber presentado a la CRA un plan de reestructuración financiero y operativo¹².

A continuación se hace una caracterización institucional, administrativa y comercial de tres de las cinco organizaciones o entidades que prestan actualmente el servicio de abastecimiento de agua a la población, a partir del aprovechamiento de la quebrada Caño Grande:

1. Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica.
2. Empresa de Servicios Públicos de Oriente (ESPO S.A. ESP)
3. Comité Empresarial del Acueducto Integral de Montecarlo Bajo (Ceaimba)

Las entidades Comité Empresarial de Acueducto Villa del Río I y Comité Empresarial de Acueducto Villa del Oriente no suministraron información alguna, a pesar de haber sido gestionada y solicitada durante el desarrollo del estudio.

6.3 Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica

6.3.1 Aspectos institucionales y legales

El servicio público de acueducto en jurisdicción de los barrios Playa Rica y Villa Sonia de Villavicencio es prestado por la JAC del barrio Playa Rica, a través de la Comisión Empresarial de Acueducto (CEA)¹³, órgano de la JAC¹⁴.

En la actualidad, la CEA presta el servicio a una población cercana a los 2 495 habitantes de la comuna 8 de Villavicencio (barrios Playa Rica y Villa Sonia), representados en 612 suscriptores residenciales y ocho comerciales.

La JAC del barrio Playa Rica se reconoce bajo la personería jurídica N.º 233 del 5 febrero de 1980, NIT 800-256.703-3. En el capítulo 4 de los estatutos se establece como órgano de la JAC la CEA y en el capítulo 11 se desarrollan aspectos relativos a su conformación, finalidad, organización y administración. El Reglamento Interno de la CEA precisa en sus artículos 1º y 2º que el comité es un órgano de la JAC, que funcionaría con la misma personería jurídica, domicilio, naturaleza que corresponde a la junta.

La CEA del barrio Playa Rica no se encuentra actualmente inscrito en el Registro Único de Prestadores (RUP) administrado por la SSPD, ni tampoco ante la CRA, situación que reconoce el incumplimiento de lo establecido en el artículo 4º del decreto 421 del 2000, reglamentario de la ley 142 de 1994, a través del cual se establece que las organizaciones autorizadas para prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico, entre ellas las JAC y sus órganos, deberán inscribirse ante las

¹² En la resolución CRA 05 de 1996 se establece la metodología para la evaluación de la viabilidad empresarial de las entidades que estén prestando servicios públicos domiciliarios de acueducto y saneamiento básico, tema del que trata el artículo 181 de la ley 142 de 1994.

¹³ Reglamento Interno del Comité Empresarial de Acueducto, aprobado según acta N.º 002 del 11 noviembre del 2001.

¹⁴ Reforma de estatutos de la JAC del barrio Playa Rica, aprobado según acta N.º 001 del 25 agosto del 2004.

entidades mencionadas; no obstante el incumplimiento anterior, la CEA del barrio Playa Rica ha formalizado su registro ante la Oficina de Participación Comunitaria de la Gobernación del Meta.

La informalidad del prestador en el aspecto referido anteriormente, la caracterización de algunos predios de usuarios del sistema como ilegales, la no existencia de una estructura de tarifas conforme con la normativa vigente y el suministro de agua *no* potable, entre otras aspectos, son circunstancias que han determinado para los usuarios o suscriptores del servicio de acueducto del barrio Playa Rica, a pesar de ser del estrato 1, el no beneficiarios de subsidios por parte del gobierno municipal de Villavicencio, como sí lo son los suscriptores de los estratos 1, 2 y 3 que se abastecen del sistema operado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV ESP).

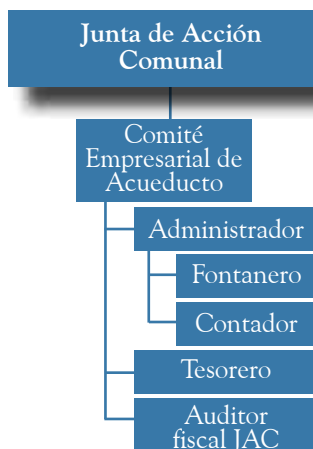
La contabilidad de la CEA se maneja independientemente a la de la JAC, de hecho en el artículo 062 de los estatutos de la JAC se indica que “Los sistemas contables de estas empresas serán independientes del sistema contable de la junta”; por otro lado, no se ha implementado el Plan Único de Cuentas (PUC) definido por la SSPD.

De acuerdo con la base comercial de la CEA, todos los usuarios de los servicio de acueducto pertenecen al estrato 1. A pesar de no contar con Contrato de Condiciones Uniformes (CCU) para la prestación del servicio de acueducto, la CEA cuenta con un reglamento interno aprobado por la Asamblea General de Afiliados de la JAC, a través del cual se desarrollan aspectos relacionados con los derechos, obligaciones y prohibiciones frente al servicio de acueducto.

6.3.2 Aspectos administrativos

Como se indicó, la CEA del barrio Playa Rica es un órgano de la JAC que funciona con la misma personería jurídica, domicilio, naturaleza que corresponde a la junta. El personal adscrito a la CEA está conformado por un administrador, que ejerce la representación legal de la comisión; un tesorero, que está a cargo de los aspectos comerciales del servicio de facturación y recaudo, así como del pago de obligaciones; un contador a cargo de la contabilidad de la CEA, y un fontanero que desempeña las funciones de fontanería, mantenimiento de redes y operación de la captación; el fiscal de la JAC hace la vigilancia de los bienes de la CEA (figura 56 y tabla 89).

Figura 56
Organigrama de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica



Fuente: elaboración propia.

Cabe resaltar que de acuerdo con lo establecido en el artículo 062 de los Estatutos de la JAC, el tesorero es quien deberá estar a cargo del cuidado y el manejo del sistema contable. De esta manera, para la prestación del servicio de acueducto la CEA cuenta con cuatro funcionarios para cerca de 612 suscriptores; es decir, hay una relación de 6,5 funcionarios por cada 1 000 suscriptores del servicio de acueducto.

Tabla 89. Formato Administrativo 02 del Sistema Único de Información de Servicios Públicos sobre la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica

Formato SUI – administrativo 02 / Personal Servicios Públicos – Acueducto Sistema único de información de servicios públicos – SUI – Pequeños prestadores	
Año:	2008
Período:	Anual
Departamento:	Meta
Municipio:	Villavicencio
Entidad prestadora del servicio:	Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica
Servicio:	Acueducto
(A) Total planta de personal = (F+G+H)	3 personas
(B) Personal Nómina	2 empleados
(C) Personal temporal	1 = Celador (cada año por periodo de 3 meses)
(D) Personal Contratista	1 = Contadora (Prestación de servicios)
(E) Vacantes = (A – I)	No hay vacantes
(F) Personal directivo	1 = Administradora
(G) Personal Administrativo	1 = Tesorera
(H) Personal Técnico – Operativo	1 = Fontanero
(I) Empleos Totales = (B+C+D)	4 = (B+D+F+G+H)
Observaciones:	
Fecha de diligenciamiento:	Mayo 14 de 2009
Quien suministra la información:	Gloria Edith Roldán Muñoz
Cargo:	Tesorera
Firma: _____	
Universidad Central	
Quien toma de la información:	Gélber Gutiérrez Palacio

Fuente: elaboración propia.

6.3.3 Aspectos comerciales

De acuerdo con el análisis de la información consolidada emitido por la CEA a partir de su base de datos comercial, los 620 suscriptores del servicio de acueducto pertenecen al estrato 1 y se clasifican en tres tipos de uso y cinco categorías. En términos generales, se tienen ocho suscriptores clasificados como comerciales y 652 suscripto-

res residenciales. A continuación se presenta el reporte de suscriptores del servicio de acueducto emitido por la CEA a 30 de abril del 2009, así como las tarifas aplicadas (tabla 90).

Tabla 90. Clasificación de los suscriptores de acueducto de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica

Estrato	Uso	Categoría	Descripción	Cantidad	Cargo – fijo mensual (\$)
1	1	1	Lotes vacíos, casas desocupadas, sostenimiento matrícula, sin servicio.	21	2 000,00
1	2	1	Uso estrictamente residencial.	511	4 000,00
1	2	2	Uso residencial con tiendas y billares.	55	5 000,00
1	2	3	Lote grande con casa.	23	8 000,00
1	2	4	Finca con piscina, calle 22A sur frente a oficina de la CEA.	1	22 500,00
1	2	5	Fábrica de refrescos, calle 22 N.º 52-10.	1	15 000,00
1	3	1	Hotel Santa Bárbara, bomba DI-COL, Discoteca Los Capachos, Proavín (3 matrículas)	6	52 000,00
1	3	2	Restaurante, calle 22 sur N.º 48 Predio Jorge Daza, negocio)	2	12 000,00
Total				620	

Fuente: elaboración propia a partir de información suministrada por la CEA Playa Rica.

El cargo mensual del servicio de acueducto se establece en el capítulo 15 del Reglamento Interno de la CEA, cuyo artículo 58 establece: “El valor mensual del servicio comprenderá los gastos de operación, mantenimiento preventivo y correctivo, administración, depreciación de las instalaciones, así como los gastos de mejoramiento, mantenimiento, recuperación y reforestación de las cuencas, subcuencas y microcuencas que abastecen el acueducto”. No obstante lo anterior, no se conocieron estudios o análisis juiciosos de tarifas que permitieran llegar a la estructura presentada en la tabla 90; de esta manera se concluye que la CEA Playa Rica *no* acoge los lineamientos y metodologías establecidas por la CRA en relación con la definición de estructuras tarifarias para prestadores de menos de 8000 suscriptores (Resolución 287 del 2004) y, al parecer, los cargos cobrados se establecen sin criterio técnico que sustente lo definido en el artículo 54 del reglamento interno.

Asimismo, como se puede observar, no hay cobro por unidad de consumo (m^3) ni mecanismos de medición (micromedidores), lo cual es un factor que promueve el derroche y el uso irracional del agua.

Considerando que el agua suministrada no es tratada y que el contenido de sedimentos y turbiedad se eleva especialmente en época de invierno, generando mayor desgaste y daño de los equipos, la comunidad no ve pertinente la instalación de micromedidores; además, se percibe una resistencia generalizada al cobro del servicio por consumo, con el argumento de que se incrementaría el valor facturado.

El proceso de facturación se hace en períodos mensuales y en un solo ciclo para todos los suscriptores del servicio; la base comercial, la liquidación y emisión de facturas, así como el control de pagos y deudas se realiza a través de un *software* comercial adquirido por la CEA de Playa Rica (figura 57).

Figura 57
Factura tipo de acueducto de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica

JNC 7 COMISIÓN EMPRESARIAL DE ACUEDUCTO COMUNITARIO BARRIO PLAYA RICA			
NIT. NO. 206 7539 PERSONERÍA JURÍDICA DEL 23 DE ABRIL DE 1989 CARRISERAS NO. 33-22 SUR (CAL. 999 3875)			
ZONA	CÓDIGO	PERIODO DE FACTURACIÓN	R.C. VERIFICAR
2	02006	MAYO/2007	05 00470
FACTURAS	FECHA DE EMISIÓN	FECHA LÍMITE DE PAGO	
00254	09/06/07	INMEDIATO	
NOMBRE DE USUARIO			
GLADYS RUTH BLANCO			
CÓDIGO			
CALLE 22 sur No. 50			
CONCEPTO			
		VALOR	
ACUEDUCTO		4,000	
DEUDA ANT.		30,600	
INTERESES		120	
VALOR APORTE		0	
CUOTA		0	
TOTAL A PAGAR			34,720
Se recomienda tener el agua para el consumo humano			

Fuente: CEA Playa Rica.

6.3.4 Aspectos financieros

A partir del análisis de la base de datos comercial y de los cargos aplicados mensualmente, se estima que potencialmente la CEA de Playa Rica factura cerca de \$2 921 500 cada mes, es decir \$35 058 000 al año; cruzando este monto con lo reportado en el estado de ganancias y pérdidas de la vigencia 2008 por concepto de ingresos operacionales debido a la distribución de agua (\$37 812 391), se establece una buena cultura de pago de los suscriptores del servicio, representado en un índice de recaudo cercano al 100%.

Asimismo, a partir del análisis de pérdidas y ganancias, se establece que cerca del 77,9% de los gastos son administrativos y el 22,1% corresponde a gastos operativos representados en intervenciones de mantenimiento y reparación, y el pago de honorarios al fontanero. Para efectos de inversiones de reposición, rehabilitación o expansión del sistema de acueducto se calcula que anualmente se pueden recaudar cerca de \$8 809 232, monto considerado inferior a las inversiones requeridas a corto, mediano y largo plazo para garantizar continuidad, cobertura y calidad del servicio.

En términos de indicadores financieros de primer nivel, de conformidad con lo establecido en la Resolución CRA 315 del 2005 para prestadores de más de 2 500 y hasta 8 000 suscriptores, se calculan los siguientes indicadores para la vigencia 2008:

Liquidez ajustada = $42,2 > 1,1$ (Desempeño superior)

Índice de endeudamiento = $0,25\% < 60\%$ (Desempeño superior)

Eficiencia de recaudo = $100\% > 85\%$ (Desempeño superior)

Según los resultados obtenidos, se establece que los indicadores financieros de la CEA Playa Rica se encuentran en un nivel superior de desempeño (figura 58).

Figura 58
Estado de pérdidas y ganancias y balance general 2008
de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica

ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS		NET. BEFORE TAX			
BY MONTH END		# 31 DE DICIEMBRE DEL 2008			
10 DE SEPTIEMBRE AL 30 DE OCTUBRE DEL 2008		ACTIVO		PASIVO	
INGRESOS OPERACIONALES	46.840.000	ACTIVO CORRIENTE		PASIVO CORRIENTE	
VENTAS DE AGUA	37.812.220	Caja	311.000	DEUDA POR FINANCIERAS	17.207
INGRESOS DE SERVICIOS	800.000	SERVICIOS	10.102.874	CANCELACIONES POR PAGAR	847.000
RENTAS	100.000	CLIENTES	4.000.000	TOTAL PASIVO CORRIENTE	864.207
	<u>38.712.220</u>	DEPOSITO PROYECTO	4.000.000		
		RESERVA	1.800.000		
		TOTAL ACTIVO CORRIENTE	26.013.874		
GASTOS OPERACIONALES	31.200.000	INMOBILIDAD PLANTA Y EQUIPO			
SALARIOS DE PERSONAL	15.400.000	TERMINADA	1.870.470		
PROVISIONES	3.000.000	CONSTRUCCIONES	8.007.000		
RENTAS	1.847.370	MOBILIARIO Y EQUIPO	5.114.000		
MATERIALES	1.100.000	GRUPO DE CONSTRUCCION	3.200.000		
MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	4.400.000	MANTENIMIENTO Y EQUIPO	500.000		
ALQUILERIOS E INDEMNIZACIONES	1.800.000	REPARACIONES PLANTA Y EQUIPO	224.726.900		
DEPRECIACIONES	1.800.000	CONSTRUCCION POR REALIZAR	9.000.000		
INTERES	1.800.000	TOTAL ACTIVO FIJO	28.012.470		
	<u>27.500.000</u>				
		TOTAL ACTIVO	54.026.344		
INGRESOS NO OPERACIONALES	400.000			PASIVO NO CORRIENTE	
FINANCIEROS	400.000			RESERVA PARA IMPREVISTOS	1.000.000
RENTAS	100.000			RESULTADO SUBSIDIOS INGRESOS	10.000.000
DEPRECIACION	1.000.000			RESERVA FONDO DE RESERVA	1.000.000
	<u>500.000</u>			RESERVA FONDO VALUACIONES	420.000.000
GASTOS NO OPERACIONALES	500.000			TOTAL PASIVO NO CORRIENTE	422.000.000
DEPRECIACION	500.000				
INTERES	500.000			TOTAL PASIVO	422.864.207
	<u>500.000</u>				
IMPORTE DEL EJERCICIO	4.710.000			TOTAL INGRESO Y PATRIMONIO	54.026.344

Fuente: CEA Playa Rica.

6.4 Acueductos comunitarios ESPO S.A. ESP vs. Ceaimba

6.4.1 Problemática ESPO S.A. ESP-Ceaimba

A continuación se presenta el conflicto surgido entre dos empresas proveedoras del servicio de acueducto en el sector de Montecarlo, Villavicencio, por la concesión de las aguas de la quebrada Caño Grande que hizo Corporinoquia, publicado en el periódico *El Tiempo*:

El problema de este acueducto local se remonta a octubre 16 de 1990 cuando dos representantes de la Urbanización Villa Carola (hoy Catumare), el Instituto de Crédito Territorial y la Urbanizadora del Oriente Ltda firmaron un convenio que tenía por objeto la compra y venta de derechos al acueducto construido por la Urbanizadora del Oriente Ltda (vendedor), en el sector de Montecarlo. En el documento

se establecía que los compradores sufragarían los gastos de las redes de conducción, domiciliarias, caja de inspección, además del pago de 26 millones de pesos a la Urbanizadora del Oriente. Señalaba además que pagado el precio establecido el comprador entra a participar de la administración como copropietario hasta cuando el vendedor cediera o transfiera el acueducto, momento en el cual se conformará una junta administradora (*El Tiempo*, 1998).

La junta administradora jamás se conformó, situación que, entre otras consecuencias, comprometió la concesión de aguas sobre la quebrada Caño Grande otorgada para esa época por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (Inderena), entidad que mediante resolución 698 del 28 de junio de 1993 señaló que pasados seis años, la Urbanizadora del Oriente Ltda. no había dado cumplimiento a la obligación de aportar la personería jurídica de la junta administradora.

A partir de la promulgación de la ley 142 de 1994 y sustentada en ella, la Urbanizadora del Oriente Ltda. se constituyó en la Empresa de Servicios Públicos de Oriente (ESPO S.A. ESP), con el objeto de consolidar la propiedad de la infraestructura del acueducto y la operación del sistema amparada en la legislación reciente, desconociendo los convenios previamente suscritos.

Este se constituiría en el punto de quiebre a partir del cual las comunidades del sector de Montecarlo Bajo, a través de sus JAC, conformarían el Comité Empresarial del Acueducto Integral de Montecarlo Bajo (Ceaimba), para reclamar la propiedad de la infraestructura y la operación del servicio operado por ESPO S.A. ESP.

De esta manera, ambas entidades comenzaron una carrera que inició con la solicitud de concesiones de agua ante Corporinoquia sobre la quebrada Caño Grande para el mismo sistema; es así que mediante resolución 0102 del 27 de febrero de 1996

Corporinoquia prorrogó por cinco años la concesión de aguas a Ceaimba, esta decisión motivó la presentación de una acción de tutela de ESPO por violación del debido proceso contra Corporinoquia, el 14 de agosto de 1996 el juzgado quinto penal del circuito concedió la tutela y el 2 de octubre de 1996, mediante resolución 464, Corporinoquia otorgó por cinco años la concesión de 10 litros de agua a ESPO para 16 barrios del sector de Montecarlo. En la resolución 346 del 5 de agosto de 1997 sancionó con el pago de 300 salarios mínimos a ESPO por captar aguas de Caño Grande antes de estar debidamente ejecutoriada la resolución 464 del 2 de octubre, que le otorgó la concesión. La sanción hasta hoy no se ha hecho efectiva. (*El Tiempo*, 1998).

Mientras todo esto sucedía, las dos entidades en pugna por la propiedad del sistema de acueducto facturaron el servicio de manera independiente y paralela a los usuarios desde marzo de 1996, quienes no saben a quién pagar.

No obstante, mediante la resolución 265 de 1996 la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico reconoció a ESPO S.A. ESP como prestadora del servicio de acueducto en el sector de Montecarlo Bajo, y lo mismo hizo por su parte la SSPD, que reconoció mediante la resolución 001165 del 3 abril de 1997 a ESPO S.A. ESP como empresa prestadora del servicio (*El Tiempo*, 2008).

Posteriormente, Ceaimba fue favorecido por sentencia proferida el 9 de julio del 2001 por el Juzgado Cuarto Civil del Circuito de Villavicencio, Meta, conforme a la cual se ordenó a ESPO S.A. ESP hacer entrega real y material de la coadministración del acueducto del sector Montecarlo Bajo al comité. Lo ordenado por dicha sentencia

fue cumplido mediante diligencia de entrega de la coadministración, realizada el 7 de octubre del 2003 por la Inspección de Policía de Ciudad Porfía, Villavicencio, acto contra el cual cursó una solicitud de nulidad interpuesta por ESPO S.A. ESP de la diligencia de entrega, así como un recurso de apelación contra el rechazo a la oposición a la entrega. ESPO S.A. ESP aclaró que Ceaimba reclamó la propiedad del acueducto del sector de Montecarlo Bajo dentro del trámite del proceso liquidatorio, reclamación que fue negada mediante acto administrativo debidamente motivado, proferido por el liquidador. La resolución contra la que Ceaimba interpuso recurso de reposición fue resuelta confirmando la decisión inicial, pues contra esta no se interpuso acción de nulidad y se dio el restablecimiento del derecho dentro del término oportuno (*El Tiempo*, 2008).

Mediante Resolución SSPD 007099 del 20 de septiembre de 1999 se intervino la empresa de servicios públicos ESPO S.A. ESP y con resolución SSPD 03535 del 11 de marzo del 2002 se ordenó su liquidación;

Sin embargo, ante la negación en el 2003 de una tutela la ESPO apeló, estando ya en proceso de liquidación a cargo de la Superintendencia de Servicios Públicos; por lo cual Ceaimba acudió ante el Tribunal Superior de Villavicencio, quien en septiembre de 2008 le ordenó al Juzgado Cuarto hacer cumplir su propio fallo de 2001.

Por ello la Juez Cuarta del Circuito, Gloria Stella Montenegro, ordenó el pasado 31 de octubre a la ESPO en liquidación, hacer la entrega real y material de la administración del acueducto del sector Montecarlo Bajo al gerente del acueducto Ceaimba, Carlos Eduardo Vanegas, tal como lo había dispuesto la sentencia que el mismo Juzgado había proferido en julio de 2001.

Además, la Juez Cuarta ordenó al agente liquidador de la ESPO pagar a Ceaimba 70 millones de pesos por perjuicios moratorios y otros 4.220 millones de pesos como perjuicios compensatorios, que deberá cancelar dentro de los diez días siguientes a la notificación personal que haga el agente liquidador. (*El Tiempo*, 2008).

Sin embargo, a la fecha ESPO S.A. ESP en liquidación sigue siendo la única entidad reconocida por la SSPD para la prestación del servicio de acueducto en el sector de Montecarlo Bajo de Villavicencio.

6.4.2 Aspectos institucionales y legales

La ESPO S.A. ESP en liquidación (NIT 892002672-5) es una empresa privada creada inicialmente como Urbanizadora del Oriente Ltda., el 11 de julio de 1984, para la prestación del servicio de acueducto en el sector de Montecarlo Bajo de la Comuna 8 de Villavicencio. Su sede administrativa está ubicada en la Manzana H, Casa N.º 4 de la urbanización Caminos de Montecarlo.

Se encuentra inscrita ante la SSPD con ID 829 y la fecha de última actualización del RUPS fue el 20 de febrero de 2009. Mediante resolución SSPD 007099 del 20 de septiembre de 1999 se intervino la empresa, y con resolución SSPD 03535 del 11 de marzo del 2002 se ordenó su liquidación.

La empresa ha reportado a la fecha información parcial acerca de los aspectos financiero, comercial y técnico en el Sistema Único de Información (SUI) hasta abril del 2008. A la fecha de corte, 3 de abril del 2008, está pendiente de reportar al SUI 293

reportes, que representan la mayoría de la información solicitada de acuerdo con el siguiente detalle (tabla 91):

Tabla 91. Estado de cargue de información de ESPO S.A. ESP al Sistema Único de Información

Año	Comercial	Financiero	Técnico	Total Resultado
2002	2	5	4	11
2003	13	5	3	21
2004	15	1	44	60
2005	11	3	48	62
2006	8	5	40	53
	12			12
2007	10	3	36	49
	9	6		15
2008	5			5
	3	2		5
Total	88	30	175	293

Fuente: SSPD (2008).

En la actualidad, ESPO S.A. ESP presta el servicio a una población cercana a los 23 490 habitantes, de 44 barrios de la comuna 8 de Villavicencio, representados en 4 910 suscriptores formales y cerca de 852 usuarios clandestinos.

No obstante el reconocimiento del prestador que hace la SSPD, la caracterización de algunos predios de usuarios del sistema como ilegales, la no existencia de una estructura de tarifas conformes con la normativa vigente y el suministro de agua no potable, entre otras aspectos, son circunstancias que han determinado para los suscriptores del servicio de acueducto el no ser sujetos de subsidios por parte del gobierno municipal de Villavicencio. Según la información reportada al SUI hasta abril del 2008, todos los suscriptores del servicio de acueducto pertenecen al estrato 1.

6.4.3 Aspectos administrativos

De conformidad con el reporte al SUI de los aspectos administrativos en vigencia del 2007, ESPO S.A. ESP reporta una planta de diez empleados: para la operación del sistema cuenta con cinco operarios entre fontaneros y valvuleros, y un ingeniero operativo, el resto del personal pertenece al área administrativa (SSPD, 2008).

De esta manera, para la prestación del servicio de acueducto ESPO S.A. ESP cuenta con diez funcionarios para cerca de 5 762 suscriptores y usuarios, existiendo, por lo tanto, una relación de 1,74 funcionarios por cada 1 000 usuarios.

6.4.4 Aspectos comerciales

Según la información emitida por ESPO S.A. ESP, la empresa cuenta con 4910 suscriptores formales y 852 clandestinos establecidos en 44 barrios del sector Montecarlo Bajo, tal como se observa en la tabla 92. El Informe de Evaluación Integral de ESPO S.A. ESP, preparado en mayo del 2008 por la SSPD (Huertas, 2009) reporta cerca de 780 usuarios de invasión clasificados como clandestinos; se estima que en el 2009 este número se incrementó aproximadamente a 852, y según información suministrada por la empresa, corresponden a usuarios de invasión de la urbanización Nuevo Amanecer.

En la tabla 92 se muestran los usuarios registrados hasta agosto del 2006 en los diferentes estratos, los cargos tarifarios y la facturación mensual estimada, establecida para un consumo definido de 20 m³/usuario/mes, ya que no existe micromedición.

Tabla 92. Suscriptores, cargos y facturación de ESPO S.A. ESP

Estrato	Cantidad	Tarifas en \$/mes			Total facturado al estrato en \$/mes
		Cargo fijo	Consumo	Total individual	
3	2 314	3 731	9 426	13 157	30 445 298
2	1 766	2 052	9 426	11 478	20 270 148
1	486	1 865	9 426	11 291	5 487 426
Clandestinos estimados	780	–	–	–	–
Totales	5 346				56 202 872

Fuente: SSPD (2008).

De acuerdo con información suministrada a la fecha de corte 30 de abril del 2009, se reporta para el periodo enero-febrero un valor total facturado total de \$115 037 215, es decir \$57 518 607 mensuales; de este valor facturado en el bimestre se recaudaron \$2 728 695, por lo que se establece un muy bajo índice de recaudo del 2,37%, el cual es consecuencia del litigio entre ESPO S.A. ESP y Ceaimba por la propiedad y la operación del sistema, entidades que como se indicó anteriormente, facturan paralelamente el servicio de acueducto a los suscriptores. Esta situación ha comprometido la viabilidad financiera del operador, pues los usuarios no saben a quién pagar (unos le pagan a ESPO S.A. ESP y otros a Ceaimba), mientras que la mayoría ha decidido no pagar (tabla 93).

Cabe resaltar que la SSPD sancionó a Ceaimba a través de la resolución 1940 de junio del 2004, por incumplimiento a la ley 142 de 1994, por presunto cobro de servicio no prestado.

Tabla 93. Reporte de facturación y recaudo del primer bimestre de 2009, ESPO S.A. ESP

SERVICIOS PUBLICOS		FECHA: 2009/04/30		
DEL RECAUDO GENERAL POR BARRIO DEL PERIODO		MES/09 PERIODO SIGUIENTE		
NOMBRE DEL BARRIO	MDS FACT	TOTAL FACT	MDS PAG TOTAL PERIODO	
01 MERASATRAS	98	\$2,555,018	2	\$35,000
02 AVEN. ACACIAS	32	\$565,680	0	
03 B. PLAYA RICA	33	\$661,475	1	\$131,130
04 NVA FUNDACION	42	\$1,281,020	0	
05 VILLA EDISON	44	\$933,944	0	
06 LA ISLA	91	\$3,459,832	14	\$126,379
07 COM. BARR. MONT.	221	\$5,543,764	1	\$22,184
08 LA TIQUANA	42	\$1,627,192	0	
09 CANTONAL	650	\$24,379,114	1	\$22,000
10 TIPO HORIZONTE	115	\$7,226,134	4	\$45,575
11 NUBVA JORNALISMO	110	\$2,266,471	14	\$23,746
12 SAN JORGE	251	\$5,433,073	2	\$15,940
13 F. NVO HORIZONTE	111	\$2,845,446	0	
14 GUAYABE	239	\$7,176,138	3	\$88,914
15 EL PASADU	44	\$1,319,742	1	\$161,210
16 LA FUCHIAS	104	\$2,485,533	11	\$116,100
17 MARIA PAZ	80	\$1,163,010	0	
18 SAN JORGE 4	163	\$1,720,634	2	\$45,660
19 SAN JORGE 5	114	\$2,952,760	2	\$17,359
20 FONTALES SAN	20	\$522,004	0	
21 VILLA LOS OTO	124	\$2,722,518	4	\$14,589
22 VILLA MARINA	95	\$2,092,799	0	
23 BLANCO SANTAN	119	\$1,080,923	0	\$87,160
24 SANTILLANA	50	\$1,475,166	0	
25 CAN. JUSTICIA	141	\$3,790,653	3	\$392,172
26 DIVINO NIÑO	42	\$1,236,223	2	\$116,929
27 VILLA MILANA	76	\$1,582,953	10	\$210,860
28 ALTOS DEL CUNT	213	\$5,432,961	0	\$81,721
29 POR. SAN JORGE	12	\$331,492	0	
30 SAN JORGE	58	\$1,618,794	0	
31 C. CARRONVADO	316	\$6,315,224	0	
32 JORNAL CAMPESIN	28	\$710,625	1	\$26,116
33 LOS ALPES	18	\$473,853	1	\$28,314
34 OBR. N. NUBVA	15	\$375,358	0	
35 CASERA DE SANTE	103	\$2,710,342	0	
36 MONTEMAR	93	\$2,447,202	0	
37 LA PALMERA	54	\$1,389,276	1	\$78,666
38 BARRETIAS DE MO	44	\$1,066,116	0	
39 LAS MARGARITAS	21	\$552,594	0	
40 LAS MARGARITAS	66	\$1,788,479	0	
41 LA FLORIDA	132	\$2,752,733	10	\$215,494
42 NUBVA SAN JORGE	17	\$190,065	1	\$26,116
43 GUAYABE II	92	\$2,024,098	41	\$447,012
44 CIUDAD DEL CMH	1	\$76,518	0	
TOTAL FACTURADO	4910	\$115,977,215	201	\$2,728,490

Fuente: ESPO S.A. ESP.

Los procesos de facturación se realizan directamente en la sede administrativa y la distribución de facturas se subcontrata; en la misma sede se atienden las peticiones, quejas y reclamos (PQR) sin que se lleven estadísticas de estas.

No se conocieron estudios o análisis juiciosos de tarifas que permitieran llegar a la estructura presentada en la tabla 92; por lo que se presume que no se acogen los lineamientos y metodologías establecidas por la CRA en relación con la definición de estructuras tarifarias para prestadores de menos de 8000 suscriptores (Resolución 287 del 2004).

El proceso de facturación se hace en períodos bimestrales, en un solo ciclo para todos los suscriptores del servicio; la base comercial, la liquidación y la emisión de facturas, así como el control de pagos y deudas, se realiza a través de un software comercial adquirido por ESPO S.A. ESP.

6.4.5 Aspectos financieros

Como se indicó, el bajo índice de recaudo del 2,37%, consecuencia del litigio sostenido entre ESPO S.A. ESP y Ceaimba, entre otros factores, ha provocado la inviabilidad financiera del prestador. Es así que partir del análisis de la información comercial y de los cargos aplicados mensualmente se estima que potencialmente ESPO S.A. ESP factura cerca de \$115 037 215 cada bimestre, es decir \$690 223 290 al año; no obstante el recaudo bimestral asciende a cerca de \$2 728 695.

Según el reporte de información del SUI, el activo corriente de ESPO S.A. ESP para la vigencia del 2007 asciende a \$2 610 079 302, donde los deudores representan \$ 1 142 894 080 (43,79%) y \$1 447 496 491 (57,46%) corresponden a otros activos; de igual manera, para el mismo año el pasivo corriente ascendió a \$1 672 614 089, del cual las cuentas por pagar ascienden a \$1 216 852 715, equivalentes al 72,75%; de esta manera, sin considerar dentro del activo corriente las cuentas por cobrar de más de 180 días, por valor de \$1 142 894 080, se determina un índice de liquidez ajustado de 0,88 en consideración con lo establecido en la Resolución CRA 315 del 2005.

