

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA



CIAT

65189

COLECCION HISTORICA

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT

INSTITUTO INTERNACIONAL PARA EL MANEJO DE LA IRRIGACION - IIMI

**CONSORCIO INTERINSTITUCIONAL PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN
LADERAS - CIPASLA**

**INVESTIGACIÓN SOBRE APROVECHAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA
PARA PROYECTOS DE RIEGO EN ZONAS DE LADERA**

**INFORME FINAL
(Diciembre 20 de 1996)**

028246

Presentado por
- Charlotte De Fraiture - Ingeniera de Riego IIMI
- Claudia Alvarez - Ing. Agrícola IIMI
- Jorge Rubiano - Ing. Agrónomo CIAT

Euroque

Agradecemos la colaboración prestada por los integrantes de FEBESURCA, las Juntas de Acueductos Veredal y en general a la comunidad que habita el área de la subcuenca del río Cabuyal así como a integrantes de las diferentes instituciones del consorcio CIPASLA que colaboraron con apoyo logístico e información.

Igualmente a cada una de las siguientes personas:

- Magnolia Hurtado - Coordinadora CIPASLA**
- Caterine Mathuriau - Bióloga Universidad de Toulouse - Francia**
- Luis Eduardo Guastamal - Asistente CIPASLA**
- Jairo Miguel Vergara - Técnico Agropecuario CIPASLA**
- Peter Jones - Climatólogo CIAT**
- Ron Knapp - Líder Programa de Laderas CIAT**
- Carlos Garcés - Director Proyecto Regional Andino IIMI**
- James García - Estadístico CIAT**
- Mauricio Rincón - Ing. Catastral CIAT**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
<i>Breve descripción del área de estudio</i>	<i>7</i>
<i>Objetivo y preguntas de investigación.....</i>	<i>8</i>
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
2.1 MATERIAL CARTOGRÁFICO E INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA.....	9
2.2 FOTOGRAFÍAS AÉREAS	10
3. DISPONIBILIDAD, USO ACTUAL Y POTENCIAL DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO CABUYAL 11	11
3.1 IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS ACTUALES POR SECTORES.....	11
Metodología	11
Resultados	11
3.1.1 USO DOMÉSTICO.....	11
Acueductos Interveredales:.....	12
Acueductos Locales:.....	13
Otras Fuentes de Agua para Uso Domestico:.....	14
Cantidad total de Agua para Uso Domestico:.....	14
3.1.2 <i>Uso Agrícola</i>	14
Minidistrito de Riego El Cidral:	14
Métodos Artesanales de Riego:	15
3.1.3 <i>Uso Industrial</i>	16
3.1.4 <i>Calidad del agua</i>	17
3.1.5 <i>Discusión</i>	18
3.2 METODOLOGÍAS NO CONVENCIONALES PARA DETERMINAR PERIODOS CRÍTICOS DE APLICACIÓN DE RIEGO..	19
3.3 ESTRATEGIAS LOCALES DE COSECHA Y ALMACENAMIENTO DE AGUA:.....	20
3.4 CUANTIFICACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO	20
3.4.1 <i>Hidrología y clima en la cuenca del río Ovejas</i>	21
3.4.2 <i>Clima e hidrología en la cuenca del Cabuyal</i>	23
3.4.3 <i>Modelos</i>	24
3.5 HACIA UN MEJOR USO DEL AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CABUYAL	26
4. VALORACIÓN Y AJUSTE DE LA METODOLOGÍA DEL INAT PARA IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS DE ADECUACIÓN DE TIERRAS EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	29
4.1 REGIONES NATURALES DE COLOMBIA.....	29
4.2 IDEAM.....	29
4.3 INAT.....	31
5. APLICACIÓN Y AJUSTE DE LA FORMULA RACIONAL DEL SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN HIDROLOGICA. .	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33
ANEXOS.....	35

LISTA DE TABLAS

- 2.1 Características de los suelos del área de Cabuyal
- 3.1 Información general de los acueductos
- 3.2 Acceso a los acueductos por veredas y zonas
- 3.3 Costo promedio de Sistemas artesanales de riego
- 3.4 Requerimientos de agua para tomate (CROPWAT)
- 3.5 Resultado de los análisis físico-químicos
- 3.6 Información hidrológica - Cuenca Río Cabuyal
- 3.7 Precipitación mensual (en mm)
- 3.8 Evapotranspiración potencial mensual en mm según Penman-Monteith, Eto. Cuenca Río Ovejas
- 3.9 Caudal promedio Mensual Ovejas abajo en m³/s
- 3.10 Caudal promedio Mensual Ovejas abajo en mm
- 3.11 Datos climáticos para dos estaciones en la cuenca del Río Cabuyal
- 3.12 Balance hídrico de la cuenca del Cabuyal
- 3.13 Caudal del Río Cabuyal en lts/s
- 3.14 Caudal actual y estimado del Río Ovejas en mm/mes - Modelo de simulación AWBM
- 3.15 Caudal simulado del Río Cabuyal - Modelo AWBM
- 3.16 Parámetros proporcionados por el modelo AWBM para el Río Cabuyal
- 3.17 Distribución de los suelos según estaciones climáticas y profundidades de suelo en Ovejas.
- 3.18 Valores estimados por WATBAL para diferentes parámetros y estaciones
- 3.19 Potencial del sistema de acueducto La Laguna - Pescador para el periodo crítico Julio - Agosto

