

IIMI
631.7.1
G578

DUF
Colombia | Rio Cabuyal

water use | water manager | irrigation practices

IWMI, Serie Latinoamericana: No. 12

**USO REAL Y POTENCIAL DEL AGUA
EN LA CUENCA DEL RIO CABUYAL, COLOMBIA 2000**

Charlotte Du Fraiture, Jorge Rubiano
y
Claudia Alvarez



INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE

H 26122

Los autores: Al momento en que se realizó este trabajo Charlotte du Fraiture y Claudia Álvarez eran, respectivamente, Experta asociada y Asistente de Investigación bajo el Proyecto Regional Andino del Instituto Internacional del Manejo del Agua. Jorge Rubiano era Asistente de Investigación del Programa de Laderas del Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Agradecimientos: Los autores quieren agradecer a las siguientes instituciones que contribuyeron a la financiación de este estudio: Instituto Nacional de Adecuaciones de Tierras, Colombia; El Banco Interamericano de Desarrollo; Directoraat Generaal Internacional Samenwerking of the Ministry of Foreign Affairs, Government of the Netherlands; al Instituto Internacional del Manejo del Agua y al consorcio Interinstitucional para una Agricultura Sostenible en Laderas. Igualmente, quieren agradecer a las siguientes personas; Dr. Carlos Garcés-Restrepo del IWMI; Peter Jones, Ron Knapp, J. García y L. Rincon del CIAT; A. Hurtado, Eduardo Guastumal y Miguel Vergara de CIPASIA; y a C. Mathuriau de la Univ. Toulouse, Francia

du Fraiture, C., J. Rubiano y C. Álvarez 1999. Uso real y potencial del agua en la cuenca del Río Cabuyal, Colombia. IWMI, Serie Latinoamericana No. 12. México, D. F. México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

IWMI, 1999. Todos los derechos reservados

El Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación, uno de los dieciséis centros apoyados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), fué creado por un Acta del Parlamento de Sri Lanka. El Acta está actualmente siendo revisada para que se lea Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI por su sigla en Inglés).

Los autores asumen toda la responsabilidad por el contenido de esta publicación.

Traductores: Nora Arrarás de Allende y Carlos Garcés-Restrepo.

PRESENTACIÓN DE LA SERIE

El Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por su sigla en Inglés) fue establecido en el año de 1984 con sede en Colombo, Sri Lanka.

El IWMI empezó actividades en Latinoamérica cuando en Mayo de 1990 copatrocinó con la Comisión Internacional de Riego y Drenaje una sesión especial sobre el Manejo del Agua en Latinoamérica en el marco del Décimo cuarto Congreso Internacional de la Comisión.

Posteriormente, en Noviembre de 1991, el Instituto organizó en compañía del Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas de la Argentina, un Seminario Internacional sobre Sistemas de Riego Manejados por sus Usuarios.

Los 2 eventos anteriores abrieron campo al IWMI para buscar establecer un programa regular en Latinoamérica. Fue así como en el año 94 abrió sus Programa de México, seguido en el 95 por el Programa Regional Andino con sede en Cali, Colombia. Este último culminó en Septiembre del 97.

El programa del IWMI en México continúa ininterrumpido hasta la fecha y es así como éste dá origen a la idea de ésta "IWMI, Serie Latinoamericana" que aquí se presenta.

El Instituto aspira, por medio de esta publicación, dar a conocer mas ampliamente en la región, los resultados de los trabajos de investigación ejecutados por nuestros investigadores y/o sus colaboradores.

Aunque la idea inicial es dar cabida únicamente a aquellos trabajos directamente relacionados con el Instituto, no pensamos descartar, en manera alguna, la posibilidad de dar espacio a otras contribuciones consideradas pertinentes a las metas globales del Instituto.

Como puede esperarse, el futuro de la serie dependerá de la aceptación y retro-alimentación recibida de parte de la comunidad a la cual esta dirigida: forjadores de políticas relativas al recurso agua, investigadores afines a la problemática del recurso, organizaciones e individuos involucrados, en una u otra forma, en aspectos técnicos, institucionales, económicos y sociales del manejo del agua, particularmente a la región latina pero en general a nivel global.

Para sus comentarios, en español o inglés, puede comunicarse a cualquiera de las 2 direcciones que aparecen en el reverso de esta publicación.

Atentamente

Carlos Garcés-Restrepo
Jefe del Programa IWMI-México

ÍNDICE

GLOSARIO	pág.
PRÓLOGO	xi
RESUMEN	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos y preguntas para la investigación	2
1.3 Breve descripción de la zona del estudio	2
1.4 Metodología	3
1.4.1 Datos existentes	3
1.4.2 Las entrevistas estructuradas	3
1.4.3 La reunión de datos espaciales	4
1.4.4 Estimación de la disponibilidad bruta del agua	5
2. DISPONIBILIDAD DEL AGUA	6
2.1 Introducción	6
2.2 El clima y la hidrología en la cuenca principal	6
2.2.1 El clima	6
2.2.2 La hidrología	7
2.3 Fuentes de agua disponibles en la subcuenca	16
2.4 Descripción del programa en computadora AWBM	17
2.5 Caudales simulados en el río Cabuyal	22
2.6 Conclusiones	24
2.6.1 Aplicabilidad del modelo en computadora usado	24
2.6.2 Disponibilidad de agua en la subcuenca	25
3. UTILIZACIÓN REAL DEL AGUA	26
3.1 Introducción	26
3.2 El agua para propósitos domésticos	26
3.3 El agua para propósitos agrícolas	22

	pág
3.3.1 Utilización de los sistemas de agua potable	30
3.3.2 Utilización de bombas con motor	30
3.3.3 Riego por gravedad	32
3.4 Uso industrial	32
3.5 Cuantificación del uso del agua	33
3.5.1 Uso doméstico	33
3.5.2 Uso agrícola	34
3.5.3 Uso industrial	34
3.5.4 Consumo total	34
3.6 Conflictos por el agua dentro de los grupos de beneficiarios que usan el mismo sistema	37
3.6.1 Medidores del agua	38
3.6.2 Reforestación aguas arriba	38
3.7 Conflictos por el agua en los distintos sistemas de abastecimiento de agua potable	39
3.8 La calidad del agua	39
3.9 Conclusiones	45
4. USO REAL Y POTENCIAL DEL AGUA	46
4.1 Introducción	46
4.2 El agua potable	46
4.2.1 Cambios previstos en el uso del agua	46
4.2.2 Un mejor acceso al agua potable	47
4.2.3 Conflictos previstos por el uso del agua	49
4.3 Uso agrícola	49
4.3.1 Potencial de riego	49
4.3.2 Métodos de riego	50
4.3.3 Futuros conflictos por el agua	50
4.4 Efectos colaterales del aumento del uso del agua	51
4.5 Conclusiones	51
5. RECOMENDACIONES	53

BIBLIOGRAFIA

LISTA DE CUADROS

	pág
Cuadro 2.1 Datos del clima en la cuenca del río Cabuyal	8
Cuadro 2.2 Precipitación mensual en la cuenca del río Ovejas	9
Cuadro 2.3 Evapotranspiración potencial mensual en la cuenca del río Ovejas	9
Cuadro 2.4 Caudal promedio mensual del río Ovejas en m ³ /s	12
Cuadro 2.5 Mediciones del caudal del río Cabuyal	16
Cuadro 2.6 Información hidrológica sobre la cuenca del río Cabuyal	18
Cuadro 2.7: Balance hídrico en la cuenca del río Cabuyal.	19
Cuadro 2.8 Modelo AWBM: simulación del caudal del río Ovejas	21
Cuadro 2.9: Modelo AWBM: simulación del caudal del río Cabuyal	23
Cuadro 3.1: Información general de los acueductos. Sub. cuenca del río Cabuyal	28
Cuadro 3.2: Acceso a los acueductos por vereda. Sub-cuenca río Cabuyal	29
Cuadro 3.3: Requerimientos de agua para el cultivo del tomate (CROPWAT)	35
Cuadro 3.4: Ubicación de las muestras tomadas para determinar la calidad del agua	40
Cuadro 3.5 Análisis químico de la calidad del agua en las muestras	41
Cuadro 4.1 Potencial del sistema de acueducto "La Laguna-Pescador". Período Crítico: Julio-Agosto.	48

Lista de Figuras

	pág
Figura 2.1	Necesidades de riego: precipitación menos evapotranspiración 10
Figura 2.2	Caudales del río Ovejas en 1974-1988 11
Figura 2.3	Curva de la duración del caudal del río Ovejas 13
Figura 2.4	Balance hídrico de la cuenca del río Ovejas 14
Figura 2.5	Representación esquemática del ciclo hidrológico en la cuenca del río Ovejas 15
Figura 2.6	Modelo AWBM: determinación gráfica del índice de flujo básico (IFB) 19
Figura 2.7	Modelo AWBM: Determinación gráfica de la constante de recesión (K) 20
Figura 2.8	Modelo AWBM: comparación entre el caudal simulado y el real en el río Ovejas 22
Figura 2.9	Modelo AWBM: comparación entre el caudal simulado y el real en el río Cabuyal 24
Figura 3.1	Técnica local de riego usando bombas con motor 31
Figura 3.2	Técnica local de riego aprovechando la gravedad 33
Figura 3.3	Disponibilidad total del agua y uso real 36
Figura 3.4	Uso del agua por sector 37
Figura 3.5	Análisis químico de muestras para determinar la calidad del agua: nitratos y fosfatos 42
Figura 3.6	Análisis químico de muestras para determinar la calidad del agua: temperatura y oxígeno 43
Figura 3.7	Análisis químico de muestras para determinar la calidad del agua: residuos en suspensión 44

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CIAT:	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIPASLA:	Consortio Interinstitucional para una Agricultura Sostenible en Laderas, Colombia
CRC:	Corporación Autónoma Regional del Cauca; Colombia
CROPWAT:	Programa de Computador para la Planeación y Manejo del Riego
CVC:	Corporación del Valle del Cauca, Colombia
GIS:	Geographic Information Systems (Sistemas de Información Geográfica).
HIMAT:	Antiguo INAT
IDEAM:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia
IGAC:	Instituto Geográfico Agustín Codazzi; Colombia
IIMI:	Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación
INAT:	Instituto Nacional de Adecuación de Tierras, Colombia.
IWMI:	Instituto Internacional del Manejo del Agua, siglas en inglés

PRÓLOGO

El trabajo que acá se presenta fue un esfuerzo conjunto entre el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI) bajo las actividades del Proyecto Regional Andino, que culminó en 1997.

A pesar de los años transcurridos entre la ejecución del estudio y su publicación, hemos considerado el tema de mucho interés para nuestros lectores, y decidimos incluirlo bajo nuestra Serie. Los lectores podrán apreciar si nuestra decisión fue la correcta.

La publicación comienza con la descripción de una metodología sencilla por medio de la cual se puede llegar a la estimación del recurso hídrico de una sub-menia en la región andina del suroeste de Colombia,.

Esto es de interés por que el procedimiento ejecutado, según los autores expresan en sus resultados, puede aplicarse en paisajes similares en una gran zona montañosa de la América Latina.

Posteriormente, el estudio trata el tema de la competencia por el recurso agua entre diferentes sectores den zona: agricultura, agua potable, uso industrial, etc. Los autores cubren aspectos tanto técnicos como institucionales y hacen recomendaciones que van mas allá del interés localizado del área de estudio. Esperamos que esta nueva publicación con la cual nuestro esfuerzo completa ya una docena, sea del agrado y del interés de nuestros lectores. Como siempre estaremos a la espera de sus comentarios y sugerencias.

Atentamente,
Carlos Garcés-Restrepo
Jefe de Programa IWMI-México.

RESUMEN

El Instituto Internacional de Manejo de la Irrigación (IIMI), junto con el Centro Internacional de Investigación sobre Agricultura Tropical (CIAT), realizaron un estudio acerca de las prácticas existentes y otras posiblemente aplicables en la subcuenca del río Cabuyal, en las sierras del sudoeste de Colombia. La necesidad de este estudio fue planteada durante reuniones en las cuales los agricultores expresaron su deseo de contar con instalaciones de riego.

El objetivo general del estudio era identificar formas de mejorar el uso eficiente y sustentable de los recursos hídricos. Con el fin de diagnosticar las posibilidades de un aumento de la utilización del agua, se estableció una comparación entre la cantidad total de agua disponible y la cantidad que realmente se usa para propósitos domésticos, agrícolas e industriales. Sobre la base de esta comparación, se formularon recomendaciones acerca de un futuro incremento del uso del agua (por ejemplo para riego) teniendo en cuenta los conflictos existentes y en potencia dentro y fuera de los distintos grupos de usuarios.

Para estimar la disponibilidad total de agua en la subcuenca (3,200 ha), se interpolaron los datos climáticos e hidrológicos correspondientes a la cuenca principal (65,000 ha) a la subcuenca, donde no se contaba con esos datos. Se estableció la relación entre la precipitación y el escurrimiento en el río principal (el río Ovejas) analizando los patrones hidrográficos y pluviales. Se usó esta relación para estimar el caudal en el río tributario (el río Cabuyal). Este método resultó muy adecuado en el caso de la subcuenca del Cabuyal ya que las condiciones físicas que determinan la relación entre la precipitación y el escurrimiento (patrón de las lluvias, pendientes, suelos y vegetación) son similares en el río principal y en su tributario.

La cantidad mínima de agua disponible durante los meses secos en la subcuenca es de 260 l/s o 22,464 m³ al día. La cantidad de agua realmente usada por los habitantes que viven en la zona llega a 2,156 m³ diarios (es decir, 10% del total), de los cuales un 16% son para uso doméstico, 79%

para riego y sólo 5% para usos industriales. A pesar de esta abundancia de agua, los usuarios situados aguas abajo en el principal sistema de abastecimiento de agua potable sufren escasez de ésta porque los habitantes aguas arriba utilizan el agua potable para riego. La capacidad limitada de los sistemas de abastecimiento de agua potable no permite el uso doméstico y el agrícola al mismo tiempo. Para resolver estos conflictos vinculados con el agua, se recomienda dar prioridad al consumo doméstico y desalentar o prohibir la utilización del agua potable para propósitos agrícolas.

Con el fin de satisfacer las necesidades de agua, algunos agricultores locales establecieron sus propio métodos de riego individual. Estas iniciativas, en las cuales los campesinos usan motores con bombas para extraer agua de manantiales, pueden ser usadas como ejemplos en el desarrollo de la irrigación en la subcuenca.

En términos de la disponibilidad del agua, hay posibilidades de construir sistemas comunales de riego. No obstante, la viabilidad organizacional y económica es cuestionable ya que sólo se necesita riego durante dos meses al año.

No se ha reportado ningún conflicto por el agua entre los diferentes sistemas de abastecimiento de agua potable. Sin embargo, para evitar futuros problemas relacionados con los derechos de agua los grupos de usuarios deben registrar sus solicitudes ante la Autoridad de la Cuenca, como lo establece la Ley del Agua de Colombia.

Los efectos colaterales de un mayor empleo del agua por los habitantes de la subcuenca para una gran planta hidroeléctrica serán insignificantes en cuanto a la cantidad de agua. Esta planta hidroeléctrica toma agua del río principal (el Ovejas), que tiene un caudal mínimo de $10 \text{ m}^3/\text{s}$. El tributario estudiado (el río Cabuyal) sólo lleva $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$ en la estación seca. Esto significa que, durante los meses secos, sólo el 2.5% de la cantidad de agua en el río principal proviene de la subcuenca. En consecuencia, los cambios en el uso del agua en la subcuenca tendrán un efecto limitado sobre las cantidades de agua en el río principal.

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En 1992 el CIAT inició el Programa para las Laderas con el propósito de “mejorar el bienestar de la comunidad agrícola de las laderas mediante el desarrollo sustentable y comercialmente viable de sistemas de producción agrícola”.¹ En Colombia, el programa trabaja principalmente en la cuenca del río Cabuyal, situada en las sierras medias del sudoeste de Colombia.

En una sesión de planificación por objetivos celebrada en 1993, los habitantes de la cuenca señalaron la escasez de agua durante la estación seca como uno de sus principales problemas. Dentro de la cuenca del río Cabuyal hay intereses en conflicto relacionados con el agua, en especial durante los meses secos (julio y agosto). Por ejemplo, durante esos meses el agua suministrada por el principal sistema de abastecimiento de agua potable en la zona es insuficiente para todos los beneficiarios, lo cual obliga a los habitantes de las partes inferiores a usar otras fuentes (pozos, manantiales o arroyos) para abastecerse de agua para consumo doméstico. Los agricultores de la parte más baja acusan a los agricultores del tramo medio de usar el agua potable para regar sus parcelas de hortalizas, lo cual provoca la escasez en la zona más baja. No obstante, los agricultores del tramo medio afirman que la cantidad de agua ha disminuido como resultado de la deforestación causada por los agricultores que están en las partes altas de la cuenca, cerca de la toma de entrada.²

En consecuencia, los agricultores pidieron al Programa para las Laderas que investigara las posibilidades de un aumento de la utilización del agua (por ejemplo, para riego) usando los recursos hídricos disponibles en la zona, como arroyos y ríos. Al mismo tiempo, el INAT³ estaba interesado en el potencial de riego de la cuenca ya que planea poner en práctica una serie de sistemas de riego en pequeña escala en las zonas montañosas.

Unos 15 km aguas abajo de la cuenca, hay una gran planta hidroeléctrica en el río Cauca, que proporciona energía eléctrica a Cali. En este momento, el agua que sale de la cuenca no beneficia a la planta hidroeléctrica porque el río Ovejas (del cual es tributario el Cabuyal) se une al Cauca justo más abajo de la presa. No obstante, la Corporación del Valle del Cauca (CVC) elaboró planes de desviar el río Ovejas para contar con un abastecimiento adicional durante la estación seca.⁴ Es evidente que un aumento de la utilización del agua tendrá repercusiones en las cantidades de agua que salgan de la cuenca.

¹ Informe Anual del Programa para las Laderas, 1995.

² H. Ravnborg y J. Ashby, 1996

³ Instituto Nacional de Adecuación de Tierras, entidad gubernamental colombiana encargada del desarrollo de la irrigación.