En términos de indicadores financieros de primer nivel, de conformidad con lo establecido en la Resolución CRA 315 del 2005 para prestadores de más de 2500 y hasta 8000 suscriptores, se calculan los siguientes indicadores para la vigencia del 2007:

Liquidez ajustada = $0,88 < 1,1$ (desempeño de nivel inferior)

Eficiencia de recaudo = $2,37\% < 85\%$ (desempeño de nivel inferior)

De acuerdo con los resultados obtenidos, se establece que los indicadores financieros de ESPO S.A. ESP se encuentran en un nivel inferior de desempeño.

Parte 3

Calidad del agua



Quebrada Caño Grande, Villavicencio.

Docente investigadora
Carolina Ospina

1. Introducción

.....

Para el desarrollo de todas las actividades humanas y de los procesos ecosistémicos es necesario contar con una cantidad suficiente de agua para que estos se conserven; sin embargo, la cantidad no es la única dificultad.

El agua que se extrae directamente de sus fuentes naturales (ríos, quebradas o lagos) todavía no es apta para el consumo humano, sino solamente para usos agrícolas de riego o industriales. Pero ¿qué hace que el agua no sea apta?

Recordando el ciclo hidrológico, además de cambios físicos (evaporación, condensación, solidificación), conocemos que los componentes del agua pasan por cambios químicos y biológicos al atravesar algunas capas de suelo, al entrar en contacto con aire contaminado o simplemente por su aprovechamiento en actividades humanas; es decir, cambian las sustancias químicas y los organismos disueltos en el agua, por lo tanto, cambia su calidad y, como consecuencia, los usos.

Entonces, la calidad del agua se refiere a las características específicas físicas, químicas o biológicas, que permiten que el agua sea empleada en ciertos usos. Un ejemplo de lo anterior se aprecia cuando se extrae agua de un pozo subterráneo: si es de color rojizo, no será usada en el lavado de ropa (porque causaría manchas), mientras que sí podría usarse sin ningún problema inmediato en un inodoro. Así, el lavado de ropa y el uso sanitario requieren de calidades de agua diferentes.

Para el caso de las fuentes superficiales, la calidad además variará con la época del año, ya que en las épocas secas los contaminantes se concentrarán y en época lluviosa se diluirán. Sin embargo, en la época lluviosa también pueden aumentar algunos parámetros como la turbiedad y el color, debido a que la fuerza de las aguas arrastrará arenas y arcillas que incrementarán sus valores.

Por todo lo anterior, se deduce que no es solo importante para las actividades humanas contar con una cantidad de agua suficiente, sino también contar con la calidad adecuada.

2. Marco legal

A continuación, se presenta un resumen de las normas aplicables para los usos del agua y su calidad (tabla 94).

Tabla 94. Normatividad para los usos del agua y su calidad

Norma	Descripción
Decreto 1541 de 1978	Concesión de agua y permiso de vertimientos.
Decreto 1594 de 1984	Ordenamiento del recurso, tipos de uso del agua, criterios de calidad para la destinación del recurso, concesiones de agua, objetivos de calidad, permiso de vertimientos.
Decretos 901 de 1997, 3100 de 2003, 3440 de 2004	Se reglamenta la tasa retributiva por vertimientos puntuales.
Resolución 1433 de 2004	Reglamentación de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos.
Resolución 1287 de CRA 2004	Metodología para regular el cálculo de los costos de prestación de los servicios de acueducto y los permisos de vertimiento, planes de cumplimiento y estudios de caracterización de vertimientos puntuales.
Decreto 1575 y Res 2115 de 2007	Criterios y límites permisibles de los parámetros que definen la calidad del agua para consumo humano.
Acuerdo 001 de 2007 de Cormacarena	Se definen la meta global de reducción de carga contaminante por vertimientos puntuales y las metas individuales o sectoriales asociadas a los tramos definidos de los ríos Ocoa, Guatiquía y Guamal, durante el periodo 2007-2001 para DBO ₅ y SST.
Resolución 2.6.07.054 de 2007 de Cormacarena	Se comunica a los representantes legales de los municipios o las empresas prestadoras de servicios públicos de alcantarillado o quien haga sus veces, que a partir de la fecha se cobrará la tarifa mínima de la tasa retributiva por vertimientos puntuales

Fuente: elaboración propia.

De las anteriores normas, la más exigente corresponde al decreto 1575 de 2007, correspondiente al agua potable o para consumo humano, donde se define que esta es la que "... se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal", y que deberá cumplir con una serie de valores de ciertos parámetros para que no produzca efectos adversos a la salud.

Entonces, si se desea que el agua de una fuente natural sea apta para el consumo humano, deberá pasar por un tratamiento que permita cumplir con las características especiales para hacerla potable; entendiendo "tratamiento" como las acciones físicas, químicas o biológicas que se ajusten a los requerimientos.

El grado de ese tratamiento dependerá de la calidad con la que sea captada el agua; es decir, el agua de un nacimiento en un páramo donde no hay ningún tipo de influencia

humana requerirá menos tratamiento que agua captada en un río, luego de su paso por un centro poblado que vierte sus aguas residuales allí.

Ahora, para el caso de las aguas residuales, se debe tener en cuenta que el agua en las fuentes superficiales tiene una cadena de usuarios, en donde los primeros usuarios deben entregar el agua en ciertas condiciones, de tal manera que permitan a los siguientes hacer uso de esa agua con las mismas facilidades que los anteriores.

Por esta razón, es necesario el esfuerzo para garantizar el derecho al uso del agua de todos los usuarios, la normatividad¹⁵ presenta un mecanismo denominado tasa retributiva, en donde la autoridad ambiental hará el cobro de una tasa cuyos dineros serán destinados a proyectos de inversión en descontaminación hídrica y monitoreo de calidad de agua. Por lo tanto, entre menos contaminante sea una descarga, menor valor será cobrado y menos inversión será requerida para su descontaminación.

Dicha reducción en el cobro se logra con el tratamiento de las aguas residuales; es decir, luego de usada el agua, también deberá ser sometida a tratamiento para garantizar que esté disponible para otras personas y para el ecosistema, evitando la propagación de enfermedades, malos olores, pérdida de especies, etc.

3. Estado actual de la calidad del agua

3.1 Parámetros de calidad del agua

Para poder determinar de manera aproximada la calidad del agua se tienen en cuenta ciertas mediciones de algunos parámetros que sirven como indicadores. A continuación, se explican brevemente algunos de ellos.

- **pH:** representa la cantidad de iones H⁺ presentes en el agua. Su escala va de 0 a 14 y permite determinar si una sustancia es ácida, neutra o básica. Se considera que una sustancia es ácida si el pH está entre 0 y 6; es neutra si es de 7 y básica, si está entre 8 y 14. Por lo general, las aguas naturales tienen un pH en el rango de 5 a 9.

Las variaciones en el pH en los cuerpos de agua se deben principalmente a:

- Vertimiento de aguas residuales con pH extremos
- Suelos con contenidos minerales básicos o ácidos
- Fotosíntesis y respiración

- **Temperatura:** es un indicador de los cambios en la energía calórica del agua. Por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos y la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Factores como vertimientos y cambios en la radiación solar pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. Las unidades de expresión de la temperatura son los grados Celsius (°C).

- **Conductividad eléctrica:** es una medida de la capacidad del agua para transmitir una corriente eléctrica y depende de la cantidad de iones en el agua y de la temperatura. Entre más sustancias haya disueltas en el agua y mayor temperatura, la conductividad también aumenta. Por lo tanto, también es un indicador de contaminación. Se expresa en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

¹⁵ Decretos 901 de 1997, 3100 de 2003 y 3440 de 2004

- **Oxígeno disuelto (OD):** el oxígeno entra en el agua principalmente del aire por acción del viento de turbulencia o por fotosíntesis, tanto de algas como de las plantas que puedan existir en el cuerpo de agua. Cuando existe abundante cantidad de materia orgánica (plantas muertas, heces, animales muertos, etc), el crecimiento de las bacterias descomponedoras aumenta y, como consecuencia, los niveles de oxígeno disuelto dentro de la masa de agua se reducen rápidamente porque estas lo consumen para la degradación de esa materia orgánica. Por lo tanto, los niveles bajos o la ausencia de oxígeno en el agua, puede indicar contaminación elevada. Se expresa en miligramos de oxígeno por litro ($\text{mg O}_2/\text{l}$).
- **Demanda química (DQO) y demanda biológica (DBO) de oxígeno:** se refiere a ensayos de laboratorio que permiten determinar la cantidad de oxígeno requerido para la degradación de la materia orgánica presente en el agua. En el primer caso, DQO, el ensayo se realiza con sustancias químicas y en el segundo, DBO, se realiza con los mismos organismos que trae el agua más unos nutrientes. Como existen sustancias que son resistentes a la degradación biológica, pero no a la degradación química, la DQO siempre será mayor que la DBO, por lo cual estos parámetros generalmente se analizan en paralelo. Entonces, entre mayor consumo de oxígeno haya para una muestra de agua, más materia orgánica hay en ella y, por lo tanto, mayor contaminación. Se expresan en miligramos de oxígeno por litro ($\text{mg O}_2/\text{l}$).
- **Bacterias coliformes:** son una familia de bacterias que viven en el tracto gastrointestinal de los mamíferos. Se dividen en “totales” y “fecales”. La presencia de totales en el agua es un indicador de que existe una alta probabilidad de contaminación por heces fecales, ya sean de seres humanos o de animales; sin embargo para confirmar este hecho, se analizan las muestras para verificar la presencia de coliformes fecales. Las unidades en las que se expresan los resultados de los análisis de coliformes dependen de la técnica de laboratorio utilizada y pueden ser: número más probable por cada 100 mililitros de agua (NMP/100 ml) o unidades formadoras de colonias por cada mililitro de agua (UFC/ml).

3.2 Quebrada Caño Grande y vertimientos

3.2.1 Quebrada Caño Grande

La quebrada Caño Grande, además de los servicios ecosistémicos que presta, es fuente de abastecimiento de agua para consumo de las comunidades ubicadas en sus márgenes. Por lo tanto, es importante conocer el estado de sus aguas con el fin de determinar el tipo de agua que están captando los acueductos veredales.

Sobre esta quebrada se realizaron dos jornadas de análisis de muestras puntuales, lo que implica que los resultados dan una idea de las características del agua solo en el momento en el cual fueron tomadas dichas muestras. En las tablas 95 y 96 se presentan los resultados de dichos análisis.

Es importante aclarar los siguientes puntos sobre las jornadas de análisis: estas fueron realizadas en época de baja precipitación y en temporada lluviosa. Adicionalmente, en la segunda jornada, además de los datos sobre el río, se tomaron datos directamente de dos vertimientos de alcantarillado. Por último, hay que mencionar que los parámetros de coliformes, DQO y DBO¹⁶ fueron analizados en el laboratorio de la

¹⁶ Técnicas utilizadas: Coliformes Placas Petrifilm™ 3M para el recuento de E. coli/Coliformes; DBO5 (Standard Methods 5210-B) y DQO (Standard Methods 5220 C).

Universidad Central, los demás fueron medidos en campo con una sonda multiparámetros YSI 556 MPS.

Tabla 95. Resultados de las jornadas de análisis de febrero 23 y 24 de 2009 (datos tomados sobre la corriente de Caño Grande en época de baja precipitación)

Punto	1	2	3	4	5	6
Parámetro						
Temperatura °C	22,59	22,57	22,87	23,12	23,39	24,02
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	327	322	272	258	266	296
O.D. $\text{mg O}_2/\text{l}$	7,92	7,88	8,11	7,43	7,25	6,27
pH, unidades	7,53	7,57	7,87	7,64	7,3	7,18
DQO $\text{mg O}_2/\text{l}$	<40	<40	<40	<40	48	80
Coliformes (UFC/ml)	18	15	10	78	94	>100

Punto 1: Parte alta

Punto 2: 100 metros antes de la Bocatoma del acueducto Playa Rica

Punto 3: 20 metros antes del inicio de la zona urbana de Playa Rica

Punto 4: Inicio de la zona de descargas de Playa Rica

Punto 5: Intermedio en zona de descargas en Playa Rica

Punto 6: Final zona de descargas (debajo del puente vehicular)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 96. Resultados del muestreo del 9 de julio de 2009 (datos tomados sobre la corriente de Caño Grande en temporada lluviosa)

Punto	1	2	3	4
Parámetro				
Temperatura, °C	24,07	24,06	24,06	24,18
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	181	180	192	183
O.D. $\text{mg O}_2/\text{l}$	8	8,18	7,92	7,94
pH, unidades	6,45	6,84	6,19	6,19
DBO5, $\text{mg O}_2/\text{l}$	0,21	2,22	0,68	4,56
DQO $\text{mg O}_2/\text{l}$	<40	73,6	<40	61,6
Coliformes totales (UFC/ml)	0	66	177	1×10^8
Coliformes fecales (UFC/ml)	0	8	24	1×10^8

Punto 1: Antes de vertimiento del barrio Villa Lorena*

Punto 2: Después de vertimiento de Villa Lorena*

Punto 3: Antes de vertimiento Playa Rica*

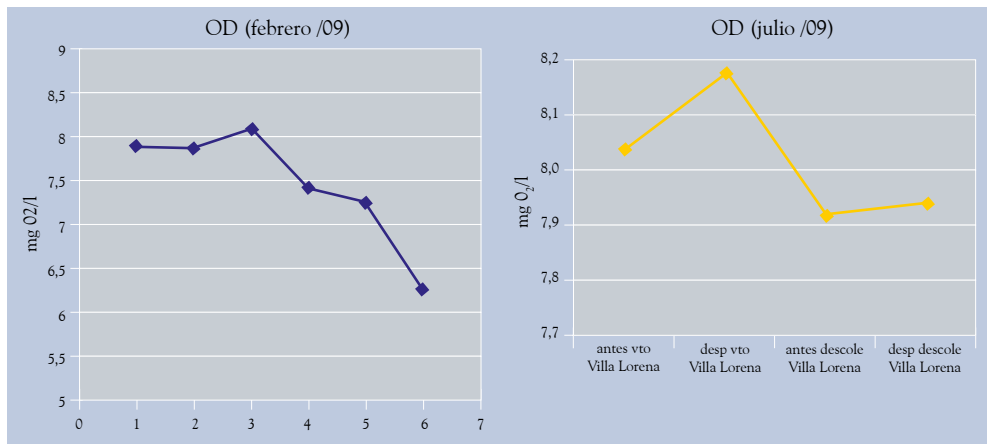
Punto 4: Después de vertimiento Playa Rica*

* Muestras tomadas sobre la margen izquierda de Caño Grande.

Fuente: elaboración propia.

Expresando gráficamente los resultados (figura 59), en especial el de OD en época de baja precipitación, se puede observar cómo la afectación de los vertimientos es casi inmediata entre los puntos 3 y 4; el OD empieza su reducción apenas se encuentran las primeras descargas de aguas residuales. Mientras que para el caso de la temporada lluviosa (julio/09), las variaciones son apenas de 0,26 mg/l entre un vertimiento y las aguas abajo de este, lo que es de esperarse debido a la torrencialidad de Caño Grande, que promueve una alta aireación del agua.

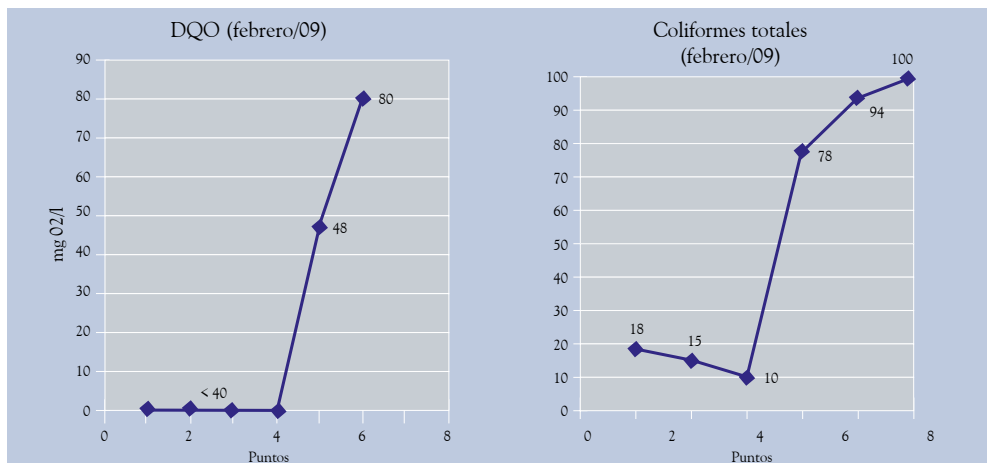
Figura 59
Representación gráfica de OD



Fuente: elaboración propia.

Siguiendo con el análisis para época seca (febrero/09), se observa que con la disminución de OD, se tienen el aumento de la DQO y de coliformes totales a partir del punto 4 y 5, respectivamente, siendo claros indicadores de aumento en la contaminación por aguas residuales, además de los malos olores percibidos desde estos puntos y hasta el punto 6.

Figura 60
Representación gráfica de DQO¹⁷ y coliformes¹⁸



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la figura 60, se observa que desde el punto 4 al 6 hay un aumento del 50% en la concentración de materia orgánica, y aunque son valores bajos, el riesgo de enfermedades es el principal factor de preocupación. El aumento en las coliformes a partir del punto 4 (aproximadamente un 80% mayor que en el punto 1) es de importancia, ya que indica que las aguas residuales vertidas en este punto, efectivamente provienen de las viviendas y han estado en contacto con heces fecales, por lo cual los usos deben ser más restringidos, en especial el de consumo de agua, tanto para humanos como para animales.

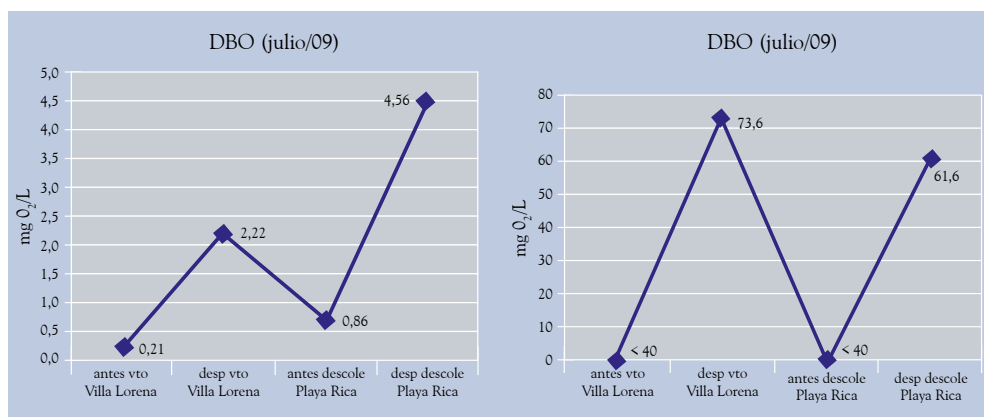
¹⁷ Para efectos de representación de los datos en forma gráfica, la DQO para los puntos 1 a 4 se representa como 0 mg/l, pero lo que se quiere indicar es que este parámetro es menor al límite de detección de la técnica utilizada en laboratorio, el cual es de 40 mg/l.

¹⁸ Para efectos de representación de los datos en forma gráfica, el valor de coliformes totales del punto 6 se representa con un valor de 100 UFC/ml. Sin embargo, el resultado de laboratorio es mayor a 100 UFC/ml.

Si alguna comunidad ubicada río abajo consume esta agua sin tratamiento, aumenta el riesgo de contraer enfermedades, ya que los organismos patógenos pueden sobrevivir en el agua hasta 90 días.

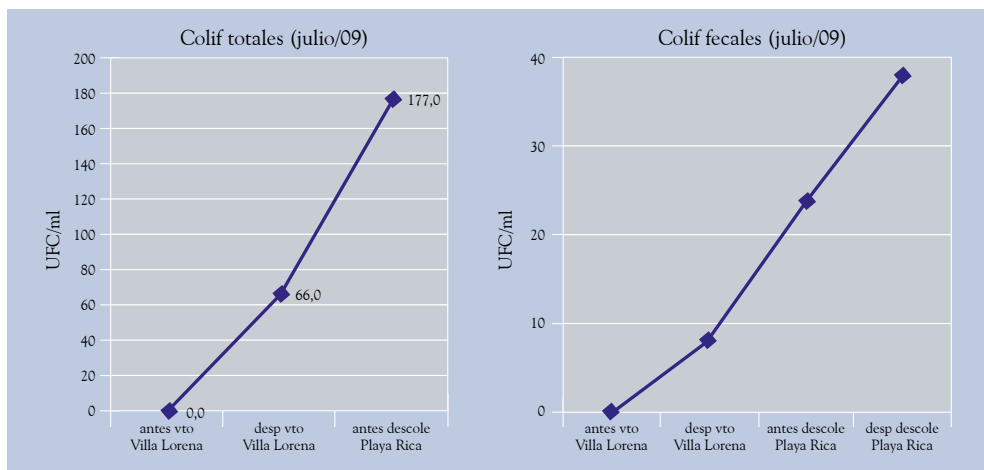
Retomando el análisis de los datos en temporada lluviosa (figura 61), para DBO₅ y DQO es notoria la influencia de los vertimientos sobre el río; es decir, que estos parámetros aumentan luego de recibir las descargas de aguas residuales. Sin embargo, estos datos siguen siendo bajos y aún más por el efecto de dilución en época de lluvias. No obstante, nuevamente hay que tener en cuenta el riesgo desde el punto de vista microbiológico, ya que los análisis microbiológicos fueron positivos para coliformes totales y fecales (figura 62).

Figura 61
Representación gráfica de DBO y DQO¹⁹



Fuente: elaboración propia.

Figura 62
Coliformes totales y fecales²⁰



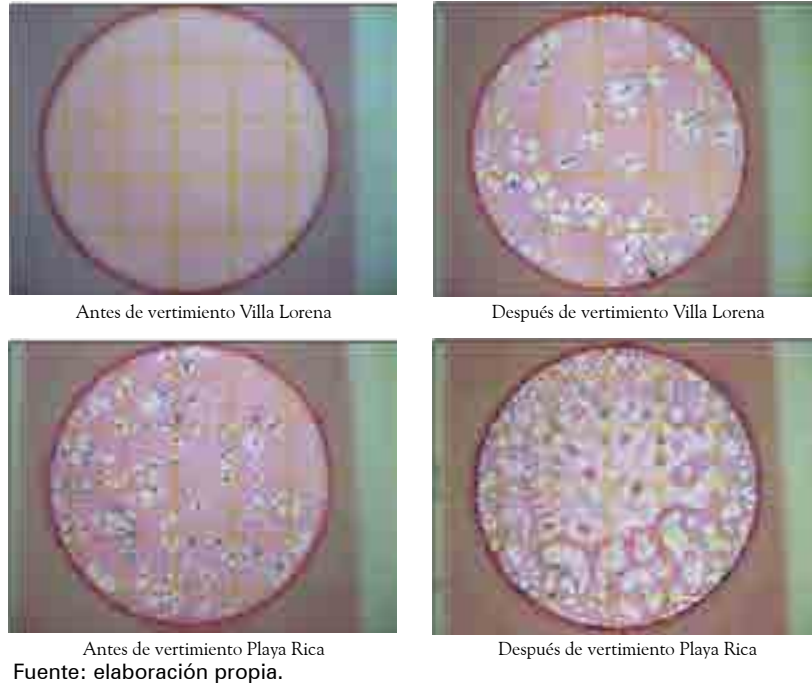
Fuente: elaboración propia.

¹⁹ Para efectos de representación de los datos en forma gráfica, la DQO para los puntos “antes de vertimiento Villa Lorena” y “antes de descole Playa Rica” se representa como 0 mg/l, pero lo que se indica es que este parámetro es menor al límite de detección de la técnica utilizada en laboratorio, el cual es de 40 mg/l.

²⁰ El punto correspondiente a “después de descole de Playa Rica” no es graficado, pues es un valor muy alto (1x108), que hace perder la escala de los datos anteriores

En la foto 25 se pueden observar las imágenes de los resultados del análisis de coliformes, en donde los puntos rojos con burbujas representan las coliformes totales y los puntos oscuros azules con burbujas, representan las colonias de coliformes fecales.

Foto 25
Resultado de análisis de coliformes²¹



Fuente: elaboración propia.

3.2.2 Vertimientos

En la jornada de julio 9 se tomaron muestras directamente de dos vertimientos denominados Villa Lorena y Playa Rica, correspondientes a descargas del alcantarillado de los barrios del mismo nombre.

En la tabla 96 se presentan los resultados de los análisis realizados.

Tabla 97. Resultados de los análisis de vertimientos (julio 9)
tomados en temporada lluviosa

Punto	1	2
Parámetro		
Temperatura, °C	23,84	24,87
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	48	210
O.D. $\text{mg O}_2/\text{l}$	7,7	4,13
pH, unidades	5,7	6,14
DBO5, $\text{mg O}_2/\text{l}$	10,65	31,47
DQO $\text{mg O}_2/\text{l}$	< 40	78,4
Coliformes totales (UFC/ml)	1 000	20 500
Coliformes fecales (UFC/ml)	100	5 300

Punto 1: vertimiento de Villa Lorena

Punto 2: vertimiento de Playa Rica

Fuente: elaboración propia.

²¹ Resultados obtenidos usando placas Petrifilm™ 3M para el recuento de E. coli/Coliformes.

Es importante recordar que las muestras fueron tomadas bajo las siguientes condiciones:

- Hora de toma: 12:30 p.m. a 2:00 p.m.
- Temporada lluviosa
- Corresponden a corrientes naturales que reciben las descargas de los alcantarillados de los barrios mencionados.

Los valores de DBO₅ y DQO son muy bajos para los parámetros establecidos para el ámbito nacional, en donde los valores que se consideran como bajas concentraciones son 100 mg O₂/l y 250 mg O₂/l, respectivamente. Es decir, están un 79% y 68,6% por debajo de lo que se consideran valores bajos de dichos parámetros para aguas residuales domésticas urbanas²². Y es posible que estos valores se deban a las condiciones en las cuales fueron tomadas las muestras, en especial las condiciones b y c, ya que es notable el efecto de dilución de las aguas lluvias al ser corrientes naturales y alcantarillados combinados.

Adicionalmente al problema de vertimientos, en especial en el punto de Playa Rica, se presenta una zona de explotación de material junto con una escombrera improvisada en la margen izquierda de Caño Grande.

En las fotos 26 y 27 se puede apreciar el registro fotográfico de los puntos de vertimiento mencionados.

Con respecto al OD, el valor correspondiente a Villa Lorena es adecuado, ya que esta corriente-vertimiento posee alta turbulencia y permite la aireación del agua, caso contrario del descole de Playa Rica, en donde se alcanza un valor 50% menor al valor de OD de Caño Grande. Ahora, con parámetros como las coliformes y la conductividad, es claro que el descole Playa Rica posee en alto porcentaje aguas residuales domésticas, hecho que además se evidenció por el olor y los residuos que el agua transportaba.

Foto 26
Vertimiento Villa Lorena



Vista desde margen derecha de Caño Grande del vertimiento Villa Lorena



Vista frontal del vertimiento Villa Lorena



Desembocadura de vertimiento Villa Lorena en Caño Grande

²² Véase la guía Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales (Ministerio de Medio Ambiente, 2002).

Foto 27
Vertimientos Playa Rica²³



Descarga corriente Playa Rica



Desembocadura descarga Playa Rica en Caño Grande



Escombrera



Vista sumidero de aguas lluvias y tubería de aguas residuales



Vista general sumidero de aguas lluvias²⁴

3.3 Acueducto comunitario Playa Rica

Como fuente alterna de abastecimiento, solo en temporada lluviosa, se tiene la corriente intermitente Caño Lozano (afluente de Caño Grande que discurre justo sobre el costado occidental del desarenador), la cual suministra agua con menor material suspendido si se compara con Caño Grande, debido a su baja torrencialidad; por esa razón, gran parte del agua captada en la bocatoma sumergida en Caño Grande es devuelta a este (foto 28).

²³ Las flechas en las fotografías indican el sentido de flujo del agua

²⁴ La flecha indica el sentido de flujo del agua en tubería enterrada de gres.

Foto 28

Detalle de la válvula de purga de la bocatoma



Lo anterior implica que al desarenador llegan tres tubos, de los cuales dos corresponden a Caño Lozano (foto 29).

Foto 29

Tuberías de alimentación del desarenador



Llegada de tuberías

Detalle tuberías de captación sobre Caño Lozano

Por otro lado, como no hay control sobre el caudal de entrada de estas dos fuentes, se presenta desborde del desarenador, perdiéndose el agua en el terreno aledaño a este tanque.

Foto 30

Desborde del desarenador



Teniendo en cuenta la información anterior, se presentan los resultados de tres jornadas de análisis del agua al desarenador, de los cuales uno corresponde a temporada lluviosa.

Los días 7 y 8 de marzo, y 21 y 22 de noviembre de 2008, se tomaron datos *in situ* en los puntos que conforman el sistema de tratamiento del acueducto y en el grifo de un usuario. Los resultados se muestran en la tabla 97, junto con los valores límites de la norma.

Adicionalmente, se tomaron también datos *in situ* y muestras en la jornada del 9 de julio, tanto en el desarenador como en el grifo de suministro de dos casas de dos usuarios de la red. Los resultados y los valores límite de norma se presentan en la tabla 98.

Tabla 98. Resultados *in situ* (marzo y noviembre de 2008)

Punto muestreado	7 y 8 de marzo de 2008				21 y 22 de noviembre de 2008			
	T (°C)	Conductividad (μS/cm)	TDS (gl)	pH	T (°C)	Conductividad (μS/cm)	OD (mg/l)	pH
Punto de captación	23,8	325	0,211	7,7	23	199	7,2	7,9
Desarenador entrada	23,8	327	0,212	7,8	25	187	5,8	7,9
Desarenador salida	23,9	327	0,213	7	25	188	5,2	7,9
Tanque / desinfección	23,9	316	0,205	7,8	Deja de existir la dosificación de hipoclorito de sodio			
Tanque / distribución	23,3	315	0,205	7,91	25		7,9	7,9

	Colif totales UFC/ml	Dureza(mg/l CaCO ₃)	Alcalinidad(mg/l CaCO ₃)	Turbiedad NTU
Grifo usuario	0	168,13	44,04	3,3
Res 2115 de 2007	0	300	200	2

TDS: sólidos disueltos totales

Fuente: elaboración propia.

Tabla 99. Resultados *in situ* en temporada lluviosa (julio 9 de 2009)

Muestra	T (°C)	OD (mg/l)	CE (μS/cm)	pH	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Acidez (mg/l CaCO ₃)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
Caño alternativo Caño Lozano	22,53	7,8	16	4,21	--	6	--
Caño Grande Tubo Blanco	22,34	7,8	172	7,3	28,16	--	86
2.º compartimento desarenador*	22,3	7,73	48	6,45	0,60	--	24
Salida desarenador	22,2	7,82	68	6,6	10,00	--	34
Casa 1. Janneth Tunjano. Calle 22 sur N.º 58A-93	22,36	8,06	33	6,0	0,40	--	18
Casa 2. Julio Molina. Calle 22 sur N.º 58A-65	23,17	6,88	58	4,6	--	12	22
Resolución 2115 de 2007	n.a.	n.a.	1000	6,5-9,0	200	n.a.	300

No hay dosificación de desinfectante

n.a.: parámetro no considerado por la norma

Coordenadas de entrada al desarenador: 4°06'41.2" N, 73°40'15.8" W

Coordenadas de salida al desarenador: 4°06'41.7" N, 73°40'16.9" W

*Se refiere a la medida y muestra tomada en el compartimento central del desarenador

Fuente: elaboración propia.

Aunque los datos no corresponden a todos los que deben ser evaluados de acuerdo con la normativa, es importante anotar que la conductividad y el pH están dentro de los rangos permitidos, que son $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ y 6,5 a 9,0 unidades de pH, a excepción del registrado en la casa 2 y en el agua de entrada de Caño Lozano. Sin embargo, el efecto del pH causado por Caño Lozano se ve neutralizado por el agua que proviene directamente de Caño Grande.

Es de anotar que para el caso del desarenador en época de baja precipitación (tabla 98), un descenso en el OD de casi $2 \text{ mg}/\text{l}$ representa que este tanque está reteniendo algún tipo de contaminante biodegradable.

En general, el agua de suministro para el barrio Playa Rica cumple con los parámetros de alcalinidad, dureza y turbiedad. Sin embargo, con respecto al análisis bacteriológico, el agua en época no lluviosa aparentemente no genera ningún riesgo para la comunidad. No obstante, con una sola muestra en un solo usuario no se puede generalizar la calidad del agua desde este punto de vista. Esta situación se ve reflejada luego con los datos obtenidos en el muestreo realizado en julio de 2009 (tabla 99), en donde los resultados de los análisis microbiológicos fueron positivos.