LISTA DE FIGURAS

- 1.1 Localización de las cuencas de los ríos Ovejas y Cabuyal
- 3.1 Métodos artesanales de riego
- 3.2 Uso actual del agua en la subcuenca del Río Cabuyal
- 3.3 Evolución de la temperatura y del oxígeno disuelto entre los sitios de muestreo
- 3.4 Evolución de los residuos en suspensión y de la turbiedad entre las estaciones
- 3.5 Evolución del Amoniaco, nitritos, nitratos y fosfatos entre las estaciones
- 3.6 Balance hídrico: precipitación - evapotranspiración en mm
- 3.7 Delimitación del área hidrológica medida en la Tarabita. Localización de tipos de suelo por profundidad
- 3.8 Variación del flujo del Río Ovejas 1974 - 1988
- 3.9 Curva de duración del flujo - Río Ovejas 1974 - 1988
- 3.10 Balance hídrico de la cuenca del Ovejas
- 3.11 Representación del comportamiento del agua en la zona de estudio
- 3.12 Hidrología del Río Cabuyal
- 3.13 Determinación gráfica del flujo base según AWBM
- 3.14 Determinación gráfica de la constante de recesión K según AWBM
- 3.15 Comparación del caudal real con simulado según WATBAL
- 3.16 Comparación del caudal real con simulado según AWBM
- 3.17 Localización de zonas potenciales de riego y sus fuentes
- 4.1 Mapa de Regiones Naturales de Colombia - IGAC
- 4.2 Areas hidrográficas de Colombia según IDEAM
- 4.3 Zonificación de Colombia según HIMAT 1983

LISTA DE ANEXOS

1. Fuentes de información complementaria
2. Formatos de Encuestas

1. INTRODUCCIÓN

El Programa de Laderas se inició en 1992, con el objetivo de "mejorar la calidad de vida de los agricultores de las laderas, mediante el desarrollo de sistemas de producción agrícola sostenibles y viables comercialmente"¹. En Colombia, el programa se dedica principalmente a trabajar en la sub-cuenca del río Cabuyal, situado en las montañas de mediana altura en el suroeste colombiano.

En una reunión de planeación por objetivos, realizada en 1993, por habitantes de la sub-cuenca, indicaron que la escasez de agua durante la estación seca era uno de sus principales problemas. Dentro de los intereses en conflicto que se viven dentro de la sub-cuenca del río Cabuyal, está el relacionado con el agua, especialmente durante los meses secos (julio y agosto). Durante la estación seca, el agua que viene del sistema principal de agua potable es insuficiente para todos sus beneficiarios, lo cual obliga a los habitantes de las zonas bajas a buscar fuentes alternas (pozos o pequeños arroyos) para obtener el agua del uso doméstico. Los agricultores de la zona baja acusan a los de la zona media de utilizar el agua de uso doméstico para irrigar sus sembrados de verduras, lo cual causa la escasez en las zonas bajas. Sin embargo, los agricultores de la zona media dicen que la cantidad de agua ha disminuido como resultado de la deforestación originada por los agricultores de la zona alta de la sub-cuenca, donde se originan las aguas².

Por tanto, los agricultores solicitaron al Programa de Laderas que investigara la posibilidad de tener más agua disponible (por ejemplo, para irrigación), utilizando los recursos de agua existentes en el área, como los pequeños arroyos y ríos. Al mismo tiempo, el INAT³ se interesó en el potencial de irrigación de la sub-cuenca, pues ellos planeaban implementar unos cuantos sistemas de irrigación a pequeña escala en áreas de laderas.

De otro lado, una gran planta hidroeléctrica en el río Cauca, que provee electricidad para Cali, está ubicada a unos 15 kms. abajo de la sub-cuenca. En este momento, el agua que sale de la sub-cuenca no está beneficiando a esta planta hidroeléctrica, pues el río Ovejas (del cual es tributario el río Cabuyal) se une al río Cauca un poco más abajo de la presa. Sin embargo la CVC⁴ está desarrollando planes para desviar el río Ovejas con el objeto que sea una fuente adicional durante la época seca⁵. Es entonces obvio que un aumento en el uso del agua (por ejemplo para irrigación) tendría un impacto en las cantidades de agua que salen de la sub-cuenca.

El CIAT⁶ y el IIMI⁷ decidieron, en un esfuerzo conjunto, llevar a cabo una investigación sobre el

- 1 Informe Anual del Programa de Laderas, 1994
- 2 H. Ravnborg & J. Ashby, 1996
- 3 INSTITUTO NACIONAL DE ADECUACION DE TIERRAS
- 4 CORPORACION REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA
- 5 E.B. Knapp, et. al., 1995
- 6 CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL
- 7 INSTITUTO INTERNACIONAL PARA EL MANEJO DE LA IRRIGACION

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 7
uso actual y potencial del agua, tomando en cuenta los intereses en conflicto dentro y fuera de la sub-cuenca, como los descritos anteriormente. La investigación contó con el apoyo del INAT y de CIPASLA⁸ y se inició en abril de 1996. Los resultados se presentan en este informe.

Se procuró organizar el documento siguiendo los lineamientos definidos en el plan de trabajo acordado con INAT pero en algunos casos, la estrecha relación entre los temas nos condujo a unificar algunos de los mismos. En un primer término se presentan los objetivos del estudio seguido de la revisión de literatura de fuentes primarias y secundarias. En un tercer punto, se presenta el diagnóstico de uso actual y potencial del agua en la sub-cuenca. Al interior del diagnóstico de uso del agua en agricultura, se incorpora la información relacionada con las metodologías artesanales de riego. A la manera de discusión del diagnóstico, se plantean los conflictos actuales y potenciales sobre el agua en la zona. Posteriormente, se abordan las metodologías no convencionales para determinar periodos críticos de riego y las estrategias locales de cosecha y manejo de escorrentía. Para cerrar esta sección, se presenta una descripción de la hidrología y de los recursos de agua disponibles apoyados en el uso de modelos. Una discusión final sobre el numeral 3 cierra esta sección.

Con base en los términos del convenio, se incluyen en el numeral 4 y 5 lo relacionado con la valoración y ajuste de la metodología del INAT para la identificación de proyecto y los resultados de la consultoría que constituye un estudio complementario.

Breve descripción del área de estudio

El área de estudio la constituyen 22 veredas del municipio de Caldono en el departamento del Cauca. Comprende 7400 has. considerando los límites administrativos locales (veredas), el área hidrológica es de 3296 has. El río Cabuyal desemboca en el río Ovejas cerca del sitio conocido como la Tarabita en límites con el municipio de Buenos Aires. Comprende alturas que van desde 1150 a 2200 m.s.n.m. (Figura 1.1) Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, en la subcuenca se encuentran las zonas de vida Bosque húmedo premontano y Bosque muy húmedo premontano.