⁴ E.B. Knapp et al., 1995.

En un esfuerzo conjunto, el CIAT y el IIMI decidieron llevar a cabo una investigación sobre el uso real y potencial del agua, teniendo en cuenta los intereses en conflicto dentro y fuera de la cuenca, descritos antes. La investigación fue apoyada por el INAT y se inició en abril de 1996. En este informe se presentan los resultados obtenidos.

El primer capítulo se refiere a las preguntas planteadas para la investigación, la metodología seguida y una breve descripción de la zona del estudio. En el segundo capítulo se describen la hidrología y los recursos hídricos disponibles. En el tercer capítulo se detallan el uso real del agua por sector (doméstico, agrícola e industrial) y los conflictos por el agua entre los distintos grupos de usuarios. En el cuarto capítulo se evalúa el uso potencial del agua en la cuenca, teniendo en cuenta los conflictos de intereses existentes. Se investigan y analizan diversos escenarios posibles y sus efectos en la disponibilidad hídrica aguas abajo. En el quinto capítulo se sacan algunas conclusiones acerca de la metodología y el uso real y potencial del agua.

1.2 Objetivos y preguntas para la investigación

El objetivo general de la investigación es identificar formas de mejorar el uso eficiente y sustentable de los recursos hídricos en la cuenca del río Cabuyal. Con el fin de hacer un diagnóstico del potencial de aumentos del uso del agua (por ejemplo, para riego), se estableció una comparación entre el uso real y el uso potencial del agua. En vista de los intereses en conflicto dentro y fuera de la cuenca, se intentará evaluar los posibles efectos de un mayor uso del agua sobre las cantidades de ésta aguas abajo. Si bien se prestará cierta atención a los intereses fuera de la cuenca, se pondrá énfasis en los efectos dentro de ésta. Se espera que la información generada en este estudio pueda ser usada por los agricultores de la cuenca como un aporte para futuras discusiones acerca del uso del agua.

Se formularon las siguientes preguntas para la investigación:

- ¿Qué fuentes de agua existen en la cuenca?
- ¿Cuál es la cantidad total de agua disponible en la cuenca?
- ¿Cómo se usa realmente el agua?
- ¿Cuáles fuentes de agua se usan y cuáles no?
- ¿Qué intereses en conflicto existen en relación con el agua?
- ¿Cuáles son las posibilidades de un aumento del uso del agua, por ejemplo para riego?
- ¿Cuáles son los posibles efectos sobre las cantidades de agua más abajo que resultarían de un aumento del uso del agua?

1.3 Breve descripción de la zona del estudio

La subcuenca del río Cabuyal está situada en el sudoeste de Colombia, en el Departamento de Cauca. El terreno es montañoso, caracterizado por profundos barrancos y pendientes empinadas. La altitud varía entre 1150 y 2200 metros sobre el nivel del mar.

El clima es húmedo y la elevada intensidad de la lluvia, combinada con las empinadas pendientes, representan un serio riesgo de erosión del suelo. Los suelos son de origen volcánico (*distropeptos óxicos* y *distrandeptos típicos*) y de poca fertilidad a causa del bajo intercambio de cationes y la saturación de las bases. Alrededor del 15% de la superficie está cubierta por bosqueS (IGAG 1979).

Los límites administrativos de las cuencas rara vez coinciden con los límites hidrológicos, ya que los primeros tienden a seguir los ríos mientras que los segundos son determinados por las cumbres. En el caso de la cuenca del Cabuyal, la cuenca hidrológica real tiene una superficie de 3300 hectáreas, mientras que la cuenca definida por los límites administrativos incluye unas 7400 ha divididas en 22 “veredas” (HIMAT 1983).

La carretera panamericana, que atraviesa la región, proporciona un buen acceso a la zona media durante todo el año, mientras que los caminos de tierra en las zonas más altas y más bajas no permiten un acceso adecuado durante los meses de lluvia.

Unos 5500 habitantes pertenecientes a diversos grupos étnicos (mestizos y grupos indígenas como los páez y guambianos) viven en la cuenca administrativa; son en su mayoría pequeños agricultores de autoconsumo, cuyas parcelas tienen en promedio 2 ha. Los cultivos principales son el café, los frijoles, el tomate y la banana.

1.4 Metodología

1.4.1.1 Datos existentes

Como el Programa para las Laderas del CIAT ya ha estado trabajando en la zona durante varios años, se cuenta con mucha información sobre ella, que incluye datos del clima, mapas topográficos, mapas del suelo y el uso de la tierra, información hidrológica y datos socioeconómicos. La mayor parte del material topográfico está digitalizado (en formato ArcInfo). El primer paso en la metodología fue reunir, analizar y sistematizar la información disponible en el CIAT, el INAT, la CVC⁵ y otras instituciones.

1.4.2 Las entrevistas estructuradas

Con el fin de complementar la información existente, se elaboraron tres cuestionarios:

1. Diagnóstico de los recursos hídricos y los grupos de usuarios del agua.
2. Inventario de las técnicas de riego existentes.
3. Manejo de los sistemas de agua potable.

⁵ La Cooperación del Valle de Cauca es la autoridad regional de manejo de la cuenca.

En la primera encuesta se efectuó el muestreo a nivel de las veredas⁶ (una muestra por vereda, 21 en total) entrevistando a personas clave en relación con los recursos hídricos y los usos del agua en sus respectivas veredas. La información deducida de este cuestionario fue analizada para estimar la cantidad de fuentes de agua, la forma en que realmente son usadas esas fuentes por los diferentes grupos de usuarios y la cantidad de agua consumida para los distintos propósitos. La información obtenida también sirvió para determinar los conflictos existentes y en potencia vinculados con el agua.

A partir de este inventario resultó claro que, si bien no hay un sistema de riego en la cuenca, algunas personas usan bombas con motor o toman agua de los sistemas de agua potable para regar sus parcelas durante los meses secos (julio y agosto).⁷ El segundo cuestionario se refiere a las técnicas de riego empleadas. Se entrevistó a unas 50 personas y se les preguntó acerca de los métodos de riego usados, incluyendo los costos y beneficios que involucran

Los sistemas existentes de abastecimiento de agua potable parecen ser una fuente importante de agua, no sólo para propósitos domésticos sino también para usos agrícolas. Por consiguiente, se decidió realizar una tercera encuesta constituida por entrevistas estructuradas con miembros de los comités organizadores responsables del manejo de los sistemas. Se efectuaron en total nueve encuestas, una para cada sistema de agua potable.

1.4.3 La reunión de datos espaciales

Con el propósito de corregir y actualizar los mapas topográficos existentes, se amplificaron a 1:5000 las fotografías aéreas (escala = 1:35000). En combinación con el cuestionario sobre los recursos hídricos y las prácticas de uso del agua, se pidió a los agricultores que indicaran en las fotos dónde había fuentes de agua y si éstas se usaban para propósitos domésticos, agrícolas o industriales. Siempre que fue necesario, se visitaron los sitios en compañía de los informantes para verificar los datos sobre el terreno. La información obtenida con este ejercicio de mapeo en colaboración fue luego digitalizada en formato ArcInfo compatible con la cobertura existente de los GIS (mapas).

Por desgracia, las fotografías sólo cubrían el 60% de la cuenca. Para la superficie restante se usaron mapas topográficos. A pesar de que, en comparación con las fotografías, los agricultores tuvieron más dificultades para orientarse con los mapas, este método también dio resultados satisfactorios.

⁶ La vereda es una unidad administrativa oficial, que tiene una superficie de entre 183 y 665 ha en la zona estudiada.

⁷ El INAT construyó un pequeño sistema de riego que beneficia a 19 familias, pero este sistema se usa para el abastecimiento de agua potable.

1.4.4 Estimación de la disponibilidad bruta del agua

Se estudiaron los datos hidrológicos y climáticos para estimar la cantidad total de agua disponible en la cuenca. No existen series prolongadas de datos sobre el caudal del río en la subcuenca (río Cabuyal). La CVC y el CIPASLA⁸ efectuaron siete mediciones del caudal en un lapso de dos años (1994 y 1995). Si bien son muy valiosas, estas mediciones no bastan para pronosticar los caudales del río en la subcuenca a causa del patrón irregular de las precipitaciones (y, por lo tanto, del caudal del río) en la subcuenca y en el transcurso de los años.

No obstante, en un período de 15 años se dispone de los datos diarios correspondientes a un río más grande, el río Ovejas, del cual el Cabuyal es tributario. Se usaron estos datos para estimar los parámetros que relacionan la precipitación y el escurrimiento. Se interpolaron los parámetros del río más grande a su tributario, el Cabuyal. Usando los datos disponibles sobre la precipitación en la cuenca estudiada, se hizo una estimación de los caudales del río Cabuyal. Para determinar la relación entre la precipitación y el escurrimiento, se escogió el Modelo AWBM de Balance Hídrico en la Cuenca. Este programa de computadora es un modelo de elementos semiconcentrados que se basa en la comparación entre el flujo observado y el simulado en la cuenca para la calibración de los parámetros internos del modelo. Utiliza los datos de la precipitación diaria, el escurrimiento diario y la evapotranspiración mensual.

Se usaron los datos del caudal del río principal (el Ovejas) para calibrar el modelo. Una vez calibrado éste, se lo aplicó al tributario, el río Cabuyal. Se compararon los resultados con las siete mediciones existentes.

⁸ Consorcio Interinstitucional para una Agricultura Sostenible en Laderas, constituido por organizaciones que trabajan en el desarrollo de la cuenca.

Capítulo 2: **DISPONIBILIDAD DEL AGUA**

2.1 **Introducción**

El CIAT comenzó a reunir datos climáticos e hidrológicos en la subcuenca del Cabuyal en noviembre de 1993. Por desgracia, ninguna de las estaciones climáticas establecidas y manejadas por el HIMAT (en esa época el organismo gubernamental responsable de la hidrología) está dentro del zona del estudio. En consecuencia, no hay series prolongadas de datos climáticos e hidrológicos.

Se decidió entonces analizar las condiciones climáticas e hidrológicas de la cuenca más grande, la del río Ovejas, sobre la cual existen series prolongadas de datos. El río Cabuyal es un tributario del Ovejas y las características físicas de la cuenca del Ovejas (geología, topografía, suelos, clima y vegetación) muestran gran similitud con las de la zona estudiada. Para este estudio, se supone que son similares los parámetros hidrológicos que determinan el caudal del río en la cuenca más grande y en la subcuenca. Se estableció la relación entre la precipitación y el escurrimiento en el río principal usando el Programa AWBM de Balance Hídrico en la Cuenca. Se emplearon datos diarios del caudal del río principal (el Ovejas) para calibrar el modelo. Una vez calibrado, se aplicó el modelo a su tributario, el río Cabuyal. Se compararon los caudales simulados con los datos sobre los caudales reales medidos por el CIPASLA. De esta forma, se pudo obtener una estimación satisfactoria de la disponibilidad del agua en la cuenca del Cabuyal.

En el párrafo siguiente se hará una descripción de las condiciones climáticas e hidrológicas de la cuenca principal y la subcuenca, y luego una descripción del modelo de computadora usado para analizar y simular los caudales de los ríos. Los resultados de las simulaciones de los caudales se comparan con los datos disponibles sobre el caudal real. Por último, se sacan conclusiones acerca de la aplicabilidad del modelo para estimar la disponibilidad del agua en la cuenca del Cabuyal.

2.2 **El clima y la hidrología en la cuenca principal**

2.2.1 **El clima**

La cuenca principal del río Ovejas abarca una superficie de 100,000 ha y está situada en el Departamento del Cauca (sudeste de Colombia), en las estribaciones de los Andes, a altitudes que fluctúan entre los 1150 y 2300 metros sobre el nivel del mar

Se seleccionaron seis estaciones climatológicas representativas de la cuenca del Ovejas y se analizaron los datos diarios de la precipitación y mensuales de la temperatura. La precipitación anual media en el período estudiado⁹ llega a 2065 mm, con un período de

⁹ 1974-1988, los años seleccionados sobre la base de la disponibilidad de datos.

pronunciada sequía en julio y agosto (70 y 80 mm, respectivamente). La temperatura mensual media varía poco durante el año, pero difiere considerablemente de un lugar a otro según la altitud. Las temperaturas mensuales medias informadas oscilan entre 13 °C (a 2650 m sobre el nivel del mar) y 21 °C (a 1200 m sobre el nivel del mar). Ver cuadro 2.1.

Se calculó la evapotranspiración potencial usando el CROPWAT.¹⁰ La evapotranspiración potencial total (ET_0) varía de 1106 mm a 1306 mm al año según la altitud, y se distribuye con relativa uniformidad en todo el año.

La mayoría de las necesidades de riego se producen durante el período que va desde mediados de junio hasta comienzos de septiembre (2-3 meses), cuando la evapotranspiración potencial supera el 80% de la precipitación probable (es decir, la precipitación que estadísticamente se produce en 4 de 5 años). Véanse los Cuadros 2.2 y 2.3 y la Figura 2.1.

2.2.2 La hidrología

La CVC registró el caudal del río Ovejas en un sitio 200 metros aguas abajo del lugar donde el Cabuyal se une al Ovejas. En este punto, el área de captación del río Ovejas tiene una superficie de 61,500 ha. Se analizaron los datos diarios del caudal del río desde 1974 a 1988. En esos años, el caudal medio del río fue de 19 m³/s, con flujos medios mínimos en agosto y septiembre (8,5 m³/s) y un valor mínimo absoluto de 3.5 m³/s. Si bien el caudal varía mucho en el transcurso de los años, los flujos mínimos durante agosto y septiembre son bastante regulares (véase la Figura 2.2). Expresada en milímetros, la producción anual media de agua en la zona de captación es de 990 mm (para más detalles, véase el Cuadro 2.4).

La Figura 2.3 muestra la curva de duración del caudal del río Ovejas en 1974-1988. Una curva con una inclinación pronunciada es resultado de un caudal que varía mucho y es alimentado en gran parte por el escurrimiento directo, mientras que una curva aplanada es consecuencia de un caudal que es bien sostenido por descargas del agua de superficie o del agua subterránea. La inclinación del extremo inferior de la curva de duración (es decir, las características de caudal bajo) muestra el comportamiento del almacenamiento perenne en el área de captación, una inclinación aplanada en el extremo inferior indica una gran cantidad de almacenamiento y una inclinación marcada indica una cantidad insignificante.¹¹ La curva del río Ovejas muestra una inclinación bastante pronunciada, lo cual se explica por la naturaleza montañosa de su área de captación y la estratificación geológica cercana a la superficie. Después de las precipitaciones intensas, se producen grandes crecidas instantáneas, causadas por el escurrimiento superficial directo y el flujo de paso cercano a la superficie. Estas grandes crecidas contribuyen considerablemente al caudal total del río.

¹⁰ Programa de computadora desarrollado por la FAO para determinar las necesidades de agua de los cultivos, versión 5.7, 1991. El programa usa la fórmula modificada de Penman-Monteith.

¹¹ Véanse Peters 1994, Shaw 1980 y Harvey 1993.

Uso del Agua en la Cuenca de Río Cabuyal, Colombia

Cuadro 2.1. Datos climáticos para 2 estaciones en la Cuenca de Cabuy

Año	mes	precipitation		max temp		min temp	
		Campina 1550 m.a.s.l.	Ventanas 1650 m.a.s.l.	Campina 1550 m.a.s.l.	Ventanas 1650 m.a.s.l.	Campina 1550 m.a.s.l.	Ventanas 1650 m.a.s.l.
1993	nov	209.8	222.1	23.8	23.3	16.4	14.3
1993	dic	259.9	238.0	23.7	23.6	17.2	14.5
1994	ene	295.3	328.0	24.1	23.3	17.5	14.1
1994	feb	105.6	71.0	24.6	23.5	16.8	13.8
1994	mar	176.0	280.5	24.2	23.4	17.0	14.1
1994	abr	258.6	206.2	24.8	22.8	17.0	14.5
1994	may	172.0	185.0	25.0	25.5	17.0	14.5
1994	jun	60.8	72.5	25.8	24.4	16.4	13.4
1994	jul	42.7	49.0	27.0	25.0	15.6	13.6
1994	ago	10.2	13.0	27.5	25.9	16.0	12.9
1994	sep	59.0	70.5	27.6	26.6	15.1	13.5
1994	oct	185.8	186.5	24.8	23.9	16.0	14.5
1994	nov	272.0	243.0	23.6	23.2	16.2	14.4
1994	dic	108.0	182.5	24.8	23.7	15.5	14.4
		1746.0	1887.7				
1995	ene	88.6	125.6	25.5	24.4	15.6	14.0
1995	feb	50.2	46.0	26.5	24.9	15.2	13.4
1995	mar	217.9	159.0	26.3	24.4	16.1	14.6
1995	abr	310.6	354.0	24.7	23.3	15.9	14.5
1995	may	202.0	122.1	24.7	23.3	16.4	14.3
1995	jun	103.2	129.6	25.7	23.1	16.4	14.0
1995	jul	156.0	135.5	25.2	23.1	16.4	13.6
1995	ago	92.2	64.0	25.9	23.8	15.8	13.4
1995	sep	76.4	58.0	26.8	25.3	16.1	14.1
1995	oct	233.4	224.5	25.3	23.2	15.5	13.6
1995	nov	189.2	155.5	24.3	22.9	16.1	14.2
1995	dic	138.0	186.0	23.5	22.8	16.2	14.0
		1857.7	1759.8				
1996	ene	237.2	213.5	24.1	22.7	16.2	13.9
1996	feb	146.9	138.0	23.9	22.9	16.2	13.9
1996	mar	303.8	278.5	24.4	23.3	16.3	14.3
1996	abr	171.6	181.5	24.5	23.6	16.5	14.1
1996	may	263.4	158.5	24.0	23.1	16.3	14.1
1996	jun	105.6	60.5	24.4	23.8	16.2	13.9
1996	jul	48.8	64.5	24.6	23.4	15.4	13.2
1996	ago	48.2	43.0	25.0	25.0	15.6	12.7
1996	sep	44.4	62.5	26.1	25.4	16.0	13.3

Cuadro 2.2 Precipitación Mensual * (mm) Cuenca del Ovejas

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
1974	272	348	360	231	176	115	115	37	196	282	348	146	2625
1975	102	338	165	177	267	116	199	136	122	231	363	376	2592
1976	114	204	188	187	128	43	10	47	80	264	182	158	1607
1977	90	76	165	249	136	82	41	44	125	225	224	184	1640
1978	143	56	232	228	156	63	70	33	110	158	197	336	1780
1979	182	111	285	275	224	80	42	222	146	256	247	108	2176
1980	183	278	75	149	110	71	24	65	78	219	119	172	1541
1981	78	221	240	274	294	126	88	88	42	231	351	173	2206
1982	306	221	328	319	208	47	49	5	141	303	274	225	2425
1983	162	134	264	334	208	42	35	39	34	264	185	261	1961
1984	327	264	230	224	299	118	109	125	207	367	262	162	2695
1985	314	76	182	189	160	62	62	160	123	207	236	158	1928
1986	232	277	184	203	145	82	10	50	148	368	191	91	1981
1987	135	115	171	174	230	48	83	48	91	391	209	84	1781
1988	96	118	101	246	191	129	96	83	132	252	372	231	2046
Promed	182	189	211	230	196	81	69	79	118	268	250	191	2066
80 %	114	115	171	189	156	62	41	44	91	231	197	158	1569
median	162	204	188	228	191	80	62	50	123	256	236	172	1950

* based on 6 selected climate stations: Silvia, Morales, Mondomo, La Aguada, El Amparo and Piendamó interpolation according to climate zones used by CVC

Cuadro 2.3 Evapotranspiración Potencial Mensual en mm de acuerdo con Penman-Monteith, Et_p

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Salvajina *	105	106	118	105	102	105	124	124	114	105	99	99	1306
Cajibío **	90	84	96	87	90	90	102	105	93	90	87	90	1106

* altitud: 1150 m.s.n.m.