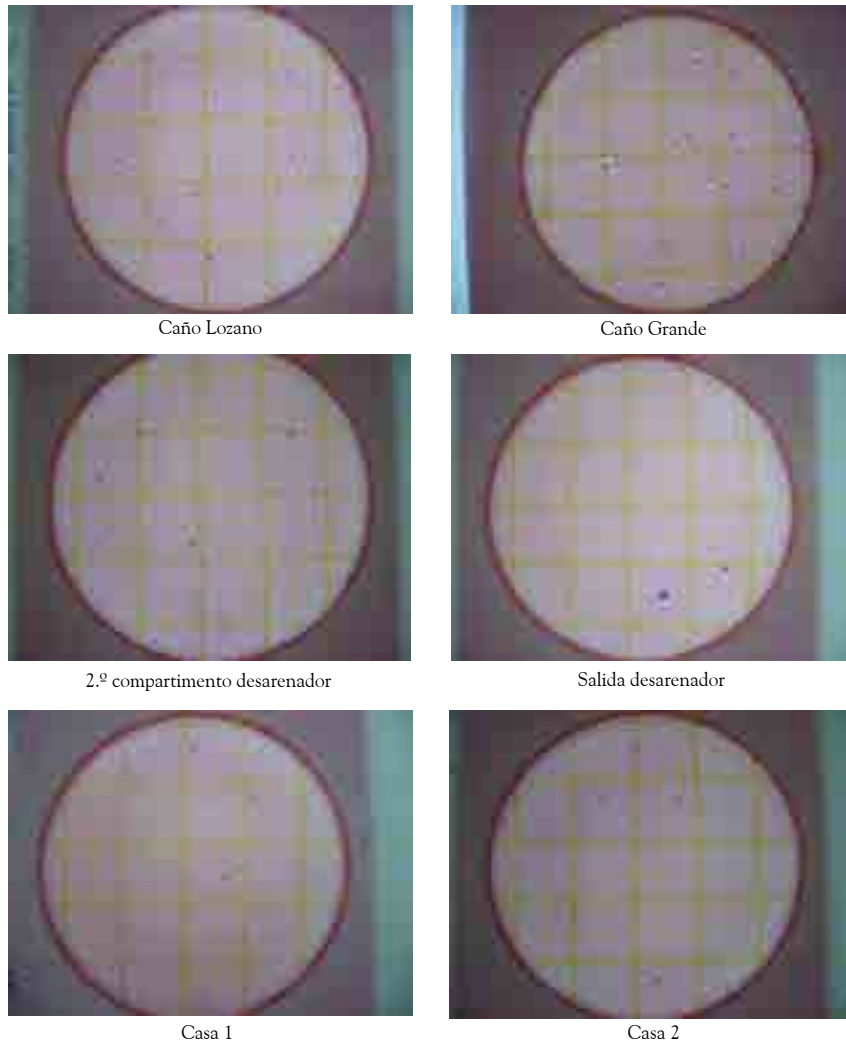
Tabla 100. Resultados del análisis microbiológico para bocatoma y agua de grifo, julio de 2009

Muestra	Colif. totales, UFC/ ml	Colif. fecales,* UFC/ml
Caño alterno. Caño Lozano	18	0
Caño Grande. Tubo Blanco	14	0
2.º compartimento desarenador*	9	0
Salida desarenador	7	1
Casa 1. Janneth Tunjano Calle 22 sur # 58 ^a -93	9	0
Casa 2. Julio Molina Calle 22 sur # 58 ^a -65	5	0
Resolución 2115 de 2007	0	0

* Se refiere a la medida y muestra tomada en el compartimento central del desarenador

Fuente: elaboración propia.

Foto 31
Resultados de análisis microbiológico



Fuente: elaboración propia.

4. Propuestas de mejora

4.1 Esquema del tratamiento de agua para consumo

De forma general, el abastecimiento de agua para consumo humano tiene el siguiente esquema (figura 64):

Figura 64

Esquema generalizado del abastecimiento de agua



Fuente: elaboración propia.

Específicamente, la fase de tratamiento es la que mayores cuidados exige, ya que dependiendo de la eficiencia con la cual se lleve a cabo, se cumplirá o no con la norma de calidad del agua potable.

Este tratamiento deberá comprender básica e idealmente:

- *Desarenación*: en la cual se removerán los sólidos tipo arenas y gravas que sedimentan en un tanque solo por acción de la gravedad. También puede aprovecharse para remover las sustancias y/o elementos flotantes que contenga el agua.
- *Coagulación/floculación*: en esta operación se agrega un químico que permite que las partículas más livianas que las arenas y las gravas sean aglomeradas unas con otras para hacerlas más grandes y removerse más tarde. Para que esta fase sea lo más eficiente posible, deben hacerse pruebas de laboratorio que permitan identificar la cantidad correcta de sustancias químicas que se van a agregar para evitar la sobredosificación o la deficiencia de químico.
- *Sedimentación*: en esta operación las partículas aglomeradas en la coagulación son removidas del agua por acción de la gravedad.
- *Filtración*: es la operación de refinamiento, el agua pasa por una capa generalmente de arena. Las partículas que pasaron de la coagulación, floculación y sedimentación son retenidas en dicha capa.
- *Desinfección*: es el proceso en el cual se agrega una sustancia que elimina los organismos remanentes en el agua. Lo que se busca es la eliminación de aquellos que sean patógenos. Como aquí se hace uso de sustancias químicas, es necesario también hacer pruebas de laboratorio que permitan determinar la dosificación correcta.

Sin embargo, las necesidades de tratamiento dependerán del agua captada y en algunos casos, cuando el agua tiene muy poca turbiedad, se podrá prescindir de la coagulación y sedimentación, ya que puede ser suficiente con la desarenación y la desinfección.

Es necesario recordar que no solo el agua que no tenga turbiedad y microorganismos es apta para consumo. Cuando en el agua hay presencia de algún tipo de materia orgánica imperceptible a simple vista y esta entra en contacto con un desinfectante hecho a base de cloro, se pueden generar trihalometanos, los cuales son sustancias tóxicas, específicamente cancerígenas. Por lo tanto, el tratamiento del agua no solo debe recaer en la desinfección, sino que los tratamientos anteriores deben ser muy efectivos.

4.2 Parámetros de control y otras acciones

Como parámetros de control de la calidad del agua en el abastecimiento de Playa Rica y ciñéndose a la resolución 2115 de 2007, se recomiendan:

- Turbidez
- Ensayo de jarras para la obtención de la dosis de coagulante necesaria en caso de que así sea requerido.
- pH
- Cloro residual libre²⁵

²⁵ Aquella porción que queda en el agua después de un periodo de contacto definido con un desinfectante; es decir, el cloro que se puede detectar aun en las redes de abastecimiento.

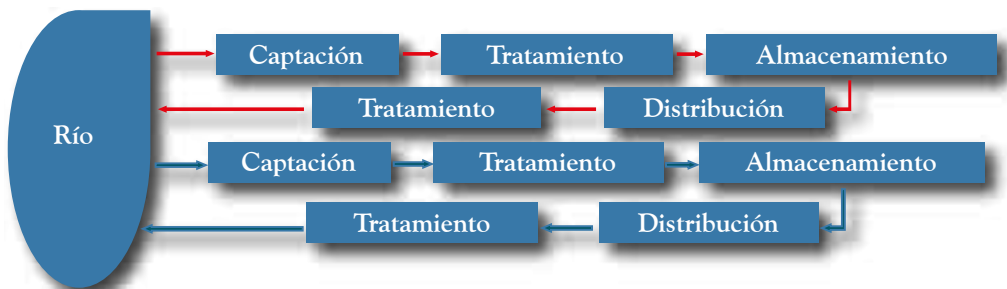
- Curva de demanda de cloro: permite la determinación de la dosificación adecuada de cloro en la desinfección.
- Análisis de coliformes totales y *Escherichia coli*²⁶ a la salida del sistema.

Es prioritario entender que no solo de la fase de tratamiento dependerá el mantenimiento de la calidad del agua a la salida del mismo, ya que si se tiene un almacenamiento deficiente, con un tanque en malas condiciones y una red de distribución en la cual el agua tratada puede entrar en contacto con contaminantes, es trabajo perdido el hacer un tratamiento exigente y adecuado en la planta de tratamiento.

Adicionalmente, es importante contar con el cuidado preventivo, que no solo comprende el conservar los bosques en los nacimientos, sino una responsabilidad con el manejo de las aguas residuales, tanto de origen doméstico como de origen agropecuario.

La gestión posconsumo o de las aguas residuales es clave para los usuarios de un sistema de abastecimiento aguas abajo, quedando el esquema “ideal” de uso del agua así (figura 65):

Figura 65
Esquema del uso del agua



Fuente: elaboración propia.

Si esta gestión se desarrolla de manera adecuada, los usuarios ubicados río abajo no tendrán que incurrir en grandes inversiones para sistemas avanzados de potabilización, ya que recibirán agua de calidad igual o mejor que los usuarios anteriores. Para esto, es importante que las unidades residenciales posean al menos un sistema *in situ* de tratamiento (del estilo pozo séptico), antes de verter sus aguas residuales a la quebrada Caño Grande.

²⁶ *E. Coli*: indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano.

Parte 4

Construcción de procesos participativos en la microcuenca de la quebrada Caño Grande



Docentes investigadoras

Érika Torrado
Sandra Bautista

1. Introducción

.....

En esta parte se busca recoger los procesos ejecutados en la construcción de espacios para la participación de la comunidad, llevados a cabo en el convenio. Estos procesos se han hecho con el objetivo de que las comunidades se cuestionen sobre sus realidades ambientales y sociales, expresen su visión del territorio, y comiencen a plantear estrategias de acción sobre las realidades que decidan transformar.

Para el desarrollo de estos procesos se trabajaron metodologías que promovieron la participación. Por ello, se utilizaron herramientas como entrevistas semiestructuradas, cartografía social, análisis DOFA, árbol de problemas, historias de la localidad, entre otros. Estas herramientas se encuentran descritas en el documento, al igual que la forma en la cual fueron desarrolladas por la comunidad y los resultados obtenidos. Igualmente se realiza un análisis técnico de las condiciones ambientales y sociales de la microcuenca.

Finalmente, se plantea el programa de ahorro y uso eficiente de agua. En este programa se desarrollaron ejercicios piloto de las actividades programadas en el subprograma de educación ambiental, dirigido a líderes comunitarios, docentes de la institución educativa del barrio Playa Rica y estudiantes de esta misma institución.

2. Guía metodológica para la elaboración de diagnósticos ambientales participativos en Playa Rica

Esta guía presenta las herramientas participativas desarrolladas con la comunidad de la microcuenca quebrada Caño Grande dentro del proyecto “Mejoramiento de las instalaciones del acueducto comunitario de Playa Rica, Villavicencio, Colombia”, financiado por la Alcaldía de Luxemburgo y la ONG luxemburguesa *Enfant's de l'Espoir*, que además es parte integral del presente convenio y cuyos objetivos globales son: 1) mejorar las condiciones de vida de la comunidad de Playa Rica; 2) mejorar la salud de los niños, y 3) reforzar el trabajo comunitario para hacer valer los derechos sobre el agua. Estas herramientas permiten obtener el diagnóstico ambiental participativo, que permitirá establecer las estrategias para el manejo integral de la microcuenca Caño Grande.

2.1 Marco teórico

2.1.1 Diagnóstico ambiental participativo de Playa Rica (DAP-PR)

El diagnóstico participativo es un conjunto de técnicas y herramientas que permite que las comunidades hagan su propio diagnóstico y comiencen a autogestionar su planificación y desarrollo en el manejo del recurso hídrico, del cual satisfacen sus necesidades de agua. Con estas herramientas la comunidad de la microcuenca de la quebrada Caño Grande podrá compartir experiencias y analizar sus conocimientos, a fin de mejorar sus habilidades de planificación y acción en el manejo del recurso hídrico (Expósito, 2003).

La idea es que los propios participantes (habitantes de la microcuenca de la quebrada Caño Grande) analicen su situación y valoren distintas opciones para mejorar el manejo integral de la microcuenca. Se trata de evaluar los problemas y las oportunidades de solución, identificando los posibles proyectos de mejoramiento en torno al manejo del agua y, por ende, de las condiciones de vida de hombres y mujeres que habitan en la de esta microcuenca. La Universidad Central pondrá a disposición las herramientas de autoanálisis y la intervención directa sobre la comunidad será mínima, dado que el objetivo es facilitar a los participantes el desarrollo de las actividades propuestas.

2.1.2 Características del diagnóstico participativo (DP)

La teoría y práctica del diagnóstico participativo varían mucho aún el contexto en que se usan. Sin embargo, tiene algunas características comunes:

- Es un proceso de investigación y recolección de datos, que pretende incluir las perspectivas de todos los grupos de interés integrados por los hombres y las mujeres de la zona.
- Impulsa hacia un cambio en los roles tradicionales del investigador y los investigados, ya que ambos participan en la determinación de cuáles y cómo recolectar los datos; es un proceso de doble vía.

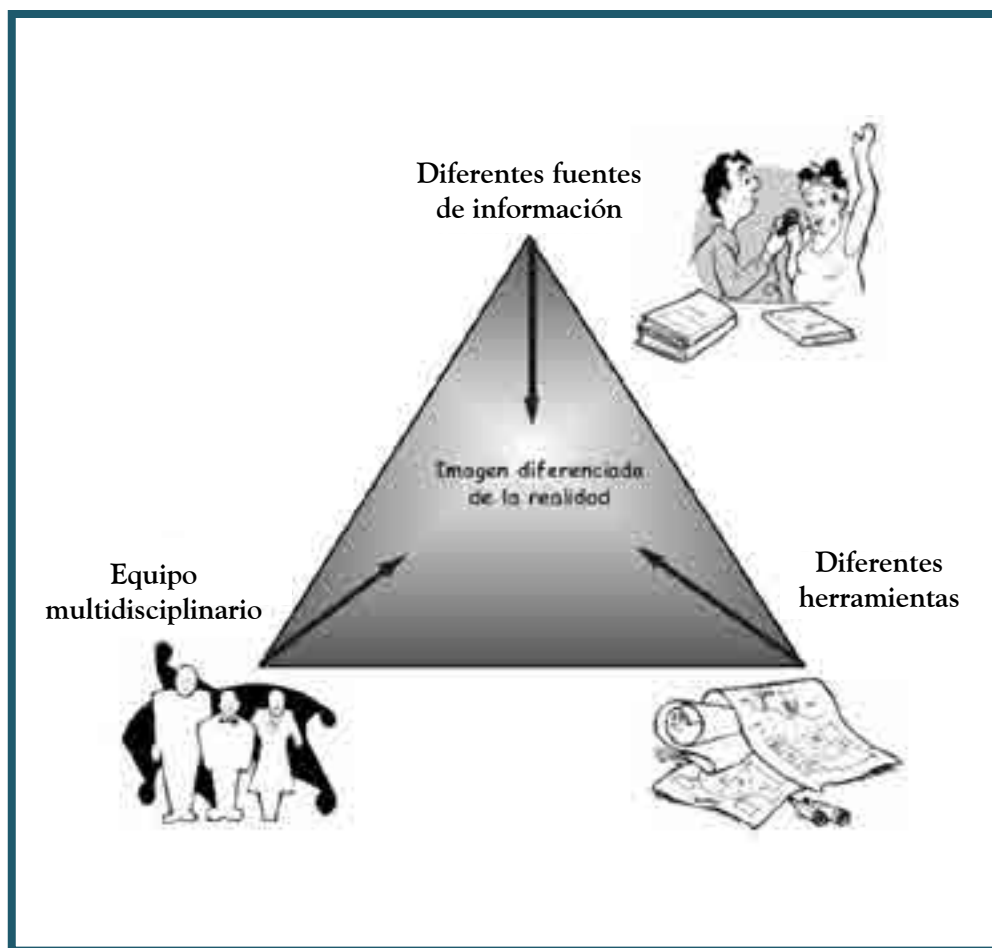
- Reconoce el valor de los conocimientos de la comunidad.
- Funciona como medio de comunicación entre aquellos que estén unidos por problemas comunes. Esta comunicación colectiva llega a ser una herramienta útil para identificar soluciones.

Además de estas características comunes del DP se comparten unos principios básicos, tales como:

- Respetar la sabiduría y la cultura del grupo meta.
- Analizar y entender las diferentes percepciones.
- Escuchar a los desfavorecidos de la comunidad.
- Visualizar por medio de diferentes herramientas, muestra de temas y discusiones respectivas.
- Confrontar la información obtenida mediante triangulación.

Figura 65

Esquema de triangulación para la confrontación de la información



2.1.3 Herramientas del diagnóstico participativo

Para la elaboración de un diagnóstico participativo existen diferentes metodologías como:

2.1.3.1 Observación participante

La observación participante es una técnica de observación utilizada en las ciencias sociales, en la cual el investigador comparte con los investigados su contexto, experiencia y vida cotidiana, para conocer directamente toda la información que poseen los sujetos de estudio sobre su propia realidad, o sea, conocer la vida cotidiana de un grupo desde su interior.

Uno de los principales dificultades que debe enfrentar el investigador en la observación es el proceso de socialización con el grupo investigado, para que sea aceptado como parte de este, y a la vez, definir claramente dónde, cómo y qué debe observar y escuchar.

Durante el proceso de investigación para recolectar la información, el investigador debe seleccionar el conjunto de informantes, con los cuales, además de observar e interactuar con ellos, puede utilizar técnicas como la entrevista, la encuesta, la revisión de documentos y el diario de campo o cuaderno de notas, en el cual se escribe las impresiones de lo vivido y observado, para organizarlas posteriormente.

2.1.3.2 Entrevistas semiestructuradas

La entrevista juega un papel importante en la elaboración de un diagnóstico participativo. Se guía por una entrevista de 10-15 preguntas clave, formuladas con anterioridad. Esta herramienta facilita crear un ambiente abierto de diálogo y permite a la persona entrevistada expresarse libremente sin las limitaciones creadas por un cuestionario y por medio del diálogo pueden surgir otras preguntas de interés. La entrevista semiestructurada se puede llevar a cabo con personas clave o con grupos.

2.1.3.3 Cartografía social: mapas y maquetas (dibuja tu entorno, construye tu finca)

Los mapas sirven para el diagnóstico puntual, la planificación, la discusión y el análisis de la información visualizada. Pueden elaborarse sobre papel o con todo tipo de material (piedras, palos, semillas, etc.), incluso sobre el suelo. Los mapas y las maquetas permiten la participación de todos los miembros de la comunidad y constituyen uno de los instrumentos más variables y comunes del DP. Son instrumentos típicos para la primera fase de investigación. En algunos casos también se pueden utilizar para visualizar diferentes alternativas para la solución de un problema. Como toda la información se obtiene a partir del trabajo grupal, más tarde se presenta a toda la comunidad.

2.1.3.4 Análisis DOFA participativo

La matriz DOFA es un instrumento metodológico que sirve para identificar acciones viables mediante el cruce de variables, en el supuesto de que las acciones estratégicas deben ser ante todo acciones posibles y que la factibilidad se debe encontrar en la realidad misma del sistema. Por ejemplo, la posibilidad de superar una debilidad que impide el logro del propósito solo se la dará la existencia de fortalezas y oportunidades que lo permitan. El instrumento también permite la identificación de acciones que potencien entre sí los factores positivos. Así tenemos los siguientes tipos de estrategias al cruzar el factor interno con el factor externo:

	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	Estrategias FO (De crecimiento)	Estrategias DO (De supervivencia)
Amenazas	Estrategias FA (De supervivencia)	Estrategias DA (De fuga)

- Estrategias FO o estrategias de crecimiento: son las resultantes de aprovechar las mejores posibilidades que da el entorno y las ventajas propias, para construir una posición que permita la expansión del sistema o su fortalecimiento para el logro de los propósitos que emprende.
- Estrategias DO: son un tipo de estrategias de supervivencia en las que se busca superar las debilidades internas, haciendo uso de las oportunidades que ofrece el entorno.
- Estrategias FA: son también de supervivencia y se refiere a las estrategias que buscan evadir las amenazas del entorno, aprovechando las fortalezas del sistema.
- Estrategias DA: permiten ver alternativas estratégicas que sugieren renunciar al logro, dada una situación amenazante y débil difícilmente superable, que expone al sistema al fracaso.
- El cruce del factor interno por el factor externo supone que el sistema está en equilibrio interno; esto es, que las debilidades que tiene no han podido ser superadas. Sin embargo, esta no es una situación frecuente; el sistema puede tener aún debilidades que por una u otra razón no se han superado, pudiendo hacerlo con sus propias posibilidades. Esto sugiere encontrar estrategias del tipo FD; es decir, la superación de debilidades utilizando las propias fortalezas.

2.1.3.5 Árbol del problema

El análisis de problemas es una de las herramientas fundamentales en la planificación de proyectos. El análisis del árbol de problemas, llamado también análisis situacional o simplemente análisis de problemas, ayuda a encontrar soluciones por medio del mapeo del problema. Identifica en la vertiente superior, las causas o determinantes y en la vertiente inferior las consecuencias o efectos.

Este método tiene las siguientes ventajas:

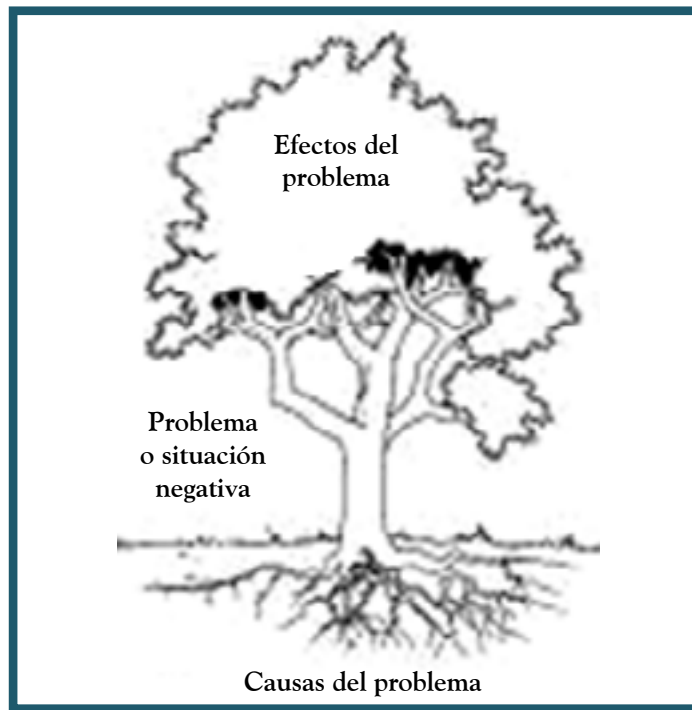
- Está relacionado e identifica problemas reales y presentes más que problemas aparentes, futuros o pasados.
- El problema se puede desglosar en proporciones más manejables y definibles. Esto permite priorizar más claramente, en lo que respecta a la selección de cuál es el problema o tema más importante; esto, al mismo tiempo, permite enfocar los objetivos haciendo más efectiva su influencia.
- Hay un mayor entendimiento del problema y, por lo general, nos interconecta con las causas más contradictorias.
- Identifica los argumentos constitutivos y ayuda a establecer quiénes son los actores políticos y procesos en cada etapa.
- Ayuda a establecer que información adicional, evidencia o recurso que se necesita para fundamentar el caso o construir una propuesta de solución convincente.

- Este proceso de análisis frecuentemente ayuda a construir un sentimiento compartido de comprensión, propósito y acción.
- Los problemas de desarrollo identificados en el árbol de problemas se convierten, como soluciones, en objetivos de la etapa inicial de diseñar una respuesta. Los objetivos identificados como componentes o productos se convierten en los medios para encarar el problema de desarrollo identificado y proporcionar un instrumento para determinar su impacto de desarrollo.

El propósito es contar con una herramienta visual multipropósito para identificar y priorizar problemas, objetivos o decisiones. El problema principal es representado como el tronco de un árbol y los factores relevantes, influencias y resultados se reflejan como raíces y ramas²⁷.

Esta metodología de diagnóstico participativo permite identificar las causas y consecuencias de los problemas de la microcuenca de la quebrada Caño Grande. Consta de raíces que son las causas o problemas puntuales del problema principal, el tronco es el problema central y las ramas son las consecuencias o efectos, como se muestra en la figura 66.

Figura 66
Descripción de la herramienta árbol de problemas



Al terminar este ejercicio, habrá una mayor claridad sobre el problema y su solución, pues se habrán identificado las causas y efectos que está generando²⁸.

²⁷ Secretaría Técnica de planificación. El árbol de problema. Disponible en http://webmail.stp.gov.py/stp/index_archivos/sp/El_arbol_de_problemas.pdf

²⁸ Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia "Proyecto de Desarrollo Sostenible Ecoandino Conceptos y Metodología", Tomo 1, Editor Alberto Rojas Albarracín, pág. 142-147.

2.1.3.6 Encuesta estructurada participativa

La encuesta estructurada juega un papel importante en la elaboración de un diagnóstico participativo. Se guía por un cuestionario sobre preguntas claves que se fijan para conocer la situación actual de la cuenca quebrada Caño Grande.

Hay ciertas reglas éticas que guían a quien dirige la entrevista:

- Explica sus intenciones y busca la aprobación de la persona entrevistada.
- Toma en cuenta los deseos de la persona entrevistada sin imponer sus criterios.
- Respeta el conocimiento de la persona entrevistada sobre el tema.
- Respeta la opinión de la persona entrevistada sin necesariamente compartir
- Escucha atentamente, ya que la persona entrevistada ha puesto su tiempo a disposición del investigador.
- Finalmente, hay algunas preguntas que no sirven, como las preguntas sugestivas o manipuladoras: “¿No es cierto que usted prefiere la agricultura orgánica?”.

2.1.3.7 Corte transversal

El transecto perfila información sobre los diversos componentes de los recursos naturales, vida económica, viviendas, características de suelos, etc. Se ejecuta por medio de una caminata lineal, la cual recorra un espacio geográfico con varias zonas de uso y recursos diferentes. A lo largo de la caminata se anotan todos los aspectos que surgen por la observación de los participantes en cada una de las diferentes zonas que se cruzan. Posteriormente, se elabora un diagrama del transecto.

2.2 Marco metodológico

2.2.1 Pasos para la realización del diagnóstico participativo

Para hacer el diagnóstico participativo de la microcuenca quebrada Caño Grande se tienen en cuenta los siguientes pasos:

- a) Fijar el objetivo del diagnóstico.
- b) Seleccionar y preparar el equipo facilitador.
- c) Identificar participantes potenciales.
- d) Identificar las expectativas de los y las participantes en el DP.
- e) Discutir las necesidades de información.
- f) Seleccionar las herramientas de investigación.
- g) Ejecutar el proceso del diagnóstico.

2.2.2 Objetivo del diagnóstico participativo

- Construir el diagnóstico ambiental participativo, con un enfoque hacia el recurso hídrico de la microcuenca de la quebrada Caño Grande.
- Promover la reflexión de los habitantes de la microcuenca de la quebrada Caño Grande sobre los problemas de la cuenca y las posibilidades para solucionarlos, fomentando el manejo integral del recurso hídrico.

2.2.3 Equipo facilitador

Equipo facilitador seleccionado para la elaboración del diagnóstico participativo en el proyecto “Mejoramiento de las instalaciones del acueducto comunitario de Playa Rica, Villavicencio, Colombia”:

- Los profesores de la Universidad Central adscritos al grupo de investigación Agua y Desarrollo Sostenible.
- El director de la Fundación Niños de la Esperanza, con quien se firmó el convenio.

2.2.4 Participantes

A continuación se mencionan los participantes de las actividades desarrolladas para la elaboración del diagnóstico participativo:

- Juntas de acción comunal y líderes comunitarios.
- Directivas, docentes y estudiantes de la institución educativa del barrio Playa Rica.
- Representantes de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica y la junta del comité empresarial.
- Asociaciones comunitarias.
- Organizaciones ambientales.
- Comunidad general interesada en el proceso.

2.2.5 Herramientas usadas en el DAP-PR

Al hacer un análisis de las herramientas enunciadas anteriormente, se encontraron variables de tiempo, de espacialidad, aspectos culturales y de costumbre propias de la comunidad de la microcuenca quebrada Caño Grande, los cuales definieron a las siguientes herramientas, como las más apropiadas para la implementación:

- Entrevistas semiestructuradas.
- Árbol del problema.
- Cartografía social: mapas y maquetas.
- Encuesta estructurada participativa.
- Análisis DOFA participativo.

A continuación se describen las metodologías seleccionadas para el proyecto:

2.2.5.1 Entrevista semiestructurada

Se utilizó esta herramienta durante el primer acercamiento con la comunidad para el conocimiento ambiental que la comunidad tiene de su entorno. Permitted discutir sobre posibles soluciones a las problemáticas ambientales identificadas.

Esta herramienta fue aplicada los días 16 y 17 de enero de 2009 por los docentes investigadores Leonardo Calle y Érika A. Torrado de la Universidad Central. Las entrevistas fueron hechas en las instalaciones de la institución unidad educativa del barrio Playa Rica y en las oficinas de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica (foto 32).

Indicaciones de la aplicación

Se seleccionaron cuidadosamente las personas entrevistadas, así como el lugar y el momento para la entrevista, buscando un ambiente familiar, en casa o en el campo y nunca en un momento del día en el que la entrevista perturbara seriamente el trabajo de la persona entrevistada.

La entrevista fue realizada por docentes investigadores de la Universidad Central. Uno de ellos se encargaba principalmente de llevar la entrevista y el otro hacía las anotaciones, o viceversa. Las entrevistas iniciaron con las formas tradicionales de cortesía y una presentación de las personas que las desarrollaron.

Las entrevistas semiestructuradas contemplaron las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se organiza la comunidad?
- ¿Quién es el presidente de la junta de acción comunal?
- ¿Quién maneja y cómo el acueducto?
- ¿Cuántos usuarios tiene el sistema de acueducto del barrio Playa Rica?
- ¿Cuál es la cobertura del sistema?
- ¿Cuáles son los principales problemas del sistema de acueducto?
- ¿Cuál es el listado de usuarios actuales y futuros?
- ¿Cuáles son los usos del agua en el barrio de Playa Rica?
- ¿Cuántas personas o usuarios no tienen el servicio y por qué?
- ¿Cuáles son los usuarios de la fuente abastecedora aguas arriba y aguas abajo?
- ¿Cuáles son las enfermedades que sufren los habitantes del barrio Playa Rica?
- ¿Cuáles son las tarifas y cuáles son los costos de mantenimiento del servicio de acueducto?
- ¿Cuáles son las fuentes económicas del sistema de acueducto?

De las preguntas enunciadas, algunas se seleccionaban dependiendo de la persona entrevistada. Las entrevistas se hicieron los días 16 y 17 de enero de 2009 y las personas entrevistadas fueron:

- Gloria Roldán (administradora del acueducto comunitario del barrio Playa Rica).
- Claudia Ortiz (Institución Unidad Educativa del barrio Playa Rica).
- Nancy Pardo (docente Institución Unidad Educativa del barrio Playa Rica).
- Sonia Martínez (integrante de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica).
- Concepción Rojas (integrante de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica).

Foto 32
Aplicación de la encuesta semiestructurada



Encuesta en la institución educativa
Entrevistados: Gloria Roldán y Nancy Pardo



Encuesta en la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica. Entrevistados: Sonia Martínez, Concepción Rojas y Gloria Roldán



Encuesta en la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica Entrevistada: Gloria Roldán

2.2.5.2 Árbol del problema

Esta herramienta fue aplicada el día 28 de marzo de 2009, en el primer taller de líderes comunitarios del barrio Playa Rica, microcuenca quebrada Caño Grande, en las instalaciones de la Universidad Central, Sede Centro Bogotá, en la Casa Salamanca.

En esta actividad participaron 25 líderes comunitarios de las diferentes veredas de la microcuenca de la quebrada Caño Grande, entre las que se destacan Villa del Oriente, Villa Lorena, La Rochela, San Jorge, Villa del Oriente, Catumare, Montecarlo Alto, Playa Rica, Buena Vista, Samaria, San Juan de Ocoa, El Carmen, Villa del Río, Nuevo Horizonte.

Entre los participantes se contó con la ONG Ambiental de Villa del Río, con un docente y un directivo de las instituciones educativas de la microcuenca, representantes de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica y ESPO, representantes y líderes de la Junta de Acción Comunal y algunos representantes voluntarios de la comunidad.

Actividades desarrolladas

Se hicieron grupos de cinco integrantes que fueran de diferentes veredas de la microcuenca, se les proporcionó una cartelera que tenía un dibujo de un árbol, y sobre este se hizo una actividad llamada “árbol de problemas”.