Los suelos son considerados de baja fertilidad por su bajo contenido o disponibilidad de fósforo, con cenizas volcánicas, acidez por debajo de 5.5, rojizos y en algunas zonas con avanzados procesos de erosión. Presenta un paisaje de leve a fuertemente quebrado encontrándose pendientes superiores al 75 %.

La cuenca está atravesada por la vía Panamericana (Cali - Popayán) a la altura del corregimiento de Pescador. Los principales cultivos de la región son el café, la yuca, el frijol, tomate, plátano y pastos. Un 15 % del área está aún cubierta por vegetación boscosa entre nativa e introducida. Su población es cercana a los 5500 habitantes entre mestizos e indígenas de los grupos Paez y Guambianos. Los más cercanos y principales centros poblados de influencia en la cuenca son Siberia, Pescador, Mondomo, Piendamó y Santander de Quilichao.

Objetivo y preguntas de investigación

El objetivo general del estudio es mejorar el uso efectivo y sostenible del recurso agua en la sub-cuenca del Cabuyal. Para diagnosticar el posible incremento del uso del agua (por ejemplo,

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 8
para irrigación), se realizó una comparación entre el uso actual y el uso potencial del agua. En vista de los intereses conflictivos dentro y fuera de la sub-cuenca, se hizo una evaluación del posible impacto que representaría hacer un uso más intensivo del agua. Aunque se debe prestar atención a los intereses en conflicto fuera del área, se hace especial énfasis en el impacto dentro de la sub-cuenca. Se espera que la información generada con este estudio sea usada por los agricultores dentro de la sub-cuenca, como una herramienta para futuros análisis sobre los proyectos alrededor de este recurso.

Se formularon las siguientes preguntas para la investigación:

Qué fuentes de agua se encuentran en la sub-cuenca?

Cuánta es la cantidad total de agua disponible en la sub-cuenca?

Cómo se utiliza actualmente el agua?

Qué fuentes de agua se usan y cuáles no se usan?

Qué intereses en conflicto existen relacionados con el agua?

Cuál es el potencial de intensificar el uso del agua, por ejemplo, para irrigación?

Cuál es el impacto sobre las cantidades de agua en la zona baja, si se aumenta el uso del agua?

A lo largo del presente documento se dará respuesta a cada una de estas preguntas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

A pesar del gran número de instituciones dedicadas al estudio y manejo de recursos naturales en el departamento del Cauca, para la zona del río Ovejas y en especial, del río Cabuyal, pocos son los estudios específicos relacionados con el recurso agua. La Corporación Autónoma Regional del Cauca CVC, fué la institución que en su momento (actualmente río Cabuyal no está dentro de su área de jurisdicción), acopió y produjo la mayor cantidad de información. A pesar que existen numerosos registros climáticos de diferentes estaciones manejadas por CVC e HIMAT⁹ y estudios generales de suelos, son escasos los estudios encaminados a procesar esta información y sobre los cuales se puedan orientar decisiones. Tal vez la excepción la constituyen los estudios de impacto asociados al proyecto de Desviación del Río Ovejas, el cual está encaminado a complementar las obras de la Salvajina e incrementar la capacidad de generación hidro-energética de este embalse.¹⁰

De otro lado, el Programa de laderas del CIAT y numerosas organizaciones no gubernamentales han estado trabajando en el área desde hace varios años. La mayoría de los estudios están referidos al manejo de los suelos, prácticas de cultivo, agricultura orgánica, uso de variedades mejoradas de cultivos como el frijol, yuca, pastos; agroindustria rural, etc. A raíz de la conformación del consorcio CIPASLA, se están dando a conocer estos trabajos. Un estudio dirigido a evaluar la factibilidad de proyectos de mini-irrigación¹¹ utilizando modelos de simulación ex-ante, es tal vez el caso más específico relacionado con el presente proyecto. Más adelante será retomado para contrastar los resultados obtenidos.

2.1 Material cartográfico e Información climatológica

Se recolectó, analizó y sistematizó la información disponible en CIAT, INAT, CVC y otras instituciones. Se recopiló información climática de las estaciones listadas en el anexo 1. La información relacionada con suelos se retomó de los estudios de CVC - IGAC¹² y se desagregó para su utilización en los modelos. Un resumen de las características de los suelos del área se presenta en la Tabla 2.1. La cartografía del área de trabajo se retomó de Planchas a escala 1:25.000 y 1:10.000 del IGAC, parte de esta fue digitalizada y procesada para el análisis del terreno e identificación de áreas de muestreo de agua y medición de caudales.

Se retomo información relacionada con la subcuenca del río Cabuyal existente en los siguientes estudios:

- Censo diagnóstico de la Subcuenca del Río Cabuyal, llevado a cabo por el programa de Laderas del CIAT en el año 1995 y el cual recopiló aspectos socioeconómicos y biofísicos de cada una de las fincas al interior de las 23 veredas.

9 Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras
10 Universidad del Cauca, 1993
11 Knapp et al. 1995
12 Instituto Geográfico Agustín Codazzi

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 10
- Coberturas de Uso de la Tierra del año de 1994 con base en fotografías de la zona a escala 1:32000, retomadas de un estudio previo de CIAT¹³.
 - Cobertura de Asociaciones de Suelos de la cuenca del río Ovejas a escala 1:50000.

2.2 Fotografías aéreas

Para actualizar y corregir los mapas topográficos existentes, se usaron fotos aéreas (escala 1:5000). En combinación con los cuestionarios sobre recursos de agua y prácticas del uso del agua, se invitó a los agricultores a que indicaran en las fotos dónde estaban ubicados los recursos de agua existentes, y si los usaban para propósito doméstico, agrícola o industrial. Cuando fue necesario, se visitaron los sitios con los informantes para verificar la información suministrada. La información obtenida de estos ejercicios participativos con ayuda de mapas, fue digitalizada posteriormente, en formato ArcInfo, compatible con los mapas ya disponibles.