** altitud: 1800 m.s.n.m.

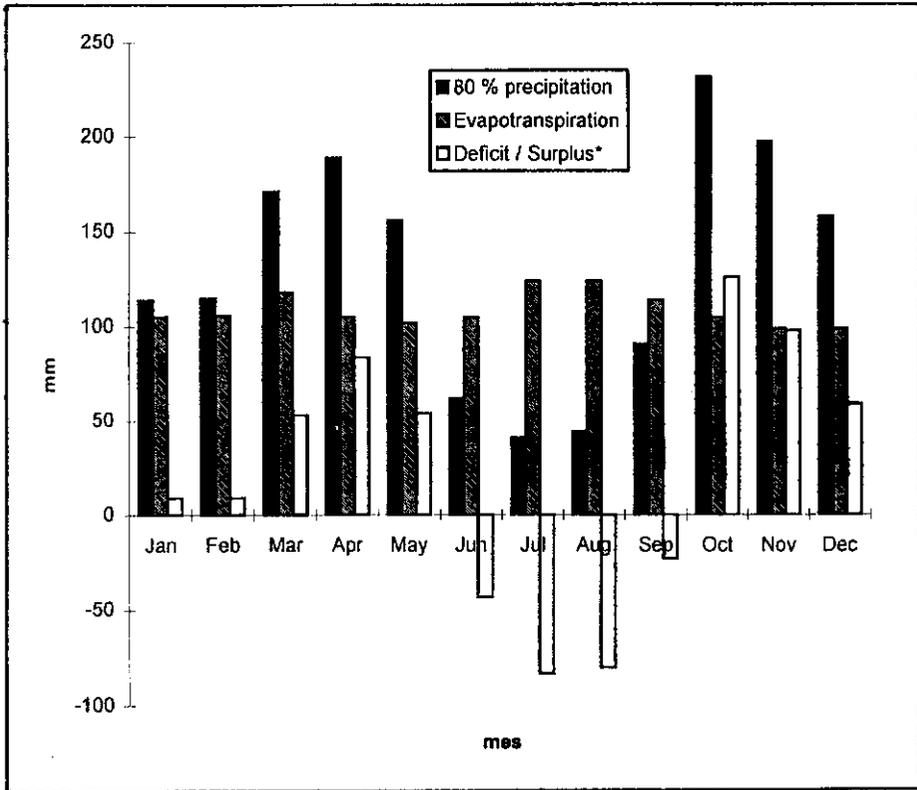


Figura 2.1. Balance Hídrico: precipitación-*evapotranspiración* en mm Cuenca del Ovejas

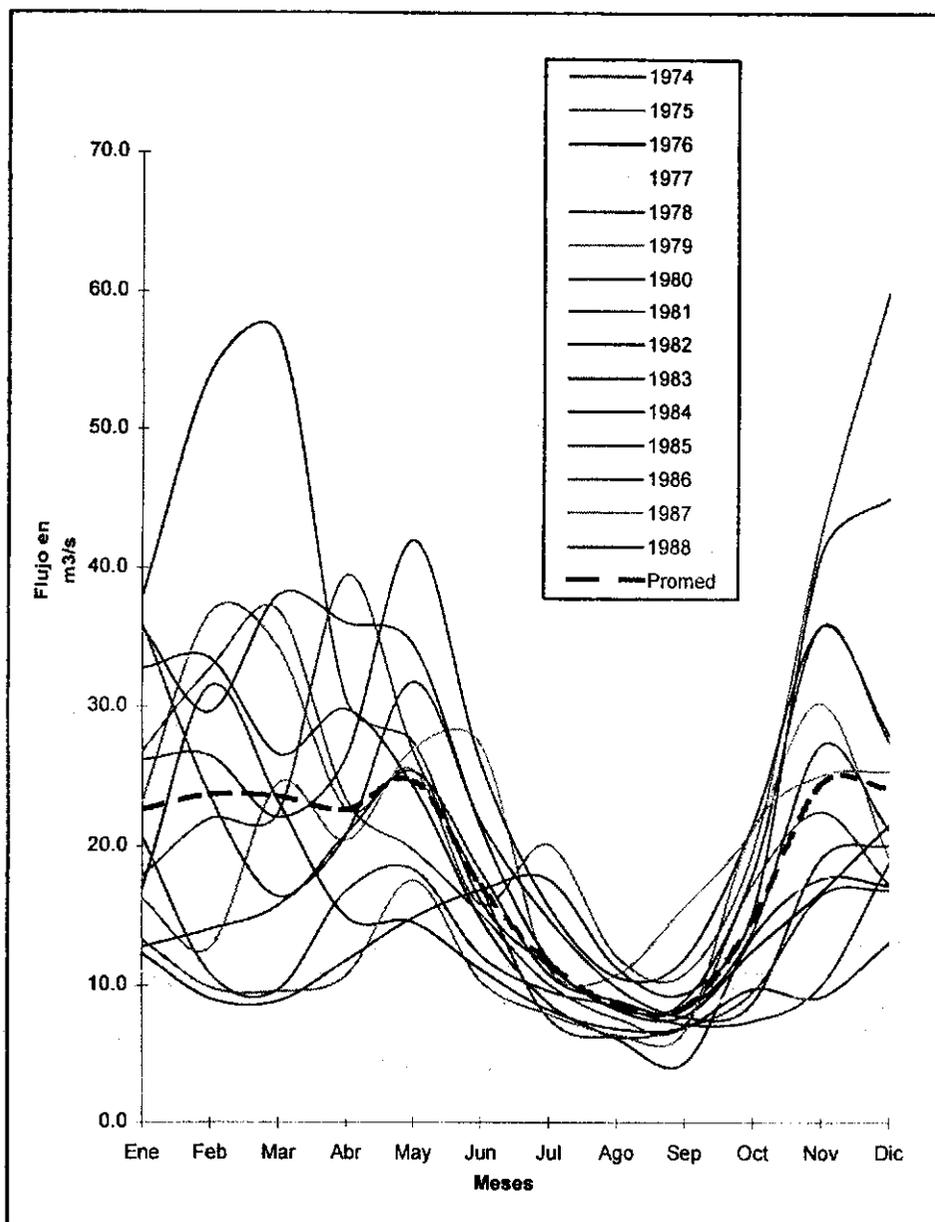


Figura 2.2 Variación de Flujo del Río Ovejas en m³/s de 1974-1988

Cuadro 2.4 Caudal Promedio Mensual, Ovejas abajo en m³/s

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1974	37.9	54.1	56.7	30.6	27.5	16.2	11.5	8.5	9.0	18.1	36.0	27.6	28.4
1975	23.3	36.8	34.3	22.7	25.5	15.9	20.2	12.2	10.9	19.7	42.5	60.0	27.0
1976	32.8	33.5	26.6	29.8	24.3	14.9	8.8	6.2	4.4	13.6	17.8	17.3	19.2
1977	11.0	8.9	8.7	14.8	21.1	13.5	9.5	7.1	6.8	11.7	18.1	11.7	11.9
1978	20.7	10.9	9.7	16.8	18.4	12.3	9.7	8.6	7.2	7.5	10.1	18.9	12.6
1979	16.2	12.7	24.5	20.5	27.1	27.3	11.4	10.9	15.8	21.3	30.4	19.3	19.8
1980	17.0	31.5	23.2	15.0	14.6	11.2	8.3	6.9	7.0	9.9	9.3	13.2	13.9
1981	12.8	14.1	15.8	20.8	31.8	21.8	14.9	9.9	7.8	8.8	19.2	20.2	16.6
1982	35.7	29.6	38.1	36.1	34.6	21.4	12.0	8.4	7.9	12.6	16.8	21.7	22.9
1983	17.9	22.0	22.4	39.5	26.8	17.2	7.7	6.3	7.0	9.6	16.6	17.0	17.0
1984	26.2	26.5	22.1	26.4	42.0	26.0	15.8	10.7	12.0	21.7	36.0	28.1	24.5
1985	36.0	23.6	16.4	20.9	25.4	18.3	10.9	9.0	8.3	14.0	27.4	21.3	19.3
1986	26.8	32.8	37.0	23.4	19.8	15.2	10.2	7.7	7.2	17.4	22.6	17.4	19.8
1987	13.3	9.9	9.6	10.7	17.6	10.4	8.0	6.5	6.7	21.4	25.2	25.5	13.7
1988	12.3	9.1	8.9	11.8	14.9	16.9	17.7	11.4	9.5	15.2	41.1	45.1	17.8
Promed	22.7	23.7	23.6	22.7	24.8	17.2	11.8	8.7	8.5	14.8	24.6	24.3	19.0
Median	20.7	23.6	22.4	20.9	25.4	16.2	10.9	8.5	7.8	14.0	22.6	20.2	19.2
ST DEV.	9.4	13.0	13.5	8.5	7.5	5.0	3.7	2.0	2.7	4.9	10.6	12.7	5.0

Esta observación es confirmada por el análisis de la gráfica hidrológica. Calculado a partir de una separación gráfica del flujo básico,¹² el índice de flujo básico es de aproximadamente 0.77 o, en otras palabras, el 77% del caudal del río es determinado por el flujo básico (es decir, el flujo bajo la superficie) y el 23% es aportado por el escurrimiento superficial directo, que causa ocasionales crecidas de más de 100 m³/s.

¹² Para los métodos de separación del flujo básico, véanse Peters 1994, Bates 1989 y el párrafo 2.3.

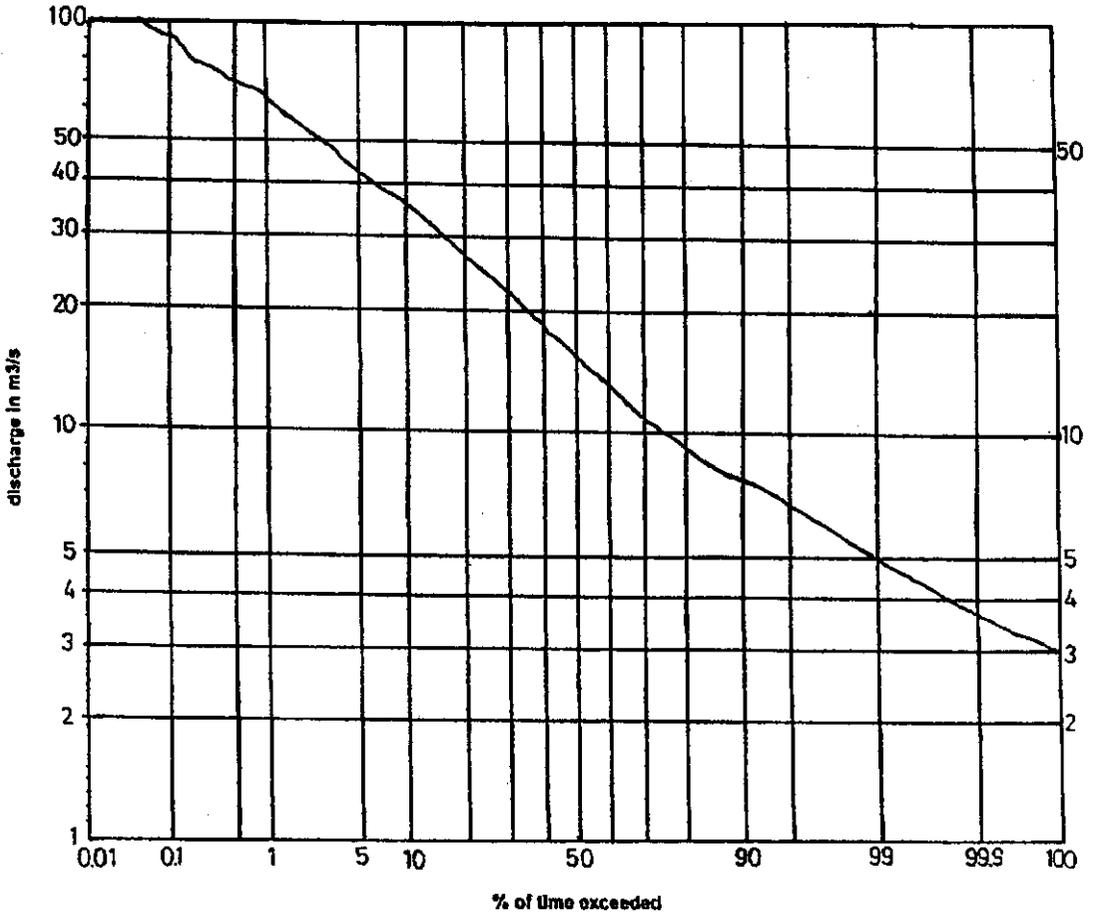


Figura 2.3 Curva de duración del flujo, Río Ovejas. Datos 1974-1988

Moldan (1994)¹³ sugiere que, para los estudios más prolongados (en varios años) de las zonas de captación con un flujo insignificante hacia el agua subterránea profunda, el método más exacto para estimar la evapotranspiración real consiste en restar el escurrimiento de la precipitación. Usando este método para la captación del río Ovejas, la evapotranspiración real media totaliza 1076 mm (es decir, 2066 - 990 mm) al año. La evapotranspiración potencial según Penman se calculó en 1106 a 1306 mm. Teniendo en cuenta que la evapotranspiración real es inferior a la potencial a causa de los déficit en el período seco (130 mm en un año promedio), ésta parece una estimación razonable. En vista de las características montañosas, las pendientes pronunciadas y la geología de la zona, parece razonable suponer que serán limitadas las pérdidas hacia el agua subterránea profunda (figura 2.4).

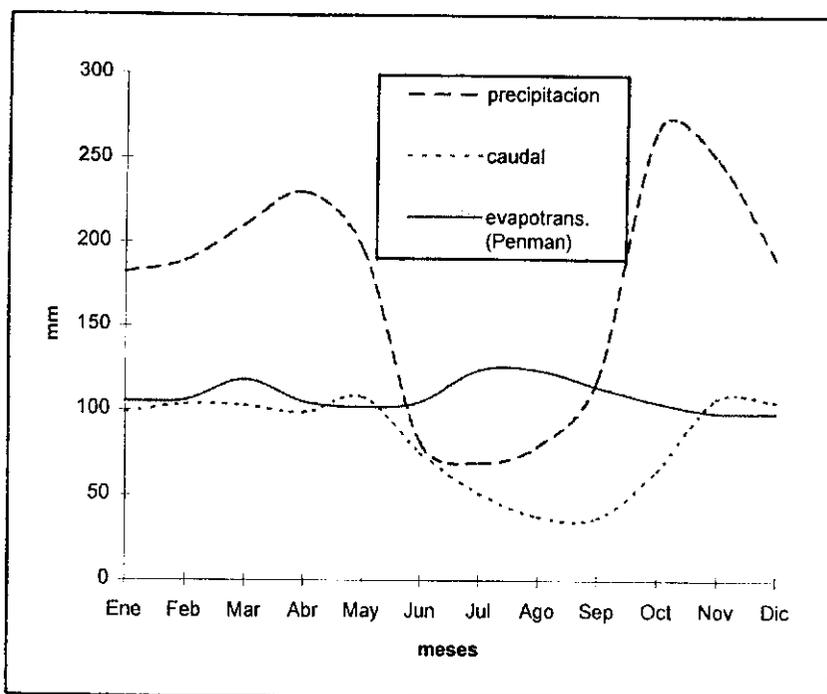


Figura 2.4. Balance hídrico de la Cuenca del Ovejas. Precipitación, escurrimiento y evapotranspiración en mm.

El balance hídrico en la cuenca del río Ovejas parece ser el siguiente: de los 2066 mm de precipitación que se producen en un año promedio, 1076 mm (52%) se pierden por la evapotranspiración, mientras que 990 mm (48%) se transfieren al caudal del río. El caudal

¹³ Moldan 1994, pp. 215-217.

del río está constituido por 762 mm de flujo básico y 228 mm de escurrimiento superficial directo.