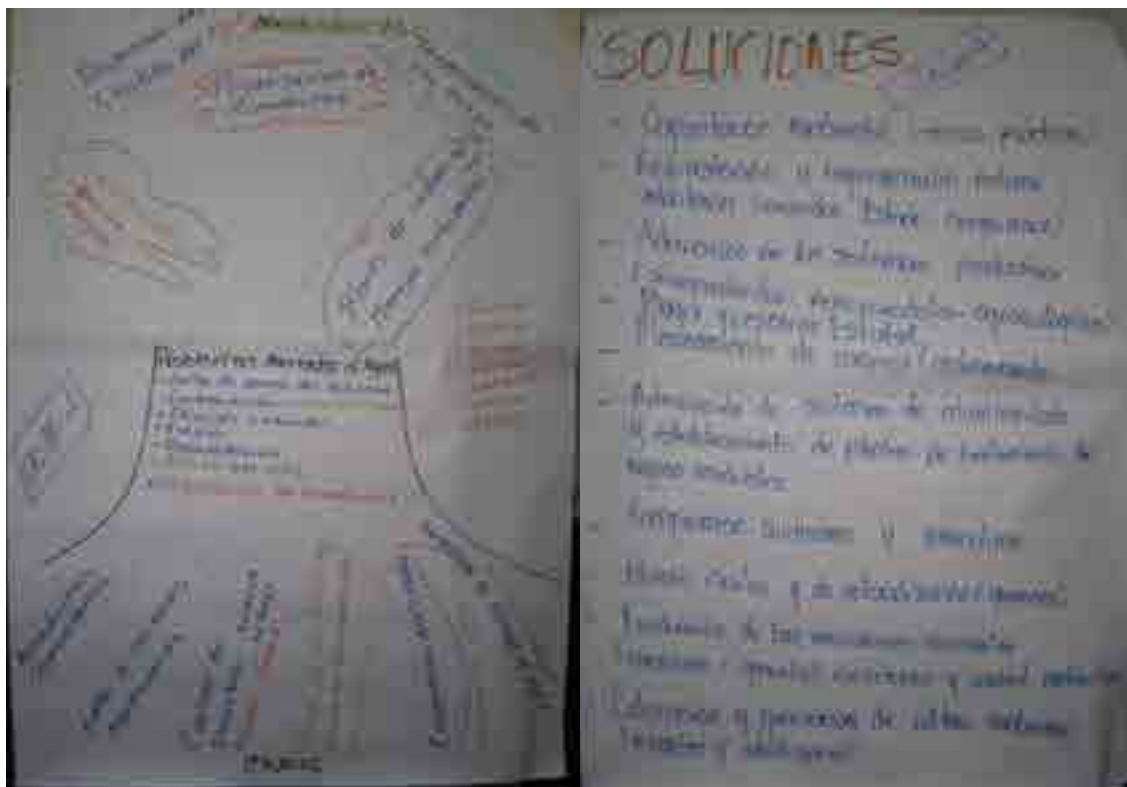
Los cinco integrantes identificaron el principal problema que afectaba tanto a la microcuenca como sus habitantes, y a la vez que fuera transversal para todas las veredas. Posteriormente, los integrantes identificaron las causas que habían dado origen al problema.

Seguidamente, los integrantes analizaron y definieron las consecuencias que el problema ha generado sobre la microcuenca y sus habitantes. Finalmente, en una cartelera adicional, los integrantes, desde su perspectiva, plantearon ideas sobre posibles soluciones al problema analizado.

Las conclusiones de la aplicación de esta herramienta se encuentran en el diagnóstico ambiental participativo, a continuación se muestra el siguiente ejemplo del árbol del problema y planteamiento de soluciones de uno de los grupos de trabajo.

Figura 67

Árbol del problema obtenido en el “Primer taller de líderes comunitarios” (28 de marzo de 2009)



Fuente: elaboración propia.

2.2.5.3 Cartografía social: mapas y maquetas

En la actividad desarrollada el 28 de marzo de 2009 se distribuyó la cartilla *Historia de la localidad*, que contiene en la parte final una descripción cartográfica de la situación actual de la microcuenca. Como herramientas para esta actividad se facilitaron unas convenciones sugeridas para la realización de los mapas participativos veredales. Dichas convenciones se encuentran asociadas a la información pertinente sobre agua, vegetación, erosión, obras de infraestructura, puntos de contaminación, topografía y otras infraestructuras presentes en las veredas de la microcuenca.

La metodología para la construcción de los mapas participativos veredales fue:

- Se seleccionó un líder comunitario por vereda.
- Este líder se encargó de convocar a su comunidad en torno al mapa participativo veredal.

- El líder y su comunidad hacían recorridos veredales que les permitían conseguir la información solicitada en convenciones de la cartografía social.
- Posteriormente, el líder y su comunidad plasmaban en el mapa las observaciones de los recorridos mediante el uso de la convenciones.
- Finalmente, el líder comunitario entregaba el mapa participativo veredal diligenciado a los docentes investigadores de la Universidad Central.
- Las convenciones y el mapa participativo veredal se encuentran en la cartilla *Historia de la localidad*.

2.2.5.4 Encuesta estructurada participativa

Para el diagnóstico ambiental participativo se diseñó la cartilla llamada *Historia de la localidad*, la cual plantea una serie de preguntas estructuradas sobre temas del entorno (agua, aire, suelo, fauna, cobertura vegetal, etc.) y la infraestructura de los servicios públicos (manejo de residuos, energía, agua, etc.), entre otros aspectos, analizando calidad y cantidad de los mismos. Esta herramienta facilita el diálogo entre la comunidad sobre su situación veredal.

La metodología para el diligenciamiento de la cartilla participativa fue la siguiente:

- Se seleccionó un líder comunitario por vereda.
- Este líder se responsabilizó de convocar a su comunidad en torno a las preguntas que contempla la cartilla *Historia de la localidad* que promueve el diálogo de saberes entre la comunidad.
- El líder y su comunidad realizaban recorridos veredales que les permitían levantar la información solicitada en las preguntas de la cartilla.
- Posteriormente el líder y su comunidad plasmaban en la cartilla sus visiones ambientales sobre el estado de su entorno.
- Finalmente el líder comunitario, finalizado el proceso, entregaba la cartilla diligenciada a los docentes investigadores de la Universidad Central.

2.2.5.5 Análisis DOFA participativo

Esta herramienta fue aplicada en la actividad desarrollada el 8 de julio de 2009, para la cual fueron convocados los docentes y las directivas de la institución educativa del barrio Playa Rica, también participaron representantes de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica y líderes comunitarios interesados.

Durante la jornada del 8 de julio, se llevaron a cabo diferentes actividades, enfocadas, por una parte, en la realización del análisis DOFA de las condiciones ambientales de la microcuenca y del papel de la institución educativa en la construcción de una cultura ambiental.

La metodología utilizada para el análisis DOFA fue la siguiente:

- El coordinador de la actividad (docente investigador de la Universidad Central) explicó la dinámica del DOFA para identificar debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas en la construcción de una cultura ambiental, tanto en la comunidad interna de la institución como en la comunidad que habita en la microcuenca.

- Se organizaron grupos de 6 o 7 personas para el desarrollo del DOFA.
- A cada grupo se le proporcionó papel periódico y marcadores.
- Cada grupo plasmó en el papel la matriz DOFA.
- Posteriormente, cada grupo estableció las estrategias para atacar las debilidades y amenazas y mantener o promover las oportunidades y fortalezas que se identificaron en la matriz.
- Al terminar, se llevó a cabo una plenaria, donde cada grupo seleccionaba un representante, que exponía las conclusiones de la matriz y sus planteamientos de estrategias.
- Finalmente, el coordinador de la actividad recogió las posiciones planteadas y esbozó algunas conclusiones globales.

Foto 33

Matriz DOFA y planteamiento de estrategias de docentes, directivas y líderes comunitarios (8 de julio de 2009)



3 Diagnóstico ambiental participativo

3.1 Visiones desde la comunidad

El diagnóstico ambiental participativo comprenderá la descripción y caracterización de la situación ambiental de las comunidades establecidas en la microcuenca, para determinar las visiones que ellos tienen de su medio, definiendo iniciativas y propuestas de mejoramiento con base en la situación actual de la microcuenca quebrada Caño Grande.

A continuación, se presenta una síntesis de las visiones de la comunidad (tabla 101) y la ampliación de estas percepciones puede consultarse en el cuadernillo *Visiones ambientales comunitarias de la microcuenca quebrada Caño Grande (la comunidad cuenta su visión sobre su territorio)*.

Tabla 101. Visiones desde la comunidad

Villa Lorena	Altos de Guatape	Agua	Buenavista	Playa Rica
<ul style="list-style-type: none"> • El agua es transparente y limpia, pero cuando llueve llega con mucho barro, es de color turbio. • El agua huele a fresco. • El agua sabe simple, es un agua pura porque es captada del nacedero. • La fuente de agua de Villa Lorena se llama Caño Vitalia; otros cañones son Caño Pendejo, Caño Cañaliche, por la ruta de Los Capachos y el río más cercano es el Ocoa. • En verano, el agua es escasa; y en invierno, abundante. • Consumimos entre 50 y 100 litros diariamente. • Actividades en las cuales utilizamos el agua: <ul style="list-style-type: none"> – Aseo personal – Para cocinar – Para lavar la ropa – Para las plantas • Actividades en las que más consumimos agua: lavado de ropa y loza. • La actividad en la que menos consumimos agua es para las plantas. • En promedio duramos consumiendo agua entre 20 y 60 minutos por actividad. 	<ul style="list-style-type: none"> • El agua es clara u oscura, dependiendo de cómo esté el tiempo. • El agua no tiene olor. • El agua tiene sabor a tierra. • El agua no es sucia porque es tratada. • Los caños que conocemos son Caño Grande, Caño Pendejo, Caño Hondo y Caño sin Nombre. • En invierno tenemos unos 500 cm³ por segundo y en verano unos 170 cm³ por segundo. • Consumimos en nuestra casa aproximadamente 20 m³ al mes. • Usamos el agua en la casa para lavar ropa, pisos y carros y regar plantas. • Consumimos más agua lavando ropas, sanitarios y loza, también se desperdicia lavando andenes, carros y motos. • Gastamos agua unas tres horas diarias. • Consumimos menos agua en el riego de plantas. • Ahorramos agua al cocinar. • En la casa tenemos sanitarios. • Tenemos una ducha con tubería en PVC, un tanque elevado de plástico y ducha de plástico. • Nos bañamos 2 o 3 veces al día. 	<ul style="list-style-type: none"> • El agua que llega a nuestras viviendas es incolora, transparente, ocasionalmente viene turbia. • El agua no presenta ningún sabor específico. • En época de lluvias intensas, presenta algo de sedimentos, lo que genera un aspecto turbio. • En épocas de fuertes lluvias, después de temporadas secas, tiene sedimentos y algunas basuras de tipo orgánico en descomposición (hojarasca). • Alrededor y dentro de la vereda se encuentran algunas quebradas, como Caño Parrado, Caño Seco, quebrada Colorada. Algunas fuentes de poco caudal y normalmente sin nombres son numerosas y, sumadas, aportan mucha agua a los grandes caños. • La cantidad de agua de las fuentes es mediana con tendencia a la disminución de los caudales. • En cada vivienda se consumen alrededor de 20 a 30 m³ mensualmente con excepción de las viviendas que poseen pollos de engorde como actividad económica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nuestra agua es transparente y a veces, amarilla cuando llueve, con un olor a tierra. • Nosotros llamamos a nuestros nacederos y caños así: Caño Grande, Caño Vitalia, Caño 7 Vueltas, Caño Amoladero, Caño Pendejo, Río Ocoa, Caño Tigre, Caño Blanco, Caño La Yé, Caño sin nombre, Caño Lozano. • En verano es escasa el agua. • En el cepillado de los dientes se ahorra más agua. • Se desperdicia más agua en el lavado de la ropa, de vehículos y motos. • Conocemos los acueductos de Villa Lorena, acueducto comunitario, acueducto Montecarlo Alto y Bajo, ESP y otros, Villa del Oriente, Villa del Río. • Nosotros cancelamos la factura del agua a la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica. • No hemos tenido enfermedades gastrointestinales. • Evaluando, el agua está bien cuidada porque no se contamina y los afluentes son limpios. 	

Villa Lorena	Altos de Guatape	Buenavista	Playa Rica
<ul style="list-style-type: none"> Nosotros desperdiciamos más agua en el lavado de ropa y cuando se deja la llave abierta. Ahorramos más agua en el cepillado de dientes. Nosotros contaminamos con un sanitario con tanque. Nosotros no tenemos ducha, nos duchamos con una taza y sacamos agua del tanque, nos bañamos dos veces al día. En ocasiones, han suspendido el servicio por racionamiento. Tenemos agua del acueducto de la vereda solo dos horas al día. No tenemos agua en la época de verano, día de por medio nos colocan el servicio debido a que en época de verano los ríos y quebradas merman. Hay más lluvias entre abril y julio. Hay más sol desde noviembre hasta marzo, la temporada más seca es desde enero hasta marzo. Conocemos el acueducto de Playa Rica, que viene de Caño Grande. Nosotros pagamos la factura del agua a la Comisión Empresarial de Acueducto Comunal “Villa Lorena” ESP. 	<p>Agua</p> <ul style="list-style-type: none"> En ningún momento nos han suspendido el servicio de agua. No tenemos agua cuando hay daños en las redes de conducción del acueducto. Conocemos otros acueductos como Villa del Oriente, Villa del Río, Montecarlo, Playa Rica, todos ubicados frente a los predios de Octavio Lozano. Nosotros pagamos la factura a la empresa Ceaimba S.A. ESP Hasta el momento no hemos sufrido de enfermedades gastrointestinales. Normalmente, tenemos lluvias en los meses de abril hasta agosto. Tenemos más sol entre los meses de noviembre y febrero. 	<ul style="list-style-type: none"> En este caso el consumo es muy superior y depende del número de aves o cerdos. El agua se utiliza en las viviendas para el aseo de la misma, aseo personal, limpieza de utensilios, lavado de ropa, preparación de alimentos, en algunas viviendas se usa también para consumo animal. Las actividades que más consumen agua son el lavado de ropa, utensilios, ducha. Las actividades que menos consumen agua son los sanitarios y el riego de plantas. En las viviendas que explotan pollos o cerdos esta actividad ocupa el primer lugar de consumo. Generalmente, se hierve el agua para consumo humano y se consume agua de la llave en pocas ocasiones. Las actividades en que más se ahorra agua es en la higiene oral y el riego de plantas. La mayoría de viviendas posee sanitarios con cisterna, una minoría sin ella, pero con taza sanitaria. La ducha es un cuarto de 2 m² con sifón, regadera, generalmente con enchape Nos bañamos, generalmente, una vez al día. 	<p>Agua</p> <p>En épocas de fuertes veranos. se debe realizar racionamiento del servicio de agua, debido a la disminución del caudal en las fuentes.</p>

Villa Lorena	Altos de Guatape	Buenavista	Playa Rica
<ul style="list-style-type: none"> • El suelo es oscuro. • Cuando tocamos el suelo, es un poco arenoso y áspero. • Tenemos lomas, pero no tienen nombre. • No tenemos llanuras. • Tenemos la cordillera donde nacen los caños ya mencionados. • En esta montaña están explotando tres minas areneras. • Las tres minas areneras han terminado con su vegetación natural y con estas actividades destruyeron la zona boscosa del sector. • Queremos que Ingeominas suspenda la licencia de explotación arenera en el sector. • La montaña tiene colores verdes intensos y verdes claros. 	<ul style="list-style-type: none"> • En la parte alta de Montecario, en especial lo que se encuentra ubicado al lado de Caño Pendejo, se observa un gran peligro, pues se puede derrumbar y generar una avalancha. • Nuestro suelo está cubierto de asfalto y cemento. • Para evitar que la tierra se resbale, se siembra bambú, árboles de todas las especies o se deja la vegetación original. • El estado del suelo no es bueno, pues las basuras que arrojan lo contaminan. 	<p>Suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> • El relieve de nuestro suelo es quebrado, montañoso y con fuertes laderas. • Existen muchas lomas y por tal razón no hay nombres específicos para cada una. • El color predominante del paisaje es verde selva con diferentes tonalidades. En alguna época del año aparece el amarillo como consecuencia de la floración de algunas especies vegetales. • El suelo es francoarenoso, con algunos sectores arcillosos. Su color es oscuro con mezcla de amarillo claro. • Hay zonas grandes sin cobertura vegetal, denominadas “derrumbes”, especialmente en las veredas aledañas. • Existen zonas de potreros que, aunque tienen cobertura vegetal con pasto bracharia, presenta serios fenómenos de erosión debido a los caminos que hacen los animales por la ladera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los nombres que conocemos de las lomas son Loma Linda, Loma Azul, Loma Arenera y Teusaquillo. • El suelo es arcilloso, de amarillos oscuro y claro. • El suelo arenoso es claro, de color blanco o amarillo con negro. • No cortamos los árboles de la montaña, más bien estamos comenzando a reforestar.

Villa Lorena	Altos de Guatape	Buenavista	Playa Rica
Manejo de basuras			
<ul style="list-style-type: none"> Nosotros almacenamos las basuras en bolsas plásticas. Lo que hacemos con las basuras es sacar las basuras en bolsas oscuras a la esquina de la calle para que el carro las recoja. A veces separamos papeles y plástico. En ocasiones, las bolsas se rompen dejando desperdicios en la calle. Frecuentemente se observan basuras en las orillas de la carreteras y a las orillas del río. 	<ul style="list-style-type: none"> Mensualmente, generamos entre 8 y 9 kilos. Se almacenan las basuras en bolsas plásticas. El carro recoge las basuras al menos dos veces a la semana. Los residuos de cocina como desechos de comida son utilizados para alimentar cerdos o aves criollas de corral o se utilizan como abono orgánico de las plantas cerca de la casa. 	<ul style="list-style-type: none"> Tradicionalmente, las basuras en la finca se depositan en un sitio para tal fin sin ningún tipo de tratamiento. En los sitios con más densidad poblacional y con acceso para vehículos recolectores, se recogen todas las basuras sin clasificación En cada vivienda hay recipientes de tamaño y forma diferente para depositar los residuos sólidos a la espera del día de recolección. Son comunes canecas plásticas, bolsas plásticas y costales de fibra sintética 	<ul style="list-style-type: none"> En el barrio hay servicio de recolección de basura (biográfico-la), pero los habitantes de Villa Sonia no tienen alcantarillado, las ni acceso al carro recolector, las botan al caño o la dejan en los alrededores.
Aire			
<ul style="list-style-type: none"> El aire huele a fresco, es suave y agradable. El aire hace nuestro ambiente sano y fresco, pero hay algunos que lo contaminan. El aire es primordial para todo ser viviente en la Tierra. El viento es más fuerte en el mes de agosto. 	<ul style="list-style-type: none"> No se presenta ruido. Tenemos más vientos normalmente en el mes de agosto. El viento es menos fuerte entre septiembre y octubre. No sufrimos por ruido en nuestro sector. El aire es regular por la contaminación ambiental (industrias y minería). 	<ul style="list-style-type: none"> El aire predominante presenta movimiento suave, en ocasiones presenta velocidades intensas y en diferentes direcciones asociado a precipitaciones. El aire en ocasiones se asocia con bastantes neblinas y se desplaza suavemente sobre las montañas hasta cubrir las totalmente, generando un ambiente frío y lluvioso. Los vientos fuertes producen ruido al chocar contra árboles, casas y antenas. 	<ul style="list-style-type: none"> A veces huele a alcantarilla por la contaminación del caño y por la falta de recoger las basuras.

Villa Lorena	Altos de Guatape	Buenavista	Playa Rica
Vegetación			
<ul style="list-style-type: none"> • Los árboles identificados son el yopo, guarumo, nacedero, cetro, guamo, café, matarratos, bambú, guadua, plátano, pomorroso y otros. • En nuestro sector no se encuentran cultivos de ninguna clase. • Los pastos que tenemos se llaman brochorio. • No tenemos árboles frutales. • Los árboles que utilizamos para leña son el yopo y el guamo, cuando se encuentran secos. • Los árboles que sirven para conservar el agua son el nacedero y el cafetero. • El cafetero y el matarratos son las llamadas plantas medicinales. 	<ul style="list-style-type: none"> • En las veredas se encuentran árboles típicos como el yopo, gualanday, bambú, entre otros. • Hay varios pastos; entre esos está el brochorio. • Hay árboles frutales, como naranjos, mangos, mandarinos, plátanos, guayabos, limones, papayos, curubos, guanábanas y otros. • Los mejores árboles para hacer herramientas son el cedro, el arrayán y el pino. • Los árboles que sirven para conservar el agua son el café, el yopo, el gualanday y el bambú. • Las plantas medicinales son yerbabuena, toronjil, ortiga, poleo, pronto alivio, sábila, fique; calman dolores y tonifican el organismo. • Las plantas ornamentales son heliconias, palmas, rosas, camarones, dalias, primaveras, caracuchos, crotos, anturios, orquídeas, tulipán. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sí hay bosques y en ellos hay diversidad de especies, unas ampliamente conocidas y otras no. Entre las reconocidas hay cedros, yopos, cámbulos, flor amarillo, ocobos, palmas, yarumos, arrayanes, laurel, cenizo, lacre, siete cueros, guadua, bambús, borra-cheros, higuierón, caucho, macanillo, pino, palma de cera, caimo, balso, galapo, palmicho. • No existen cultivos comerciales. Se siembran algunas especies como plátano, yuca, café, caña y algunos frutales, en pequeña escala para autoconsumo. • Hay árboles frutales: naranja, mandarina, zapote, guayaba, arazá, limón, guamo. • Los árboles que más se utilizan para leña son cenizo y yopo. • Los árboles para conservar el agua son nacedero, acacia, bambú, sietecueros, cedro nogal, madre de opón. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hay pomorroso, sauco, cerca viva, yopo, mango, ceiba, pata de gallo, flor amarillo, cedro, pino y otros • Hay pastos bracharia y maní forrajero. • Hay árboles frutales como mango, guayabo, aguacate y caimo. • El árbol que se utilizan como leña es el yopo. • Los árboles que conservan el agua son el cafetero y la guadua.

Villa Lorena	Altos de Guatape	Buenavista	Playa Rica
Fauna			
<ul style="list-style-type: none"> • Hay animales para jugar, como perros, gatos y loros. • Los animales sirven de alimento son peces, gallinas, conejos, bovinos y chivos. • Los animales que se cazan son la lapa y el armadillo. • Los reptiles que conocemos son las serpientes, las iguanas y los cachirres. • Los insectos que más vemos son zancudos, cucarachas y moscas. • Los animales del agua son sapos, peces, patos y gansos. • Los roedores que vemos son ratones y curfís. • Existían, y a veces se ven, aves exóticas, como: <ul style="list-style-type: none"> – Loros – Tucanes – Tortolitas – Azulejos – Pechiamarillos 	<ul style="list-style-type: none"> • Se han ido acabando la lapa, el venado, el chigüiro, los loros, las guacamayas, el cachicamo y muchos otros. • Nosotros conocemos animales como el mico titi, los loros, ardillas, azulejos, zamuros, garzas y gaviilanes. • Los animales que usamos para comer son el ganado vacuno, los chivos y ovejos, el cerdo, la gallina y el conejo. • Los reptiles que vemos son culebras, langostas, iguanas y gusanos. • Los insectos que más vemos son zancudos y moscas. • Los animales acuáticos son peces, sardinatas, chuanos y curchas. • Los anfibios que conocemos son sapos y ranas. • Los roedores que vemos son ratones, ardillas y conejos y los trepadores que vemos son micos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mariposas. • Gaviilanes. • Torcazas. • Pelicanos. • Jingtúelos. • Loros. • Cucaracheros. • Guapos. • Arrendajos. • Caballos, vacas, mulas. • Guacharacos. • Cusumbos. • Tigrillos. • Guacharacas. • Se han ido acabando armadillos, lapas, micos, loros, guapos, arrendajos, cusumbos, tigrillos, ulamas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Erizos. • Jara. • Saltamontes. • Tortugas. • Ovejas y cabros. • Se han ido acabando la lapa, el armadillo y el loro real. • Micos. • Ardillas. • Culebras. • Armadillos. • Lapas. • Sapos. • Pavas. • Mirlas. • Azulejos. • Arañas.
		<ul style="list-style-type: none"> • Son de comer los armadillos, lapas y de jugar micos, ardillas y loros • Reptiles como cuatronarices, guaripiare, salamandras, iguanas, corales, rabo de ají, cazadoras, lagartijo. • Insectos como mariposas, avispas, abejas y cucarrones. • Acuáticos como patos, sapos y peces. 	

Villa Lorena	Altos de Guatape	Buenavista	Playa Rica
Formas de energía			
<ul style="list-style-type: none"> • En la vereda encontramos energía eléctrica. • La energía que más utilizamos para cocinar es gas natural y leña. • Lo que más utilizamos para prender los motores es la gasolina y el ACPM. • Biodigestores de pequeña escala. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usamos la luz solar, la energía eléctrica. • Para cocinar usamos leña y gas en cilindros. • En algunas partes se usa luz eléctrica; en otras, lámparas a petróleo o gasolina; también usan espermas. • Lo que más utilizamos para prender los motores es la gasolina y el ACPM. • La mayoría de las viviendas tiene acceso a energía eléctrica para alumbrar, “algotras” usan velas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se usa energía eléctrica convencional. También, la energía solar, la leña, las plantas de diesel y gasolinas y la energía animal. • Se usa gas de cilindro y leña para la cocción de alimentos. • El sistema de energía eléctrica lo presta EMSA. • El sistema de energía eléctrica se ha venido estableciendo paulatinamente en la vereda a medida que crece la población y ha logrado cierto grado de organización. Es un servicio que presenta muchas deficiencias especialmente asociados a las tormentas eléctricas y los vientos huracanados; el costo es elevado. 	<ul style="list-style-type: none"> • La energía eléctrica que nos beneficia viene de centrales hidroeléctricas, ejemplo: La Victoria, que sale de Bogotá, llega a la subestación La Reforma (antes de los túneles y luego se distribuye). También hay una planta de energía que funciona en Ocoa y se llama Termoocoa (a base de gas) vía Acacias, y se está haciendo otra que se llama Termosamaría en la vía a Puerto López. Son de Ecopetrol, pero cuando hay necesidad entran a prestar el servicio.
Máquinas y herramientas			
<ul style="list-style-type: none"> • Las herramientas que se utilizaban hace muchos años son la pala, la pica, el azadón, el serrucho y el machete. • Antes no se utilizaba ninguna tecnología para mantener el agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sembrábamos árboles para evitar que la tierra se resbalara. • Nosotros aramos, sembramos y trabajamos la tierra para que sea fértil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Machete. • Azadón. • Hacha. • Pala. • Trocero. • La tecnología utilizada para mantener el agua son pozos profundos, lagunas hechas a mano y tanques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actualmente, se utiliza el azadón, el cual es sumamente apropiado, especialmente en laderas, el hacha ha sido reemplazada por la motosierra.

¿Cómo será el futuro del barrio?

- No muy acogedor y con ciertas cosas de la naturaleza extintas.
- Si seguimos cuidando nuestros recursos naturales, vamos a disfrutar mucho de nuestra naturaleza y los recursos que nos brinda.

- El suelo está en proceso serio de degradación, debido al uso inapropiado que se le está dando. El agua, como consecuencia de lo anterior, presenta tendencia a la disminución. La deforestación en laderas termina con el suelo y con el agua, así desaparece la biodiversidad.

- El futuro del suelo será regular por- que se le está dando un uso que no concuerda con su vocación, predomi- na la ganadería que es incompatible con las fuertes laderas.

- El futuro será con mucha población y sin agua.
- En el departamento se necesitan 170 MVA (megas) para consumo en horas pico y 90 MVA normales; actualmente, solo hay 25 MVA, y la proyección para el 2009 es extenderse hasta 67 MVA.

¿Qué debemos mejorar?

- Evitar arrojar basuras al suelo.
- Cuidar los afluentes y evitar la tala de árboles.
- Evitar la explotación masiva de las arenas para cuidar nuestros recursos hidrográficos.
- Concientizar a las personas que depositan basuras en cualquier lugar, que producen contaminación y dan mal aspecto a los lugares.
- Mejorar las rutas de recolección y evitar residuos sólidos en las vías y orillas de los ríos.

- Concientizar a la comunidad para mantener un sector limpio, sin basuras.
- Mejorar el sistema de servicio eléctrico ampliando la capacidad de suministro en transformadores y estableciendo redes técnicamente para evitar los cortes repentinos que causan daños a los electrodomésticos y a los productos que requieren refrigeración permanente.

- Mejorar la conciencia y participación ciudadana en torno a la conservación del medio ambiente, traduci- das en un uso adecuado del suelo, protección de las fuentes de agua y uso racional de la misma.
- Evitar la caza, la quema de bosques, cuidar los animales existentes.
- Manejar técnicamente el control de maleza en cultivos.
- Evitar la contaminación del medio ambiente y el despilfarro.

- No debe haber más construcciones en las riveras y rondas de los caños.
- Se debe cuidar el agua.
- Debe haber alcantarillado.
- Evitar sembrar en laderas.
- Evitar arrojar basura al caño, no revolver las basuras con desechos peligrosos.

Villa Lorena	Altos de Guatape	Buenavista	Playa Rica
Iniciativas			
<ul style="list-style-type: none"> • Reforestar las partes descubiertas. • No talar los árboles ni hacer incendios. • Evitar la quema de los árboles y basuras. • Cuidar la cuenca hídrica. • Crear sentido de pertenencia en los habitantes del sector. • Evitar la caza de animales silvestres. • Evitar el uso de productos químicos altamente tóxicos para el manejo de las tierras, utilizando productos naturales. • Debemos evitar arrojar basuras a los caños, y sacar las basuras el día que pasa el carro. • Debemos reciclar las basuras. • Comprometernos a ser éticos con la utilización del servicio de energía eléctrica y hacer ahorro de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sembrando árboles se protege y se sostiene la flora y la fauna. • Debemos hacer reforestaciones permanentes para recuperar la naturaleza y recursos como el agua. • Se debe recoger las basuras por separado para fabricar abono orgánico. • Crear conciencia en la comunidad sobre el cuidado de los recursos naturales desde los colegios y desde el hogar. • La basura se debe separar en la fuente y con bolsas de colores, también gestionar la creación del alcantarillado donde no hay. • Hacer talleres con la comunidad, pero por grupos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio del uso del suelo. • Reforestación. • Revegetalización. • Uso racional del agua. • Mejorar la capacitación de las personas para lograr conciencia en la utilización correcta de los recursos, evitando la destrucción de los recursos. A estos se debe sumar los principios correctivos para obligar a los renuentes. • Capacitación en competencias propias para el uso adecuado del suelo en concordancia con sus características o vocación. • Capacitación en el manejo de residuos sólidos, campañas comunitarias para el manejo de residuos sólidos. • Establecer normas obligatorias para la separación, reutilización y reciclaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar estrategias de unificación para trabajar por la recuperación de la microcuenca, y hacer una planta de tratamiento colectiva (para todos los acueductos en una sola) ESPO, Playa Rica, Villa del Río y Villa del Oriente. • Debe haber programas de capacitación permanente a la comunidad sobre los recursos naturales especialmente agua y suelo. • Proteger los suelos de la erosión.

Fuente: elaboración propia.

3.2 Análisis técnico-ambiental y social

3.2.1 Agua

La microcuenca de la quebrada Caño Grande presenta áreas suburbanas donde se encuentran quintas con lotes entre 1 y 2 ha. Teniendo en cuenta que el cuerpo de agua atraviesa el casco urbano del barrio Playa Rica y otros barrios vecinos, donde no solo se capta agua sin ninguna regulación y se vierten aguas residuales-, sino que se ha desprotegido la microcuenca, interviniendo la vegetación de ronda del caño y sus partes altas. Se estima que el caudal que aportan a la cuenca del Río Ocoa, entre el Caño Grande y el Caño Tigre, es de 0,75 m³/s sin tratamiento (Cormacarena, 2005). Otra afectación que se presenta en la microcuenca Caño Grande es la extracción de material de arrastre, ya que la corriente del caño es explotada para el aprovechamiento de gravas y arcillas, lo cual influye en la amenaza de contaminación de la fuente hídrica. Esta actividad también genera conflictos de tipo social por el acceso a la explotación.

3.2.2 Suelo

Los suelos predominantes, cuenca llana y depósitos fluvio-torrenciales (Qab), corresponden morfogénicamente a abanicos de deyección, cuyos ápices se encuentran en el cambio de pendiente entre el piedemonte y el llano. Estos son compuestos por gravas y bloques angulares y subangulares, predominantemente clastosoportados, con matriz arcillosa o areno-arcillosa. Estos abanicos son de alta permeabilidad y no aportan cantidades significativas de elementos en solución.

Debido a la permeabilidad secundaria de las rocas en la cuenca es en general alta y por lo tanto posee gran cantidad de nacedores.

3.2.2.1 Geología

A continuación se describen las litologías predominantes (tipo de roca) y descripciones estratigráficas.