Desafortunadamente, sólo se dispuso de un 60% del área en estas fotos. Para la parte restante, se usaron mapas topográficos. Aunque los agricultores tuvieron mayor dificultad para orientarse con los mapas que con las fotos aéreas, con este método también se obtuvieron resultados satisfactorios.

3. DISPONIBILIDAD, USO ACTUAL Y POTENCIAL DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO CABUYAL

3.1 Identificación de usuarios actuales por sectores

Metodología

A través de tres encuestas estructuradas¹⁴ se identificaron los usuarios actuales y potenciales del recurso agua en 23 veredas. En cada una ellas se hizo contacto directo con los presidentes de las Juntas de Acción Comunal o con líderes conocidos. Algunos de ellos son representantes en FEBESURCA¹⁵, quienes conocen de manera anticipada el desarrollo de proyectos de desarrollo e investigación por parte de las instituciones en tal forma que la colaboración fue permanente por parte de los miembros de la comunidad.

La primera encuesta estuvo dirigida a identificar la disponibilidad del recurso, los diferentes tipos de actuales usuarios y la manera como es utilizado. También se identificaron conflictos existentes y potenciales relacionados con el agua. Se entrevistaron uno o dos informantes claves por vereda para un total de 23 encuestas. El segundo cuestionario indagó por las técnicas de irrigación existentes. Cincuenta personas fueron entrevistadas sobre sus métodos de irrigación, costos y beneficios.

Los sistemas actuales de agua para consumo humano parecían ser una fuente importante de agua, no solo para uso doméstico sino también para usos agrícolas. En tal sentido, se decidió hacer un tercer cuestionario de entrevista estructurada, con miembros de las comités responsables del manejo de los sistemas. Se hicieron 9 cuestionarios, uno por cada sistema de agua de consumo humano. Los formatos de estos cuestionarios se presentan en el Anexo 2.

Resultados

Se identificaron tres tipos de uso de agua con sus correspondientes usuarios: Uso doméstico, Agrícola e Industrial, los cuales se describen a continuación.

3.1.1 Uso Doméstico

Un 86% de los habitantes reciben agua para usos domésticos proveniente de 9 sistemas de agua potable, 6 locales y 3 interveredales. Las personas que no tienen acceso a estos sistemas, especialmente en las veredas de la parte alta, tienen sus propias mangueras para traer agua de los arroyos, o tienen pequeñas fuentes de agua, o usan pozos privados.

14 En las encuestas estructuradas, "los términos concretos y la secuencia de las preguntas son determinados previamente. Todos los entrevistados responden a las mismas preguntas y en el mismo orden". PATTON, 1980.

15 Federación de Representantes de la Subcuenca del Río Cabuyal

Acueductos: Las Tablas 3.1 y 3.2 presentan una descripción general de los acueductos y el acceso de la población a este servicio. Según la encuesta veredal hay 9 acueductos que suministran agua a las 22 veredas, los cuales están divididos de la siguiente manera:

Acueductos Interveredales:

a. La Laguna - Pescador: Este acueducto surte 11 veredas (La Laguna, El Porvenir, Pescador, Crucero/Pescador, La Campiña, Potrerillo, Los Quingos, La Llanada, Palermo, El Socorro y El Caimito). Fue construido por el Comité de Cafeteros del Cauca en 1974, toma el agua del río Cabuyal cuya bocatoma se localiza en la vereda El Oriente. En 1987 se amplía para abastecer un mayor número de pobladores, se tomó agua adicional de un zanjón localizado en la misma vereda, en el momento existen dos bocatomas que surten un tanque del cual distribuyen el agua a las 11 veredas beneficiarias. Se benefician aproximadamente 695 familias (2309 habitantes). El acueducto es manejado por una junta de acueducto formada por representantes de algunas de las veredas beneficiarias, las principales funciones que desempeña la junta son: operación, mantenimiento y recolección de las tarifas del acueducto.

Dentro de este acueducto los problemas más comunes que se presentan son: la utilización del agua para riego lo cual disminuye la cantidad de agua para la zona baja, el no pago de las tarifas por parte de los beneficiarios y la escasez de agua en épocas secas para los usuarios de la parte baja.

b. Carrizales (Usenda): Este acueducto surte de agua un total de 8 veredas, 4 (Cabuyal, Panamericana, El Rosario y Buenavista) dentro de la subcuenca y otras 4 que están localizadas fuera. Fue construido por la Federación Nacional de Cafeteros del Cauca en 1986. Toma su agua del río Ovejas, la bocatoma está localizada en la Tadea Usenda (Silvia - Cauca). Se benefician aproximadamente 196 familias (2467 habitantes). Es manejado por la junta de acueducto conformada por representantes de cada una de las veredas. Dentro de los problemas más comunes que se presentan en este acueducto están: Fallas en el diseño del sistema, como inapropiada dimensión y calidad de la tubería, lo que genera fugas de agua por presión alta; los usuarios no pagan las tarifas y debido a la falta de recursos no se hace el mantenimiento requerido; también se presenta utilización del agua del acueducto en riego lo cual disminuye la cantidad del recurso para los usuarios de las partes más alejadas.

c. Santa Barbara - Ventanas: Este acueducto surte de agua a dos veredas de las cuales toma su nombre; fue construido por la Federación Nacional de Cafeteros del Cauca y los habitantes de las veredas en 1975. Las fuentes de agua son el río Guaycoche y la quebrada La Colorada, las bocatomas están localizadas en la vereda Buenavista. Surte aproximadamente 127 familias (516 habitantes). Es administrado por una junta de acueducto conformada por 5 representantes de las dos veredas, 2 de Santa Barbara y 3 de Ventanas, los problemas que se presentan con más frecuencia dentro de este acueducto son: tubería de muy baja dimensión lo que hace que el agua no llegue a todo el sistema, también utilizan el agua del acueducto para riego disminuyendo la cantidad de agua a muchos de los usuarios.