Gráfica dirigida:

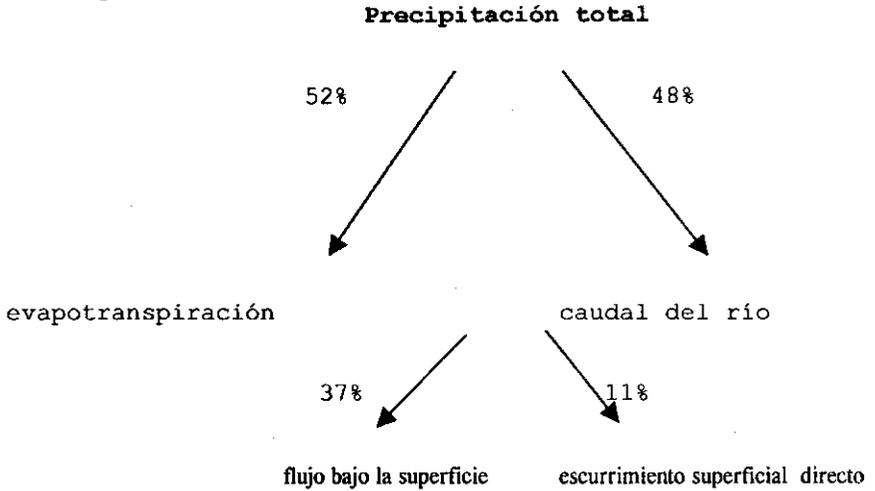


Figura 2.6: Representación del comportamiento del agua en la zona de estudio

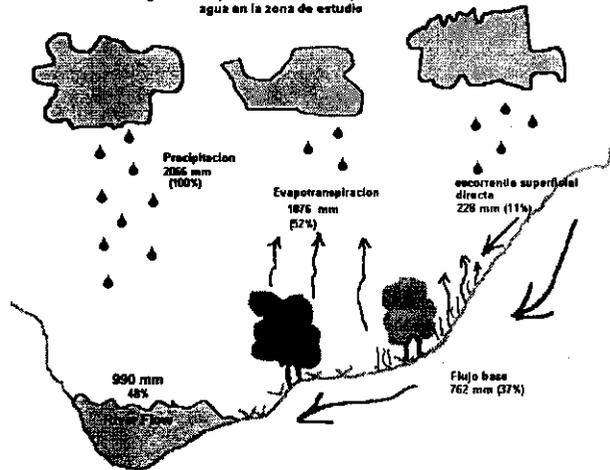


Figura 2.5 Representación esquemática del ciclo hidrológico en la cuenca del río Ovejas

En la Figura 2.5 se presenta una representación esquemática del balance hídrico en la cuenca del río Ovejas.

2.3 Fuentes de agua disponibles en la subcuenca

El área de estudio es rica en recursos hídricos naturales. El río Cabuyal, el principal río originado en la subcuenca, tiene unos 20 kilómetros de largo y lleva agua durante todo el año. La CVC, en colaboración con el CIPASLA, realizó varias mediciones del caudal en 1994 y 1995 (Cuadro 2.5). Las mediciones efectuadas en tres sitios diferentes del río muestran que el 25% del caudal total en el punto más bajo de la cuenca se origina en la zona superior, el 25% en la zona media y el 50% en la zona más baja, zonas que han sido definidas por el Programa para las Laderas (CIAT 1995).

Cuadro 2.5 Mediciones del caudal del Río Cabuyal

	29-Abr-94	13-Sep-94	3-Oct-95	30-Mar-95	9-Ago-95	19-Oct-95	23-Sep-96	25-Oct-96
Parte baja	1.36	0.29	0.54	1.21	0.52	0.56	0.27	0.39
Parte media	0.752	0.13	0.30	0.51	0.24	0.28		
Parte alta	0.31	0.07	0.15	0.28	0.12	0.16		

distribución del agua en la cuenca

	29-Abr-94	13-Sep-94	3-Oct-95	30-Mar-95	9-Ago-95	19-Oct-95	promedio	zona
Parte baja	100%	100%	100%	100%	100%	100%	1.00	0.50
Parte media	55%	46%	56%	42%	46%	49%	0.49	0.25
Parte alta	23%	24%	28%	23%	22%	28%	0.25	0.25

Según los límites hidrológicos de la cuenca (3200 ha), hay alrededor de 135 manantiales que tienen agua durante todo el año, si bien su caudal se reduce considerablemente en los meses secos de julio y agosto a sólo unos pocos litros por segundo. Estos pequeños manantiales forman arroyos que alimentan el río Cabuyal.

Antes de que se construyeran los sistemas de agua potable, el agua subterránea era una importante fuente de abastecimiento de agua. Casi todas las familias tenían sus propios pozos para usos domésticos. Ahora la mayoría de los habitantes tienen acceso al agua entubada y la importancia del agua subterránea como fuente de agua en las fincas ha disminuido notablemente: restan en la cuenca unos 65 pozos, cuya profundidad varía entre 15 y 25 metros. La mayoría de los pozos se usan para obtener agua para beber sólo cuando se quedan sin agua los sistemas de agua potable. Para más detalles sobre las características hidrológicas, véanse los Cuadros 2.6 y 2.7.

2.4 Descripción del modelo de computador AWBM

El Programa AWBM de Balance Hídrico en la Cuenca fue desarrollado por el Centro de Investigación Cooperativa (CRC) para la Hidrología de las Cuencas, de la Universidad Monash, Australia. Se usó la última versión disponible (versión 2.0, enero de 1996).¹⁴ El programa vincula el escurrimiento con la precipitación usando datos de la precipitación diaria, el escurrimiento diario y la evaporación mensual. El modelo emplea tres almacenamientos superficiales para simular áreas parciales de escurrimiento.¹⁵ Se determina el balance hídrico de cada almacenamiento superficial en forma independiente de los demás. El modelo calcula el balance de humedad de cada área parcial con intervalos horarios diarios. En cada intervalo, se agrega la precipitación a cada uno de los 3 almacenamientos de humedad superficial y se resta la evapotranspiración de cada almacenamiento. La ecuación del balance hídrico es:

$$\text{almacenamiento}_{(t+1)} = \text{almacenamiento}_t + \text{lluvia} - \text{evaporación} \quad (\text{con } t = 1 \text{ a } 3)$$

Si el valor de la humedad en el almacenamiento se convierte en negativo, se vuelve a poner en cero. Si el valor de la humedad en el almacenamiento supera la capacidad de éste, la humedad excedente se convierte en escurrimiento y el almacenamiento vuelve a su capacidad. Cuando se produce escurrimiento de cualquier almacenamiento, parte del escurrimiento se convierte en recarga del flujo básico. La fracción del escurrimiento usada para recargar el almacenamiento del caudal base equivale al escurrimiento multiplicado por el índice del caudal base (BFI), es decir, la razón entre el caudal base y el caudal total en el caudal de la corriente.

El resto del escurrimiento es escurrimiento superficial. El almacenamiento del caudal base se agota según una tasa de $(1 - K) * BS$, donde BS es la humedad actual en el almacenamiento del caudal base y K es la constante de recesión del caudal base.

¹⁴ <http://civil-www.eng.monash.edu.au/crcch/awbm/awbm.htm>.

¹⁵ Boughton 1988 y 1990, Bates et al 1998.

Cuadro 2.6 Información hidrológica . Subcuenca del Río Cabuyal

Zona	VEREDA	Ríos	Nacimientos dentro de la cuenca	Nacimientos totales*	pequeñas quebradas	Pozos profundas	Prof.	lagos naturales
alta	1 El Oriente	2	19	21	21	1	18	0
(1700-	2 Buenavista	3	13	20	22	3	18	0
2200	3 El Cidral	2	7	7	7	0		0
m.a.s.l)	4 Los Quingos	2	4	10	12	0		1
	subtotal		43	58		4		1
media	5 La Laguna	2	6	21	22	0		1
	6 Santa Barbara	3	2	5	2	0		0
(1500-	7 El Porvenir	2	3	6	8	1	?	0
1700	8 Ventanas	2	9	22	22	18	12-18	0
m.a.s.l)	9 Crucero - Pescador	1	2	7	7	0		0
	10 Panamericana	3	12	18	18	1	15	0
	11 La Campiña	2	6	14	15	0		0
	12 Potrerillo	2	11	11	12	3	15-28	0
	subtotal		51	104		23		1
baja	13 Palermo	1	9	21	21	3	18-20	0
	14 Cabuyal	2	7	15	15	14	12-25	2
(1500-	15 La Llanada	2	11	11	11	8	18-27	0
1175	16 El Socorro	2	12	23	24	5	18-23	0
m.a.s.l)	17 La Isla	2	2	5	8	1	15-18	0
	subtotal		41	75		31		2
fuera	18 Caimito		0	26	27	3	18	0
de la	19 La Esperanza	1	0	9	10	1		0
cuenca	20 Primavera		0	15	15	2	18-24	0
hidrológica	21 El Rosario	1	0	10	10	0		0
	subtotal		0	60	62	6		0

total			135	297	62	64		4
--------------	--	--	------------	------------	-----------	-----------	--	----------

* Nacimientos totales en la cuenca de acuerdo a límites administrativos (7400 ha)

Cuadro 2.7 Balance Hídrico de la Cuenca del Cabuyal

Año	precipitación en mm	caudal en mm	precipitación - caudal en mm
1994	1888	782	1106
1995	1760	663	1097

	1994	%	1995	%
precipitación	1888	100	1760	100
evapotrans.	1106	59	1097	62
flujo de base	602	32	511	29
escorr. directa	180	10	152	9

El índice del caudal base y la constante de recesión del caudal base son determinados gráficamente por el programa (Figuras 2.6 y 2.7). Las áreas parciales y las correspondientes capacidades de almacenamiento son estimadas por el programa y perfeccionadas mediante un proceso de ensayo y error. En el Cuadro 2.8 se presentan los mejores resultados para la cuenca del río Ovejas.

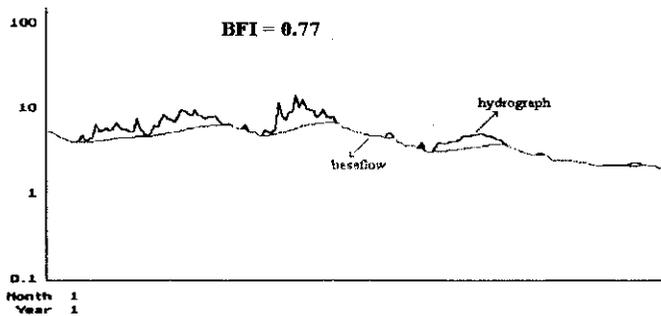


Figura 2.6 Programa AWBM de Balance Hídrico. Determinación del Índice de Caudal Base; BFI

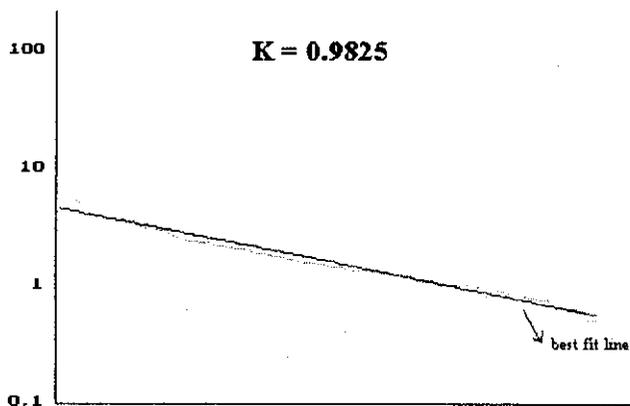


Figura 2.7 Programa AWBM de Balance Hídrico. Determinación de la constante de recesión del caudal base, K

La Figura 2.8 muestra la comparación entre los caudales simulados y los reales en el río Ovejas. La R cuadrado total es de 0.75. El programa tiende a sobrestimar los caudales bajos y subestimar los máximos durante los años húmedos (1974 y 1975), mientras que durante el año más seco (1989) el programa sobrestimó los caudales máximos. Si bien el programa es menos preciso al predecir los caudales máximos, en general los caudales mínimos son simulados en forma satisfactoria. Para el propósito de este estudio (es decir, evaluar el potencial de riego), los caudales mínimos son mucho más importantes que los máximos.

Cuadro 2.8

Cuadro 2.8 : Modelo de simulación de caudales AWBM: caudal Río Ovejas actual y estimado
en mm por mes

	1974		1975		1976		1977		1978		1979		1980		1981		1982		1984		1985		1987	
	mado	actual	est-mado	actual	mado	actual																		
Ene	26	166	100	102	137	144	38	48	85	91	104	71	87	75	26	56	158	157	172	115	181	158	80	58
Feb	124	215	151	146	129	133	25	35	46	43	74	51	111	125	74	56	135	117	164	105	105	94	63	39
Mar	165	249	123	151	128	117	39	38	60	43	143	108	85	102	102	69	186	167	160	97	119	72	82	42
Abr	142	130	122	97	120	127	87	63	96	71	145	87	74	64	116	89	198	153	150	112	112	89	78	46
May	136	121	150	112	111	107	92	93	94	81	142	119	84	64	160	140	176	152	190	184	114	111	106	77
Jun	102	69	105	68	71	63	65	57	67	52	112	116	49	48	109	93	117	91	135	110	81	78	63	44
Jul	87	51	128	89	54	39	46	42	48	43	80	50	37	37	100	65	89	53	119	69	58	48	48	35
Ago	62	37	86	54	40	27	33	31	35	38	70	48	27	30	66	44	65	37	89	47	43	40	35	28
Sep	59	38	77	46	28	19	24	29	25	31	83	67	20	30	47	33	48	33	95	51	31	35	25	28
Oct	111	80	98	86	27	60	37	51	20	33	106	94	18	43	48	39	86	55	162	95	54	62	82	94
Nov	168	153	159	181	59	76	83	77	50	43	129	129	38	39	123	82	121	72	157	153	90	116	90	107
Dic	122	121	201	263	64	76	62	51	134	83	88	85	39	58	106	89	128	95	136	123	74	94	81	112
Total	1302	1430	1500	1395	969	988	631	615	760	652	1276	1025	669	715	1076	855	1508	1182	1728	1261	1060	997	834	710
R-sqr	0.81		0.84		0.89		0.83		0.81		0.66		0.81		0.79		0.93		0.68		0.77		0.50	

R-sqr 0.75

Areas Parc	A1	40 mm	0.047
	A2	220 mm	0.897
	A3	600 mm	0.056
Ind. Caudal			0.77
Const de R			0.99

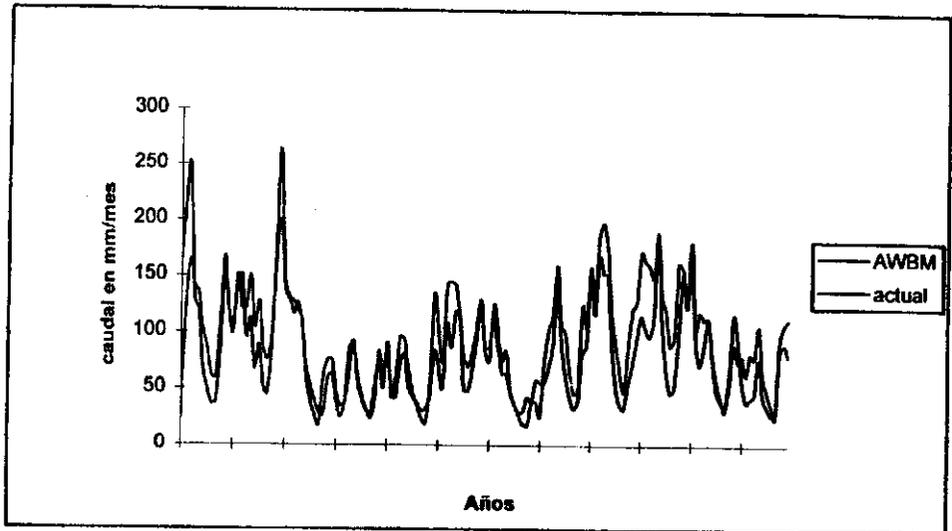


Figura 2.8 Comparación del caudal real y el simulado. Río Ovejas, AWBM

2.5 Caudales simulados en el río Cabuyal

Los valores calculados como parámetros para la cuenca más grande (es decir, el índice del caudal base, la constante de recesión del caudal base, las áreas parciales y sus correspondientes capacidades de almacenamiento) fueron aplicados a la subcuenca del río Cabuyal.

En noviembre de 1993, algunos habitantes de la cuenca comenzaron a registrar datos diarios del clima con el apoyo técnico del programa para las laderas del CIAT. Como se dijo, el Cuadro 2.5 presenta una síntesis de los datos registrados en dos estaciones climatológicas locales. Se usaron estos datos diarios para simular el caudal del río Cabuyal (se pueden ver los resultados en el Cuadro 2.9). La Figura 2.9 muestra la comparación entre el caudal simulado y el real del río. El caudal simulado coincide bien con los valores medidos.

El caudal simulado mensual medio en esos dos años fue de alrededor de 760 l/s, con un mínimo de 260 l/s en septiembre. El caudal simulado máximo llega a 1420 l/s. Sin embargo, como el programa tiende a subestimar los caudales máximos, en realidad el caudal máximo podría ser más elevado.

Cuadro 2.9 Modelo de simulación de caudales AWBM. Caudal simulado del Río Cabuyal

		Ventanas*		Medida	
		Mm/mes	l/s	date	l/s
1994	Ene	115	1420		
1994	Feb	57	704		
1994	Mar	102	1259		
1994	Abr	109	1346	29-Abr	1361
1994	May	96	1185		
1994	Jun	66	815		
1994	Jul	50	617		
1994	Ago	37	457		
1994	Sep	24	296	13-Sep	285
1994	Oct	21	259		
1994	Nov	43	531		
1994	Dic	62	765		
Total		782			
1995	Ene	64	790		
1995	Feb	37	457		
1995	Mar	35	432	3-Mar	531
1995	Abr	104	1284	30-Mar	1210
1995	May	77	951		
1995	Jun	63	778		
1995	Jul	55	679		
1995	Ago	40	494	9-Ago	524
1995	Sep	29	358		
1995	Oct	37	457	19-Oct	558
1995	Nov	55	679		
1995	Dic	67	827		
Total		663			
1996	Ene	75	926		
1996	Feb	74	914		
1996	Mar	116	1432		
1996	Abr	91	1123		
1996	May	89	1099		
1996	Jun	60	741		
1996	Jul	45	556		
1996	Ago	33	407		
1996	Sep	23	284	23-Sep	272

* Estacion Jose Domingo, 1650 m.s.n.l.