- Depósitos fluvio-torrenciales antiguos (QTft): conforman la base del Cuaternario, compuestos por cantos de rocas sedimentarias y metamórficas provenientes de la erosión de las zonas de cordillera y piedemonte. Estos depósitos son de tipo grava, conformados por niveles de guijos y cantos redondeados intercalados con arenas y arcillas de colores pardo rojizos. Alta permeabilidad primaria y medio aporte de elementos en suspensión (óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio).
- Fm. Palmichal (KTsp): areniscas lodosas de grano fino a grueso, blancas y friables intercaladas con capas lutíticas interstratificadas, conformadas por arcillolitas, limolitas silíceas y arcillolitas carbonosas, con moderadas cantidades de sólidos en suspensión y elementos en solución.
- Fm. Chipaque (Ksc): lutitas de colores grises oscuros a negros, silíceas con delgadas intercalaciones de areniscas lodosas, cuarzosas grises. Baja permeabilidad primaria y moderado aporte de sólidos en suspensión (arcillas grises) y arrastre.
- Fm. Une (Kiu): Areniscas blancas, cuarzosas, poco cementadas e intercalaciones de arcillolitas grises. Presenta horizontes de conglomerados cuarzosos poco cementados. Es el mejor acuífero de la zona de trabajo junto con la Fm. Areniscas de Cáqueza, bajas cantidades de sólidos en suspensión o elementos en solución.

- Fm. Fόμεque (kif): limolitas y arcillolitas grises, laminadas con intercalaciones de areniscas arcillosas grises de grano medio a conglomerático, friables. Baja permeabilidad primaria y moderado aporte de sólidos en suspensión (arcillas grises) y arrastre.
- Fm. Cáqueza (kic): areniscas cuarzosas de color blanco, a veces calcáreas o conglomeráticas dispuestas en bancos, con delgadas intercalaciones de lutitas y algunos niveles de conglomerados finos. Es el mejor acuífero de la zona de trabajo junto con la Fm. Une bajas cantidades de sólidos en suspensión o elementos en solución.
- Fm. Lutitas de Macanal (kilm): lutitas finamente laminadas, fisibles, micáceas, de color gris oscuro a negro, con niveles calcáreos ricos en fósiles (bivalvos) y areniscas lodosas de color gris claro. Baja permeabilidad primaria y alto aporte de sólidos en suspensión (arcillasnegras) yarrastreelementosen solución (azufre, calcioyhierro).
- Fm. Brechas de Buenavista (jsb). Bancos de rocas brechoides, clastosoportadas, compuestas por líticos metamórficos y cuarzo lechoso principalmente. Los líticos incluyen cantos de filitas grises y esquistos verdes. Media a alta permeabilidad primaria y bajo aporte de sólidos en suspensión y arrastre.
- Gr. Quetame (Pzqg). Fm. Guayabetal. Filitas sericíticas de color gris plomizo, algo cuarzosas, dura a moderadamente dura, de textura laminar a lajosa y con fractura lisa, con intercalaciones de filita clorítica verde, algo cuarzosa, dura, laminar o masiva. Moderadas a altas cantidades de sólidos en suspensión o elementos en solución.

3.2.2.2 Usos del suelo

El principal uso dado al suelo en la microcuenca Caño Grande es para la ganadería, esta actividad se desarrolla en asocio con coberturas vegetales de pastos con arbolado, pastos con poco arbolado, principalmente brachiaria, lo cual corresponde al 51% de la microcuenca; otro tipo de uso generalizado son cultivos misceláneos con un 3,4% asociado con pasturas. Estos datos provienen de los estudios de la Secretaría del Medio Ambiente de Villavicencio. La cobertura y usos del suelo en general pueden observarse en la tabla 102.

Tabla 102. Cobertura y usos del suelo

Descripción	Área km ²	%
Bosque de galería o relictos de bosque asociado	0,4979	3,6561
Bosque secundario	0,0043	0,0315
Erosión alta o suelo desnudo	0,0357	0,2624
Misceláneos cultivos/pastos	0,4734	3,4757
Pastos con arbolado o rastrojos	5,7136	41,9527
Pastos con poco arbolado	1,2421	9,1200
Rastrojo	2,9684	21,7958
Río o zona lacustre reciente	0,0176	0,1293
Zona urbana	2,666	19,5764
Total	13,6192	100

Fuente: SEMA Villavicencio, 2005

3.2.2.3 Erosión

Los rangos de pendiente que se presentan en la parte alta de la microcuenca Caño Grande, especialmente en cercanías de su nacimiento, varían entre el 50% y hasta más del 100%; el relieve es desde ligeramente ondulado hasta muy empinado.

Existen procesos de cárcavamiento²⁹ muy comunes se presentan en la parte alta de la microcuenca Caño Grande y afectan grandes extensiones, debido principalmente al tipo de litología, como la formación lutitas de Macanal que favorece la formación de dichos procesos.

Los estudios actuales sobre erosión en la zona del Piedemonte Llanero han establecido que si bien los procesos de erosión son parte natural del modelado de vertientes en una zona orogénicamente activa, son disparados e intensificados por el uso del suelo. Una cuenca pequeña como la de Caño Grande ha sido sujeta a tal grado de intervención antrópica que el patrón del cauce en la parte plana ha cambiado de meándrico a trenzado en un lapso inferior a 30 años, producto del desequilibrio hidráulico por la gran cantidad de sedimentos portados por procesos denudativos, predominantemente erosivos (Cormacarena, 2005, p. 95). En la microcuenca Caño Grande se estima que el 0,26% de su área existen zonas erosionadas.

Dentro de procesos de remoción en masa están las avalanchas, las cuales consisten en el movimiento rápido de masas de materiales gruesos tales como grandes bloques de roca, cascajo y arena, con ciertas cantidades de materiales finos como limo y arcilla, junto con agua y aire atrapado. En el periodo invernal del año 2003, se presentó una avalancha en la microcuenca Caño Grande, que afectó muchos sectores ribereños y causó la pérdida de vidas humanas.

Como uno de los resultados del Plan de Ordenación de la cuenca del río Ocoa, se encontró que, dentro del análisis de densidad del drenaje, la microcuenca de Caño Grande presenta la mayor densidad de drenaje, la cual es calculada relacionando la longitud del drenaje y el área de la microcuenca. Esto concuerda con el análisis de susceptibilidad, ya que a mayor densidad de drenaje mayor susceptibilidad de generar remoción en masa.

3.2.3 Vegetación

En la microcuenca Caño Grande se encuentran relictos de bosque asociado hacia la parte de Piedemonte; en las partes altas de la microcuenca, se observan pasturas con presencia de árboles o presencia de rastrojos en porcentajes que varían del 30% al 50 %.

Como se mencionó anteriormente, el 51% de la cobertura vegetal se encuentra asociada a pastos con o sin arbolado, otra cobertura representativa es la caracterizada por rastrojos con un 21,7% en las zonas altas de la microcuenca Caño Grande, donde la comunidad han iniciado proceso de recuperación de nacimientos, acompañado con bosques de galería y bosques secundarios, con un 3,6%, el cual ha sido altamente intervenido.

²⁹ El cárcavamiento es el proceso de erosión hídrica concentrada en estado avanzado de desarrollo, que forma canales de grandes dimensiones llamados cárcavas.

3.2.4 Aspecto socioeconómico

3.2.4.1 Ubicación del barrio

El barrio Playa Rica está ubicado al sur de la ciudad de Villavicencio, en el departamento del Meta. Pertenece a la comuna N.º 8, y se denomina “Playa Rica”. Se ubica dentro del perímetro urbano de la ciudad, según Plano N.º 7 de Planeación Municipal. El área Playa Rica, según el POT, comprende los desarrollos de los barrios Playa Rica, La Isla, Bahía de Playa Rica, Villa Lorena y Loma Linda. Según el artículo 1 del POT, la Pieza Urbana Porfía / Montecarlo lo constituye el núcleo poblacional que agrupa, entre otros, los siguientes asentamientos: Ciudad Porfía y su área de expansión, Montecarlo, Américas, Playa Rica, Serramonte.

La zona urbana del barrio Playa Rica es una de las áreas de mayor expansión en la ciudad de Villavicencio, y representa el 19.5% del área de la microcuenca Caño Grande.

3.2.4.2 Actividades económicas

La comunidad del barrio Playa Rica desarrolla actividades económicas especialmente asociadas a la actividad comercial urbana, tanto en el sector formal como informal. Una gran parte de las actividades informales son: extracción de material de río, cargue y descargue de volquetas, conductores y ayudantes, vendedores ambulantes, entre otras. Como actividades formales se encuentran tiendas de abarrotes y cacharrerías, billares y puestos de comidas rápidas. Una mínima parte de los habitantes de la zona son empleados del sector formal y del sector público.

3.2.4.3 Infraestructura básica, vías e instalaciones comunales

El barrio Playa Rica cuenta con una vía de acceso principal, que llega hasta la comunidad de Villa Lorena, cruzando la comunidad de Playa Rica. En cuanto a las instalaciones comunales se pueden encontrar:

- Una estructura deteriorada de propiedad de la Junta de Acción Comunal, que actualmente funciona como bodega o almacén del acueducto, sobre el mismo predio está ubicada la oficina del acueducto, donde se lleva la parte administrativa y financiera de la empresa comunitaria.
- Existe una estructura donde funciona un fogón comunitario, administrado por el Club Rotary, donde se ofrecen almuerzos a un costo de \$100 para las madres lactantes, gestantes, niños menores de 12 años y ancianos.
- Se tiene una estructura donde funciona una biblioteca comunitaria que donó la Universidad de los Llanos a la comunidad de Playa Rica.

3.2.4.4 Organización de la comunidad

Como ente articulador de la organización comunitaria en Playa Rica se encuentra la Junta de Acción Comunal, los representantes que conforman esta junta son elegidos por la comunidad en asamblea general o mediante elección por voto popular.

Los miembros de la JAC son reconocidos como líderes comunitarios (no políticos), quienes se caracterizan y destacan por su trabajo comunitario, participación y colaboración con la comunidad. Otros líderes, que aunque no hagan parte de los elegidos para la JAC, son personas de la comunidad que han hecho mérito para que tengan el liderazgo, la aceptación y el apoyo de la comunidad, son afiliados a la empresa de acueducto comunitario y participan en las asambleas donde tienen voz y voto.

El desarrollo funcional de la empresa de acueducto comunitario se realiza mediante una junta, en la cual hacen parte tres representantes de la Junta de Acción Comunal del barrio, el vicepresidente de la JAC es designado y los otros dos son elegidos entre los demás dignatarios que hacen parte de la JAC. Los tres delegados de la JAC son reconocidos por el órgano de control y vigilancia de la empresa de acueducto comunitario, tal órgano de control es designado por la gobernación del Meta, y el mismo órgano nombra al administrador y al tesorero del acueducto. A su vez, el administrador nombra el fontanero y los demás empleados que se requieran para el funcionamiento de la empresa comunitaria.

La organización comunitaria actúa conforme a su reglamento interno y como normativa se enmarca dentro de la ley 743 de 2002; igualmente la vigilancia y control de las organizaciones comunales está a cargo de la gobernación del Meta, mediante la Secretaría de Participación Social.

3.2.4.5 Seguridad social

La mayoría de las personas está afiliada al Sisbén en nivel 1 y 2, con el cual son atendidos en los centros de salud de La Esperanza y de Ciudad Porfía; estos centros de salud no se encuentran en el barrio Playa Rica.

3.2.4.6 Entidades públicas en el barrio

Se cuenta con un colegio, la Unidad Educativa Playa Rica, donde estudian los niños del sector de Playa Rica y Villa Lorena en dos jornadas. Aproximadamente son 690 alumnos, con cobertura desde jardín hasta noveno grado.

En el barrio Playa Rica no existe puesto de Policía, tampoco se cuenta con centros de salud ni ancianatos.

3.2.4.7 Programas sociales

En el barrio Playa Rica existen cuatro hogares de Bienestar Familiar. Como se mencionó anteriormente, existe un fogón comunitario, construido por la gobernación del Meta y lo administra el Club Rotary, del cual se benefician los ancianos, madres lactantes y gestantes, y niños menores de 12 años.

En el barrio existe un programa de la alcaldía que beneficia aproximadamente a 80 abuelos mayores de 65 años con un almuerzo diario gratuito. Algunos abuelos del sector están incluidos en el programa de la tercera edad conocido como “La Media Pensión”, que consiste en un dinero que reciben los ancianos mayores de 65 años de nivel 1 del Sisbén.

Se cuenta con una biblioteca comunitaria, ubicada en la entrada del barrio, donde los estudiantes de Playa Rica y de otros barrios acuden a consultar sus tareas.

3.2.4.8 Estrato

La estratificación socioeconómica se encuentra determinada en el plano censal como estrato socioeconómico 2 (E-2) y en el Sisbén el sector está clasificado en los niveles 1 y 2.

3.2.4.9 Servicios públicos

Transporte: el sector cuenta con un buen sistema de redes viales; de estas la principal es la calle 22 sur, actualmente en regular estado de conservación. Cuenta también con obras de urbanismos, andenes y equipamiento urbano. Todo el sector tiene servicio de transporte público, por medio de taxis y de buses de servicio colectivo.

El barrio cuenta con servicios de luz, gas, aseo, acueducto y alcantarillado, estos dos últimos son administrados por la comunidad.

3.2.4.10 Aspecto religioso

Existe una iglesia católica y una iglesia evangélica; la mayoría de la comunidad es católica y una mínima parte pertenece a la iglesia evangélica.

3.2.4.11 Manejo del sistema tarifario del acueducto

El sistema tarifario se cobra mensualmente y está clasificado por categorías así:

- Uso residencial normal \$4 000
- Uso en tiendas y billares \$5 000
- Uso en inquilinatos \$8 000
- Uso en restaurantes \$12 000
- Uso en finca con piscina \$12 000
- Uso comercial como:
 - Bomba de gasolina
 - Discoteca Los Capachos
 - Planta de sacrificio de pollos
 - Proavín y Hotel Santa Bárbara \$52 500

3.2.4.12 Usuarios del servicio de acueducto

Actualmente hay 614 usuarios matriculados, clasificados de la siguiente manera:

- 21 usuarios con tarifa de \$2 000
- 500 usuarios con tarifa de \$4 000
- 57 usuarios con tarifa de \$5 000
- 23 usuarios con tarifa de \$8 000
- 2 usuarios con tarifa de \$12 000
- 1 usuario con tarifa de \$15 000
- 1 usuario con tarifa de \$22 500
- 1 usuario con tarifa de \$52 500

Los usuarios con tarifa de \$2 000 son usuarios desconectados por morosidad en el pago; algunos son lotes, otras son viviendas abandonadas o con la deuda y tiene servicio de acueducto de otro prestador del servicio (ESPO-Ceaimba). Actualmente hay 25 usuarios que no cuentan con conexión al servicio.

3.2.4.13 Manejo de la cartera del servicio de acueducto

La facturación del servicio de acueducto se distribuye del 1 al 5 de cada mes, el plazo para cancelar es hasta el 16 del mismo periodo. Se considera un usuario moroso cuando presenta cuatro facturas vencidas; en esta situación el acueducto le envía un aviso al usuario moroso informándole la responsabilidad de cancelar dentro de los tres días siguientes a la notificación, so pena de suspenderle el servicio; algunos acatan este

llamado, en los casos en los que no lo hacen después de tres o cuatro días se procede a hacer suspensión temporal del servicio y el valor por reconexión es de \$5 000, los que se deben cancelar junto con la deuda de servicio.

En este proceso se presentan muchos conflictos entre los usuarios y la administración del acueducto, pues considerando que el acueducto es comunitario, los usuarios consideran que no se les puede suspender el servicio. La administración del acueducto informa a los usuarios la responsabilidad de pagar su aporte al acueducto, para así poder contar con recursos suficientes para sus actividades administrativas, de operación y mantenimiento del sistema de acueducto. Igualmente, se presentan descontentos entre los usuarios morosos y la administración del acueducto se ve en la necesidad de solicitar apoyo de la Policía durante los días en que realizan el corte del servicio.

Generalmente, son muy pocos los usuarios del acueducto que actúan de esta manera; la mayoría cancela luego del aviso de suspensión o deja que le suspendan y después paga la reconexión.

La gobernación del Meta, que es el ente de control y vigilancia sobre los organismos comunales, ha sugerido contratar personal jurídico para hacer el respectivo cobro. De hecho, ya se recibió una propuesta que está en estudio para tal efecto.

3.2.4.14 Principales retos del acueducto comunitario

El acueducto comunitario del barrio Playa Rica presenta múltiples retos, tanto para su administración como para la prestación del servicio, entre ellos:

- En épocas de clima seco o en el denominado “tiempo de verano”, la disponibilidad del agua para el acueducto es escasa; sumado a este problema de oferta, existen otros tres acueductos que se surten de la misma fuente, siendo el más perjudicado el de Playa Rica, por ser el que se ubica en la parte inferior de los otros tres puntos de captación.
- Al disminuirse la oferta hídrica de la fuente, todos los acueductos buscan captar el máximo caudal, lo cual genera escasez para el acueducto de Playa Rica. En este caso tienen lugar conversaciones entre las administraciones de los acueductos con el fin de que el volumen de agua sea distribuido de forma equitativa, hasta tanto vuelva a aumentar el caudal del caño; estas conversaciones en algunos casos son exitosas, en otras no, ocasiones en las cuales se presentan conflictos. En los casos exitosos se acuerdan estrategias como la contratación de un celador diario, el cual es responsable de garantizar el paso del agua en periodos acordados para cada acueducto y programar entre las administraciones de los acueductos un racionamiento del servicio con el fin de abastecer a todos los usuarios.
- Otros retos se relacionan con la administración interna del acueducto veredal. La junta administradora está compuesta por cinco representantes de la comunidad. Estas personas asisten de manera voluntaria, pues no reciben remuneración económica por su actividad. Esta falencia implica que los miembros de la junta no puedan dedicar el tiempo requerido para asistir a reuniones, para planear y ejecutar proyectos. Por lo tanto, son objeto de críticas por la comunidad en general. Esta falta de dedicación es discutida en asamblea y generalmente los miembros de la junta terminan retirándose de su labor, generando discontinuidad. Esto va en detrimento de la organización comunitaria y del desarrollo de los proyectos.

- Existen otros desafíos para la organización comunitaria del acueducto veredal y es la falta de cohesión e intolerancia entre vecinos, ya que los conflictos personales hacen que se indisponga a la comunidad frente a iniciativas de la junta, generando un desgaste tanto de los líderes como de la propia comunidad que se ve estancada en sus proyectos. A pesar de estas situaciones e inconvenientes que se presentan, la comunidad de Playa Rica sale al paso y no se resigna al fracaso, siguiendo con tenacidad el desarrollo de actividades que mantengan su organización y promuevan su desarrollo. Para la solución de estos conflictos, la comunidad recibe apoyo y asesoría de la gobernación del Meta, por medio de la Oficina de Participación Social.

4. Programa de Ahorro y Uso Eficiente de Agua para los Usuarios del Acueducto del Barrio Playa Rica (PAUA-PR)

4.1 Introducción

El Programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua tiene como finalidad la disminución de caudales de agua potable distribuidos por la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica, mediante el ahorro y el uso eficiente del agua, tanto por los usuarios como por la empresa prestadora del servicio, por medio del establecimiento de subprogramas que contemplan los objetivos, metas e indicadores puntuales a implementar para cumplir la finalidad propuesta.

El programa de uso eficiente y ahorro de agua es quinquenal y se basa en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua (ver el capítulo “Evaluación prospectiva de los sistemas de acueducto que se abastecen de la quebrada Caño Grande” de la parte 2), a partir de lo cual se establecen las metas de reducción de pérdidas, las campañas educativas para la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos para lograr los objetivos propuestos.

Para la formulación del presente programa se tuvo en cuenta el diagnóstico hidrológico aplicado a la microcuenca de la fuente abastecedora quebrada Caño Grande (ver capítulo “Caracterización hidrológica” de la parte 1) donde se establecieron la calidad y caudales de las fuentes abastecedoras.

También se hizo un diagnóstico técnico con el fin de detectar las falencias del sistema de acueducto y así optimizar los procesos involucrados en la distribución y potabilización del agua, desde la captación en la fuente de abastecimiento hasta su distribución final a los usuarios. El diagnóstico técnico dio a conocer el tipo de captación, la conducción, el sistema de tratamiento para el barrio Playa Rica. Se encontraron falencias en la distribución y calidad del agua (ver el apartado “Diagnóstico técnico de los sistemas de acueducto que se abastecen de la quebrada Caño Grande” de la parte 2).

Con base en los diagnósticos hechos en la microcuenca de la quebrada Caño Grande, se pudieron identificar las posibles oportunidades de ahorro y uso eficiente del agua para disminuir la intervención sobre el recurso y garantizar su sostenibilidad. Para este fin la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica se debe comprometer

con la implementación de los subprogramas establecidos en el presente documento. Cada uno de los subprogramas tiene objetivos, actividades e indicadores, entre otros aspectos, para la consecución de cada meta trazada, ya sea a corto, mediano y largo plazo. Con la implementación de los subprogramas se espera reducir las pérdidas en el sistema y lograr un uso eficiente del agua.

4.2 Justificación del PAUA-PR

La quebrada Caño Grande alimenta varios acueductos: como el de Villa Lorena que, con una captación de 5 l/s, atiende a 340 usuarios de los barrios de Villa Lorena y Loma Linda. También alimenta el de Playa Rica que, con una captación de 15 l/s, atiende a 700 usuarios del barrio del mismo nombre; ESPO, que con una captación de 130 l/s atiende 41 000 usuarios de 36 barrios; Villa del Río que, con una captación de 13 l/s atiende a 338 usuarios del barrio Villa del Río y La Rochela; Villa del Oriente que con una captación de 6 l/s atiende a 60 usuarios del barrio del mismo nombre, las cuales captan un total de 169 l/s que corresponden al 60% del caudal de la fuente abastecedora, situación preocupante por cuanto toca el límite de intervención del caudal ecológico necesario para la conservación.

En cuanto a la calidad del agua de la fuente abastecedora, la situación de oxígeno disuelto antes de la bocatoma de Playa Rica es 7,92 mg O₂/l y va disminuyendo después de la bocatoma hasta alcanzar valores de 6,27 mg O₂/l, lo que muestra la disminución de la calidad del agua de la fuente abastecedora debida a su tránsito por la microcuenca.

Conociendo los valores captados y el caudal de las fuentes se determinó que el caudal ecológico está en el límite de su intervención, lo cual pone en riesgo la preservación de la fuente con un caudal mínimo en la época de verano. Adicionalmente, la fuente abastecedora también es fuente receptora de los vertimientos del barrio Playa Rica, lo cual modifica la calidad del río y afecta a los barrios que se encuentran aguas abajo. Es indispensable la formulación e implementación de un programa de ahorro y uso eficiente del agua que permita disminuir la presión sobre el recurso agua.

De otro lado se encuentra vigente la ley 373 del 6 de junio de 1997, la cual establece la incorporación obligatoria de un programa de ahorro y uso eficiente del agua que deben elaborar e implementar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

Las corporaciones autónomas regionales serán las encargadas de la aprobación de los programas de ahorro y uso eficiente de la empresas prestadoras de los servicios públicos para poder implementar y ejecutar dichos programas con el fin de garantizar la sostenibilidad del recurso.

4.3 Objetivos del PAUA-PR

4.3.1 Objetivo general

Establecer las acciones orientadas a lograr el ahorro y uso eficiente del agua por parte de los usuarios y de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica para conservación del recurso agua y dar cumplimiento a la ley 373 de 1997.

4.3.2 Objetivos específicos

- Formular el programa de ahorro y uso eficiente del agua para la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica y los consumidores.
- Establecer las acciones enfocadas a la disminución de pérdidas y al agua no contabilizada (ANC).
- Exponer las acciones para lograr el ahorro y uso eficiente del agua en las unidades domiciliarias.

4.4 Marco normativo del PAUA-PR

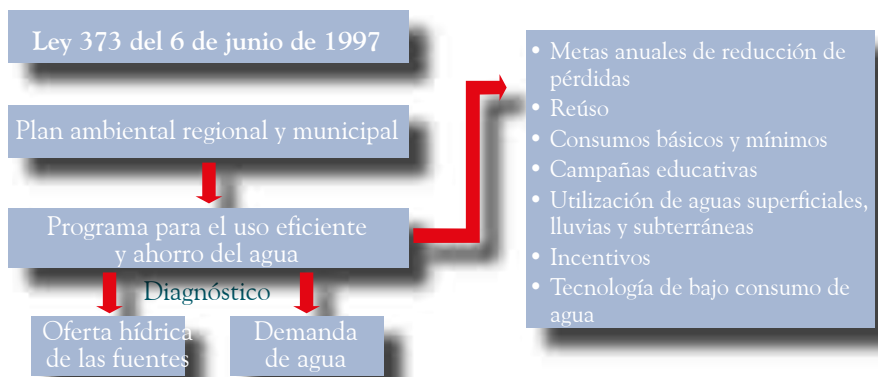
Dentro de la legislación nacional, el Congreso de la República decreta la ley 373 de 1997 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua en el ámbito regional y municipal, el cual deberá ser elaborado y adoptado por las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego, drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. El programa busca cumplir con un mandato de la Constitución Política de 1991, donde se establecen como propios de la finalidad social del Estado la prestación de los servicios en condiciones de calidad y cobertura adecuados a las necesidades de las comunidades, contando con la participación activa de las mismas y desarrollando el servicio con integralidad, además de que se instituye por la situación cada vez más crítica que se presenta, debido a la escasez de agua que cumpla con estándares de calidad para el consumo humano.

Es así como el Gobierno Nacional complementa su iniciativa para aunar esfuerzos en aras de fomentar acciones concretas para el uso eficiente, conservación y reutilización del recurso mediante la expedición del decreto 3102 de 1997 que reglamenta el artículo 15 de la ley 373 de 1997 para la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua. Por otra parte, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, MAVDT, apunta a fortalecer el ahorro del agua teniendo en cuenta las estrategias de producción más limpia (PML), con el fin de implementar y mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente.

Debido a esto, es necesario incluir toda actividad que está relacionada con una mejor utilización del recurso (hacer más o lo mismo con menos cantidad) con el propósito fundamental de reducir su gasto en los diferentes sectores usuarios, a fin de optimizar la conservación y el mejoramiento de los recursos hídricos. Teniendo en cuenta que el uso eficiente de agua es uno de los principios contemplados para el manejo integrado de los recursos hídricos y, por eso, frecuentemente es una “fuente de abastecimiento” por sí mismo. Entre la normativa más importante que aplica a los programas de ahorro y uso eficiente del agua se cuentan:

- Ley 373 de 1997, que establece la incorporación de los planes de ahorro y uso eficiente del agua en el plan ambiental regional y municipal, como se observa a continuación:

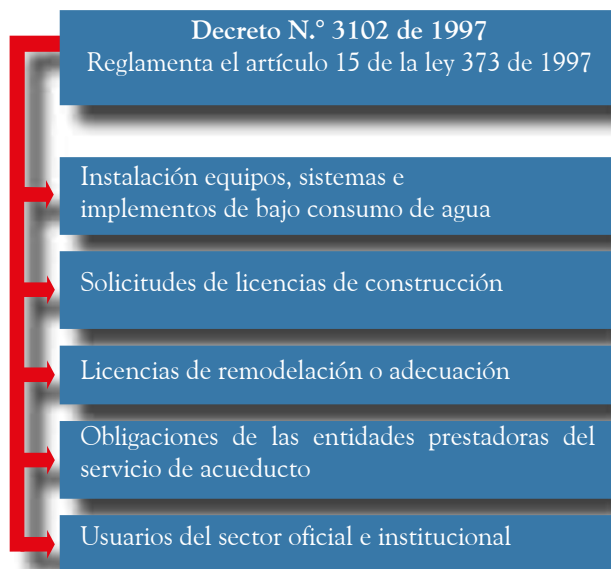
Figura 68
Diagrama de flujo, ley 373 de 1997



Fuente: elaboración propia.

- El decreto 3102 de 1997, que establece la instalación de equipo, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.

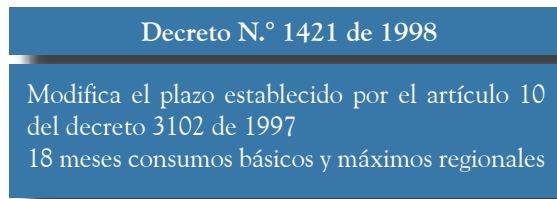
Figura 69
Diagrama de flujo, decreto 3102 de 1997



Fuente: elaboración propia.

- El decreto 1421 de 1998, que establece los plazos para definir los consumos básicos para efectos de ahorro y uso eficiente de agua.

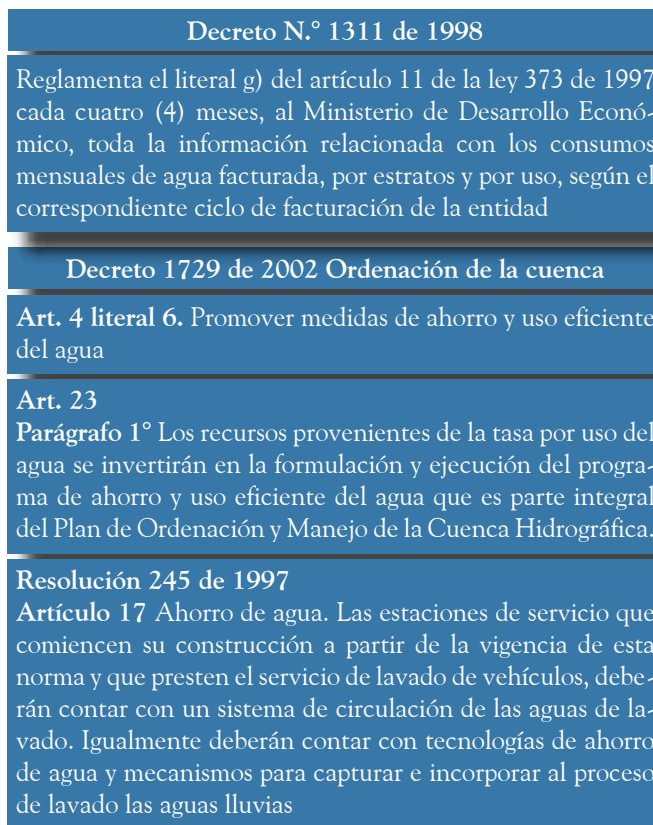
Figura 70
Diagrama de flujo, decreto 1421 de 1998



Fuente: elaboración propia

- Otros decretos complementarios como los mencionados a continuación:

Figura 71
Diagrama de flujo de otros decretos reglamentarios



Fuente: elaboración propia

4.5 Marco conceptual del PAUA-PR

El uso eficiente del agua contiene tres aspectos importantes: el uso, la eficiencia y el agua. El uso significa que es susceptible a la intervención humana, por medio de alguna actividad que puede ser productiva, recreativa o para su salud y bienestar. La eficiencia tiene implícito el principio de escasez: el agua dulce es un recurso escaso, finito y limitado que debe ser bien manejado, de manera equitativa, considerando aspectos socioeconómicos y de género.

El uso eficiente del agua implica, entonces, cambiar la manera tradicional de afrontar el incremento de la demanda de recursos, “predecir y abastecer” hacia una gestión estratégica e integral de la demanda de agua, que implica modificar las prácticas y los comportamientos de los diferentes sectores de usuarios del agua, para maximizar el uso de la infraestructura existente, de tal manera que se puedan aplazar las grandes inversiones en el sector y se pueda aumentar la cobertura en sectores necesitados y vulnerables, de cara a las metas de desarrollo del milenio (Millenium Development Goals [MDG]).

4.6 Evaluación del sistema de abastecimiento y disposición del agua

La presente evaluación del sistema de abastecimiento y disposición del agua orienta los programas que se deben desarrollar de acuerdo con la situación del acueducto del barrio Playa Rica.