Otras Fuentes de Agua para Uso Domestico:

La fuente principal de agua en la subcuenca es el río Cabuyal. Hay 295 zanjones (Quebradas) que tienen agua todos los meses del año. Son utilizados como fuentes de consumo humano en las épocas secas o en casos en que los acueductos fallan o no tienen suficiente agua para surtir a todos los habitantes. Igual sucede con los 64 aljibes reportados en las encuestas. Los aljibes o pozos profundos son de aproximadamente 18 metros de profundidad cada uno, ha disminuido su utilización desde que los habitantes tienen acceso al acueducto.

Cantidad total de Agua para Uso Domestico:

La estimación de la cantidad de agua para uso doméstico se hizo con base en el Estudio Nacional de Aguas realizado por el Departamento Nacional de Planeación, el cual estima los consumos rurales de agua en 140 lts/hab/día para clima cálido, 120 lts/hab/día para clima medio y 80 lts/hab/día para clima frío. La temperatura media de cada nivel es así: clima cálido 24° C o más, clima medio entre 17 y 23° C y clima frío 16° C o menos. Para el presente caso la subcuenca es considerada de clima medio. A la cantidad de agua utilizada para consumo humano se le sumo el consumo animal. Existen pocas explotaciones pecuarias dentro de la subcuenca razón por la cual sólo se incluyeron las familias que tenían más de cinco vacas, más de cinco cerdos, más de veinte gallinas y/o pollos de engorde.

La cantidad total de agua utilizada de la cuenca hidrológica para consumo domestico se estimó en 358 m³/día, y considerando el área administrativa de las 22 veredas en aproximadamente 660 m³/día.

3.1.2 Uso Agrícola

Se hizo evidente que aunque no hay un sistema de irrigación adicional al de El Cidral, existen métodos artesanales que algunas personas han implementado, tales como bombas de motor o extracción del agua de los sistemas de acueducto, para irrigar sus cultivos individuales durante los meses secos (julio/agosto)¹⁶.

Minidistrito de Riego El Cidral:

Está localizado en la vereda El Cidral el cual es utilizado por los usuarios como acueducto, ya que carecen de infraestructura adecuada para ampliar la capacidad del acueducto de la vereda. Este minidistrito fue construido por el HIMAT hace aproximadamente seis años y se entregó a los usuarios para su manejo. El INAT tiene un proyecto de rehabilitación de la bocatoma y las tuberías. A raíz de esto se creó recientemente la junta de usuarios del minidistrito (antes no existía), a quienes se planea dar capacitación sobre el mantenimiento, administración y manejo del mismo.

16 El INAT construyó un pequeño esquema de irrigación que benefició a 19 familias, pero este esquema se usa como sistema de agua para consumo humano.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 16
volumen aplicado a cada cultivo, sin embargo, el almacenamiento de agua en los tanques permite estimar a los agricultores un total de 6.6 m³ por riego.

La Tabla 3.3 presenta los costos promedio de cada uno de estos sistemas y la Figura 3.1 un esquema gráfico de cada uno de ellos.

Estimación de la Cantidad de Agua para Consumo Agrícola

Para hallar la cantidad de agua consumida en la cuenca para riego de los cultivos, se hizo una división entre quienes consumen el agua del acueducto para uso agrícola (aproximadamente 280 usuarios) y los que utilizan el agua de otras fuentes (más o menos 40 usuarios).

Utilizando el tomate como cultivo principal cuyos requerimientos son del orden de 1.7mm/día (ver Tabla 3.4), considerando la evapotranspiración calculada con CROPWAT en 3.5mm/día y con una eficiencia del 70%, la cantidad de agua que se consume es:

De los acueductos:	Area promedio de siembra =	3000 m ²
	Número de personas =	280 Habitantes
	Cantidad de agua utilizada =	1333 m ³ /día
De otras fuentes:	Area promedio de siembra =	4500 m ²
	Número de personas =	40 Habitantes
	Cantidad de agua utilizada =	313 m ³ /día
Total consumo de agua para uso agrícola =		1646 m ³ /día

3.1.3 Uso Industrial

En la subcuenca existen algunas actividades industriales que se abastecen de agua tanto de los acueductos interveredales como de algunos de los zanjones cercanos a los lugares donde están ubicadas. Aunque el impacto de las industrias sobre la cantidad de agua no parece ser muy significativo, para realizar el cálculo de la cantidad de agua consumida se tuvo en cuenta las que aparentemente tienen mayor consumo.

Se encontraron cuatro rallanderías localizadas dos en el Crucero de Pescador, una en La Laguna y una en Los Quingos; seis ladrilleras localizadas una en Cabuyal, tres en el Crucero de Pescador, una en El Porvenir y una en La Laguna; tres minas de cascajo localizadas en El Cidral; una fábrica de concentrados para animales localizada en La Laguna (la cual está empezando a funcionar); diez y nueve procesadoras de pollos localizadas diez y siete en La Campiña y dos en Pescador; una panadería localizada en el Crucero de Pescador; dos lecherías localizadas en el Crucero de Pescador y en La Campiña; dos estaciones de servicio localizadas una en el Crucero de Pescador y una en El Oriente.

La Figura 3.2 presenta un resumen del uso actual del agua en la subcuenca del río Cabuyal.

3.1.4 Calidad del agua

Se definió un plan de muestreo del agua para análisis físico-químicos a realizar en el Laboratorio de aguas de la Universidad del Valle con el apoyo de una estudiante de doctorado de la Universidad de Toulouse - Francia. Se tomaron muestras en cinco puntos estratégicos de la subcuenca a saber: el tanque del acueducto, antes de la primera rallandería, luego de la segunda rallandería, en la vía panamericana y 300 metros antes de la desembocadura en el río Ovejas.