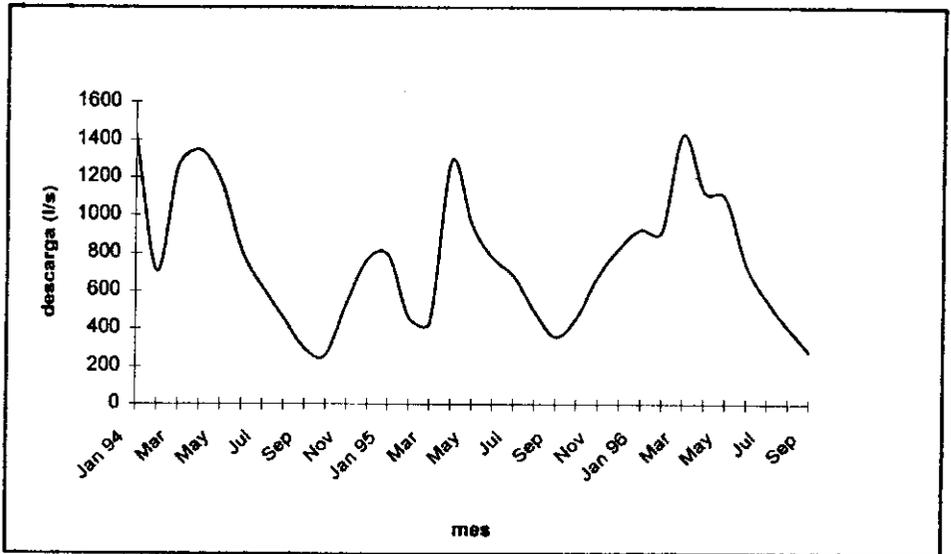


Figura 2.9 Comparación del caudal real y simulado. Río Cabuyal, AWBM modelo

2.6 Conclusiones

2.6.1 Aplicabilidad del modelo en computadora usado

El modelo AWBM analiza una representación hidrográfica de los datos totales sobre el caudal del río y calcula una separación del flujo básico para distinguir entre dos mecanismos que contribuyen al caudal: el flujo bajo la superficie y el escurrimiento superficial directo. Usa los datos existentes para calibrar el modelo conforme a las circunstancias reales. Los parámetros derivados de esta manera pueden ser usados para cuencas con características similares. El programa puede ser considerado un modelo de "semicaja negra", ya que no aborda explícitamente las interacciones entre la vegetación, las características del suelo, el contenido de agua en el suelo y el flujo bajo la superficie.

Los principios usados por el programa AWBM, es decir el análisis hidrográfico y la separación del flujo básico, dieron resultados muy promisorios. En Colombia, los datos diarios del caudal de la mayoría de los ríos principales son registrados por organismos gubernamentales como la CVC y el IDEAM¹⁶ y, por consiguiente, existen series prolongadas

¹⁶ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

de datos sobre los caudales. Además, el IDEAM ha elaborado mapas que indica "los límites de las principales cuencas en Colombia". Se dispone de datos de la precipitación diaria en un período más prolongado correspondientes a muchos sitios dentro de cada una de estas cuencas. En términos de la disponibilidad de datos, el método que usa la representación hidrográfica del río principal para estimar las cantidades de agua en sus tributarios es viable en la mayoría de las zonas de Colombia. Considerando los resultados positivos obtenidos en el caso de la cuenca del río Cabuyal, valdría la pena ensayar esta metodología en otras cuencas en laderas¹⁷ de Colombia.

2.6.2 Disponibilidad de agua en la subcuenca

El programa AWBM estima un caudal mínimo de 260 l/s, que se produce en septiembre. Por desgracia, sólo se dispone de datos sobre la precipitación diaria en la cuenca del río Cabuyal para un período de tres años. Por consiguiente, no se pudo realizar una simulación del caudal para un período más largo y representativo.

Usando el programa AEGIS+, Knapp et al. (1995) simularon los efectos del desarrollo del riego en la cuenca del Cabuyal sobre el caudal del río. Su conclusión fue que, por cada 100 ha de tierra regadas habría una reducción del 10% en el caudal del río. Por desgracia, no se cuantificaron el caudal del río ni las necesidades de riego. Tomando un caudal mensual mínimo de 260 l/s (en el punto más bajo, donde el Cabuyal se une al Ovejas) simulado por el programa AWBM, la demanda de riego sería de 0.26 l/s/ha. Este valor coincide bien con la demanda máxima de 0.28 l/s para el tomate, calculada con el CROPWAT (véanse el capítulo 3 y el cuadro 3.3).

Combinando los resultados de este estudio y los del estudio de Knapp, se puede concluir que un caudal mínimo de 260 l/s en el río Cabuyal durante los meses secos (agosto-septiembre) parece una estimación realista.

En el capítulo siguiente se hará una estimación de qué parte del agua disponible se usa realmente y para qué propósitos, seguida de una evaluación del potencial de aumento del uso del agua.

¹⁷ El programa no tiene en cuenta las pérdidas por percolación profunda y podría entonces ser menos adecuado para áreas llanas, donde el agua subterránea profunda desempeña una función importante en el balance hídrico.

Capítulo 3 UTILIZACIÓN REAL DEL AGUA

3.1 Introducción

En este capítulo se hará una descripción de los distintos grupos de usuarios del agua en la cuenca según cada tipo de uso del agua (es decir, doméstico, agrícola e industrial). Se efectúa una estimación de las cantidades reales de agua utilizadas en cada tipo de uso. El capítulo concluye con una evaluación de los conflictos por el agua existentes dentro de los grupos de usuarios y entre los distintos grupos. La información empleada en este capítulo se derivó de tres cuestionarios aplicados entre los habitantes de la cuenca. Se completó la información con un ejercicio participativo de mapeo, en el cual se pidió a los líderes de las comunidades de cada vereda que indicaran las fuentes del agua y su uso en fotografías aéreas con una escala de 1:35000.

3.2 El agua para propósitos domésticos

En el ámbito definido por los límites administrativos, nueve sistemas rurales de agua potable abastecen el agua para propósitos domésticos a unos 4500 beneficiarios. Más del 84% del total de la población tiene acceso al agua potable distribuida por tuberías. Las personas sin acceso a los sistemas de agua potable, principalmente en las veredas más bajas, tienen sus propias tuberías que traen agua de los manantiales, extraen a mano el agua de los arroyos o usan pozos particulares.

El sistema más grande proporciona agua al 45% de las familias que viven en 11 de las 22 veredas. Tiene una capacidad nominal de 15 l/s, pero, a causa de problemas técnicos, sólo extrae 10 l/s de su fuente, el río Cabuyal. Fue construida con el apoyo de una organización privada para los productores de café (Comité de Cafeteros).

Otros sistemas son más pequeños, con capacidades estimadas que varían entre 1 y 5 l/s. La mayoría de ellos fueron construidos por los mismos beneficiarios. Las fuentes de estos sistemas son arroyos. En ninguno de los sistemas se trata el agua. Si bien esto podría entrañar posibles riesgos para la salud, no hubo pruebas de que la calidad del agua de uso doméstico tuviera efectos negativos en la salud de la comunidad.

Cada sistema tiene su comité organizador (Junta de acueducto) constituido por 4-6 representantes del grupo beneficiario. Este comité es responsable del manejo del sistema, es decir, las reparaciones menores de mantenimiento y el cobro de las tarifas del agua. Éstas varían entre 1.50 dólares y 0.40 dólares al mes. El dinero cobrado basta para las reparaciones menores, pero, en caso de que se produzcan daños mayores, los beneficiarios están obligados a buscar asistencia externa ya que las tarifas por el agua son demasiado bajas para mantener un fondo de capital. La mayoría de los comités organizadores tienen normas y disposiciones que establecen, por ejemplo, que el agua potable no debe ser usada para propósitos agrícolas. Sin embargo, las multas reglamentarias en caso de "uso indebido" del

agua rara vez se imponen, a pesar de que muchos agricultores usan los sistemas para regar sus parcelas. (En 1998, 1US\$= pesos Col. 1650).

Los problemas señalados por los comités organizadores se refieren a la falta de mantenimiento que provoca fugas en las tuberías, la mala calidad y los diámetros pequeños de éstas y la escasez de agua durante la temporada seca. La escasez de agua es causada principalmente por el hecho de que los agricultores usan el agua para el riego (véase el párrafo 3.4). En los Cuadros 3.1 y 3.2 se presentan más detalles de los sistemas de agua potable.

3.3 El agua para propósitos agrícolas

Los agricultores de la cuenca señalaron que, sin riego, no producirían cultivos anuales durante los meses secos de julio, agosto y septiembre ya que consideran demasiado alto el riesgo de sequía.

En 1961, el INAT construyó un sistema de riego en pequeña escala que beneficia a 18 familias en la vereda de Cidral, en la parte superior de la cuenca. En este momento el sistema se usa exclusivamente para propósitos domésticos ya que las familias beneficiarias no tienen acceso a un sistema de abastecimiento de agua potable. Además, el caudal en la fuente (un arroyo que se origina en la vereda) se reduce considerablemente durante la temporada seca, a sólo 3 l/s. Esta cantidad es insuficiente para proporcionar agua para usos domésticos y agrícolas. El INAT planea rehabilitar el sistema y ofrecer capacitación sobre el manejo de la irrigación a los beneficiarios. Sin embargo, en vista de la limitada disponibilidad de agua en la fuente es dudoso que el sistema alguna vez sea usado para el riego.

Los agricultores en la cuenca han desarrollado sus propios sistemas individuales para satisfacer sus necesidades de riego. Se estima que unos 320 agricultores (el 20% de todas las familias) practican algún tipo de riego. De ellos, 280 usan los sistemas de agua potable como fuente, mientras que los 40 restantes extraen agua de arroyos. En general, se usa el riego para el tomate, pero también se riegan en menor escala los cultivos de frijoles, alverja (chícharos), cebolla, papaya, papa y zarzamora.

Se pueden distinguir tres métodos de riego: utilizar los sistemas de agua potable, usar bombas con motor y extraer agua por gravedad de los arroyos. A continuación se describe cada uno de los métodos.

Cuadro 3.1

Cuadro 3.1: Información general de los acueductos- subcuenca río Cabuyal

No.	Nombre	Nombre veredas beneficiadas	No. Familias beneficiadas	Personas beneficiadas	Tarifa (\$/mes)	Fuente	Capacidad (lt/seg)
1	Laguna - Pescador*	Gaimito Cruero/Pescador El Porvenir El Socorro La Campaña La Laguna La Llanada Los Quijigos Palermo Pescador Potrerillo	612	2341	1600 1000 1500 1500 1000 1500 1500 1500 1500 1500	Río Cabuyal	15
2	Cantzales (Usenda)	Buenavista Cabuyal La Isla panamericana	186	748	400 500 500 500	Río Cantzal	5
3	Santa Barbara - Ventanas	Santa Barbara Ventanas	127	516	500 500	Río Guaycoche	2
4	El Cedral*	El Cedral	70	351	200	Quebrada La Colorada	2
5	El Oriente	El Oriente	14	32	0	Varios zanjones	1
6	El Rosario	El Rosario	90	305	200		2
7	La Esperanza	La Esperanza	30	124	0		1
8	Primavera	Primavera	25	92	0		1
9	Santa Barbara*	Santa Barbara	22	81	200	Quebrada La Colorada	1

* Se fuente de consumo esta localizada dentro de la cuenca hidrologica.

Cuadro 3.2 Acceso a los acueductos por vereda-subcuenca Río Cabuyal

Zona	Nombre Vereda	Poblacion total	Poblacion Beneficiada	Poblacion beneficiada (%)
Alta (1700 - 2200 msnm)	El Oriente	48	32	67
	Buenavista	210	201	96
	El Cidral	351	351	100
	Los Quingos	435	335	77
	La Esperanza	158	124	78
	Primavera	92	92	100
	El Rosario	400	305	76
Subtotal		1694	1440	85
Media (1500 - 1700 msnm)	La Laguna	412	288	70
	Santa Barbara	325	221	68
	El Porvenir	223	223	100
	Ventanas	295	295	100
	Crucero/Pescador	258	236	91
	Panamericana	199	195	98
	La Campiña	174	163	94
	Potrerillo	268	230	86
Pescador	225	225	100	
Subtotal		2379	2076	87
Baja (1175 - 1500 msnm)	Palermo	191	58	30
	Cabuyal	248	248	100
	La Llanada	186	62	33
	El Socorro	369	369	100
	La Isla	104	104	100
	Caimito	186	120	65
Subtotal		1284	961	75
TOTAL		5357	4477	84

3.3.1 Utilización de los sistemas de agua potable

En la mayoría de los casos se toma el agua directamente de la llave usando mangueras y se riegan a mano los cultivos. En algunos casos, los agricultores han construido pequeños tanques de almacenamiento (5 m^3) de los cuales se toma en forma manual el agua o se alimentan los aspersores. Cuatro personas señalaron que toman el agua de la llave con cubos.

La superficie regada por persona es pequeña, en promedio de 3000 m^2 . Los costos de inversión por "sistema" son bajos: la longitud media de la tubería necesaria es de 170 metros (17 dólares). Si se construye un tanque de almacenamiento, los costos de inversión se elevan a 247 dólares. Ninguno de los agricultores que usan este tipo de riego paga tarifas adicionales por encima de las normales para el agua potable, a pesar de que usan mucha más agua de la que utilizarían exclusivamente para uso doméstico.

Como ya se mencionó, conforme a las normas y disposiciones para los sistemas de agua potable, no está permitido el uso para riego.

3.3.2 Utilización de bombas con motor

Un número creciente de agricultores están comprando bombas con motor para extraer agua de alguno de los numerosos manantiales/arroyos existentes en la cuenca. Unos cuantos rentan sus bombas a otros que necesitan regar pero no pueden comprar una bomba propia. La mayoría de estos agricultores aplican el agua directamente con aspersores o a mano. Otros construyen tanques de almacenamiento (10 m^3) desde los cuales el agua fluye por gravedad hacia los campos que se riegan. Según el caudal mínimo en la fuente, puede ser necesaria una estructura sencilla para elevar el nivel del agua y/o almacenarla. Estas pequeñas presas de contención están construidas con madera o piedras.

La superficie media regada de esta manera es de 4500 m^2 por persona; la superficie máxima informada fue de 2 ha. El alto costo de la bomba con motor vuelve relativamente caro este tipo de riego. La bomba de motor cuesta alrededor de 1500 dólares según su capacidad. Los costos adicionales, como las tuberías y los tanques de almacenamiento, elevan la inversión total a 2100 dólares por sistema. Se estiman los costos de operación en 180 dólares por temporada de riego, sin considerar la depreciación. Quienes rentan bombas pagan 20 dólares por riego, aproximadamente 200 dólares por temporada.

Para muchos agricultores, los altos costos de inversión constituyen un serio obstáculo para adoptar este método. En la Figura 3.1 se muestra un esquema de un sistema de este tipo.

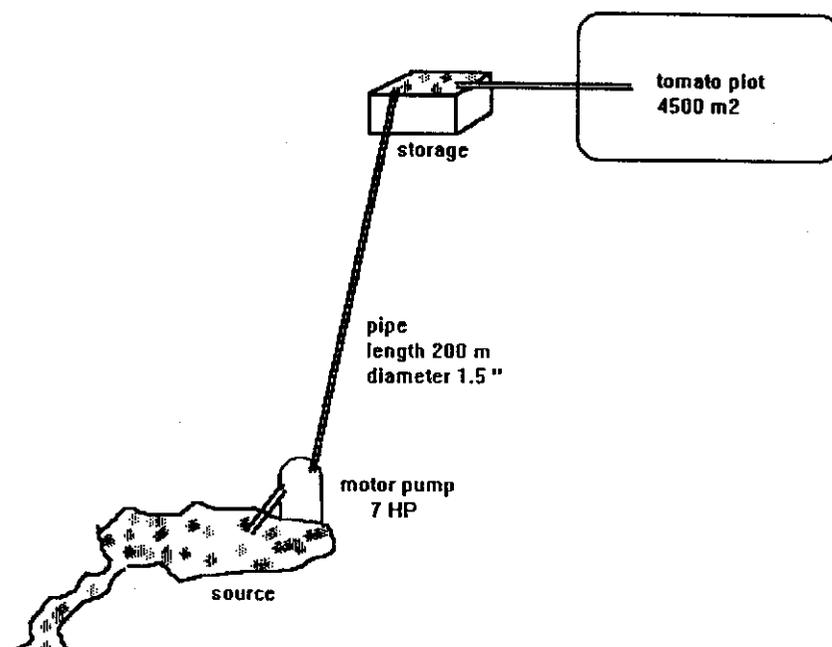


Figura 3.1 Técnica local de riego usando bomba

3.3.3. Riego por gravedad

Siete personas de las entrevistadas aprovechan la posición topográfica de su parcela con respecto a la fuente de agua (arroyos), que les permite conducir el agua gracias a la gravedad. Por lo general se requiere un tanque de almacenamiento (5 m³) a nivel del suelo desde el cual se toma el agua en forma manual, se riega por gravedad o usando aspersores. En promedio, se riega de esta manera una superficie de 1400 m² por persona.

Los agricultores emplean en promedio 700 metros de tubería, que representan una inversión de 70 dólares. Los costos adicionales (tanque de almacenamiento y costos de construcción) elevan el promedio de la inversión a 370 dólares por sistema.

La posición de la mayoría de las fuentes de agua es demasiado baja para permitir el flujo por gravedad hacia parcelas en potencia irrigables y, en la mayoría de los casos, se necesitarán tuberías muy largas o bombas con motor. Evidentemente, cuando es posible, este método resulta más barato y más conveniente (requiere menos mantenimiento) que las bombas con motor. En la Figura 3.2 se muestra un diagrama de un sistema de este tipo.