Tabla 103. Análisis DOFA del sistema de abastecimiento y disposición del agua del barrio Playa Rica

	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
Captación y aducción	<p>Fuentes de abastecimiento con rangos de variabilidad en su escurrimiento debido al deterioro de su microcuena, la erosión, la deforestación y los inadecuados usos.</p> <p>Captación aguas arriba en la misma fuente abastecedora por otros usuarios.</p> <p>Obstrucción del dispositivo de captación o del canal de conducción hacia la cámara de derivación lateral en épocas de invierno por sedimentos.</p> <p>La capacidad máxima de la tubería de aducción es ampliamente suficiente para satisfacer las necesidades del sistema.</p>	<p>Sistema que no ha presentado fallas</p>	<p>Buen estado de la estructura de captación</p>	<p>Características topográficas y morfométricas determinan torrenciales caudales en épocas de invierno y muy bajos escurrimientos en época de verano.</p> <p>En verano la captación no funciona sumergida y a duras penas puede captar la totalidad del caudal que escurre por la fuente.</p> <p>El empotramiento de los cables de soporte a las laderas de la corriente generan la vulnerabilidad de la misma a desprendimientos en masa dada su inestabilidad.</p>

	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
Desarenador y almacenamiento	La capacidad de la estructura de almacenamiento no es suficiente para satisfacer la función de almacenamiento y compensación de acuerdo con los criterios establecidos por el RAS2 2000.	Incremento en la población a servir.	Altamente eficiente el sistema de remoción.	El sistema no garantiza condiciones de seguridad contra la contaminación externa.
Tratamiento del agua	No existen procesos complementarios de tratamiento como coagulación, floculación, sedimentación, entre otros.	Se realiza desinfección con cloro.	Aplicación del cloro líquido para la desinfección.	Condiciones de calidad del agua inadecuadas con base en el decreto 475/97
Red de distribución	La red de conducción carece de válvulas ventosa. No existe una cultura de ahorro y uso eficiente del agua.	Presión del agua	Actualmente, existe una red de distribución para el servicio.	Varios tramos vulnerables a daños e intervenciones externas. Especial monitoreo, cuidado y mantenimiento al paso elevado (viaducto) sobre la quebrada Caño Grande. Fugas en la tubería.
Acometidas domiciliarias y viviendas	Las acometidas carecen de micromedidores para efecto del control de los consumos y de la facturación Desperdicio de agua.	Voluntad de algunos habitantes para el manejo sostenible del recurso.	Deficiencias de carácter técnico y carencias en la infraestructura sanitaria.	Uso irracional por la no medición del consumo. Presencia de enfermedades de origen hídrico en la población infantil.
Red de disposición y tratamiento	No hay un sistema de tratamiento de aguas servidas. Varios emisarios finales.	Voluntad de algunos habitantes para el manejo sostenible del recurso.	Existe red de disposición de aguas servidas en el barrio.	Se descarga aguas debajo de la fuente abastecedora. Descarga de residuos y vertimientos de fincas aledañas a la fuente abastecedora. Contaminación por residuos sólidos de la quebrada Caño Grande.

Fuente: elaboración propia

4.7 Formulación del Programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua

4.7.1 Política del PAUA-PR

La política está orientada a desarrollar acciones integrales de gestión y manejo del recurso hídrico, mediante el respeto y la protección del ambiente, por lo cual planea y establece medidas necesarias tendientes a lograr el ahorro y uso eficiente del agua y a disminuir los impactos ambientales producidos por las actividades de captación, distribución y tratamiento del agua potable y de la descarga de los vertimientos. Todo esto con el fin de propiciar el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad de Playa Rica y el desarrollo comprometido con la sostenibilidad.

4.7.2 Principios del PAUA-PR

Los principios del PAUA-PR:

- **Educación ambiental:** promover una cultura ambiental fundamentada en el conocimiento para lograr el ahorro y uso eficiente del agua en la comunidad de Playa Rica y concientizarla sobre la relación con el mejoramiento de la calidad de vida individual y colectiva.
- **Sostenibilidad:** conjugar el uso de los recursos que proporciona la cuenca hidrográfica y la protección del recurso hídricos con los objetivos económicos y sociales, con el fin de garantizar el consumo actual y futuro de estos.
- **Participación comunitaria:** estimular la participación activa y positiva de la comunidad del barrio Playa Rica.
- **Cumplimiento de la normativa:** desarrollar sus actividades en armonía con las normas ambientales aplicables.
- **Mejoramiento continuo:** ejercer control y vigilancia de los objetivos y metas ambientales, de acuerdo con los instrumentos de planeación.
- **Eficiencia en el uso del agua:** implementar medidas que reduzcan la cantidad de agua por unidad, que se definan los usos del recurso, y que su uso sea consistente con el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua.

4.8 Programas

El Programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua incluye las actividades de divulgación, concientización y capacitación, implementación de equipos de medición y ahorro, reducción de pérdidas, reúso del agua, etc., que permiten disminuir el consumo y lograr un manejo integral del recurso hídrico. Mediante el establecimiento de acciones claramente definidas en cada subprograma se alcanzarán los objetivos del programa.

A continuación se presentan los diferentes programas y subprogramas establecidos.

4.8.1 Programa Domiciliario de Ahorro y Uso Eficiente del Agua

El presente programa busca disminuir el consumo de los usuarios domiciliarios del sistema de distribución y disposición de agua del barrio Playa Rica. Para lograrlo, se deben implementar, entre otros, los siguientes subprogramas:

- Subprograma de educación ambiental
 - Subprograma de capacitación a estudiantes
 - Subprograma de capacitación a profesores
 - Subprograma de capacitación a la comunidad
- Subprograma de fugas intradomiciliarias
- Subprograma de reúso del agua
- Subprograma de tecnología de bajo consumo de agua
- Subprograma de aprovechamiento de aguas lluvias

4.8.1.1 Subprograma de educación ambiental

Este programa pretende disminuir los consumos de agua por medio de la difusión, concientización, capacitación y/o educación a la comunidad en general del barrio Playa Rica sobre el ahorro del agua y su buen uso según su grupo étnico, nivel socioeconómico y procedencia. La capacitación debe dirigirse a tres públicos: estudiantes, profesores y comunidad en general. Dichas actividades de divulgación, concientización y capacitación están enfocadas, inicialmente, a promover el uso eficiente y ahorro del agua, con el fin de que estudiantes y profesores del colegio sean multiplicadores y ejecutores de las actividades tendientes a disminuir los consumos de agua de los usuarios.

Es importante tener en cuenta que, como apoyo a estas campañas educativas y en desarrollo del numeral 32 del artículo 5 de la ley 99 de 1993, el Ministerio del Medio Ambiente podrá celebrar convenios necesarios con las entidades administradoras del recurso hídrico, para lograr una efectiva concientización en el uso eficiente y el ahorro del agua.

Los subprogramas de educación ambiental son:

4.8.1.1.1 *Subprograma de capacitación a estudiantes*

Este subprograma pretende que, por medio de la educación ambiental, los estudiantes se apropien y difundan prácticas de ahorro y uso eficiente de agua como una herramienta que apoye a los proyectos educativos escolares, los cuales son instrumentos de gestión que recogen ideas, principios, objetivos y propósitos educativos ambientales, necesarios para aportar soluciones a la problemática ambiental que afecta a la comunidad en el ámbito interno de los establecimientos educativos y externos, en el entorno inmediato, a nivel local. El objetivo es hacer sentir a los estudiantes y la comunidad, en general, la magnitud e impacto del programa del cual están siendo parte. La campaña publicitaria debe ser de expectativa frente a los cambios que se presentarán frente al manejo y uso del agua en el barrio Playa Rica. A continuación, se presentan las actividades, indicadores, metas y responsables para la implementación del subprograma (véase tabla 104).

Como apoyo al programa de ahorro y uso eficiente se elaboró la *Cartilla de prácticas de ahorro y uso eficiente del agua*.

4.8.1.1.2 *Subprograma de capacitación a docentes*

Este subprograma pretende, a través de capacitación a docentes, la difusión del programa de ahorro y uso eficiente a los estudiantes como herramienta que apoye a los proyectos educativos escolares, de conformidad con lo establecido en el numeral 9 del

artículo 5 de la ley 99 de 1993, que estipula que los ministerios del Medio Ambiente y de Educación Nacional deben adoptar planes y programas docentes y adecuar el pènsam en los niveles primario y secundario de educación, incluyendo temas referidos al uso racional y eficiente del agua. Además, el artículo 14 estipula: Se reconoce al agua dulce un valor económico intrínseco, cuyo costo será establecido según metodología y criterios establecidos por las respectivas comisiones de regulación, de acuerdo con el uso que a ella se le dé, y será incorporado en la facturación al usuario final.

Adicionalmente, el programa pretende apoyar lo designado en la ley 115 de 1994 que señala las normas generales para regular el servicio público de la educación y que en su artículo 110 destaca la importancia del mejoramiento profesional. El programa pretende ofrecer lineamientos técnicos y pedagógicos sobre el tema de ahorro y uso eficiente del agua para facilitar a los educadores la enseñanza y aplicación del mismo. A continuación, se presentan las actividades, indicadores, metas y responsables para la implementación del subprograma (ver tabla 105).

Tabla 104. Subprograma de capacitación a estudiantes

Objetivos específicos	Actividades	Indicadores	Metas	Frecuencia de medición	Responsables
<p>Concientizar a los estudiantes a través de campañas educativas sobre el ahorro y uso eficiente del agua.</p>	<p>Diseño de eslogan y logotipo que genere impacto visual, teniendo en cuenta el grupo étnico, nivel socioeconómico, procedencia y aquellos factores determinantes para la estandarización de la comunicación. Diseño de elementos de difusión. Póster, pasacalles, folletos, volantes (etc.). Estos deben incluir el eslogan y logotipo, y ser distribuido estratégicamente a los estudiantes en el sector y/o barrio, donde más se aproveche visualmente la información. Divulgación del programa a través de la difusión de la información por medios escritos o orales, estos últimos utilizando a los profesores como medios de divulgación. Eventos de divulgación. Realización de tardes lúdicas y recreativas donde además de una tarde de integración comunitaria se repartan volantes y folletos para aumentar el nivel de expectativa frente al programa. actividades acompañadas de presencia institucional (Institución Educativa y Comisión Empresarial del Acueducto).</p>	<p>Ac= número de eventos de divulgación. El= elementos de difusión diseñados.</p>	<p>Realizar mínimo un evento de divulgación anual. Realizar mínimo un elemento de difusión. Disminuir la dotación en mínimo un 5%.</p>	<p>Anual</p>	<p>Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica e Institución Educativa Barrio Playa Rica</p>
<p>Difundir cartillas o plegables de ahorro y uso eficiente del agua</p>	<p>Reproducir 500 cartillas o plegables de difusión orientadas a lograr el ahorro y uso eficiente del agua en las viviendas</p>	<p>NC = número de cartillas entregadas</p>	<p>Entregar como mínimo el 10% de cartillas o plegables</p>	<p>Anual</p>	<p>Para la primera entrega y reproducción de cartillas o plegables apoyará la Fundación Niños de la Esperanza y posteriormente, la institución educativa y la Comisión Empresarial difundirán la información.</p>

Objetivos Específicos	Actividades	Indicadores	Metas	Frecuencia de medición	Responsables
<p>Capacitar a los estudiantes de la Institución Educativa Playa Rica en el tema de ahorro y uso eficiente del agua.</p>	<p>Realizar por lo menos dos jornadas anuales de capacitación a estudiantes de la institución Educativa Playa Rica.</p>	<p>NE= número de estudiantes capacitados</p>	<p>Capacitar como mínimo al 50% de la comunidad estudiantil para el año 2009 y el 90% para el año 2010.</p>	<p>Semestral</p>	<p>Directora y profesores de la Institución Educativa Playa Rica, Directora encargada de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica y otras instituciones educativas que ejecuten las capacitaciones.</p>
<p>Iniciar proceso de educación participativa</p>	<p>Tras la efectiva sensibilización de los estudiantes, se promueve la disposición de comenzar un proceso de educación ambiental participativa que traiga implícita la concientización y que arroje como resultado una verdadera cultura ciudadana. Para esto, deben adelantarse las actividades que a continuación se listan:</p> <p>Desarrollo de mesas de trabajo (eslogan: “socializa tus prácticas de ahorro”). Se organizarán mesas de trabajo para que los estudiantes definan sus propias prácticas tendientes a lograr el ahorro y uso eficiente del agua aplicables a su condición técnico-socioeconómica. Las mesas deben estar conformadas por estudiantes de diferentes cursos, profesores y algún representante de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica. La información obtenida servirá para retroalimentar los procesos de sensibilización, divulgación y capacitación en el tema.</p>	<p>DMT= número de mesas de trabajo desarrolladas con estudiantes.</p> <p>TE = número de talleres realizados con estudiantes.</p> <p>DE= número de exposiciones realizadas por estudiantes en el tema.</p>	<p>Como mínimo una mesa de trabajo o un taller o una exposición al año.</p>	<p>Anual</p>	<p>Directora, estudiantes y profesores de la Institución Educativa Playa Rica, Directora encargada de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica y otras instituciones educativas que apoyen la labor.</p>

Objetivos específicos	Actividades	Indicadores	Metas	Frecuencia de medición	Responsables
<p>Iniciar el proceso de educación participativa</p>	<p>Realización de talleres educativos. Para su desarrollo se implementará la metodología de diálogo de saberes, la cual es participativa y especial para trabajar con los estudiantes por su dinamismo y por lo aterrizado de su lenguaje. Finalmente se espera que con el conjunto de la autor reflexión y la educación teórica, los estudiantes lleguen a entender y concientizarse sobre el manejo y uso eficiente del agua. Estos talleres deben ser manejados por los profesores y estudiantes de cada barrio, quienes previamente deben haber recibido una capacitación en el tema para replicar y desarrollar estas actividades con otros estudiantes.</p> <p>Desarrollo de exposiciones sobre el uso eficiente y ahorro del agua, a sectores productivos, organizaciones ambientalistas, académicos y sociedad en general.</p>	<p>DMT= número de mesas de trabajo desarrolladas con estudiantes.</p> <p>TE = número de talleres realizados con estudiantes.</p> <p>DE= número de exposiciones realizadas por estudiantes en el temas.</p>	<p>Como mínimo una mesa de trabajo o un taller o una exposición al año.</p>	<p>Anual</p>	<p>Directora, estudiantes y profesores de la Institución Educativa Playa Rica, Directora encargada de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica y otras instituciones educativas que apoyen la labor.</p>

Tabla 105. Subprograma de capacitación a docentes

Objetivos específicos	Actividades	Indicadores	Metas	Frecuencia de medición	Responsables
<p>Concientizar a los docentes de la importancia de incorporar el tema del ahorro y uso eficiente del agua en su actividad académica</p>	<p>Divulgación de la importancia del Programa de ahorro y uso eficiente a través de conferencias a docentes.</p> <p>Diseño de dispositivos pedagógicos aplicables a las actividades docentes y tendientes a apoyar el ahorro y uso eficiente del agua.</p> <p>Implementación y ejecución de los dispositivos pedagógicos a través de talleres, conferencias, seminarios, trabajos académicos, recorridos ecológicos en la microcuenca hidrográfica, etc.</p> <p>Motivar el desarrollo de eventos de divulgación liderado por estudiantes.</p>	<p>Ac= número de eventos de divulgación realizados a docentes.</p> <p>DDP= número de dispositivos pedagógicos diseñados</p> <p>IDDP= número de dispositivos pedagógicos implementados</p> <p>DE= número de eventos de divulgación liderados por estudiantes</p> <p>Dotación= d=volumen de agua que consume un habitante en un día.</p>	<p>Realizar mínimo un evento de divulgación a docentes.</p> <p>Diseñar e implementar con docentes mínimo un dispositivo pedagógico.</p> <p>Desarrollar mínimo un evento de divulgación liderado por estudiantes y motivado por los docentes.</p>	<p>Anual</p>	<p>Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica e Institución Educativa Playa Rica.</p> <p>Dichas instituciones deben gestionar el desarrollo de convenios con instituciones de educación superior para que apoyen las actividades establecidas en el programa docente.</p>

Objetivos específicos	Actividades	Indicadores	Metas	Frecuencia de medición	Responsables
<p>Iniciar el proceso de educación participativa</p>	<p>Tras la efectiva sensibilización de los docentes, se promueve la disposición ambiental participativa que traiga implícita la concientización y que arroje como resultado una verdadera cultura ciudadana. Para esto, deben adelantarse las actividades que a continuación se listan:</p> <p>Desarrollo de mesas de trabajo. Se organizarán mesas de trabajo para que los docentes definan sus propias prácticas pedagógicas tendientes a lograr el ahorro y uso eficiente del agua aplicables a su condición técnico-socioeconómica. Las mesas deben estar conformadas por docentes de diferentes colegios y cursos y algún representante de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica. La información obtenida servirá para retroalimentar los procesos de sensibilización, divulgación y capacitación en el tema.</p> <p>Realización de talleres educativos. Para su desarrollo se implementará la metodología de diálogo de saberes, la cual es participativa y especial para trabajar con los docentes por su dinamismo y por lo aterrizado de su lenguaje. Finalmente, se espera que con el conjunto de la autorreflexión y la educación teórica, las personas lleguen a entender y concientizarse sobre el manejo y uso eficiente del agua.</p> <p>Estos talleres deben ser manejados por los docentes de cada barrio, quienes previamente deben haber recibido una capacitación en el tema para replicar y desarrollar estas actividades con su comunidad</p> <p>Desarrollo de exposiciones: en alusión al tema de uso eficiente y ahorro del agua, a sectores productivos, organizaciones ambientalistas, académicos y sociedad en general.</p>	<p>DMT = número de mesas de trabajo desarrolladas.</p> <p>TE = número de talleres realizados.</p> <p>DE = número de exposiciones realizadas.</p>	<p>Como mínimo una mesa o un taller o una exposición al año.</p>	<p>Anual</p>	<p>Directora y profesores de la Institución Educativa Playa Rica, directora encargada del la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica y otras instituciones educativas que apoyen la labor.</p>

Como apoyo al programa de ahorro y uso eficiente se creó la *Cartilla de prácticas de ahorro y uso eficiente del agua*.

4.8.1.1.3 Subprograma de capacitación a la comunidad

Este subprograma pretende, a través de capacitación a la comunidad, la difusión del Programa de Ahorro y Uso eficiente del Agua como una herramienta que logre disminuir el consumo de agua y que apoye los proyectos educativos escolares, de conformidad con lo establecido en el numeral 9 del artículo 5 de la ley 99 de 1993, que estipula que los ministerios del Medio Ambiente y de Educación Nacional deben adoptar planes y programas docentes y adecuar el pènsun en los niveles primario y secundario de educación, incluyendo temas referidos al uso racional y eficiente del agua. Además, el artículo 14 estipula: Se reconoce al agua dulce un valor económico intrínseco, cuyo costo será establecido según metodología y criterios establecidos por las respectivas comisiones de regulación, de acuerdo con el uso que a ella se le dé, y será incorporado en la facturación al usuario final.

Adicionalmente, el programa pretende apoyar lo designado en la ley 115 de 1994 que señala las normas generales para regular el servicio público de la educación y que en su artículo 110 destaca la importancia del mejoramiento profesional. El programa pretende ofrecer lineamientos técnicos y pedagógicos sobre el tema de ahorro y uso eficiente del agua para facilitar a los educadores la enseñanza y aplicación del mismo.

A continuación, se presentan las actividades, indicadores, metas y responsables para la implementación del subprograma (ver tabla 106).

Tabla 106. Subprograma de capacitación a la comunidad

Objetivos específicos	Actividades	Indicadores	Metas	Frecuencia de medición	Responsables
Concientizar a los docentes de la importancia de incorporar el tema de ahorro y uso eficiente del agua en su actividad académica.	Divulgación de la importancia del programa de ahorro y uso eficiente a través de conferencias a docentes. Diseño de dispositivos pedagógicos aplicables a las actividades docentes y tendientes a apoyar el ahorro y uso eficiente del agua. Implementación y ejecución de los dispositivos pedagógicos a través de talleres, conferencias, seminarios, trabajos académicos, recorridos ecológicos en la microcuenca hidrográfica, etc.	Ac= número de eventos de divulgación realizados a docentes. DDP= número de dispositivos pedagógicos diseñados. IDDP= número de dispositivos pedagógicos implementados. DE= número de eventos de divulgación liderados por estudiantes. Dotación = d=volumen de agua que consume un habitante en un día.	Realizar mínimo un evento de divulgación a docentes. Diseñar e implementar con docentes mínimo un dispositivo pedagógico. Desarrollar mínimo un evento de divulgación liderado por estudiantes y motivado por los docentes.	Anual	Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica e Institución Educativa Playa Rica. Dichas instituciones deben gestionar el desarrollo de convenios con instituciones de educación superior para que apoyen las actividades establecidas en el programa docente.

Fuente: elaboración propia

Como apoyo al programa de ahorro y uso eficiente se creó la *Cartilla de prácticas de ahorro y uso eficiente del agua*.

4.8.1.2 Subprograma de fugas intradomiciliarias

El subprograma pretende disminuir las fugas intradomiciliarias (al interior de la vivienda), por medio de una cultura para la revisión de los equipos sanitarios utilizados en la vivienda. Para alcanzar la reducción de pérdidas intradomiciliarias es necesario desarrollar las siguientes actividades:

Tabla 107. Subprograma de fugas intradomiciliarias

Objetivos específicos	Actividades	Indicadores	Metas	Frecuencia de medición	Responsables
Desarrollar actividades para la identificación de las fugas intradomiciliarias con los habitantes del barrio Playa Rica.	Divulgación de la importancia del programa de ahorro y uso eficiente, por medio de conferencias a docentes. Diseño de dispositivos pedagógicos aplicables a las actividades docentes y tendientes a apoyar el ahorro y uso eficiente del agua. Implementación y ejecución de los dispositivos pedagógicos para talleres, conferencias, seminarios, trabajos académicos, recorridos ecológicos en la microcuenca hidrográfica, etc. Motivar eventos de divulgación liderados por estudiantes.	NFV=número de fugas visibles identificadas. NFVC= número de fugas visibles corregidas.	Mínimo una detección de fuga visible.	Anual	Habitantes del barrio Playa Rica y sus alrededores y la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica e Institución Educativa Playa Rica. Dichas instituciones deben gestionar el desarrollo de convenios con instituciones de educación superior para que apoyen las actividades establecidas.

Fuente: elaboración propia.

4.8.1.3 Subprograma de reúso del agua

El subprograma pretende que la comunidad del barrio Playa Rica y sus alrededores adopten una cultura en el aprovechamiento de las aguas usadas, mediante prácticas sencillas que permitan utilizar las aguas usadas en algunas instalaciones sanitarias o para el riego jardines o cultivos. Esto consiste en la utilización de aguas usadas, ya sean de origen superficial, subterráneo o lluvias, que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten.

Tabla 108. Subprograma de reúso de agua

Objetivos específicos	Actividades	Indicadores	Metas	Frecuencia de medición	Responsables
Desarrollar actividades de capacitación y divulgación para el aprovechamiento de aguas usadas.	Charlas informativas sobre el aprovechamiento de aguas usadas en la vivienda.	NFV= número de charlas realizadas.	Mínimo una charla sobre el tema al año.	Anual	Habitantes del Barrio Playa Rica y sus alrededores, Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica e Institución Educativa Playa Rica. Dichas instituciones deben gestionar el desarrollo de convenios con instituciones de educación superior para que apoyen las actividades establecidas.

Fuente: elaboración propia.

Como apoyo al programa de ahorro y uso eficiente se creó la *Cartilla de prácticas de ahorro y uso eficiente del agua*.

4.8.1.4 Subprograma de tecnologías de bajo consumo de agua

El subprograma pretende, en primer lugar, promover el uso de aditamentos sencillos y fáciles de hacer por el habitante que le permitan disminuir su consumo. En segundo lugar, promover la importancia de reemplazar en las viviendas equipos e instalaciones sanitarias con tecnología de bajo consumo y bajo costo que estén disponibles, de acuerdo con sus características socioeconómicas de la comunidad. El decreto 3102 de 1997 obliga a los usuarios institucionales y oficiales a la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua y promueve el reemplazo gradual de equipos e implementos de alto consumo en el sector residencial.

Tabla 109. Subprograma de tecnologías de bajo consumo de agua

Objetivos específicos	Actividades	Indicadores	Metas	Frecuencia de medición	Responsables
Sensibilizar a la comunidad sobre el uso de aditamentos sencillos y fáciles de instalar que permitan disminuir el consumo de agua.	Diseñar y ejecutar programas de divulgación que promuevan el uso de aditamentos sencillos y fáciles de hacer que permitan disminuir el consumo de agua.	NPDR= número de programas de divulgación ejecutados. NCIAA= número de casas que implementen aditamentos ahorradores.	Mínimo un programa de divulgación al año.	Anual	Habitantes y Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica.
Desarrollar un boletín informativo sobre las tecnologías de bajo consumo y de bajo costo que puedan adquirir e instalar los habitantes.	Divulgar la información pertinente acerca de los dispositivos de bajo consumo de agua, que se adoptarán como de obligatoria instalación según lo establecido en el decreto 3102 de 1997. Distribución del boletín informativo	NBI= número de boletines entregados.	Distribuir mínimo cinco boletines al año.	Anual	Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica.

Fuente: elaboración propia.

4.8.1.5 Subprograma de aprovechamiento de aguas lluvias

El programa pretende motivar el aprovechamiento de las aguas lluvias según la oferta de este recurso y de la disponibilidad técnica y económica de los habitantes de la zona.

Tabla 110. Subprograma de aprovechamiento de aguas lluvias

Objetivos específicos	Actividades	Indicadores	Metas	Frecuencia de medición	Responsables
Promover el aprovechamiento de aguas lluvias.	Mediante conferencias y de acuerdo con la disponibilidad técnica y económica se explican los mecanismos de aprovechamiento de aguas lluvias y la viabilidad de su implementación.	NCTR = número de conferencias sobre el tema celebradas.	Mínimo una conferencia en el tema de aprovechamiento de aguas lluvias.	Anual	Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica.

Fuente: elaboración propia.

4.9 Ejercicio piloto de las actividades del subprograma de educación ambiental

4.9.1 Actividad piloto orientada a líderes comunitarios

El ejercicio piloto de educación ambiental con líderes de la comunidad tenía como objetivo iniciar un proceso de acercamiento a la comunidad con la capacitación en temas primordiales para su organización autosuficiente con miras a la administración de los recursos naturales en la microcuenca de la quebrada Caño Grande, a partir del desarrollo de talleres de concertación y diagnóstico y la posterior identificación de soluciones, objetivos y estrategias para rescatar, mantener y mejorar los recursos naturales. La actividad se llevó a cabo el 28 de marzo de 2009.

Las actividades realizadas en el marco del taller con líderes de la comunidad fueron:

4.9.1.1 Presentación de todos los participantes del taller “Construyamos la Red Participativa”

Objetivo de la actividad

Presentar e integrar a los participantes a través de percepciones comunes del medio ambiente en torno a la microcuenca de la quebrada Caño Grande y de las expectativas que acercaron a los líderes de la comunidad para el desarrollo del taller.

Desarrollo de las actividades

- Cada participante mencionaba su nombre, la situación que más le preocupaba de la microcuenca quebrada Caño Grande y las expectativas y aportes que deseaba cumplir con el desarrollo del taller.
- Posteriormente, otro integrante que encontraba en común esta situación, se presentaba y mencionaba otra expectativa o aporte adicional que le interesaba, y así sucesivamente se presentaron paulatinamente todos los integrantes.

Foto 34

Participante del taller “Construyamos la Red Participativa”



- Cada vez que un participante se presentaba quedaba unido a través de una madeja de hilo que permitía la construcción de la red.

Resultados de la actividad

La actividad permitió integrar a los participantes de diferentes veredas de la microcuenca de la quebrada Caño Grande en torno a problemáticas y expectativas comunes socializadas en el grupo, facilitando la formación de una red común de situaciones y soluciones ambientales presentes en la comunidad. Adicionalmente, el conocer diferentes líderes veredales logró la integración de ellos para el desarrollo de futuros trabajos participativos para el beneficio de la comunidad.

4.9.1.2 Criterios para la gestión del desarrollo

Objetivo de la actividad

Concientizar y capacitar a los líderes de la comunidad en torno a la cuenca hidrográfica, planes de ordenamiento territorial, planes de desarrollo y plan de ordenamiento de la cuenca hidrográfica. Adicionalmente, por medio de una maqueta, se identifican las zonas más vulnerables en cuanto al manejo de los recursos naturales de la microcuenca quebrada Caño Grande.

Desarrollo de las actividades

El profesor de la Universidad Central encargado de la actividad explica los conceptos, y, por medio del uso de una maqueta en conjunto con los líderes de la comunidad, identifica cada región y los recursos disponibles.



Foto 35
Criterios para la
gestión del desarrollo
comunitario



Foto 36
Análisis de la
microcuenca de la
quebrada Caño Grande
sobre su representación
en la maqueta



Foto 37
Visión de la microcuenca de la quebrada Caño Grande sobre la maqueta

Resultados de la actividad

Los participantes comprendieron los conceptos de cuenca hidrográfica, plan de desarrollo, plan de ordenamiento territorial, plan de ordenamiento de la cuenca hidrográfica y las implicaciones de estos conceptos para la realización de proyectos integrados que conserven el recurso hídrico.

Los participantes sobre una maqueta preestablecida expresaron las situaciones ambientales presentes en las diferentes veredas de la microcuenca de la quebrada Caño Grande.

4.9.1.3 Construyamos el "árbol del problema"

Objetivo de la actividad

Hacer un análisis situacional de los problemas, causas y consecuencias que enfrentan los habitantes de la quebrada Caño Grande en torno al manejo de los recursos hídricos y su relación con otros recursos. Posteriormente, identificar de posibles soluciones a los problemas identificados.

Desarrollo de las actividades

En esta actividad participaron 25 líderes comunitarios de las diferentes veredas de la microcuenca de la quebrada Caño Grande, ONG ambientales, docentes y directivos de las instituciones educativas de la microcuenca, representantes de la Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica y ESPO, representantes y líderes de la Junta de Acción Comunal y algunos representantes voluntarios de la comunidad.

- Los participantes se organizaron en grupos de cinco personas.
- A cada grupo de trabajo se le suministró una cartelera y marcadores.
- El coordinador de la actividad indica a los participantes el dibujar un árbol sobre el cual se basa el análisis de los problemas de la microcuenca de la quebrada Caño Grande.
- Teniendo como base el concepto mencionado acerca de la herramienta del diagnóstico ambiental participativo "árbol de problemas", los participantes desarrollan en la cartelera esta herramienta.
- Seguidamente los integrantes de cada grupo identificaban las posibles soluciones a los problemas identificados.



Foto 38
Construyendo el
"árbol de problemas"

- Finalmente, se creó una mesa de discusión que enriqueció los resultados de la actividad.

Resultados de la actividad:

A continuación se describen los problemas o situaciones negativas, sus causas y sus consecuencias identificadas por los líderes comunitarios en el taller.

Problema o situación negativa que se presenta en la microcuenca de la quebrada Caño Grande

- Contaminación de la quebrada Caño Grande entre Villa Sonia y el Divino Niño.
- Deforestación de la zona boscosa en la microcuenca.
- Dificultades en la organización de acueductos comunitarios.

Causas del problema

- Técnicas agropecuarias inadecuadas.
- Disposición de residuos (basuras, animales muertos, etc.) en la quebrada Caño Grande.
- Mal manejo de las basuras y desechos en Catumar, Rochela, Nuevo Horizonte, Villa Unión, Villa del Río, Villa María, Divino Niño, conjunto Margaritas, Guatapé, Álamos, Nuevo Jerusalén, Nuevo Amanecer, Portales Nuevo Amanecer, San Jorge.
- Falta de sentido de pertenencia de los habitantes de la microcuenca quebrada Caño Grande.
- Invasión de las rondas de los caños de Playa Rica, Villa Lorena, Villa del Río, Villa Unión, Divino Niño, Nuevo Amanecer, Proavín, Molinos, Bombas, Lavaderos y 7 Vueltas.
- Explotación minera inadecuada del río Caño grande, Areneras Josefina y Capachos utilizan dinamita para su extracción en Playa Rica, Finca Lozano, Nuevo Horizonte y Divino Niño.
- Cárcava de Caño Pendejo por falla geológica, deforestación y explotación de mineral que perjudica Montecarlo, Álamos, Villa Oriente, Nuevo Jerusalén y Colegio Nuestra Señora de la Paz.

- Movimiento de material que generan areneras sobre la quebrada Caño Grande y el acceso vehicular a la zona de explotación.
- Alta densidad de población que genera más residuos sólidos, líquidos y gaseosos.
- Aumento de los cinturones de miseria en el margen urbano y de la quebrada.
- Disposición de aguas servidas sobre la quebrada Caño Grande, especialmente sobre la cuenca baja.
- Sobre población de la cuenca media y baja.
- Ampliación de la frontera agropecuaria.
- Falta de recursos económicos.
- Incendios por cigarrillos y vidrios, etc.
- Deforestación en las veredas Villa Lorena, Finca Lozano, Playa Rica, Buena Vista y Samaria.
- Sobre población de insectos como hormiga arriera, la bruja, plagas como roedores.
- Pérdida de especies silvestres.
- Falta de esquemas de organización social.
- Manejo inadecuado de los residuos de avícolas y porcícolas.
- Turismo desordenado.
- Falta de construcción de tanques sépticos en las casas ubicadas en las zonas rurales.
- Problemas en la infraestructura de acueducto: bocatoma Montecarlo, la cual se vio afectada por el temblor.
- Incendios forestales.
- Pastoreo de ganado sin control.
- Problemas de violencia en zonas del Guaviare.
- Conflicto entre los acueductos vecinos Ceaimba, Espro, Playa Rica.