Con el fin de explicar los resultados de los análisis físico-químicos presentados en la Tabla 3.5, las definiciones de los parámetros medidos, dados por G. Roldán P. son los siguientes:

Turbiedad: Término que se usa para describir el grado de opacidad del agua, producida por las partículas en suspensión como humus, arcilla, detritos orgánicos e inorgánicos, partículas coloidales, etc. Se reporta en fotocolorímetros. Un agua turbia puede contener partículas que son tóxicas o ayudan a acumular sustancias tóxicas en el agua. El valor ideal máximo es de 5 NTU (Nephelometric turbidity units) y preferiblemente < 1 para hacer la desinfección más eficiente.

pH: Mide el grado de acidez o basicidad de una muestra de agua. En los ríos no contaminados, el pH depende del origen de las aguas y de la naturaleza de la geología del terreno. Se encuentran pH débiles (5.5 a 6.5) en las regiones graníticas de origen volcánico. Ph fuerte (6.5 a 7.5) en las regiones calcáreas. Menos de 5.5 o mayor de 8.5 las aguas son contaminadas.

Alcalinidad: Es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Por lo general, la alcalinidad se debe a los componentes de bicarbonatos e hidróxidos en el agua.

Dureza: Con este parámetro se determina la cantidad de iones alcalino-térreos como magnesio, calcio, etc. presentes en el agua.

Demanda Bioquímica de Oxígeno: DBO₅-20°C: Mide la cantidad de materia orgánica oxidable en el agua. El agua es dejada en un lugar oscuro a 20°C durante 5 días.

Conductividad: Es la capacidad del agua de transportar una corriente eléctrica. La carga de iones de Ca, Mg, y otros minerales es su determinante. Valores entre 50 y 300 umhos/cm se encuentran en aguas cuyos terrenos son graníticos de origen volcánico. Valores entre 300 y 700 umhos/cm se encuentran en terreno calcáreo. Las conductividades más altas se encuentran en suelos salino.

Cianuros: Compuestos cianogénicos se encuentran en las aguas residuales del proceso de extracción del almidón de yuca. Los valores tolerados deben estar por debajo de 0.01 mg/L.

Fosfatos: Aunque no hay acuerdo sobre su regulación en aguas de consumo, valores por debajo de 5 mg/L son considerados aceptables. Contaminación de origen orgánico aumenta considerablemente la cantidad de fosfatos.

Nitritos: Es el producto de la transformación del amoníaco por bacterias llamadas nitrosomonas. Se encuentra en cantidades pequeñas en aguas no contaminadas, por el contrario, su presencia en el agua indica contaminación por materia orgánica.

Nitratos: Es el producto de la transformación de los nitritos por bacterias llamadas Nitrobacter. Se encuentran naturalmente en el agua por descomposición de la materia orgánica vegetal. Si su concentración es mayor de 10mg/l indica que es un agua contaminada.

Oxígeno Disuelto: Elemento necesario para soportar la vida en el agua. El agua fresca alcanza valores de 14.6, 9.1, 8.3 y 7.0mg/L a 0, 20, 25 y 35°C al nivel del mar.¹⁷

Coliformes: Es la medida de Coliformes total y fecal.

Es importante resaltar que los valores puntuales no reflejan el verdadero estado del recurso, en especial cuando el flujo de contaminantes es intermitente como es el caso de los residuos del procesamiento de la yuca en las rallanderías e incluso los efluentes orgánicos de las viviendas. El costo de un monitoreo continuo es bastante alto lo que conduce a distribuir el muestreo en diferentes épocas del año. Sin embargo, conclusiones previas sobre el estado del recurso que pueden extraerse del muestreo realizado indican que el agua no presenta índices altos de contaminación.

3.1.5 Discusión

Conflictos Existentes Sobre el Agua

Los conflictos existentes en la subcuenca con respecto al uso del agua se presentan principalmente por la utilización del agua para consumo humano en prácticas agrícolas como riego.

Aunque por lo general las entidades e ingenieros que diseñan y construyen los sistemas de agua para consumo humano (acueductos) y los sistemas para irrigación (distritos de riego) consideran que estas dos unidades van separadas y que tienen parámetros de diseño diferentes tanto en términos de cantidad y calidad, los habitantes de la cuenca parecen no tener en cuenta estas diferencias: se observó que el único sistema de riego lo usan exclusivamente para propósitos domésticos, mientras que el agua de los acueductos la usan ampliamente para irrigación. Esta práctica es causa de conflictos entre los usuarios de los sistemas de agua para consumo, puesto que estos no han sido diseñados con propósitos agrícolas¹⁸.

En el sistema de agua para consumo más grande en la subcuenca (Laguna - Pescador) el cual cubre 11 de las 23 veredas y beneficia al 45% de la población total, la población está sufriendo por escasez de agua durante los meses de verano, porque los habitantes de la zona media utilizan el agua para regar sus cultivos (tomate principalmente). Entre los usuarios del acueducto se viene discutiendo la posibilidad de colocar contadores de agua en cada una de las viviendas que se benefician de este servicio. Así se podría cobrar por la cantidad de agua que consume cada familia, de manera que las personas que consumen mayor cantidad de agua (los que utilizan riego) tendrán mayores costos por la mayor cantidad de agua que consumen. Sin embargo, esto no garantiza que los problemas de escasez de agua en la zona baja se resuelvan.

De acuerdo con las entidades que construyen los acueductos veredales, no se permite el uso de agua de consumo humano para prácticas agrícolas. Si se cobra el agua, por unidad de consumo sería como si se legalizará la utilización del agua para prácticas agrícolas y la gente podría utilizar la cantidad que quisiera, siempre y cuando pague la cuenta. Además las personas que no riegan sus cultivos con el agua del acueducto -porque esta prohibido-, podrían empezar a hacerlo. La introducción de los medidores de agua no reducirá el agua que se usa

18. Para irrigar 1 ha de tierra se estima una cantidad de 16,700 litros por día, mientras que para uso doméstico, 150 litros por día son suficientes.