3.4 Uso industrial

La importancia de las actividades industriales en la cuenca es limitada ya que la fuente de ingreso es la agricultura. Las pequeñas actividades industriales, que se concentran principalmente en la zona media, incluyen: plantas de procesamiento de yuca (4), plantas procesadoras de leche y queso (2), una panadería y una gasolinera. Además, en 17 lugares se procesa bimestralmente un total de 5900 pollos. La mayoría de las empresas toman el agua del sistema principal de abastecimiento de agua potable, excepto por las plantas procesadoras de yuca, que toman el agua de arroyos cercanos. Ninguna de las empresas paga tarifas superiores a las básicas cobradas por el agua potable, cualquiera que sea la cantidad adicional de agua usada para su actividad industrial.

Si bien el uso industrial actual del agua es insignificante, tal vez no lo sean los efectos sobre la calidad del agua. No obstante, este problema está fuera del ámbito de este estudio.¹⁸

¹⁸ Actualmente, el estudiante de postgrado C. Mathuriau está realizando un estudio sobre la calidad del agua en la cuenca del río Cabuyal, en colaboración con la Universidad del Valle en Cali, Colombia. En el párrafo 3.7 se presentan algunos resultados preliminares.

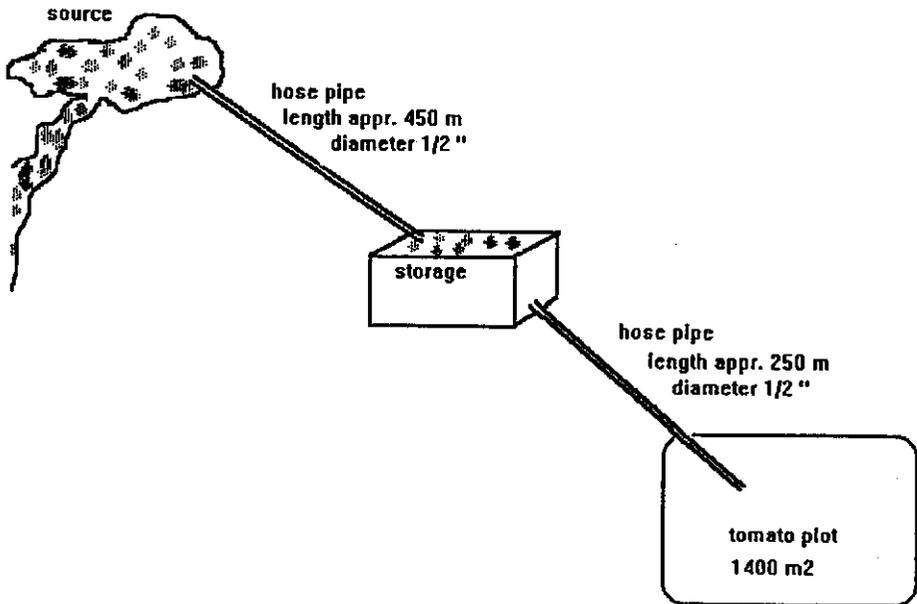


Figura 3.2 Técnica local de riego aprovechando la gravedad

3.5 Cuantificación del uso del agua

3.5.1 Uso doméstico

En la época del estudio (1996), vivían unos 5360 habitantes dentro de los límites administrativos que circundan la cuenca. Se estima que una persona en una zona rural consume 120 litros de agua al día para propósitos domésticos.¹⁹ Usando esta estimación se obtiene un consumo de 643 m³ diarios en la cuenca. Si se consideran los animales domésticos, se estima que se requieren otros 17 m³, lo cual nos da un total de 660 m³ diarios para usos domésticos.

Por desgracia, no se sabe cuántas personas viven en la cuenca definida según sus límites hidrológicos. Sin embargo, las fuentes usadas por tres de los nueve sistemas de agua potable están dentro de los límites hidrológicos (Cuadro 3.1). La cantidad de beneficiarios de estos

✓¹⁹ R. M. Ramírez 1992.

Uso del Agua en la Cuenca de Río Cabuyal, Colombia

sistemas es de 2773 personas, que, en conjunto, se estima que consumen 350 m^3 de agua al día.

3.5.2 Uso agrícola

Los agricultores entrevistados en relación con sus sistemas de riego, en general no tenían idea de la cantidad de agua que usaban para sus cultivos. La mayoría de ellos señalan que aplican el riego después de un período de ocho días sin lluvia. Otros comienzan a regar cuando los cultivos empiezan a mostrar síntomas de agostamiento. Ninguno mide la cantidad de agua realmente usada para el riego. En consecuencia, se usó el CROPWAT para estimar la necesidad de riego del cultivo principal (el tomate). Las demandas netas de riego en julio-septiembre llegan a 1.17 mm diarios; con una eficiencia supuesta del 70%, serán 1.67 mm al día (para más detalles, véase el Cuadro 3.3).

La superficie regada con los distintos sistemas de agua potable es de 84 ha. Todas las tomas de estos sistemas están dentro de la cuenca hidrológica. La necesidad de riego para esta superficie es de 1403 m^3 diarios durante los meses secos.

La superficie regada con agua de los arroyos es de 18 ha, que requieren 301 m^3 de agua al día. Por consiguiente, se estima que el uso total de agua para propósitos agrícolas es de 1704 m^3 diarios durante los meses secos.

3.5.3 Uso industrial

En términos de las cantidades de agua consumidas, la industria no cumple una función importante en la zona del estudio; se estima que diariamente son consumidos 102 m^3 de agua al día por las actividades industriales en pequeña escala.

3.5.4 Consumo total

Se estima que el caudal mínimo del río Cabuyal es de 260 l/s , o $22,464 \text{ m}^3$ al día. La cantidad total de agua usada en la cuenca es de 2156 m^3 diarios.

En consecuencia, se usa en realidad el 9.6% de la cantidad total de agua disponible en la cuenca, y de esa cantidad usada el 79% corresponde a la agricultura, el 16% a propósitos domésticos y el 5% a actividades industriales (véanse las Figuras 3.3 y 3.4).

**Cuadro 3.3 Requerimiento de agua para tomate(CROPWAT),
Subcuenca Del Cabuyal**

Mes	decada	coeff K_c	ETcrop mm/dia	Eff. Rain mm/dia *	IRReq. (mm/dia)
May	2	0.70	2.01	2.70	0.00
May	3	0.70	2.05	4.29	0.00
Jun	1	0.70	2.09	2.98	0.00
Jun	2	0.76	2.30	1.77	0.54
Jun	3	0.87	2.72	1.63	1.09
Jul	1	0.99	3.15	1.50	1.65
Jul	2	1.07	3.51	1.37	2.15
Jul	3	1.10	3.66	1.40	2.26
Ago	1	1.10	3.70	1.37	2.34
Ago	2	1.10	3.75	1.37	2.38
Ago	3	1.05	3.48	1.92	1.56
Sep	1	0.90	2.90	2.21	0.68
Sep	2	0.70	2.18	2.63	0.00
TOTAL			365.0	271.3	146.4

* 80 % lluvia probable

por estacion (125 dias) :	146.4 mm
por dia :	1.17 mm
con 70 % eficiencia:	1.67 mm

pico de demanda: 2.38 mm/day	0.28 l/s/ha
con 70 % eficiencia:	0.39 l/s/ha

Uso del Agua en la Cuenca de Río Cabuyal, Colombia

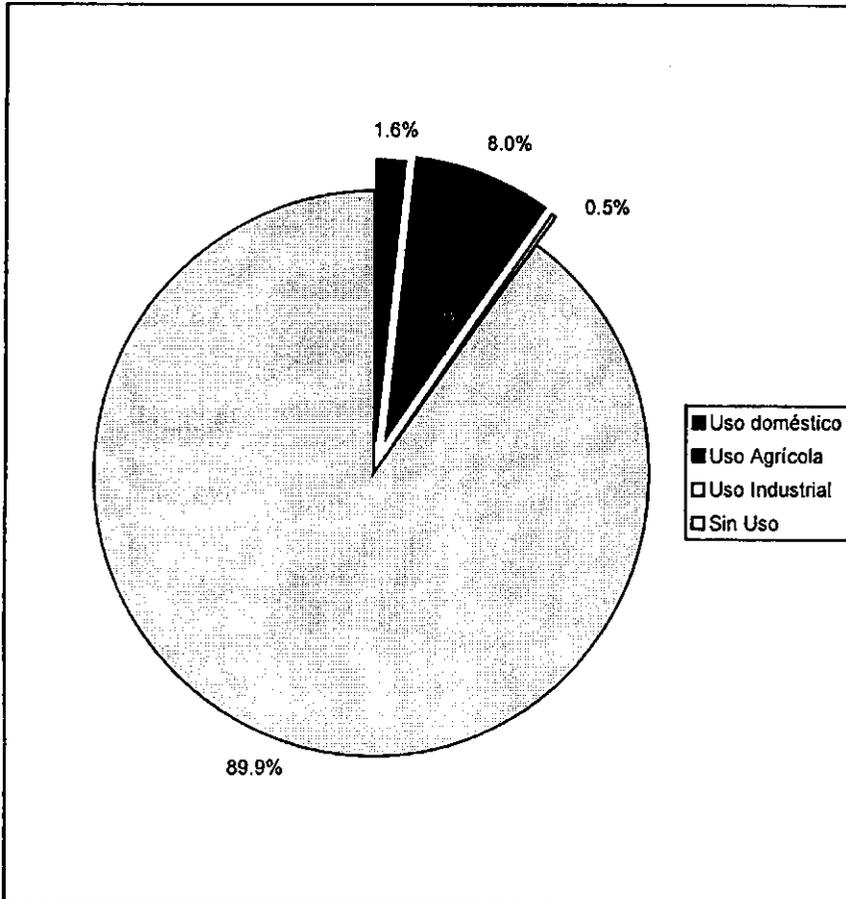


Figura 3.3 Porcentaje de agua utilizada

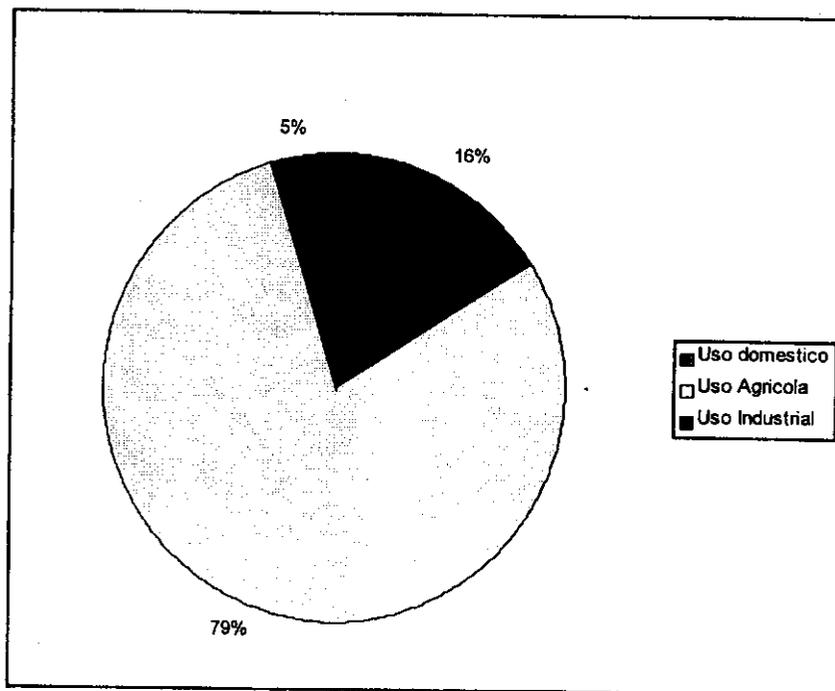


Figura 3.4 Uso actual del agua utilizada

3.6 Conflictos por el agua dentro de los grupos de beneficiarios que usan el mismo sistema

Si bien los ingenieros en general consideran las instalaciones para riego y la de los sistemas de agua potable como unidades separadas con distintos parámetros de diseño en términos de cantidad y calidad, los habitantes de la cuenca no parecen hacer esas distinciones: el agua del único sistema de riego se usa exclusivamente para propósitos domésticos, mientras que el agua de los sistemas de abastecimiento de agua potable se usa ampliamente para el riego. Esta práctica crea conflictos en los sistemas de agua potable ya que éstos no fueron diseñados para propósitos agrícolas.²⁰

Los habitantes aguas abajo que se benefician con el sistema más grande de agua potable, el cual abastece al 45% de la población total de la cuenca, sufren escasez de agua durante los meses secos y acusan a los habitantes de las zonas medias de usar cantidades excesivas de

²⁰ Se estima que, para regar 1 ha, se necesitan 16,700 litros diarios, mientras que para usos domésticos bastan 150 litros al día.

agua para regar sus parcelas de tomates. Para resolver estos problemas, agricultores y personas que trabajan juntos en una organización de la cuenca llamada CIPASLA han sugerido una serie de soluciones.

3.6.1 Medidores del agua

Hay una discusión entre los beneficiarios acerca de la conveniencia de introducir medidores del agua. De este modo, a las personas que usan una gran cantidad de agua (por ejemplo, quienes usan el agua para riego²¹) se les cobrará por la cantidad de agua que utilizan. Sin embargo, es dudoso que esto resuelva el problema de la escasez de aguas abajo. Según las normas y disposiciones actuales no está permitido usar el agua potable para propósitos agrícolas. Al cobrar por unidad de agua consumida, se "legaliza" el uso del agua potable para propósitos agrícolas y, de ese modo, quienes lo hacen pueden tomar tanta agua como estén dispuestos a pagar.²² Las personas que ahora se abstienen de regar sus parcelas con agua potable porque está prohibido, tendrán la oportunidad de hacerlo. Hasta que no se eleve considerablemente la tarifa por m³ de agua, los agricultores que riegan con agua potable señalan que están dispuestos a pagar porque el cultivo del tomate es una actividad rentable. Todo esto podría afectar en forma negativa a los consumidores más pobres.

Además, medir, facturar y administrar cantidades de agua es una tarea laboriosa y compleja, y todavía lo es más efectuar los cobros. En este momento, el comité organizador del sistema no está preparado para esa labor. Las experiencias en otros países indican que los medidores de agua son fácilmente manipulados o evitados en un entorno rural. En vista de lo anterior, se prevé que los medidores de agua no resolverán los problemas de escasez de agua.

3.6.2 Reforestación aguas arriba

Los agricultores de la zona media señalan que los problemas de escasez de agua son causados por la deforestación aguas arriba. Por consiguiente, el CIPASLA comenzó a movilizar el apoyo para la reforestación y el establecimiento de una zona amortiguadora a lo largo de los cursos fluviales.²³

Sin embargo, no hay pruebas de que sea válido el argumento de la deforestación. La influencia de la deforestación aguas arriba sobre las cantidades de agua en el curso de los ríos aguas abajo está lejos de ser clara. Una revisión de 94 experimentos de captación para determinar el efecto de la vegetación sobre la producción de agua, reveló que ésta tiende a aumentar y no a disminuir con la deforestación.²⁴ Otros argumentan que los pastizales son

²¹ El uso industrial es insignificante.

²² Los medidores de agua como instrumentos para detectar el "uso indebido" del agua son poco eficaces, puesto que ya se sabe muy bien en la cuenca quiénes están usando el agua potable para propósitos agrícolas.

✓²³ Ravnborg y Ashby 1996.

✓²⁴ Bosch y Hewlett 1982.

más eficaces que el bosque para aumentar el flujo básico y, por consiguiente, los caudales mínimos en la temporada seca.²⁵ Hamilton (1987)²⁶ previene contra las grandes expectativas de que la reforestación de las cuencas aumentará considerablemente la disponibilidad del agua. En la estación seca, la reforestación puede incluso reducir el agua en las fuentes a causa de la evapotranspiración. Pocos negarán los efectos benéficos de la reforestación y la protección de las fuentes de agua, pero es erróneo suponer que estas actividades incrementarán la cantidad de agua.

El factor determinante de la disponibilidad de agua parece ser la limitada capacidad del sistema en combinación con la utilización excesiva. Aun durante los meses secos, se dispone de un caudal mínimo de 25 l/s en la fuente, mientras que el sistema sólo puede extraer 15 l/s.

En consecuencia, se debe buscar la solución de los problemas de escasez de agua convenciendo a los agricultores de la zona media a reducir su utilización excesiva, o mejorando el sistema mismo (véase el párrafo 4.2).

3.7 Conflictos por el agua entre los distintos sistemas de abastecimiento de agua potable

A pesar de que varios sistemas comparten la misma fuente y operan en forma independiente unos de otros, no se manifiestan conflictos por el agua entre los sistemas de agua potable.

No está claro cómo se arreglan las cuestiones vinculadas con los derechos de agua o las concesiones; la práctica predominante es que la persona que desea usar agua de una fuente sencillamente la toma; sólo uno de los nueve sistemas registró su solicitud de agua ante la Autoridad de la Cuenca (CRC), a pesar de que la ley del agua en Colombia establece que cada entidad que extrae agua debe pedir autorización y registrar su solicitud. Es posible que los comités de agua potable no estén conscientes de la utilidad del registro o simplemente no estén dispuestos a pagar la tarifa por la concesión. La falta de registro del uso de agua por los sistemas de abastecimiento de agua potable entraña un grave riesgo de futuros conflictos por el agua, ya que es probable que aumenten las presiones por los recursos hídricos naturales.

3.8 La calidad del agua²⁷

Se tomaron muestras para determinar la calidad del agua en cinco sitios diferentes en el río Cabuyal durante la temporada de lluvias (Cuadro 3.4). En el Cuadro 3.5 y las Figuras 3.5, 3.6 y 3.7 se presentan los resultados de los análisis químicos de las muestras. Todavía continúa el estudio de la calidad del agua y, por lo tanto, no se pueden sacar conclusiones definitivas. Aun así, se harán algunas observaciones preliminares basadas en esas muestras.

✓²⁵ Ponce y Lindquist, y capítulo 5 (recomendaciones).

✓²⁶ Hamilton y Pearce (1987) y Hamilton (1985).

²⁷ Este párrafo se basa en algunos resultados preliminares del estudio en marcha sobre la calidad del agua realizado por C. Mathuriau en colaboración con la Universidad del Valle en Cali.