Efectos del problema

- Deterioro de vías por acceso de vehículos a la zona de explotación de las areneras.
- Hundimientos del suelo.
- Inestabilidad geológica de la zona por la explotación minera.
- Mala calidad de agua, especialmente por la presencia de *echerichia cole* en los caños Pendejo, Tres Bejucos y Caño Tigre.
- Presencia de enfermedades respiratorias agudas, enfermedades diarreicas agudas, alergias, infecciones y virus.
- Disminución de la calidad de vida de la población de la microcuenca de la quebrada Caño Grande.
- Profundización de las agua subterráneas.

- Explotación sobre la fuente abastecedora de agua.
- Erosión parte alta de la cuenca a cauda de falla geológica natural, ganadería, cultivos, minería, quema de bosques.
- Erosión y derrumbes en las zonas de explotación minera, generando zonas de alto riesgo para la población residente y en Playa Rica y Villa Lorena.
- Inundaciones.
- Colmatación por material de arrastre del Caño Tela, Caño Grande y Caño Pendejo.
- Destrucción de infraestructuras de la zona y devaluación del sector.
- Pérdida de fauna y flora y disminución de la biodiversidad (ej. oso hormiguero, cachicamo, etc.).
- Privatización de acueductos.
- Disminución del caudal del río y del recurso íctico.
- Falta de asesoramiento a la comunidad sobre el manejo integral de los recursos naturales.
- Deslizamientos, taponamientos y desvío del cause del río.
- Incrementos de sedimentos en el río.
- Filtración de aguas.
- Desplazamiento de personas a causa de la violencia.

Soluciones

- Concertación y comunicación colectiva en la organización de acueductos comunitarios que busquen la unión.
- Concientizar a la comunidad sobre el manejo de los recursos naturales mediante capacitaciones ambientales teórico-prácticas a toda la comunidad promoviendo el compromiso ciudadano y voluntario.
- Brigadas de limpieza en Caño Grande, Pendejo y Tela liderada por líderes de la comunidad, policía y Empresas de aseo.
- Educación y cultura ambiental especialmente a los infantes y adolescentes de la zona de estudio. A través de currículos transversales que integren la temática ambiental
- Evaluación de las licencias ambientales y de sus respectivos planes de manejo ambiental para la extracción minera (arena y gravilla) y el cierre de las industrias que no cumplen con las medidas ambientales pertinente.
- Monitoreo y control ambiental a la explotación minera.
- Ampliación y adecuación del sistema de alcantarillado y diseño y construcción de la planta de tratamiento de las aguas residuales.
- Gestionar ante las entidades gubernamentales el cumplimiento de las normas ambientales y mayor control de los entes gubernamental en la zona.
- Creación y ejecución de proyectos de ecoturismo.

- Revegetalización y reforestación mediante acuerdo entre el Estado y campesinos permitiendo la regeneración natural de las veredas Samaria, Buena Vista, Buenos Aires, el Carmen, San Luis de Ocoa con guadua, yopo, caucho, gaque, cajeto, ficus, etc.
- Arborizar las rondas de los caños: Caño Grande, Vitalia, Caño Pendejo, Buque, Blanco y Maizaro con especies nativas a cargo de los habitantes del sector y empresas de acueducto.
- Adecuación de sistemas productivos (silvopastoriles, agroforestales y agroecológicos).
- Gestionar mayor presencia estatal.
- Implementación del plan de ordenamiento de la cuenca hidrográfica mediante la formulación e implementación de proyectos reales.
- Obras civiles y de estabilización (ej.: gaviones) que eviten los deslizamientos.
- Compra de tierras en la cuenca alta por parte del municipio para establecer áreas protegidas.
- Llegar a los transportadores y constructores e invitarlos para explicarles los daños al ecosistema a causa de las actividades que allí ejecutan.
- Aplicación de control biológico y químico a plagas.
- Establecimiento de veedurías ciudadanas para verificar el cumplimiento de la ley.
- Realización de programas de seguridad alimentaria.
- Mejoramiento de la bocatoma del acueducto de Montecarlo Alto (Caño Pendejo, Caño Tigre, Tres Bejucos).
- Educación ambiental mediante folletos informativos.
- Brigadas de salud y fumigación.
- Exigencia de licencias de construcción y cumplimiento del plan de ordenamiento territorial para la construcción de urbanizaciones nuevas en la cuenca.

4.9.1.4 Socialización de la metodología para la elaboración del diagnóstico participativo de acueductos comunitarios

Objetivo de la actividad

Socializar el desarrollo metodológico para la elaboración de la cartilla participativa *Historia de la localidad* a cargo de la comunidad de la microcuenca quebrada Caño Grande.

Desarrollo de las actividades

El docente de la Universidad Central expuso las herramientas utilizadas en la cartilla participativa *Historia de la localidad*:

- Encuesta estructurada. La descripción metodológica de la encuesta estructurada se encuentra desarrollada en los numerales 2.1.3.6 y 2.2.5.4 de este aparte. La encuesta aplicada abordó, entre otros, los siguientes temas:
 - El entorno natural: agua, aire, suelo, flora y fauna.
 - Servicios públicos.

- Infraestructura.
- Afectaciones al entorno.
- Mapas participativos veredales. Los mapas participativos donde se describe por medio de convenciones la situación actual de las veredas que integran la microcuenca de la quebrada Caño Grande.

La descripción metodológica del desarrollo de los mapas participativos veredales se encuentra desarrollada en el numeral 2.1.3.3 y 2.2.5.3 de este aparte.

Resultados de la actividad

La encuesta estructurada y los mapas veredales participativos forma parte de la cartilla participativa *Historia de la localidad*.

Las conclusiones sobre las visiones de la comunidad que la cartilla recoge forman parte del cuadernillo *Visiones ambientales comunitarias de la microcuenca de la quebrada Caño Grande (la comunidad cuenta su visión sobre su territorio)*.

4.9.2 Actividad piloto orientada a docentes

La actividad piloto realizada a los docentes de la Institución Educativa del barrio Playa Rica se denominó “Construyendo cultura ambiental”. A continuación, se presenta el objetivo del taller, los temas tratados, la metodología mediante la cual se desarrolló y los resultados obtenidos durante la jornada.

El taller se desarrolló con una visión de construcción colectiva, basado en metodología de diálogo de saberes, utilizando herramientas de trabajo como mesas de trabajo, plenarios de discusión, conferencias y exposiciones de la comunidad.

4.9.2.1 Objetivos del taller

- Crear talleres de capacitación teórico-prácticos dirigidos a docentes de la Institución Educativa del barrio Playa Rica sobre temática ambiental, especialmente en el ahorro y uso eficiente del agua como herramienta que apoye los proyectos educativos escolares, de conformidad con lo establecido en el numeral 9 del artículo 5 de la ley 99 de 1993.
- Motivar a la comunidad docente hacia el desarrollo de una cultura ambiental tanto al interior de la institución como en su área de influencia, que permita la implementación y sostenibilidad del subprograma de educación ambiental en las instituciones educativas, las organizaciones comunitarias y la comunidad en general, mediante la difusión y apropiación de “su cultura ambiental”.

Las actividades desarrolladas con los docentes fueron las siguientes:

4.9.2.2 Presentación de los participantes del taller “Construyendo la red”

Objetivo

Lograr que la comunidad que participaría en el desarrollo del taller conociera de sus compañeros aspectos de su vida que en condiciones cotidianas no se conocen.

Desarrollo de la actividad

La actividad fue coordinada por un docente de la Universidad Central que promovió el desarrollo de las siguientes acciones:

- Se solicitó que todos los participantes configuraran un círculo.
- Con la ayuda de una madeja de lana se solicitó a uno de los participantes tomar la punta de la madeja, presentarse con su nombre y mencionar un aspecto ambiental de su comunidad del cual se sentía orgulloso.

Foto 39
Taller “Construyendo la Red”



- El coordinador de la actividad preguntó al grupo si alguien se sentía identificado con lo mencionado por el participante y, de esta manera, se le pasaba la madeja para que se presentara.
- Se continuaba con esta dinámica hasta que todos los participantes se presentaron, configurándose de esta manera una red construida entre todos los participantes.

Resultados de la actividad

El coordinador de la actividad promovió un momento de reflexión final para los propios participantes quienes reconocieron que existen múltiples interconexiones entre ellos; esto genera una red sobre la cual todos pueden ejercer presiones y aportes. Finalmente, varios participantes aportaron conclusiones sobre la importancia del trabajo en equipo y el aporte de cada individuo en la construcción colectiva.

4.9.2.3 Difusión del Convenio Especial de Cooperación, en el marco del proyecto “Mejoramiento de las instalaciones del acueducto comunitario de Playa Rica, Villavicencio, Colombia”.

Se expuso a la comunidad participante del taller los siguientes aspectos del convenio entre la Fundación Niños de la Esperanza y la Universidad Central, firmado el 16 de septiembre de 2008:

Objeto del convenio especial de cooperación

Aunar esfuerzos técnicos, logísticos y financieros con el fin de facilitar la realización de acciones conjuntas y complementarias mediante el apoyo y asistencia técnica, ge-

neración de conocimiento tecnológico y científico, en Proyecto “Mejoramiento de las instalaciones del acueducto comunitario de Playa Rica, Villavicencio, Colombia”, financiado por la Alcaldía de Luxemburgo y la ONG luxemburguesa *Enfant’s de l’Espoir*. Esto forma parte integral del presente convenio cuyos objetivos globales son:

- El mejoramiento de las condiciones de vida de la comunidad de Playa Rica.
- El mejoramiento de la salud de los niños.
- Reforzar el trabajo comunitario para hacer valer los derechos sobre el agua.

Generalidades

El convenio tiene como objetivo ejecutar un trabajo interdisciplinario con el apoyo de la Universidad y en especial de sus Facultades de Ingeniería y Ciencias Sociales y del Grupo del Agua, tomando como elemento territorial de estudio la microcuenca de la quebrada Caño Grande, ubicada en el municipio de Villavicencio, de tal manera que tanto el componente técnico desarrollado por especialistas en diferentes áreas de estudio de la microcuenca como las conclusiones y recomendaciones que surjan a partir del mismo sean conocidos y difundidos por profesionales en el campo social, mediante un proceso de intercambio de información y capacitación de las comunidades establecidas dentro del ente territorial. De igual manera, se pretende que la comunidad aproveche los recursos de la microcuenca y que se vincule y comprometa con los programas, estrategias, herramientas y demás mecanismos formulados para su recuperación, protección, conservación y aprovechamiento sostenible.

Se considera que el proyecto “Mejoramiento de las condiciones ambientales y de aprovechamiento de la microcuenca de la quebrada Caño Grande, por medio de su manejo integral, de la capacitación y concertación de las comunidades que se surte de ella, del ahorro y uso eficiente del agua, del control de vertimientos y del fortalecimiento institucional” no termina con el estudio técnico de la microcuenca, sino que la vinculación de la comunidad es un aspecto fundamental para lograr los objetivos perseguidos en el corto, mediano y largo plazo. Asimismo, se establece precisamente la transferencia de información, capacitación, vinculación de la comunidad en el trabajo comunitario como punto final del proyecto.

Resultados de la actividad

Se resolvieron dudas asociadas al alcance y a las actividades que se debía ejecutar la Universidad Central en el convenio.

4.9.2.4 Debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (DOFA) en el desarrollo de una cultura ambiental

Objetivo

Lograr que la comunidad reflexionara sobre cuáles serían las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas en el desarrollo de una cultura ambiental.

Desarrollo de la actividad

- Se llevó a cabo una exposición de los principios fundamentales en la construcción de una cultura ambiental a cargo de un docente investigador de la Universidad Central.

- Se crearon mesas de trabajo a las que se les facilitó pliegos de papel periódico y marcadores para registrar el análisis DOFA acerca de la construcción de una “cultura ambiental” en su comunidad; también se les pidió que describieran estrategias prospectivas de trabajo con su comunidad.

Foto 40
Exposición de principios



Foto 41
Mesas de trabajo para la realización del análisis DOFA



- En la siguiente fase de la actividad se le pidió a un representante de cada mesa de trabajo exponer las conclusiones del análisis DOFA y el planteamiento de estrategias de trabajo.

Foto 42

Exposición del análisis DOFA elaborado por las mesas de trabajo



- Finalmente, se hizo una plenaria de discusión, en la cual se debatieron los diferentes análisis DOFA para llegar a conclusiones sobre los principales aspectos de esta metodología de análisis y se plantearon las posibles estrategias prospectivas de trabajo.

Foto 43

Plenaria de discusión sobre el análisis DOFA



Resultados de la actividad

A continuación, se presenta la síntesis de las exposiciones sobre el análisis DOFA del tema “construyendo una cultura ambiental”.

Tabla 111
Síntesis del análisis DOFA

Debilidades	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Carencia de sentido de pertenencia y colaboración en la comunidad. • Cultura ambiental que no promueve el uso sostenible de los recursos. • Se percibe una carencia de recursos económicos para la inversión en temas ambientales. • Se dificulta la ejecución de proyectos debido a conflictos en el trabajo en equipo, la falta de proyección de estos. • Existe falta de control y continuidad en los proyectos. • Predominio de intereses individuales sobre los intereses colectivos. • Falta de concientización con respecto al manejo de residuos. • Falta de apoyo por parte de organismos municipales. • Uso indiscriminado de los recursos naturales. • Desconocimiento de los recursos biofísicos del contexto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Talleres de capacitación. • Proyecto medio ambiente. • Recursos naturales. • Líderes comunitarios. • Haber sido elegidos para el proyectos de mejoramiento del acueducto de Playa Rica. • Gestionar recursos. • Participación de la Institución Educativa Playa Rica. • Reforestación. • Prevención y control de los recursos naturales. • Desarrollar proyectos ambientales con otras entidades. • Asesoría de entidades especializadas. • Asignación de recursos estatales. • Convenios con universidades de la región. • Presencia continua de entidades encargadas del manejo del medio ambiente. • Existencia de leyes ambientales. • Aportes económicos y operativos de agentes externos para el manejo del ambiente.
Fortalezas	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Comunidad educativa, desarrollo del PRAE institucional. • Proyecto institucional. • Niveles de motivación. • Se cuenta con todo el recurso ambiental: natural, hídrico, físico, económico y humano. • La microcuenca Caño Grande y su paisaje. • Tener un acueducto comunitario. • Tener una reserva natural. • Existe el interés de grupos comunitarios y de la Unidad Educativa Playa Rica en construir una cultura ambiental. • Participación de los docentes, estudiantes y padres de familia. • Asistencia de Cormacarena en la capacitación del proyecto PRAE. • Existencia de líderes interesados en la protección del medio. • Intereses creados sobre el recurso hídrico (servicio). • Existencia del recurso hídrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deslizamientos de terreno. • Contaminación. • Mal uso del suelo. • Uso inadecuado del agua. • Inundaciones. • Tala de árboles, deforestación, erosión. • Incremento de la población. • Población flotante sin compromiso en la zona. • Desconocimiento e indiferencia ante la importancia de los recursos naturales. • Uso irracional del agua. • Explotación de arena de río. • Falta de declaración oficial y vigilancia de la reserva natural. • Intereses creados sobre el recurso hídrico (explotación) • Poca inversión del ente territorial en sectores vulnerables.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 112

Síntesis de lineamientos para la construcción de estrategias

- Hacer transversal la temática ambiental en las áreas o actividades de la comunidad.
- Desarrollo, ejecución y control de proyectos ambientales.
- Talleres de capacitación a toda la comunidad.
- Campañas impactantes que concienticen y comprometan a la comunidad.
- Comités de veeduría y seguimiento a iniciativas y proyectos.
- Campañas de ambientes saludables.
- Reforestación áreas vulnerables a la erosión.
- Campañas “Semilleros de Líderes Ambientales”.
- Educar a la comunidad, crear espacios para capacitar a la comunidad.
- Organizar grupos ecológicos.
- Sensibilizar a la comunidad.
- Organizar un PRAE integral.
- Garantizar la continuidad de los proyectos.
- Gestionar recursos ante entidades públicas y privadas.
- Crear campañas de sensibilización sobre las consecuencias de los inadecuados usos de los recursos naturales del entorno.
- Crear pactos de convivencia que le permita a la comunidad conocer sus recursos y comprometerse con el cambio de cultura hacia la protección del ambiente.
- Vincular padres de familia al desarrollo del PRAE institucional.
- Capacitar y apoyar a los líderes comunitarios para que dinamicen acciones que redunden en una verdadera cultura ambiental.

Fuente: elaboración propia.

4.9.2.5 Taller “Ahorro y uso eficiente del agua”

Objetivo

Sensibilizar a la comunidad participante en el taller sobre el valor del agua y la necesidad de dar un uso eficiente al recurso.

Desarrollo de la actividad

- Un docente investigador de la Universidad Central ofreció una exposición acerca de los tipos de ahorro y uso eficiente del agua.
- Finalizada la exposición, se solicitó al grupo crear equipos de trabajo entre 5 y 7 personas para el desarrollo del taller.
- A cada grupo se le suministraron los siguientes materiales:

Grupo 1 y 2

- Balde con 5 litros de agua lluvia recolectada en la Unidad Educativa.
- Un muñeco de juguete.
- Una tina vacía.
- Una barra de jabón.
- Un vaso desechable.

Grupo 3 y 4

- Balde con 5 litros de agua lluvia recolectada en la Unidad Educativa.
- Un juego de loza.
- Una tina vacía.
- Una barra de jabón.
- Un vaso desechable.

Grupo 5 y 6

- Balde con 5 litros de agua lluvia recolectada en la Unidad Educativa.
 - Una camiseta blanca.
 - Una tina vacía.
 - Una barra de jabón.
 - Un vaso desechable.
- El coordinador de la actividad explicó la dinámica de la actividad: el grupo 1 toma el muñeco del grupo 2 y lo ensucia lo que más pueda, luego se lo entrega al grupo 2, y se hace esta actividad en forma viceversa.
 - Cada grupo debía limpiar el muñeco suministrado con la menor cantidad de agua y jabón posible, pero dejándolo en las mejores condiciones de limpieza posible.



Foto 44
Taller “Ahorro y uso eficiente
del agua”

- El agua contaminada debía ser almacenada en la tina correspondiente de cada grupo.
- El grupo ganador era el que dejara el muñeco más limpio con la menor cantidad de agua.

Resultados de la actividad

Al finalizar la actividad, cada grupo presentó a sus compañeros una corta reflexión sobre su experiencia. Las principales reflexiones que se obtuvieron fueron las siguientes:

- Sin el agua no es posible lograr eliminar la suciedad.
- Al tener una cantidad de agua limitada para su uso, se tiende a buscar estrategias ingeniosas y prácticas para ahorrar en su uso.
- Es posible reutilizar el agua lluvia para actividades de limpieza.
- Ahorrar agua debe convertirse en una actitud de vida cotidiana.
- Cuando conscientemente se busca utilizar de forma eficiente el agua, se logra el objetivo de limpiar un utensilio sin desperdiciar el recurso.

Se mencionaron estrategias prácticas y cotidianas de ahorro y reutilización del agua en los hogares y en la Unidad Educativa, tales como:

- Utilizar el agua lluvia para el lavado de patios y en las cisternas de los baños.
- Hacer revisión de instalaciones sanitarias para evitar fugas.
- Utilizar menos jabón en las actividades de limpieza para requerir menos agua para el enjuague.
- Recoger el agua de lavado de la loza y utilizarlo para regar las plantas

4.9.2.6 Taller “El agua, cómo revive”

Objetivo

Sensibilizar a la comunidad participante sobre la afectación que tienen los diferentes tipos de contaminantes sobre la calidad del agua; igualmente, se busca identificar las diferentes formas en que el agua logra recuperar sus características y revivir.

Desarrollo de la actividad

- Se hizo una exposición para dialogar con la comunidad con el fin de precisar el concepto de “calidad del agua”, los parámetros sobre los cuales se puede determinar la calidad del agua y, finalmente, las formas de tratamiento del agua tanto para consumo como de aguas residuales.
- Se resolvieron las pregunta de la comunidad
- Nuevamente, cada uno de los grupos de trabajo creados en la actividad anterior hizo mediciones de parámetros de calidad de las aguas residuales que quedaron del lavado de los objetos. Los parámetros medidos con equipos de análisis de la Universidad Central y la observación fueron: pH, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, conductividad, color y olor.
- Los participantes de cada grupo interactuaron con los equipos de medición multiparámetro; ellos mismos manejaron los equipos y tomaron los datos que al finalizar el taller serían analizados y discutidos.

- Al finalizar la medición a cada grupo, se le suministró un filtro de arena y una cantidad de polímero floculante para simular una de las fases de tratamiento del agua.
- El polímero era mezclado con el agua residual en las cantidades indicadas por el docente coordinador del taller. El objetivo de adicionar el polímero era propiciar la formación de flóculos que fueran fácilmente retenidos en el filtro de arena.
- Posteriormente, el agua mezclada con el polímero se dejaba reposar por unos cinco minutos y se hacía pasar por el filtro de arena.
- Cada grupo nuevamente medía los parámetros de calidad del agua que ya había pasado por el filtro y tomaba nota de los resultados.
- Finalmente, cada grupo exponía sus conclusiones de la actividad.

Resultados de la actividad

Las principales conclusiones de la comunidad sobre el taller desarrollado fueron:

- El agua es un recurso que puede fácilmente alterar sus características por las actividades de la comunidad.
- Las características que hacen que el agua sea “buena” son múltiples, y si cualquiera de ellas se ve modificada, toda el agua deja de ser aprovechada.
- El oxígeno presente en el agua es un indicador muy clave de la calidad del agua y también del potencial que tiene el agua de albergar vida.
- Tratar el agua utilizada no necesariamente es un proceso complicado y costoso; con actividades sencillas como filtros y ayudas sencillas se puede lograr disminuir notoriamente los contaminantes del agua.
- Se podrían desarrollar prácticas de tratamiento en las casas para disminuir la contaminación que finalmente llega al cuerpo de agua Caño Grande.
- La calidad del agua que llega a las casas de Playa Rica es “buena”.
- Es deber de todos evitar la contaminación del agua, tanto al utilizar productos que generen menos daño al agua como ahorrando en su consumo.

4.9.3 Actividad piloto orientada a los estudiantes

- La actividad piloto desarrollada con los estudiantes de la Institución Educativa del barrio Playa Rica se denominó “Construyendo cultura ambiental”. A continuación, se presenta el objetivo del taller, los temas tratados, la metodología mediante la cual se desarrolló y los resultados obtenidos durante la jornada. El taller se ejecutó con una visión de construcción colectiva, basado en metodología de diálogo de saberes, utilizando herramientas de trabajo que permitían plasmar las percepciones ambientales de los estudiantes y construir cultura ambiental.

4.9.3.1 Objetivos del taller

- Sensibilizar a los estudiantes de la Institución educativa del barrio Playa Rica en temáticas ambientales, especialmente en manejo integral del recurso hídrico y manejo de residuos sólidos.
- Tratar temas asociados a problemáticas ambientales globales en un contexto local, como herramienta que apoye a los proyectos educativos escolares y de conformidad con lo establecido en el numeral 9 del artículo 5 de la ley 99 de 1993.

- Motivar a los estudiantes al desarrollo de una cultura ambiental en conjunto con los docentes, tanto en la institución como en su área de influencia, que permita la implementación y sostenibilidad del subprograma de educación ambiental en las instituciones educativas, las organizaciones comunitarias y la comunidad en general.

Las actividades que se desarrollaron fueron las siguientes:

4.9.3.2 Títeres. Tema: “Protege tu planeta”

Objetivo

Presentar la obra de títeres “Protege tu planeta” a los estudiantes de transición.

Desarrollo de la actividad

La actividad fue coordinada por un docente de la Universidad Central y un asistente que desarrollaron la actividad así:

- Construcción del teatrino.
- Utilización de los títeres que personalizan a Rosita, La Rana René, Piolín y Motas.
- Los personajes le cuentan a los estudiantes de transición la importancia de proteger los recursos naturales y la responsabilidad de todos en la conservación de los recursos. Además, resalta el papel de niño como educador de sus padres en el tema ambiental.
- Finalmente, los niños propusieron alternativas de mejoramiento desde su visión del ambiente.

Resultados de la actividad

Concientización de la importancia de proteger y conservar los recursos disponibles en el lugar donde viven.

4.9.3.3 Expresión artística con residuos reciclables

Objetivo

Lograr que los estudiantes de los cursos seleccionados utilicen material reciclable. con dos propósitos: desarrollar expresiones artísticas de temática libre y generar un bien que preste un servicio para su uso cotidiano.

Foto 45
Títeres “Protege tu Planeta”



Adicionalmente, el taller permite conocer las perspectivas ambientales de los estudiantes y la socialización de las visiones ambientales.

Desarrollo de la actividad

La actividad fue coordinada por un docente de la Universidad Central y apoyada por un docente de la Institución Educativa del barrio Playa Rica, quienes promovieron la realización de las siguientes acciones en un curso de transición, un sexto, un octavo y un noveno:

- Se organizaron grupos de 4 a 5 estudiantes en cada curso.
- Se les proporcionó el siguiente material: residuos con características reciclables: plástico (botellas, bolsas, otros), metales (latas), telas, madera, papel, etc., pegante, pinturas, tijeras, pinceles, cartón paja, cinta (enmascarar), etc.
- Cada curso trabajó temáticas ambientales de la siguiente manera:
 - Los estudiantes transición trabajaron con temática libre: cuidado del agua, cuidado de la flora y la fauna, cuidado del suelo y elementos decorativos.
 - Los estudiantes de sexto de bachillerato trabajaron sobre un bien o un servicio para su uso cotidiano, ejemplos: bolsos, aretes, floreros, tapetes, portarretratos y otros.
 - Los estudiantes de octavo de bachillerato trabajaron sobre un bien o un servicio para su uso cotidiano, ejemplos: bolsos, aretes, floreros, tapetes, portarretratos y otros.
 - Los estudiantes de noveno de bachillerato trabajaron con granja autosostenible.
- Durante dos horas, los estudiantes crearon diferentes expresiones artísticas que posteriormente presentaron en la feria ambiental.
- Un líder de cada grupo de los diferentes cursos presentó su exposición y transmitió su mensaje ambiental a toda la institución educativa del barrio Playa Rica.

Foto 46

Expresión artística con residuos reciclables



Resultados de la actividad

La creatividad y la innovación se materializaron en expresiones artísticas elaboradas con material reciclado. Se promovió una actitud de reflexión sobre los problemas ambientales con mensajes que ayudaran en el proceso de la construcción de una cultura ambiental. Finalmente, se evidenció el trabajo en equipo y el aporte de cada individuo en la construcción colectiva.

4.9.3.4 Murales con un mensaje ambiental

Objetivo

Desarrollar murales con mensajes ambientales en las siguientes temáticas: agua, cuidado y buen uso, cuidado del suelo, ruido (causa, consecuencias y soluciones), erosión y deforestación (causa, consecuencias y soluciones), calentamiento global, lluvia ácida, etc.

Desarrollo de la actividad

La actividad fue coordinada por un docente de la Universidad Central y apoyada por un docente de la Institución Educativa del barrio Playa Rica, quienes promovieron las siguientes acciones en un curso de sexto, uno octavo y uno noveno:

- Se organizan grupos de 4 a 5 estudiantes dentro de cada curso.
- Se les proporciona el siguiente material: papel kraft, mesas, sillas, cinta de enmascarar, pintura, pinceles, portacartelera, etc.
- Cada curso trabaja temáticas ambientales de la siguiente manera:
 - Los estudiantes de sexto de bachillerato trabajaron sobre los temas: agua, cuidado y buen uso, erosión y deforestación (causa, consecuencias y soluciones).
 - Los estudiantes de octavo de bachillerato trabajaron sobre los temas: agua, cuidado y buen uso, erosión y deforestación (causa, consecuencias y soluciones).
 - Los estudiantes de noveno de bachillerato trabajaron sobre los temas: capa de ozono, calentamiento global y lluvia ácida.
- Durante dos horas los estudiantes crean diferentes murales que posteriormente presentan en la feria ambiental.

Un líder de cada grupo de los diferentes cursos, presenta su exposición y transmite su mensaje ambiental a toda la institución educativa del barrio Playa Rica.

Foto 47

Murales con mensajes en temáticas ambientales



Resultados de la actividad

La creatividad y la innovación se materializaron en murales con mensajes ambientales para todos los estudiantes de la Institución Educativa del barrio Playa Rica. Se promovió una actitud de reflexión sobre los problemas ambientales con mensajes que ayudan a sensibilizar en el proceso de la construcción de una cultura ambiental. Finalmente, se evidenció el trabajo en equipo y el aporte de cada individuo en la construcción colectiva.

4.9.3.5 Feria ambiental

Objetivo

Presentar a todos los estudiantes de la Institución Educativa del barrio Playa Rica los murales y las expresiones artísticas creadas por los cursos seleccionados.

Desarrollo de la actividad

La actividad fue coordinada por un docente de la Universidad Central quien promovió la ejecución de las siguientes acciones:

- Construcción de la feria ambiental por medio de la exposición de expresiones artísticas y murales, a cargo de profesores y estudiantes de la institución educativa y de docentes de la Universidad Central.
- Difusión y exposición de los estudiantes líderes de cada grupo ante la comunidad educativa.
- Finalmente, se hizo una reflexión ambiental que permite dar los primeros pasos en la construcción de una cultura ambiental.

Foto 48
Feria ambiental



Resultados de la actividad

Cada líder del grupo de estudiantes expuso ante sus compañeros mensajes de protección y conservación hacia los recursos naturales.

4.9.3.6 Video ambiental de residuos y de agua

Objetivo

Presentar videos en torno al manejo integral del agua y de los residuos sólidos, con el propósito de hacer un foro de discusión entre docentes y estudiantes acerca del tema presentado.

Desarrollo de la actividad

La actividad fue coordinada por un docente de la Universidad Central que presentó y promovió la discusión sobre el video presentado. Las acciones desarrolladas fueron:

- Presentación de los videos *Manejo integral de residuos sólidos en Colombia* y *Prácticas para el ahorro y uso eficiente del agua*.
- Discusión y debate entre los estudiantes moderado por un docente de la Universidad Central.

Resultados de la actividad

Difusión de los temas de manejo integral de residuos sólidos y de prácticas para el ahorro y uso eficiente del agua.

Conclusiones

Parte 1

.....

La cuenca hidrográfica

- La cuenca actualmente no cuenta con políticas claras para llevar a cabo un ordenamiento y manejo adecuados de los recursos hídricos y mucho menos un conocimiento real de su estado. Por tal motivo, la oferta hídrica se ve reducida especialmente en los meses de intenso verano, y su calidad sufre cambios permanentes por causas de contaminación debido a las aguas servidas y a toda una serie de procesos que lleva a cabo la comunidad para comprometer su entorno.
- Por otra parte, la cuenca se ve afectada por altos volúmenes de sedimentos, particularmente durante las épocas de lluvias, debido al deterioro constante por acción natural y antrópica en la cabeceras de la cuenca, que implica muchas veces una reducción progresiva de la regulación natural del régimen hidrológico y de la capacidad de retención de humedad, lo cual aumenta la variabilidad e incremento de las crecientes de la quebrada Caño Grande.
- Para la evaluación de los recursos hídricos, se tienen en cuenta, en principio, los cambios que muestran las condiciones climatológicas de la región en especial cuando se presentan escenarios extremos como los fenómenos cálido y frío del Pacífico, El Niño y La Niña, que van asociados al cambio climático y a las actividades del hombre que van transformando el medio, en la medida que se va incrementando la demanda del agua y los recursos naturales, entre ellos la calidad del agua, que van en detrimento constante.

Los suelos

- El suelo que caracteriza la cuenca se ve afectado en su mayoría por la agricultura y la ganadería, pues esta, en conjunción con la alta pendiente, potencia una erosión hídrica, que trae como consecuencia movimientos de remoción en masa.
- La colonización ha ayudado a que actualmente exista bosque secundario intervenido, afectando la fauna, para introducir especies exóticas.
- La vegetación de este sector es la más intervenida, debido a la agricultura migratoria. Según estudios físicos y químicos estos suelos son de baja fertilidad. Sin embargo, se encuentran suelos utilizados para pastos.
- Hay muy poca protección de los drenajes naturales, como en el caso de las cuencas altas. Allí, no se evidencian técnicas de reforestación en las zonas más susceptibles a la degradación.
- Suelos del sector de la cuenca presentan limitaciones por pedregosidad. Sin embargo, hay prácticas culturales y mecánicas, como canales de aguas y acequias de ladera.

La climatología

- La precipitación para la región se considera alta con un volumen anual precipitado mayor de 4 000 mm en promedio anual y una variación acentuada en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo con lluvias escasas, mientras que hay dos períodos bien definidos abril – junio y septiembre – noviembre con lluvias muy abundantes, lo cual permite observar la presencia de un régimen bimodal. Este comportamiento pluviométrico de la región define durante el año dos periodos con buen aporte de lluvias, mientras que los primeros meses del año están comprometidos con bajos aportes de este recurso. En consecuencia la comunidad se ve afectada por el desabastecimiento.