Los habitantes de la zona media atribuyen la disminución de la cantidad de agua a la deforestación, sin embargo, nadie garantiza en qué medida la reforestación incrementa la disponibilidad de agua o la regulación de los caudales. En un estudio donde se revisaron 94 experimentos en cuencas para determinar el efecto de la vegetación en las existencias de agua, reveló que las existencias de agua tienden a incrementar, y no a disminuir, con la deforestación¹⁹. Otros autores dan más importancia a la vegetación de los bordes de los ríos y al manejo de la vegetación herbácea para aumentar el caudal durante las épocas secas²⁰. El factor más crítico para el buen funcionamiento del sistema es la limitada capacidad del mismo (15 l/s), ya que aún en los meses secos, el flujo mínimo disponible en la fuente es de 25 l/s., 10 l/s por encima de su capacidad. Existe la esperanza de mejorar el funcionamiento del sistema actual (10 l/s medidos en la época seca), por ejemplo, mejorando la bocatoma y reparando los escapes o fugas de agua.

En los sistemas locales de agua para consumo doméstico no se presentan conflictos por el uso del agua para propósitos agrícolas ya que el recurso no es utilizado para este fin, sin embargo, se presenta escasez de agua por los problemas mencionados en cada uno de los acueductos, la mayoría referidos a problemas de diseño y mal mantenimiento.

Estos problemas serían relativamente fácil de solucionar reparando o reemplazando los tubos, mejorando las tomas o aumentando el tamaño de los tanques. Los miembros de los comités organizadores de 5 sistemas se proponen aumentar las tarifas del agua para poder financiar estas mejoras. Sin embargo, es necesario algún apoyo técnico y financiero de fuentes externas. Aunque varios sistemas comparten la misma fuente, no hay conflictos de agua entre los sistemas de agua para consumo humana (todavía), y operan en forma independiente. De todas formas, es recomendable que los comités organizadores de los sistemas locales continúen con su clamor por el agua, para evitar problemas en el futuro. Los asuntos sobre el uso del agua mencionados anteriormente se analizan mejor con los usuarios del agua, utilizando como plataforma sus respectivos comités organizadores.

3.2 Metodologías no convencionales para determinar periodos críticos de aplicación de riego

El método para fijar las necesidades de riego más utilizado por los campesinos entrevistados es el hecho de que falte lluvia por más de ocho días en la región. Cuando esto ocurre aplican el riego. Otros métodos utilizados para saber cuándo tienen que regar son: el momento en que las plantas comienzan a presentar síntomas de marchitamiento y cuando se observa que el suelo está seco.

Los entrevistados informaron además que la producción sin riego es cero en las épocas secas (2 meses/año aproximadamente) con la aplicación de riego en este tiempo obtienen buena producción en sus cultivos, sin el riego en este tiempo de sequía la gente no se atreve a

19. Bosch & Hewlett, 1982.

20. Ponce, V.M. Y Lindquist, D.S. 1990

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 20
sembrar porque sabe que puede perder su cosecha. Se mencionó adicionalmente, que los rendimientos son aún mejores cuando se cuenta con la lluvia y se dispone de riego en series sucesivas de días secos.

3.3 Estrategias locales de cosecha y almacenamiento de Agua:

Dentro de la revisión de literatura sobre estrategias locales de cosecha y almacenamiento de agua se destaca el estudio del Banco Mundial²¹. Sin embargo, la mayoría de este tipo de estudios se han realizado en zonas ecológicas con marcado déficit hídrico lo cual los hace poco pertinentes para ambientes como la subcuenca del río Cabuyal. Allí se reportaron cuatro diferentes sistemas de cosecha y/o almacenamiento del agua. El agua es tomada de los nacimientos y quebradas y luego es utilizada para fines agrícolas principalmente. A continuación se describen los sistemas:

Tanques: 36% de los casos, la mayoría son de forma rectangular, el material con que los construyen generalmente es ladrillo recubierto de cemento. Están situados cerca al lote de cultivo o a las casas de manera que hace posible utilizar el agua de riego para consumo humano en las épocas en que hay escasez del recurso. El volumen promedio de almacenamiento es de 7 m³.

Reservorio: 10% de los casos, son huecos o excavaciones en el suelo generalmente recubiertos de plástico para evitar la filtración del agua en el suelo. Están localizados cerca a los lotes de cultivo para regar en las épocas secas y tienen un volumen que no sobrepasa los 15 m³.

Trincho: 26 % de los encuestados reportaron estructuras realizadas con madera o piedra en los nacimientos o quebradas para detener y subir el nivel del agua y luego bombearla hacia un tanque o reservorio. Su capacidad de almacenamiento es cercana a los 20 m³.

Estanque: 14 % de los casos. Son estructuras de forma parecida a los reservorios, se utilizan para almacenar agua para riego y además para cultivo de peces tanto comestibles como ornamentales. Su volumen promedio es cercano a los 100 m³.

3.4 Cuantificación de la disponibilidad del recurso

Metodología.

Para obtener el total de cantidad de agua disponible en la sub-cuenca, se estudiaron datos hidrológicos y climatológicos. Para el río principal de la sub-cuenca (el río Cabuyal) no existen series de datos sobre el flujo, a largo plazo. La CVC y CIPASLA realizaron 7 mediciones del flujo, durante un período de 2 años (1994 y 1995). Aunque son de gran valor, no son suficientes para predecir el flujo del río, ya que tanto el patrón de precipitación como el del caudal del río

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 21
son muy irregulares dentro de un mismo año y a través de varios años; sin embargo, existen datos diarios para un período de 15 años sobre el flujo del río Ovejas, del cual el Cabuyal es tributario. Estos datos fueron usados para estimar los parámetros que determinan la relación entre precipitación y escorrentía. Para este propósito se eligieron dos modelos para computadora.