Cuadro 3.4 Ubicación de las muestras por calidad del agua

	Nombre de la Estación	Altitud (metros sobre nivel del mar)
1	Toma del agua potable	1880
2	Primer puente	1660
3	La selva	1550
4	Carretera Panamericana	1500
5	Ingenio azucarero	1290

El agua en el tramo superior del río Cabuyal es de buena calidad y apta para el consumo humano. No obstante, hay que señalar que la toma del sistema de agua potable no está protegida y no se aplica ningún tratamiento al agua. La falta de protección y tratamiento plantea un riesgo de contaminación ya que las personas y el ganado pueden entrar libremente aguas arriba de las tomas.

El muestreo no detectó efectos negativos sobre la calidad del agua causados por las plantas de procesamiento de yuca. Sin embargo, las muestras fueron tomadas durante la temporada de lluvias (noviembre), cuando había un caudal máximo y los consiguientes efectos de dilución. Podrían ser diferentes los resultados en la temporada seca, cuando el caudal es bajo y la contaminación está menos diluida. Esto se sabrá en una etapa posterior de la investigación.

Las cantidades de residuos del suelo en suspensión gradualmente aumentan aguas abajo. Estos resultados preliminares son insuficientes para llegar a una conclusión acerca de la función de la erosión del suelo provocada por diversos factores.

Cuadro 3.5 Análisis químico de la calidad del agua en las muestras

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
Temperatura (°C)	16.3	19.2	18.7	19	20.5
Turbidez (UTN)	5	16	22	23	66.9
pH (unidades)	6.61	6.96	6.9	6.94	7.05
Residuo total (mg/l)	33	60	63	75	120
Residuo no filtrable (mg/l)	4	16	11	12	42
Residuo filtrable (mg/l)	29	44	52	63	78
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /l)	11.9	16.6	17.6	19.4	20.5
Dureza total (mg CaCO ₃ /l)	12	16	13	18	16
DBO5-20°C (mg O ₂ /l)	0.62	1.4	1.5	0.7	0.75
Conductividad (mmhos/cm)	21.2	28.7	28.6	23	28.2
Cianhidricos (mg CN/l)	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Fosfatos (mg P-PO ₄ ³⁻ /l)	0.022	0.022	0.051	0.022	0.073
Nitratos (mg N-NO ₃ /l)	0.0714	0.052	0.106	0.111	0.166
Nitritos (mg N-NO ₂ /l)	0.0016	0.0027	0.0063	0.0088	0.016
Ammonia (mg N-NH ₃ /l)	0	0.2	0.25	0.3	0.7
Oxigeno disuelto (mg O ₂ /l)	9.7	9.6	9.1	9.7	9.6
Saturación en O ₂ (%)	94	97	94	100	103
Coliformes totales (por 100 ml agua)	330	3500	1100	8000	8000
Coliformes fecales (por 100 ml agua)	<2	<2	<2	<2	<2

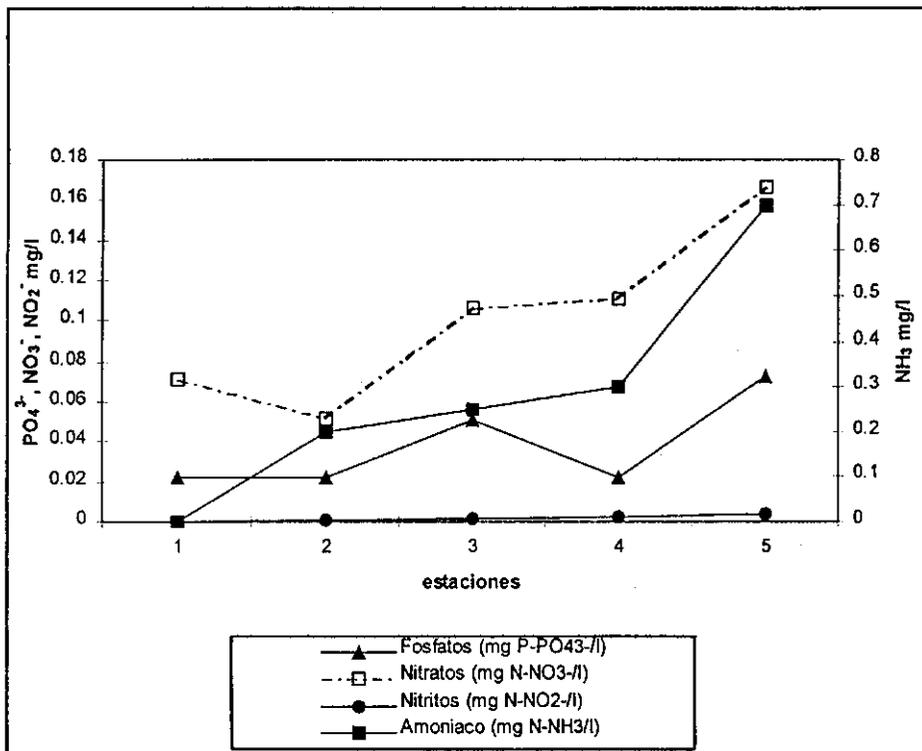


Figura3.5 Evolución del amoniaco, de los nitratos y fosfatos entre las estaciones

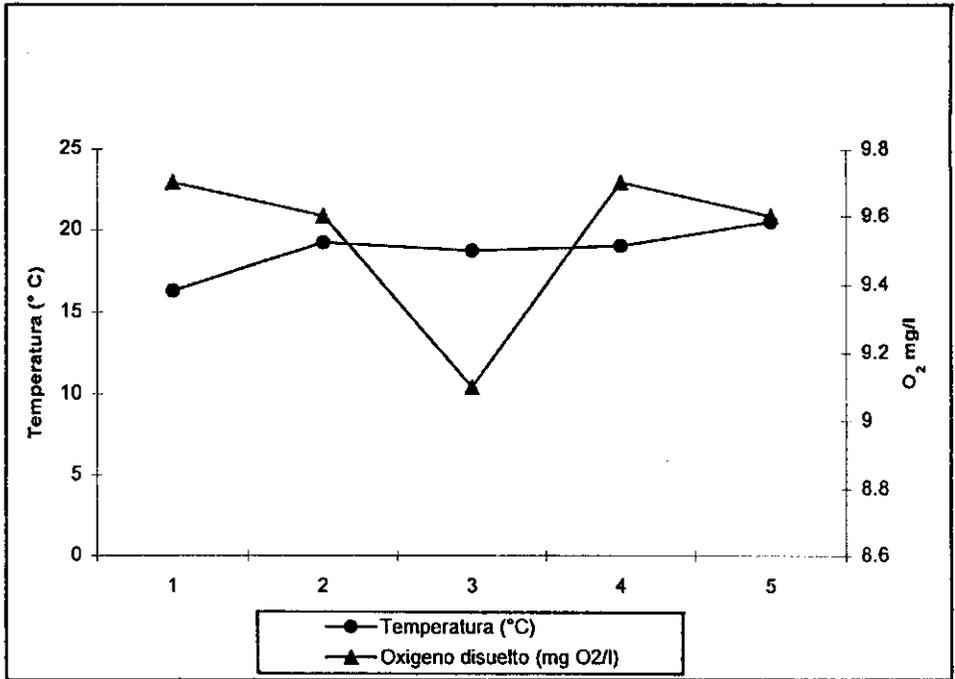


Figura 3.6 Evolución de la temperatura y del oxígeno disuelto entre las estaciones

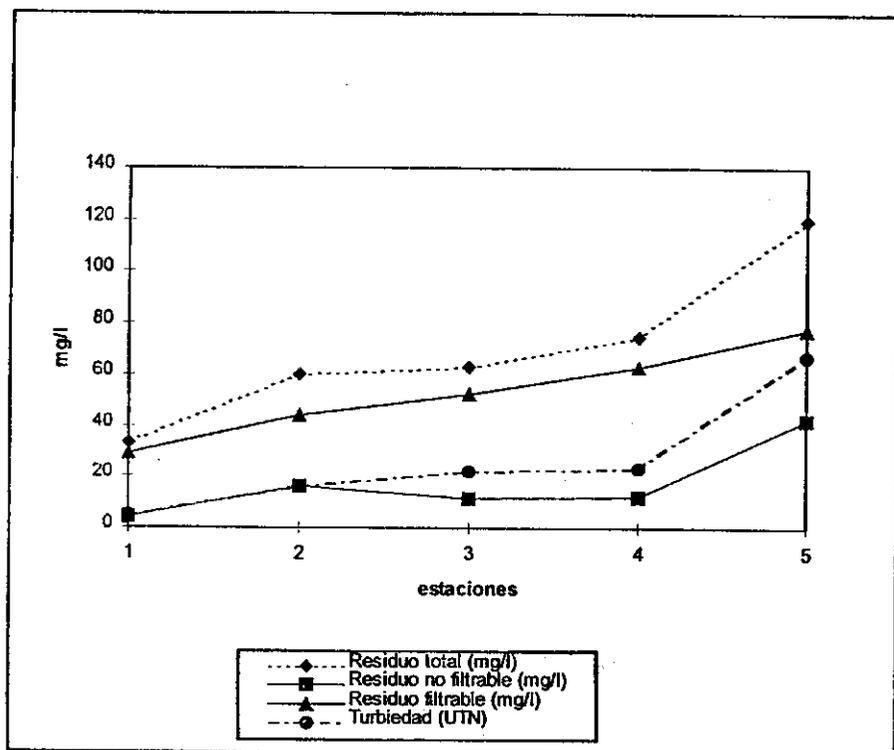


Figura 3.7 Evolución de los residuos en suspensión y de la turbiedad entre las estaciones

3.9 Conclusiones

Se estima que sólo el 10% del total del agua disponible es realmente consumida para usos domésticos y agrícolas y, en menor medida, para actividades industriales. Si bien hay que destacar que es conveniente aprovechar toda el agua disponible, todavía hay amplias posibilidades para aumentar la eficiencia en la utilización del agua.

El uso del agua para propósitos agrícolas está creciendo a medida que los agricultores aprovechan las oportunidades de obtener beneficios económicos. Se usan bombas con motor y la gravedad para extraer agua de los numerosos manantiales o arroyos de la zona.

Los conflictos por el agua existentes se producen principalmente dentro de los distintos grupos de usuarios del agua que emplean el mismo sistema de agua potable. Los usuarios aguas abajo sufren escasez de agua durante los meses secos y acusan a los agricultores situados aguas arriba de usar el agua potable para riego. Las capacidades de los sistemas no fueron diseñadas para las demandas de la agricultura, que son muy superiores a las del uso doméstico.

En la actualidad no se han comunicado conflictos por el agua entre los distintos sistemas de abastecimiento de agua potable. No obstante, la falta de registro de las solicitudes de agua por parte de los sistemas de agua potable entraña el riesgo de futuros conflictos por el agua.

Capítulo 4 USO REAL Y POTENCIAL DEL AGUA

4.1 Introducción

Hipotéticamente, se estima que el agua disponible durante los meses secos (julio a septiembre) en toda la cuenca equivale a 260 l/s (22,464 m³ diarios), de los cuales 2156 m³ diarios se usan realmente para propósitos domésticos, agrícolas e industriales. Sólo el 10% del agua disponible en la cuenca se consume en la actualidad. Por consiguiente, en teoría se dispone de 235 l/s durante la estación seca para el desarrollo socioeconómico. No obstante, esta cifra debe ser analizada en forma crítica. No toda el agua captada por la cuenca puede ser usada. El agua de los manantiales situados en las partes bajas es de poca utilidad para las partes altas. Las mediciones del caudal efectuadas por la CVC en tres puntos en el río Cabuyal revelan que el 25% del agua se origina en el tramo superior, 25% en el medio y 50% en el inferior. En consecuencia, el 50% del agua disponible tiene poca o ninguna utilidad para los habitantes de la zona media y la inferior.

Además, desde el punto de vista ambiental no es conveniente extraer toda el agua del río, aun cuando esto fuera posible.

A pesar de estas reservas, el estudio pone en claro que todavía hay amplias posibilidades de desarrollo rural mediante la explotación racional del agua por el sector agrícola.

En este capítulo se examinará la posibilidad de un mayor uso del agua y un mejor acceso a ésta, sus problemas y las soluciones propuestas en cada sector (es decir, el del agua potable y el del riego). Como las actividades industriales desempeñan una función poco importante en términos del uso del agua y no se espera que esto se modifique en un futuro cercano, no se tiene en cuenta la industria en este análisis.

4.2 El agua potable

4.2.1 Cambios previstos en el uso del agua

El principal aumento del uso del agua para propósitos domésticos será causado por el crecimiento demográfico. En Colombia, el crecimiento anual de la población es de 1.7% (1994). Suponiendo que se mantenga este crecimiento en los próximos 10 años, la población en la cuenca definida por sus límites administrativos aumentará de 5400 a aproximadamente 6400 habitantes. Como resultado, el agua consumida para propósitos domésticos podría incrementarse de 660 a 785 m³ por día para los habitantes que viven dentro de los límites administrativos; sencillamente, no se toma esa cantidad de la cuenca hidrológica.

La población que toma agua de fuentes dentro de la cuenca hidrológica podría crecer de 2773 a 3285 personas. No se espera que la cantidad de agua usada por persona se incremente notablemente en un entorno rural como la cuenca del río Cabuyal. En términos conservadores, se podría suponer un aumento de 120 a 150 litros por persona por día. En

consecuencia, se puede suponer un aumento proyectado de 120 a 150 litros diarios por persona. Por consiguiente, el uso proyectado del agua para propósitos domésticos se elevará de 350 a 500 m³ al día, considerando sólo a los habitantes que viven en la cuenca definida según sus límites hidrológicos.

4.2.2 Un mejor acceso al agua potable

En la actualidad, alrededor del 84% de los habitantes reciben agua para usos domésticos de nueve sistemas de agua potable. Las personas sin acceso a esos sistemas, principalmente en las veredas más bajas, tienen sus propias tuberías para extraer agua de manantiales, acceso al agua de los arroyos o pozos particulares. Actualmente se está construyendo un nuevo sistema de agua potable que beneficiará a los habitantes de las dos veredas inferiores.²⁸ El sistema mejorará el acceso al agua distribuida por tuberías en una zona donde es relativamente escaso este acceso.

Los sistemas locales de agua potable, principalmente en la zona más alta, sufren escasez de agua debido a las fugas en las tuberías, el deficiente mantenimiento de las tomas y la capacidad limitada de las tuberías principales y los embalses. Pequeñas inversiones en estos sistemas mejorarán notablemente su desempeño y asegurarán un abastecimiento confiable de agua a los beneficiarios pertenecientes al sector más pobre de la población. Además, mejorar el desempeño de los sistemas locales permitiría aumentar el número de beneficiarios por sistema. Los miembros de los comités organizadores de cinco de los seis sistemas locales proponen aumentar las tarifas del agua para solventar las mejoras técnicas. Sin embargo, tal vez sea necesario algún apoyo técnico y financiero externo.

El principal problema en los tres sistemas más grandes de agua potable es la escasez de agua durante la temporada seca para los usuarios situados aguas abajo. Esta escasez es provocada por los usuarios que están aguas arriba y utilizan el agua potable para propósitos agrícolas (párrafo 3.6). En el sistema más grande, que abastece a casi la mitad de la población de la cuenca, el agua desviada por el sistema es suficiente para satisfacer las necesidades domésticas de todos los beneficiarios. Aun teniendo en cuenta el crecimiento demográfico en los próximos 10 años (de 2400 a 2840 habitantes), el agua en el sistema bastará para satisfacer las necesidades domésticas de sus beneficiarios. Sin embargo, como en la actualidad se estima que durante los meses secos se riegan con agua del sistema 64 ha, el agua llega sólo a la mitad de los beneficiarios.

Hay posibilidades de mejorar el desempeño del sistema: la capacidad nominal es de 15 l/s y se midió un caudal de sólo 10 l/s. La falta de un mantenimiento adecuado provoca fugas en las tuberías y ciertos tramos deben ser reemplazados. Además, el mejoramiento del diseño de la toma y su limpieza regular incrementarán la cantidad de agua que ingresa en el sistema. Otra posibilidad sería aumentar la capacidad nominal para permitir que ingrese en el sistema toda el agua disponible en la fuente durante los meses secos, es decir, 25 l/s.

²⁸ Comunicación personal, Comité de Cafeteros, 1996.

Uso del Agua en la Cuenca de Río Cabuyal, Colombia

El cuadro 4.1 que se presenta sintetiza el uso potencial del agua en el sistema Laguna-Pescador conforme a las opciones antes mencionadas.

El cuadro revela que actualmente el desempeño del sistema de agua potable es insuficiente para proporcionar agua para propósitos domésticos y agrícolas. Aun con un mejor desempeño, el agua no bastará para las necesidades domésticas proyectadas y el riego en los niveles actuales, es decir, 64 ha. Sólo si se incrementa la capacidad para extraer toda el agua disponible en la fuente podrá el sistema ser usado para propósitos domésticos y agrícolas sin causar escasez aguas abajo. Esto requiere una mayor inversión en tuberías y presas de almacenamiento de mayor capacidad. Es cuestionable que las hectáreas adicionales bajo riego justifiquen esa inversión.

En consecuencia, con vistas a resolver los problemas de escasez de agua en los sistemas más grandes de abastecimiento de agua potable, se deben tomar medidas orientadas a desalentar el uso del agua para propósitos agrícolas y asegurar un abastecimiento confiable de agua para uso doméstico para los usuarios situados aguas abajo.

Cuadro 4.1 Potencial del sistema de acueducto “La laguna Pescador”, período crítico: Julio-Agosto

		caudal in l/s	m ³ por día	domestico *	riego **
actual	rendimiento actual	10	864	154 m ³	710 m ³ ***
	con el actual area irrigada			1025 benef.	64 ha ***
opcion 1	rendimiento actual	10	864	360 m ³	504 m ³
	priorizando el uso domestico			2400 benef.	30 ha
opcion 2	haciendo util su completa capacidad de diseno	15	1296	360 m ³	936 m ³
				2400 benef.	56 ha
opcion 3	usando toda el agua disponible en la fuente	25	2160	360 m ³	1800 m ³
				2400 benef.	105 ha

* 2400 beneficiarios @ 150 litros por día, sin tomar en cuenta el crecimiento de la poblacion

**riego necesario segun CROPWAT con 70 % eficiencia = 16.7 m³ por ha por día

*** segun reporte de los beneficiarios: 64 ha es actualmente irrigada, cantidad de agua usada 11.1 m³ por ha

4.2.3 Conflictos previstos por el uso del agua

Si bien varios sistemas de agua potable comparten la misma fuente y operan en forma independiente unos de otros, no se han manifestado conflictos por el agua entre esos sistemas. Por lo tanto, no se esperan futuros conflictos por el agua entre los sistemas de agua potable. De todos modos, es recomendable que los comités organizadores de los sistemas locales registren su solicitud de agua ante la institución gubernamental autorizada, según lo establece la ley del agua en Colombia, para evitar problemas futuros.