La hidrología

- La hidrografía de la cuenca está constituida por su cauce principal Caño Grande y por un sistema de caños secundarios, como Paujil, Itálica y Agrado, entre otros.
- Los caudales generados en este sistema hídrico son la consecuencia de las precipitaciones arriba comentadas. Los caudales presentados en este estudio fueron generados mediante un modelo de lluvia-caudal, pues la cuenca carece de estaciones de medición directa. Estos caudales fueron generados en dos sitios de importancia, el primero en la bocatoma de Playa Rica por cuanto es el lugar donde se pretende derivar el agua para los diferentes acueductos comunitarios, y el segundo a la altura de la desembocadura en el río Ocoa, para determinar el potencial hídrico de la cuenca.
- El caudal en la bocatoma de Playa Rica fue de 568, l/s en promedio anual y en su desembocadura 919, l/s. La variación de los caudales durante el año presentan grandes altibajos situación similar a lo que sucede con la precipitación, mostrando en los primeros meses del año estiajes muy marcados con aportes mínimos, próximos a cero, lo cual conlleva a una reducción en el abastecimiento de agua a la población, lo que implicaría a una regulación de los volúmenes excedentes en los períodos de alta precipitación en un futuro.

Los indicadores

- El factor de humedad obtenido del balance hídrico climático refleja, anualmente, suelos súper húmedos; es decir, con unos excesos de agua bastante altos en la mayoría de los meses del año. Sin embargo, en el primer trimestre del año se presentó un descenso en la humedad de los suelos como consecuencia de las bajas precipitaciones en esta temporada, lo cual concuerda con el índice de aridez que muestra un déficit de agua en estos meses.
- El índice de aridez como una consecuencia de la precipitación en la región refleja zonas con un moderado contenido de agua por promedio anual. Sin embargo, se observan meses con excedentes y altos excedentes de agua, especialmente en temporadas de lluvia; pero se puede ver, igualmente, meses como enero y febrero con un alto déficit de agua los cuales corresponden a la época seca del año.
- El índice de regulación hídrica muestra una cuenca con un porcentaje de regulación alta o un estado de retención buena de humedad, lo cual permite que las fuentes principales de agua en la cuenca no se agoten a pesar de la baja precipitación en los primeros meses del año.
- El índice de uso del agua muestra que la presión de la demanda con respecto a la oferta es alta en la cuenca, acentuándose en los primeros meses del año como consecuencia de la reducción de sus caudales, afectándose principalmente los sectores doméstico, agrícola y forestal. El índice de uso del agua urbano igualmente muestra una categoría alta de presión con relación a la oferta hídrica disponible.
- Finalmente, el índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico, como una interpretación de los indicadores de regulación hídrica y de uso del agua, muestran en su conjunto una vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico, en la categoría medio alta para la situación actual, lo cual podría generar, para un futuro, riesgos de desabastecimiento de agua, por el incremento exagerado de la demanda. Se suma a lo anterior la falta de políticas de conservación y manejo de las cuencas hidrográficas y un aumento progresivo de la contaminación del agua.

Parte 2

.....

- Se estima que los sistemas de acueducto de Playa Rica, ESPO, Ceaimba, Villa del Río 1 y Villa de Oriente que se abastecen de la quebrada Caño Grande atienden en la actualidad una población cercana a los 29 588 habitantes representados en 7 270 suscriptores de los cuales 7 258 son residenciales; para los años 2025 y 2039 se estima que la población abastecida ascenderá a 45 405 y 78 330 habitantes respectivamente.
- La dotación neta actual que corresponde a la cantidad de agua que requiere un habitante, usuario o tipo de uso del sistema de acueducto para satisfacer sus necesidades normales calculadas como característica para la ciudad de Villavicencio se establece en 131, l/hab.día, para el municipio de Castilla la Nueva esta dotación ascendió a 118, l/hab.día.

- Las pérdidas estimadas en términos del índice de agua no contabilizada (IANC) para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV ESP) en el año 2008 son de aproximadamente el 68,9%; para el sistema de acueducto de la comunidad de Playa Rica se estiman en el 79% para el sistema ESPO en el 58.6% y para la integralidad de sistemas que se abastecen desde la quebrada Caño Grande en el 62%, las cuales se deben primordialmente a fugas, consumos operacionales, factores comerciales y posibles clandestinos.
- Los cuatro acueductos evaluados dentro de la comuna 8, a pesar de no contar con personal técnico altamente capacitado en procesos propios de la operación, carecen de fortalezas técnicas y tecnológicas en el ámbito de redes de distribución no aplicar el cobro del agua de conformidad con los reales consumos de los usuarios, se presentarían pérdidas similares a las reportadas por la EAAV ESP, empresa que se supone presenta más fortalezas y menos vulnerabilidades en comparación con los sistemas evaluados.
- Se estima que los sistemas de acueducto de Playa Rica, ESPO, Ceaimba, Villa del Río 1 y Villa de Oriente demandan un caudal medio de 118, l/s bajo las condiciones de pérdidas actuales de 62%; si las pérdidas se redujeran a la meta del 25% y se ejecutara la promoción de una cultura de ahorro y uso eficiente del agua entre la comunidad abastecida, el caudal medio demandado para los años 2025 y 2039 será de 114, l/s y 181, l/s, respectivamente.
- Se estima que el sistema de acueducto de Playa Rica demanda un caudal medio de 18, l/s bajo las condiciones de pérdidas actuales del 79%; si las pérdidas se redujeran a la meta del 25% y se ejecutara la promoción de una cultura de ahorro y uso eficiente del agua entre la comunidad abastecida, el caudal medio demandado para los años 2025 y 2039 será de 9,6 l/s y 15,3l/s respectivamente.
- Se estima que el sistema de acueducto ESPO y Ceaimba demanda un caudal medio de 86, l/s bajo las condiciones de pérdidas actuales del 59%; si las pérdidas se redujeran a la meta del 25% y se ejecutara la promoción de una cultura de ahorro y uso eficiente del agua entre la comunidad abastecida, el caudal medio demandado para los años 2025 y 2039 será de 91, l/s y 144, l/s, respectivamente.
- Para los sistemas Playa Rica, ESPO y Ceaimba, Villa del Río 1 y Villa de Oriente, bajo las condiciones actuales de demanda, se estima que se requiere las siguientes capacidades en tanques de almacenamiento, y compensación respectivamente: 616 m³, 2234 m³, 243 m³ y 240 m³. Esto garantiza la continuidad del servicio las 24 horas del día; es decir que, para un sistema integral que aglutine los cuatro acueductos, la capacidad de almacenamiento requerida será de 3071 m³.
- El IGAC, por medio de diversos estudios, ha determinado que dentro de las zonas más críticas por la presencia de deslizamientos está la cabecera de los caños y quebradas que nacen sobre las laderas próximas a Villavicencio como Caño Grande, Caño Buque, Caño Parrado y Caño Susumuco. Con respecto a la cuenca de la quebrada Caño Grande esta situación de amenaza se ve agravada por la quema de bosques y la explotación de canteras a cielo abierto para la extracción de materiales pétreos, especialmente arena.

- En términos de suficiencia, Caño Grande no es una fuente confiable para el abastecimiento de la comunidad de Playa Rica y la zona abastecida por el sistema ESPO y Ceaimba durante todos los días y meses del año, por medio de una captación directa. Sin embargo, la amplia variabilidad de los caudales que presenta la quebrada durante el año, las características topográficas y morfométricas de la microcuenca; el encañonamiento del cauce entre otros aspectos, son circunstancias que permiten pensar en una solución de almacenamiento artificial, con un embalse para retener parte del escurrimiento en época de creciente para su utilización en época de estiaje o el almacenamiento del agua con un reservorio establecido en un área cercana a la de aprovechamiento.
- En la actualidad, ninguno de los cuatro sistemas que abastecen la comuna 8 de Villavicencio de la quebrada Caño Grande cuentan con planta de tratamiento. El agua suministrada no es tratada, en tal sentido, dentro del proyecto de integración de los sistemas, se proyecta la construcción de una planta convencional que en su primera fase tendría una capacidad nominal de 125, l/s suficiente, aproximadamente hasta el año 2022, y una segunda fase de 100, l/s en el año 2021 para el resto del periodo de evaluación.
- Se deben adelantar las acciones conjuntas que comprometan a Cormacarena, a la alcaldía de Villavicencio, a los prestadores del servicio público de acueducto y a las comunidades organizadas de la comuna 8 que dependen del aprovechamiento de la quebrada Caño Grande en la recuperación y conservación de la microcuenca con acciones tales como: redefinición del uso del suelo de la microcuenca como zona protegida, de interés ecosistémico y productora de agua, suspensión de licencias y permisos de explotación que degradan la microcuenca, implementación de campañas de reforestación, compra de predios, obras de estabilización y todas las demás requeridas.
- Se debe educar, promover y fomentar la cultura de ahorro y uso eficiente del agua entre la población (niños y adultos), de forma tal que se adquiriera responsabilidad en el uso de los recursos naturales, especialmente del agua, su aprovechamiento y conservación.
- Se debe contar con un estudio de banca de inversión que evalúe los posibles escenarios de financiación y organización para la materialización del proyecto de integración de los sistemas de acueducto, así como de los posibles escenarios tarifarios generados para contemplar los costos el aporte de subsidios por parte del gobierno municipal.
- Hernán Correa en el ensayo “Acueductos comunitarios, patrimonio público y movimientos sociales preparado para Ecofondo” plantea que capitales como Pereira, Ibagué o Villavicencio cuentan con una cobertura de alrededor del 20% del servicio, en manos de acueductos comunitarios. Asimismo, que en el sector rural la cobertura alcanza el 40%, a cargo de más de 10 000 acueductos de este tipo, también asociados a la riqueza de microcuencas del país.
- No obstante, los valiosos e importantes procesos históricos, sociales y culturales que han enmarcado, posicionado y sustentado los acueductos comunitarios en nuestro país, en la actualidad se presenta un panorama poco alentador a la luz del objeto y finalidad última del servicio público de acueducto representada en los usuario y su calidad de vida. En este sentido, salvo

algunas excepciones, los factores comunes de los acueductos de iniciativa comunitaria han sido los siguientes:

- Actuación al margen de la ley 142 de 1994, específicamente en lo relativo al artículo 3 del decreto 421 de 2000, reglamentario de la misma.
 - Suministro de agua sin tratar no apta para el consumo humano.
 - Aplicación de tarifas no establecidas con arreglo a los decretos definidos por la CRA que no garantizan la sostenibilidad y calidad del servicio.
- La CEA del barrio Playa Rica no se encuentra actualmente inscrito en el Registro Único de Prestadores (RUPS) administrado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) ni tampoco ante la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA); situación que reconoce el incumplimiento de lo establecido en el artículo 4 del decreto 421 de 2000, reglamentario de la ley 142 de 1994.
 - La informalidad del prestador en el aspecto referido anteriormente, la caracterización de algunos predios de usuarios del sistema como ilegales, la no existencia de una estructura de tarifas de conformidad con la normativa vigente y el suministro de agua NO potable entre otros aspectos, son circunstancias que se cree han determinado para los usuarios o suscriptores del servicio de acueducto del barrio Playa Rica, a pesar de ser del estrato 1 predominantemente el no ser sujetos de subsidios por parte del gobierno municipal de Villavicencio como sí lo son los suscriptores de los estratos 1, 2 y 3 que se abastecen del sistema operado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV ESP).
 - Dentro del área de influencia de los sistemas estudiados no hay cobro por unidad de consumo (m^3) ni mecanismos de medición de los mismos (micromedidores), lo cual es un factor que promueve el derroche y uso irracional del agua.
 - No se conoció de estudios o análisis juiciosos que permitieran llegar a las estructuras de tarifas aplicadas actualmente por los prestadores del servicio dentro del área de estudio; de forma tal que se presume que no se acogen los lineamientos y metodologías establecidas por la CRA en relación con la definición de estructuras tarifarias para prestadores de menos de 8000 suscriptores (Resolución 287 de 2004).
 - El lío jurídico entre ESPO y Ceimba por la propiedad de la infraestructura de acueducto y la prestación del servicio en el área de influencia es un factor negativo que debe ser superado para la implementación del proyecto de integración de los sistemas para abastecimiento de la comuna 8 de Villavicencio.
 - De acuerdo con el análisis de los indicadores financieros de primer orden de conformidad con lo establecido en la resolución CRA 315 de 2005, el prestador ESPO S.A. ESP se encuentran en un nivel inferior de desempeño; no obstante la CEA de Playa Rica se encuentran en un nivel superior.
 - Se debe trabajar en la reestructuración del esquema organizacional y empresarial de las entidades que actualmente estén prestando los servicios públicos en el área de influencia de la comuna 8 de Villavicencio y en especial de los prestadores ESPO y Ceimba, Comité de Acueducto de Playa Rica, JAC Villa de Río I y

JAC Villa del Oriente, de forma tal que su organización y accionar de respuesta a los requerimientos de tipo administrativo, comercial, técnico y financiero que demanda la prestación del servicio de acueducto con criterios de eficiencia y calidad en el ámbito nacional; dando cumplimiento a los lineamientos establecidos en la constitución, la ley y la normativa definida por las entidades de planeación, vigilancia, regulación y control.

Parte 3

- Para efectos del mantenimiento adecuado de un sistema de abastecimiento de agua, es imprescindible tener en cuenta además de su suficiencia, la calidad adecuada dependiendo del destino del recurso.
- Para el caso del agua para consumo humano es importante tener como referencia la normativa (Resolución 2115 de 2007), dentro de la cual los parámetros de mayor restricción, y por lo tanto, los de mayor atención, corresponden a la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal.
- Con base en las pruebas puntuales efectuadas al agua en el desarenador y en el grifo de dos usuarios de la comunidad de Playa Rica, existe una alta probabilidad de ocurrencia de enfermedades de origen hídrico, ya que los resultados fueron positivos para organismos coliformes.
- Lo anterior implica que antes de la distribución a los usuarios debe ejecutarse un proceso de desinfección, o recurrir a acciones de desinfección *in situ* (en el hogar de cada usuario), si las condiciones de la zona de la captación no son favorables (falta de espacio, dificultad en el transporte de reactivos, entre otros), para llevar a cabo este proceso.
- Sin embargo, hay que tener presente que si se tiene un almacenamiento deficiente, un tanque en malas condiciones y una red de distribución en la cual el agua tratada puede entrar en contacto con contaminantes, es trabajo perdido el hacer un tratamiento exigente y adecuado en el desarenador.
- Además, es importante la comunidad debe contar con el manejo adecuado y responsable de las aguas residuales de origen doméstico, ya que es claro de acuerdo con los resultados de época de baja precipitación, que los vertimientos crean una afectación importante sobre el río Caño Grande, manifestándose en el aumento de la DBO5, la DQO, y coliformes, además de los malos olores generados por los mismos procesos de autodepuración del río. Con la gestión de las aguas residuales, también se estará dando cumplimiento a la Resolución 1433 de 2004 relacionada con los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos que deben formularse por las organizaciones encargadas del servicio de alcantarillado y la Resolución 2.6.07.054 de 2007 Cormacarena, donde se comunica a los representantes legales de los municipios y/o las empresas prestadoras de servicios públicos de alcantarillado o quien haga sus veces, que a partir de la fecha se hará el cobro de la tarifa mínima de la tasa retributiva por vertimientos puntuales.

Aspectos ambientales y sociales en la microcuenca

- El cuerpo de agua que atraviesa el casco urbano del barrio Playa Rica y otros barrios vecinos, donde no solo se capta agua sin ninguna regulación y se vierten aguas residuales, sino que se ha desprotegido la microcuenca, interviniendo la vegetación de ronda del caño y sus partes altas.
- La actividad que genera más impactos ambientales sobre la microcuenca Caño Grande es la relacionada con la extracción de material de arrastre, ya que la corriente del caño es explotada para el aprovechamiento de gravas y arcillas, lo cual influye en la amenaza de contaminación de la fuente hídrica. Esta actividad también genera conflictos de tipo social por el acceso a la explotación.
- El principal uso dado al suelo en la microcuenca Caño Grande es ganadería, actividad asociada a coberturas vegetales de pastos con arbolado o pastos con poco arbolado, lo que incrementa el deterioro de la microcuenca.
- La actividad económica más representativa es la comercial urbana, tanto en el sector formal como informal. Una gran parte de las actividades informales son: extracción de material de río, cargue y descargue de volquetas, ayudantes de busetas y taxistas, vendedores ambulantes, entre otras actividades. Como actividades formales se encuentran tiendas de abarrotes y cacharrerías, billares y puestos de comidas rápidas. Una mínima parte de los habitantes de la zona son empleados del sector formal y del sector público.
- Los miembros de la JAC son reconocidos como líderes comunitarios (no políticos), quienes se caracterizan y destacan por su trabajo comunitario, participación y colaboración con la comunidad. Otros líderes, que aunque no hagan parte de los elegidos para la JAC, son personas de la comunidad que han hecho mérito para que tengan el liderazgo, la aceptación y apoyo a la comunidad, son afiliados a la empresa de acueducto comunitario y participan en las asambleas donde tienen voz y voto.
- Las propiedades físicas del suelo, como la estructura, el drenaje y la infiltración se ven directamente afectados por la eliminación de la cobertura vegetal. Igualmente, la explotación de canteras para extracción de materiales de construcción afecta las tres propiedades del suelo sobre el cual se explota.
- La microcuenca quebrada Caño Grande es alterada por tres factores principales; el primero son los cambios en el caudal, que según la percepción de la comunidad de los caudales históricos han disminuido considerablemente, debido principalmente a la eliminación de la cobertura vegetal, la toma de agua para uso doméstico y animal, la tala de árboles y la explotación de canteras. El segundo es la descarga de aguas residuales, las cuales son derivadas de actividades domésticas, lixiviados con contenido de agroquímicos. El tercero es la sedimentación, como consecuencia del aporte al caudal de lodos.

Conclusiones del proceso participativo

- El proceso metodológico de trabajo permitió indagar en la multiplicidad de percepciones que tiene la comunidad sobre su entorno, la problemática ambiental y social y su respuesta frente a los cambios de origen interno y externo. Existe otro factor que añade valor al proceso y es la alta interacción y participación que se logró en los talleres y mesa de trabajo con la comunidad, generando espacios donde la propia comunidad se concientice de la problemática, su papel en las propuestas de mejora y el buscar comprender la perspectiva de sus compañeros.
- En el diagnóstico participativo se utilizaron un conjunto de técnicas y herramientas que permitieron la participación interactiva y la apropiación del proyecto por parte de la comunidad. Las herramientas más apropiadas para la elaboración del diagnóstico participativo en el presente proyecto, fueron: entrevistas semiestructuradas, cartografía social, análisis DOFA participativo, árbol del problema, y encuesta estructurada participativa. Cada herramienta aportó elementos para la realización del diagnóstico participativo, pero la herramienta que arrojó mejores resultados por incluir mayor participación de la comunidad (organización de grupos de trabajo veredales liderados por habitantes de la zona) y más información ambiental y social del estado actual de los habitantes y recursos de la microcuenca Caño Grande fue la *Cartilla Participativa Historia de la Localidad*.
- La cartilla participativa integro dos herramienta de diagnóstico participativo la encuesta estructurada participativa y la cartografía social y describió el estado actual de los recursos bióticos, abióticos y servicios públicos de la microcuenca quebrada Caño Grande. Adicionalmente, el instrumento trascendió mas allá, vislumbrando el futuro bajo un esquema igual a la situación actual; permitiendo que la comunidad analizara la situación y propusiera iniciativas de proyectos que incluyen medidas de protección y conservación del ecosistema y medidas de corrección y mitigación de los impactos ambientales y sociales presentados en la microcuenca. El porcentaje de participación en el desarrollo de este instrumento fue del 6.01 % de la población del barrio Playa Rica mayor que en el desarrollo de las herramientas de DOFA y árbol del problema
- Las herramientas de diagnóstico participativo como el DOFA participativo y el árbol del problema también fueron muy importantes en el desarrollo del proyecto, pero contó con un 2.4% de participación directa de la comunidad menor que en la herramienta de cartilla participativa.
- El DOFA participativo y el árbol de problemas permitieron:
 - La identificación de problemas pasados, presentes y futuros.
 - Aportaron al análisis ambiental y social de la microcuenca y a posibles acciones que mejoren la situación actual.
 - La identificación de los argumentos constitutivos para identificar los actores políticos y los procesos en cada etapa.
 - La identificación de causas y consecuencias de los problemas identificados.
 - La identificación de acciones viables mediante el cruce de variables internas y externas en la identificación de debilidades oportunidades, fortalezas y

amenazas para el establecimiento de estrategias pertinentes para disminuir amenazas y debilidades y aprovechar y mantener las oportunidades y fortalezas.

- Las herramientas de cartografía social y encuesta estructurada, por medio de cartillas fomenta la Participación Interactiva de la comunidad, lo cual genera un empoderamiento de la comunidad, ya que son ellos mismos quienes analizan su entorno y presentan sus visiones sin una intervención ni dirección del grupo facilitador de la investigación.

Bibliografía

Bibliografía

.....

- American Public Health Association. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18Th edition. DBO5: 5210-B y DQO: Standard Methods 5220 C. Washington.
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Bogotá: Acodal. McGraw-Hill.
- Chow, V., Maidment, D., Mays, L. (1993) *Hidrología aplicada*. Santa Fe de Bogotá. Colombia: McGraw-Hill.
- Colombia (1991). *Constitución Política de Colombia*. Bogotá.
- Colombia. Ley 142 de 1994. Congreso de Colombia.
- Colombia. Ley 689 de 2001. Congreso de Colombia.
- Comisión Empresarial de Acueducto Comunitario Playa Rica. Reglamento Interno.
- Cormagdalena (2002). *Estudio ambiental de la Cuenca Magdalena – Cauca y elementos para su ordenamiento territorial*. Bogotá: Ideam.
- Cormacarena (2005). *Plan de Ordenamiento de la Cuenca del Río Ocoa, municipio de Villavicencio, Meta, Informe final fase diagnóstica*.
- Correa, C., Hernán, D. (2006). *Acueductos comunitarios, patrimonio público y movimientos sociales*. Bogotá: Ecofondo.
- Crites, T. (2000). *Sistemas de tratamiento de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*: McGraw-Hill.
- Estados Unidos. Departamento de Agricultura (1979). *Soil Conservation Service*.
- Exposito, M. (2003). *Una guía práctica para el diagnóstico participativo rural*. Santo Domingo: Ed. Centro Cultural Pobeda.
- Goldman S., J, Jackson, K. y Burztynsky, T. (1986). *Erosion and Sediment Control Handbook*. New York: McGraw-Hill.

- Gray, N. *Water Technology an introduction for environmental scientists and engineers*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Gutiérrez, G. (2006). *Formulación del Programa de Control de Pérdidas y Agua no Contabilizada en los Sistemas de Acueducto Urbano de diez municipios del departamento de Cundinamarca*. Bogotá: Secretaría de Planeación de Cundinamarca.
- Gutiérrez, G. (2008). *Informe técnico para la optimización y complementación del sistema de acueducto y dotación de agua potable a la comunidad del barrio Playa Rica, ciudad de Villavicencio*. Bogotá: Universidad Central.
- Huertas, J. (2009). *Informe final proyecto de obra civil, trabajos para el mejoramiento de las instalaciones físicas del acueducto comunitario de Playa Rica, municipio de Villavicencio, departamento del Meta*.
- Ideam (s.f.). *Base de datos de variables hidroclimáticas*. Archivo técnico Ideam
- Ideam (1998). *Estadísticas hidrológicas de Colombia*. Bogotá: Ideam.
- Ideam (2002). *Estudionacional del agua. Balance hídrico y relaciones oferta demanda en Colombia*. Bogotá: Ideam.
- Ideam (2002). *Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en Colombia*. Bogotá: Ideam.
- Ideam (2008). *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá: Ideam.
- Ideam, Sinchi, IavH, ITAP, Invemar (2002). *Conceptos, definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia. Sistema de información ambiental de Colombia*. SIAC. Tomo 1. Trade Link Ltda. Bogotá: Ideam.
- Ideam, Sinchi, IavH, ITAP, Invemar (2002). *Primera generación de indicadores de la línea base de la información ambiental de Colombia. Sistema de Información Ambiental de Colombia*. SIAC. Tomo 2. Trade Link Ltda. Bogotá: Ideam.
- Ideam, Sinchi, IavH, ITAP, Invemar (2002). *Perfil del Estado de los recursos naturales del medio ambiente en Colombia. Sistema de Información Ambiental de Colombia*. SIAC. Tomo 3. Trade Link Ltda. Bogotá: Ideam.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2000). *Estudio general de suelo del departamento del Meta*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1980). *Estudio general de los suelos de los municipios del Calvario, Villavicencio, Restrepo y Cumaral, departamento del Meta*.
- Invecor, Banca de Inversión. (2007). *Cuaderno de información de los activos afectos al negocio de acueducto de propiedad de la Empresa de Servicios Públicos del Oriente ESPO S.A. en liquidación*.
- Leff, E. "Complejidad, racionalidad ambiental y diálogo de saberes". Ponencia presentada en el I Congreso Internacional Interdisciplinar de Participación, Animación e Intervención Socioeducativa. Barcelona, noviembre de 2005.
- López de Ceballos, P. (1989). *Un método para la investigación-acción participativa*. Madrid: Ed. Popular.
- Llano 7 días, "Playa Rica intenta volver a dormir", 19 de septiembre de 2003.
- Llano 7 días, "Acueductos de barrio fuera de lugar", 28 de marzo de 2000.
- Llano 7 días, "Una pelea que lleva 8 años", 13 de octubre de 1998.
- Llano 7 días, "La Empresa de Servicios Públicos del Oriente (ESPO) tendrá que devolver acueducto de Montecarlo Bajo", 12 de noviembre de 2008.
- Maldonado, F. (1971). *La adaptación al castellano de los nombres usados en la 7ª aproximación*. Costa Rica: IICA.
- Marín, R. (1997). (Coautor). *Estimación de la necesidad de atender el abastecimiento de agua a la población urbana en Colombia. Fenómeno El Niño 1997-1998*. Bogotá.
- Marín, R. (2004). *El agua, un derecho intransferible*. Bogotá: Ed. Kimpres Ltda.
- Maya, D., Ramos, P. (2007). *Enfoques participativos en el desarrollo rural: articulación en procesos de investigación*. Parte 4: "La Enseñanza del Desarrollo Rural, enfoques y perspectivas". Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Mesa, C., Isaza, M. y Perea, M. (1998). *La gestión social del agua. Departamento Nacional de Planeación-FESCOL*. Bogotá: Fundación Friedrich Ebert de Colombia.

- Mijarres, F. (1989). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: Editorial Limusa.
- Mockus, V. (1950). *Del método Soil Conservation Services*. EE. UU.: Department of Agriculture.
- Monsalve, G. (1996). *Hidrología en la ingeniería*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Naciones Unidas. (2003). *Agua para todos, agua para la vida. Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. World Water Assessment Programme.
- Naciones Unidas. PNUD (2003). *Agua limpia. Un factor de cambio*. Revista del Desarrollo Humano.
- Naciones Unidas. Programa mundial de alimentos de las Naciones Unidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia “Proyecto desarrollo sostenible Ecoandino, conceptos y metodología”, t. 1.
- Ojeda, E y Arias R. (2000). *Recursos hídricos, agua potable y saneamiento*. Bogotá.
- Organización Meteorológica Mundial (1997). *Evaluación general del recurso agua dulce en el mundo*. Ginebra, Suiza.
- Ortiz (2004). Evaluación hidrológica, en revista *Hidrored*, 2; pp. 2-10.
- RAS (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
- Romero R., J. (2002). *Calidad del agua*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sawyer, C., Perry, M., Parkin, G. (2000). *Química para ingeniería ambiental*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Secretaría Técnica de Planificación, El Árbol de problemas, http://webmail.stp.gov.py/stp/index_archivos/sp/El_arbol_de_problemas.pdf
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2008). Evaluación Integral Empresa de Servicios Públicos de Oriente ESPO S.A ESP.
- Universidad Central. (2008). *Un modelo conceptual para aplicaciones del agua en la región*. Primera edición. Bogotá: Universidad Central.

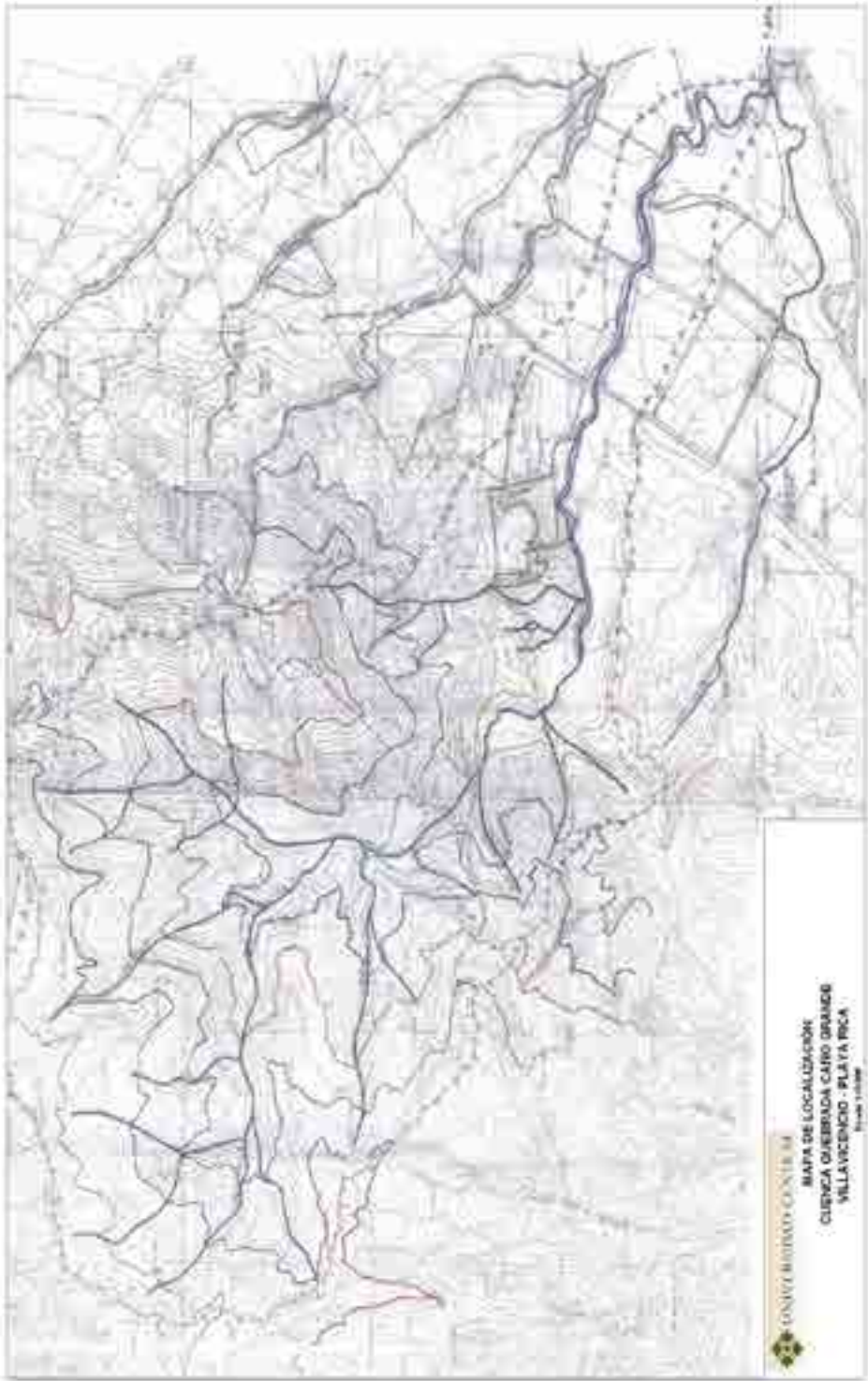
Normatividad

- Acuerdo 001 de 2007.
- Decreto 1541 de 1978.
- Decreto 1594 de 1984.
- Decretos 901 de 1997, 3100 de 2003, 3440 de 2004.
- Decreto 1575 y Res 2115 de 2007.
- Reforma de estatutos de la JAC del barrio Playa Rica, aprobado según acta N.º 001 de agosto 25 de 2004.
- Resolución CRA 315 DE 2005 de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico.
- Resolución 287 de 2004 de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA.
- Resolución 1287 de CRA 2004.
- Resolución 1433 de 2004.
- Resolución 2605 - 24Q. Expediente 20-059.
- Resolución 2.6.07.054 de 2007. Cormacarena.

Páginas web

- <http://www.eltiempo.com/archivo/>
- <http://earth.google.es/>
- <http://www.superservicios.gov.co/>
- <https://www.sui.gov.co/>
- <http://www.cra.gov.co/>
- <http://www.ecofondo.org.co/>
- <http://co.vlex.com/jurisdictions/CO>

Mapa de ubicación general del área de estudio



Fuente: Universidad Central



UNIVERSIDAD
CENTRAL