4.3 Uso agrícola

4.3.1 Potencial de riego

Hay necesidad de riego durante dos o tres meses en el año. En los meses restantes, la precipitación en general es suficiente para los cultivos de la zona producidos con tecnologías locales.

En términos de la disponibilidad de agua, parece que hay amplias oportunidades de desarrollo de la irrigación. Dando prioridad a los propósitos domésticos (proyectados en 500 m³ diarios para la población de la cuenca en el 2007) y teniendo en cuenta la cantidad de agua realmente usada para riego y propósitos industriales (1806 m³/día), se estima que se dispone hipotéticamente de 20,158 m³ diarios (o 230 l/s) para la expansión de la irrigación; hay que recordar que aproximadamente 58 l/s (el 25%) se originan en el tramo medio y 115 l/s (el 50%) en la zona inferior.

El CIAT²⁹ elaboró un estudio para identificar las áreas en la cuenca que en potencia puede ser regada. Se consideraron aptas para el riego las parcelas de más de 1 ha y con pendientes de menos del 7%. Alrededor de 785 hectáreas en la cuenca se ajustan a estos criterios; de ellas, 380 están en la zona más baja y 205 en la zona media.

Dadas estas estimaciones de la tierra apta para riego y la disponibilidad del agua, se puede concluir que el factor limitante en un sistema potencial de desarrollo de la irrigación será la disponibilidad de agua, más que la idoneidad de la tierra. En la zona más alta sólo se dispone de 10 l/s (el sistema de agua potable toma 15 de los 25 l/s), que permiten el riego de 35 hectáreas.³⁰ Si los agricultores de la parte más alta deciden usar esta agua, quedan 48 l/s para los agricultores de la parte media, suficientes para regar 170 ha. Los restantes 66 l/s permiten regar 235 ha en la zona más baja.

Hay que señalar que el potencial real de riego será más bajo ya que es imposible e inconveniente extraer toda el agua del río.

²⁹ Knapp y Rubiano, CIAT 1995. Ver también Urbano et al 1996.

³⁰ Las demandas máximas llegan a 0.28 l/s/ha (CROPWAT).

4.3.2 Métodos de riego

Hay más de 100 manantiales u arroyos esparcidos en la cuenca hidrológica, la mayoría de ellos todavía no explotados. No obstante, durante la estación seca los caudales se reducen considerablemente, a unos cuantos litros por segundo. En algunas fuentes, los caudales son demasiado pequeños para proporcionar agua a un sistema de riego de varias hectáreas, sin construir instalaciones grandes de almacenamiento. Esto se vio claramente en el caso del proyecto de riego de Cidral, donde los beneficiarios utilizan el agua exclusivamente para propósitos domésticos porque durante el período seco el caudal es demasiado bajo (3 l/s).

Sin embargo, algunas fuentes pueden ser explotadas para riego en pequeña escala como lo demuestran las iniciativas adoptadas por agricultores individuales. Un número creciente de agricultores ha invertido en bombas con motor, tuberías y embalses para regar sus parcelas. Se estima que actualmente hay 40 bombas con motor en uso para riego, de las cuales algunas son rentadas a varios agricultores. Estas iniciativas locales, descritas en el capítulo 3, constituyen ejemplos que pueden ser seguidos para un mayor desarrollo de la irrigación en la cuenca. Las ventajas de estos pequeños “sistemas” individuales son su flexibilidad e idoneidad para las ubicaciones dispersas de las parcelas irrigables. No obstante, para muchos pequeños agricultores los altos costos de inversión en una bomba con motor representarán un serio obstáculo. Es preciso investigar la viabilidad económica y social de compartir las bombas con motor entre varios usuarios. Las organizaciones para el desarrollo que trabajan en la zona podrían estar interesadas en dar apoyo en forma de préstamos o subsidios a los grupos de agricultores que compartan bombas con motor.

En algunos casos, la ubicación de la fuente del agua permite el riego por gravedad. El río Cabuyal puede ser aprovechado para un sistema comunal de riego, pero es preciso tener en cuenta algunos puntos. En primer lugar, si bien los agricultores declararon que estarían interesados, no tienen experiencia en operar y manejar sistemas comunales de riego. Las experiencias con los sistemas más grandes de agua potable compartidos por varias veredas muestran que en la actualidad los agricultores no están preparados para esas tareas. Sería necesaria la capacitación en la operación y el manejo del riego. En segundo lugar, debido a la topografía montañosa las parcelas irrigables están dispersas y se requerirían tuberías extensas para llegar a cada parcela individual. Por último, el río está en una posición más baja con respecto a la superficie que se regará, lo cual exigirá instalar una larga tubería conductora desde la toma a la parcela más alta. Por ejemplo, si se construye la toma en el tramo medio del río para regar tierras en la zona más baja, se necesitarán 5 km de tubería desde la toma a la parcela más alta. Éstos son costos iniciales de inversión altos para un sistema que sólo se usará para el riego complementario durante dos o tres meses al año. Es preciso efectuar un estudio detallado para evaluar la viabilidad organizacional y económica de un sistema comunal de riego.

4.3.2 Futuros conflictos por el agua

La disponibilidad de agua es el factor limitante en el desarrollo de la irrigación en la cuenca.

Un aumento de la superficie regada podría llevar a conflictos si los agricultores no arreglan sus solicitudes de agua. La práctica actual es que cualquier persona que quiere usar agua de una fuente, directamente la toma. La práctica entraña un potencial de futuros conflictos por el agua.

Hasta el momento no se han comunicado conflictos de intereses por el uso de los manantiales/arroyos, pero es probable que esto cambie si más agricultores deciden explotar estas fuentes para el riego. Como expresó un agricultor entrevistado, "Si tres bombas con motor extraen el agua al mismo tiempo, este arroyo se secará". La Ley del Agua en Colombia establece que una persona es propietaria de una fuente si ésta se origina y termina dentro de su propiedad. Esto no es aplicable en la cuenca del río Cabuyal ya que ninguna de las fuentes cabe en esta definición.

El manejo del agua debe ser llevado para su discusión a nivel de la cuenca por una organización de las comunidades, por ejemplo el CIPASLA, antes de desarrollar más la irrigación. De todos modos, hay que tener cuidado de dar prioridad al agua para propósitos domésticos y a no extraer agua de sitios ubicados aguas arriba de las tomas existentes de agua potable sin evaluar los efectos.

4.4 Efectos colaterales del aumento del uso del agua

Se pidió a la CVC que elaborara planes para desviar agua del río Ovejas al embalse Salvajina con el fin de abastecer una planta hidroeléctrica. Como el río Cabuyal es un tributario del Ovejas, un mayor uso del agua en la zona del estudio influirá directamente en la cantidad que se puede desviar.

Si aproximadamente cada 100 hectáreas adicionales de tierra regada producen una reducción estimada de 28 l/s en el caudal del río, el desarrollo del riego de 600 hectáreas consumirá más de la mitad del agua disponible en el río Cabuyal durante los meses críticos.

No obstante, un análisis del caudal mensual medio del río Ovejas 10 km aguas abajo de la confluencia del río Cabuyal³¹ revela que el caudal medio en los meses críticos (julio y agosto) llega a 10.8 m³/s. En consecuencia, aun en el improbable caso de que los habitantes de la cuenca del Cabuyal usaran toda el agua de este río, el efecto en la cantidad de agua que se desviará para la planta hidroeléctrica equivaldrá a un poco significativo 2.5%.

4.5 Conclusiones

La capacidad de los sistemas más grandes de agua potable es insuficiente para satisfacer simultáneamente las necesidades domésticas y de riego. Aumentar la capacidad requiere una inversión importante. Es dudoso que los beneficios esperados, es decir, agua adicional para propósitos agrícolas, justifiquen esa inversión. Por consiguiente, con el fin de resolver la

³¹ Estación Los Cambulos, datos disponibles para 1981-1995, CVC.

Uso del Agua en la Cuenca de Río Cabuyal, Colombia

escasez de agua para los usuarios situados aguas abajo es preciso desalentar enérgicamente el empleo de agua potable con propósitos agrícolas.

Los sistemas locales de agua potable sufren problemas técnicos. Es probable que pequeñas inversiones en esos sistemas mejoren su desempeño y aseguren un abastecimiento confiable de agua para los usuarios que pertenecen a los sectores más pobres de la población.

Sin embargo, hay amplias oportunidades de incrementar el uso del agua para propósitos agrícola. Si bien no existe ningún sistema oficial de riego, los agricultores están creando sus propios métodos individuales de riego. Estas iniciativas pueden ser usadas como ejemplos para un mayor desarrollo de la irrigación. En vista de la disponibilidad de agua, parece factible un sistema de riego comunal que extraiga agua del río Cabuyal. No obstante, es preciso realizar un estudio detallado para determinar la viabilidad económica. Como los agricultores no tienen experiencia en manejar sistemas de riego, será esencial la capacitación en el manejo.

Hasta el momento no se han comunicado conflictos por el agua entre los usuarios de distintas fuentes de agua. Un incremento del uso del agua podría originar conflictos ya que ninguno de los grupos de usuarios ha registrado su solicitud de agua con la autoridad de la cuenca, como lo establece la ley del agua en Colombia.

Un aumento del uso del agua dentro de la cuenca tendría un efecto insignificante sobre las cantidades de agua en el río principal, el Ovejas.

Capítulo 5 RECOMENDACIONES

La necesidad de este estudio se manifestó durante las reuniones en las que los agricultores expresaron su deseo de contar con instalaciones de riego. Nuestra investigación, en la cual se comparó el uso real del agua con la cantidad total disponible en la subcuenca, muestra con claridad que, en términos de la disponibilidad de agua, es posible una explotación racional de los recursos hídricos sin efectos negativos para los usuarios situados aguas abajo.

Con vistas a mejorar la eficiencia y sustentabilidad del uso de los recursos hídricos en la subcuenca del río Cabuyal, se formulan las recomendaciones siguientes:

- **Dar prioridad al uso del agua para propósitos domésticos**

Los beneficiarios situados aguas abajo en los principales sistemas de agua potable sufren escasez de agua durante los meses secos. Esto es causado por la limitada capacidad de los sistemas, en combinación con el uso no autorizado del agua para riego en el tramo medio. El aumento de la capacidad de suministro requiere una inversión importante, que no es justificada por los beneficios adicionales esperados. En consecuencia, se debe prohibir el uso del sistema de agua potable para la agricultura según lo establecido en las normas y disposiciones de los sistemas.

- **Fortalecer a los comités organizadores de los sistemas de agua potable**

Los problemas de escasez de agua para los usuarios situados aguas abajo se pueden resolver en gran medida si los comités organizadores tienen poder suficiente para imponer su propia norma de que está prohibido el uso del agua potable para la agricultura.

La mayoría de los sistemas sufren fugas causadas por la falta de mantenimiento. Con las tarifas cobradas por el agua se pueden solventar reparaciones menores. La cuestión de incrementar las tarifas del agua con el fin de realizar mejoras importantes en los sistemas también debe ser discutida con los beneficiarios.

- **Mejorar los sistemas locales de agua potable**

Pequeñas inversiones en los sistemas locales de agua potable, como reemplazar tuberías y la construcción de embalses de almacenamiento, mejorarán notablemente el desempeño de los sistemas. Esto aumentará el acceso al agua entubada, en especial en las partes más altas de la subcuenca, donde son relativamente bajos los caudales. Puede ser necesario cierto apoyo financiero externo.

- **Registrar las solicitudes de agua ante la autoridad de la cuenca**

Sólo uno de los nueve sistemas de agua potable registró su solicitud de agua ante la autoridad de la cuenca. Si bien hasta ahora no se han comunicado conflictos por el agua entre usuarios individuales y los sistemas de agua potable, esta situación podría cambiar a medida que

aumenten las presiones en las fuentes del agua. Tal vez los comités organizadores se muestren renuentes a registrar su solicitud porque las autoridades de la cuenca cobran una tarifa por las concesiones de agua. Sin embargo, la falta de registro entraña un riesgo de futuros conflictos por el agua. Este problema debe ser examinado con los comités organizadores. El CIPASLA podría asumir el liderazgo en este sentido.

- **Basarse en la experiencia de los agricultores en el desarrollo del riego**

Los agricultores de la zona crean sus propios métodos individuales para regar sus parcelas. Unos 40 agricultores usan bombas con motor para extraer agua de numerosos arroyos en la subcuenca. Estos métodos son relativamente baratos, flexibles y bien adaptados a la ubicación dispersa de las parcelas irrigables. Además, los agricultores ya tienen experiencia con estas técnicas locales de riego. Para el pequeño agricultor individual, la inversión en una bomba con motor podría ser un obstáculo. En consecuencia, es preciso investigar con más detalles la posibilidad de obtener créditos colectivos y del uso compartido de las bombas con motor por un pequeño grupo de beneficiarios.

En vista de la disponibilidad de agua, es factible un sistema comunal de riego que extraiga agua del río Cabuyal. No obstante, los agricultores no tienen experiencia en el manejo de sistemas comunales y sería esencial la capacitación en el manejo del agua. Además, resta ver si el sistema será económicamente viable³² ya que en la cuenca sólo se necesita riego dos o tres meses al año.

- **Proteger los recursos hídricos**

El CIPASLA tomó la iniciativa de movilizar a los habitantes para proteger los recursos hídricos mediante cercas y la plantación de árboles en el área que rodea los manantiales y los arroyos. Estas actividades deben ser apoyadas ya que un gran número de manantiales todavía no están protegidos. Se debe dedicar especial atención a las fuentes usadas por los sistemas de agua potable. Las fuentes no protegidas entrañan un riesgo de contaminación ya que el ganado puede ingresar libremente aguas arriba de las tomas de los sistemas de agua potable.

³² En la actualidad, los costos medios de inversión en Colombia son de 7000 dólares por hectárea en los sistemas nuevos.

BIBLIOGRAFIA

- BATES, C.B. and DAVIES, P.K. 1988. Effect of baseflow separation procedures on surface runoff models. *In: Journal of Hydrology*, 103 (1998) pp. 309-322. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, The Netherlands.
- BOSCH, J.M. and HEWLETT, J.D. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *In: Journal of Hydrology*, 55 (1982) pp.3-23. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, The Netherlands.
- BOUGHTON, W.C. 1998. Evaluating partial areas of watershed runoff. *In: Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 13, No. 3, August 1987. pp.356-366. ASCE.
- BOUGHTON, W.C. 1990. Systematic procedure for evaluating partial areas of watershed runoff. *In: Journal of Hydrology and Drainage Engineering*, Vol. 116, No. 1, Feb. 1990. pp. 83-98. ASCE.
- CIAT, 1995. Hillside Program Annual Report 1994 - 1995. Cali, Colombia.
- HAMILTON, L.S. 1985. Overcoming myths about soil and water impacts of tropical forest and land uses. *In: Soil Erosion and Conservation*. El-Swaify et al. (Ed.), SCSA.
- HAMILTON, L.S. and PEARCE, A.J. 1987. What are the soil and water benefits of planting trees in developing country watersheds? Third World Eds. Westview Press.
- HARVEY A., et al. 1993. Hydrology and site survey. *In: Microhydro Design Manual*. IT Publications, Intermediate Technology Development Group (ITDG), UK. pp.27-42
- HIMAT. 1983. Metodología de priorización de la zonificación de Colombia. Oficina de Planeación - Sección Identificación de Proyectos. Bogotá, Colombia.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. 1979. Estudio General de suelos de la parte alta de las cuencas de los ríos Piendamó, Cajibío y Ovejas (Departamento del Cauca). Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Bogotá, D.E. 302 p.
- KNAPP, E.B., RUBIANO, J.E. and WHITE, J.W. 1995. Análisis de impacto ex-ante empleando la simulación como herramienta para priorizar el uso de las tierras agrícolas de la comunidad a nivel de cuenca hidrológica. CIAT. Cali, Colombia.
- MOLDAN, B. and CERNY, J. 1994. Biogeochemistry of Small Catchments: A Tool for Environmental Research. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) John Wiley and Sons Ltd. England. 420 p

Uso del Agua en la Cuenca de Río Cabuyal, Colombia

PETERS, N. E. 1994. Hydrologic Processes. In: *Biogeochemistry of Small Catchments: a Tool for Environmental Research*. Edited by B. Moldan and J. Cerny. pp 207 - 223.

PONCE, V.M. and LINDQUIST, D.S. 1990. Management of baseflow augmentation: a review. In: *Water Resources Bulletin*. Vol. 26, no. 2 April 1990. American Water Resources Association.

RAMIREZ, R.M. 1992. Estadísticas sobre el recurso agua en Colombia (segunda edición). Ministerio de Agricultura y Instituto Colombiano de Hidrología, Santa Fe de Bogotá, Colombia.

RAVNBORG, H.M. and ASHBY, J.A. 1996. Organising for local-level watershed management: Lessons from Río Cabuyal Watershed, Colombia, In: ODI-AgREN Networkpaper No. 65, July 1996.

SHAW, M.S. 1980. *Hydrology in Practice* (second edition). Chapman and Hall, London pp. 274-279.

URBANO, P.; RUBIANO J.; BELL W. B.; KNAPP, E.B. 1996. Cambios en el uso de la tierra como posible indicador de un desarrollo sostenible en una zona de laderas - subcuenca del río Cabuyal, Cauca, Colombia. En: Rivera, B.; Aubad, R. (eds). *El Enfoque de Sistemas de Producción y la Incorporación de Criterios de Política*. Santa Fe de Bogotá, Colombia. CORPOICA. p 173-185.