El primero, el Modelo AWBM²² de Balance de Agua para Cuencas, es un modelo semi-distribuido que sirve para comparar flujos de cuenca observados y simulados y permite calibrar parámetros internos del modelo. Utiliza datos diarios de precipitación, escorrentía y evapotranspiración mensual. El segundo, WATBAL²³ (evap,rain,soilcp,cropfc,avail,runoff,eratio) realiza el balance hídrico por el método de Keig & Mcalpine(1974). Esta rutina calcula el agua disponible en el suelo, la escorrentía, la deficiencia de agua y la relación evapotranspiración actual/evapotranspiración potencial para un periodo de tiempo.²⁴.

Para complementar los datos climáticos faltantes, se hizo un análisis de regresión múltiple para identificar la similitud en el comportamiento de la precipitación entre las diferentes estaciones. Los valores de correlación encontrados fueron altos de manera que se estimaron los valores faltantes utilizando los valores existentes de las otras estaciones. En los casos en que el valor estimado sobrepasaba el máximo del año en esta estación, el estimado se reemplazaba por el máximo real u ocurrido. En los casos en que el estimado daba negativo, se asignaba el valor 0. De otro lado, se identificaron los valores de la moda y del percentil al 85%. En aquellos casos en que estos valores eran iguales , el valor estimado se cambiaba por el percentil 85.

Los datos de flujo del río Ovejas se usaron para calibrar el primero de los modelos. Una vez calibrado, éste se aplicó al río Cabuyal. Los resultados fueron comparados con datos de flujo existentes, medidos por la CVC.

Resultados

Se presenta una descripción de las características hidrológicas y climáticas de la región así como de los resultados de la aplicación de los modelos. La Tabla 3.6 presenta un resumen de la información hidrológica al interior de la cuenca por zonas y veredas.

3.4.1 Hidrología y clima en la cuenca del río Ovejas

Clima

Se seleccionaron seis estaciones de clima representativas de la cuenca del río Ovejas, y se analizaron datos mensuales de temperatura (Figura 1.1). La precipitación anual promedio para el período estudiado²⁵ asciende a 2065 mm, con un período seco pronunciado en julio y agosto (70 y 80 mm respectivamente)(Tabla 3.7). La temperatura promedio diaria varía poco durante el

22 A CATCHMENT WATER BALANCE MODEL
23 WATER BALANCE

24 Jones, P. Comunicación personal

25. i.e. 1974-1988, años seleccionados con base en disponibilidad de datos.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 22
año, pero difiere considerablemente de un sitio a otro, dependiendo de la altitud. La temperatura promedio diaria que se reportó varió entre 13 °C (2650 msnm) y 21 °C (1200 msnm). La evapotranspiración potencial de acuerdo con Penman fue calculada con CROPWAT²⁶, ésta resultó ser más o menos regular por un año, con valores más altos en julio y agosto (período seco, y por tanto menos nublado), y valores menores en noviembre (época lluviosa, nublada). El total potencial de evapotranspiración (ET_o) varía entre 1106 mm y 1306 mm por año, dependiendo de la altitud (Tabla 3.8)

La necesidad de irrigación surge en el periodo de finales de junio a mediados de septiembre (3 meses), cuando la evapotranspiración total excede el 80% de la precipitación probable (i.e. la precipitación estadísticamente ocurre 4 de cada 5 años). Ver Figura 3.6.

Hidrología

La CVC registró el flujo para el río Ovejas en un lugar ubicado 200 metros abajo de la desembocadura del río Cabuyal en el Ovejas (Figura 3.7). En este punto, el área de la cuenca del río Ovejas comprende 61.500 ha. Los datos del flujo diario del río para 1974 a 1988 fueron analizados. Durante estos años, el promedio del flujo fue de 19m³/s, con flujos mínimos medios en agosto y septiembre (8.5 m³/s) y un mínimo absoluto de 4 m³/s. Aunque el flujo del río muestra una gran variación durante los años en la época lluviosa, el flujo mínimo durante agosto a septiembre es más o menos regular (Figura 3.8). Expresado en milímetros, el promedio de agua en la sub-cuenca asciende a 990 mm (para más detalles ver Tablas 3.9 y 3.10).

La Figura 3.9 muestra la curva de duración del flujo para el río Ovejas desde 1974 hasta 1988. Una curva con una subida muy pendiente es el resultado de un flujo que varía marcadamente y que está alimentado por precipitación directa, mientras que una curva con una subida relativamente plana es el resultado de un flujo bien sostenido por emisiones de superficie o por descargas de agua subterránea. Al final de la curva de duración se muestra el comportamiento perenne del abastecimiento en el área de la cuenca; una curva plana al final indica una gran cantidad de abastecimiento y una curva pendiente indica una cantidad despreciable²⁷. La curva para el río Ovejas muestra más bien una curva plana, lo cual indica que una gran parte del flujo del río se origina por flujos del subsuelo. Esta observación se reafirma tomando como base un análisis hidrográfico. Con una separación gráfica del flujo base²⁸ se obtuvo que el índice de flujo base es aproximadamente 0.77, o en otras palabras, 77% del flujo del río está determinado por el flujo base (i.e. flujo del subsuelo) y 23% proviene directamente de la escorrentía superficial, causando ocasionalmente crecidas en el río. La inclinación pendiente al final de la curva de duración del flujo indica que hay una baja capacidad de almacenamiento en la sub-cuenca del río Ovejas durante el año.

Según la literatura²⁹, para estudios a más largo plazo en áreas de cuencas con flujo pequeño, para los flujos subterráneos, se sugiere como el método más exacto para estimar la evapotranspiración actual la deducción de la escorrentía de la precipitación. Usando este método para la cuenca del río Ovejas, la evapotranspiración actual promedio asciende a 1076

26. Programa por computador desarrollado por FAO para determinar las necesidades de agua por cosecha, versión 5.7, 1991.

27. Peters 1994, Shaw s.f. y Harvey 1993.

28. Los métodos de separación del flujo base son analizados por Peters 1994, Bates 1989, y párrafo 2.3

29. Moldan (1994), pp. 215-217.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 23
mm (esto es 2066 - 990 mm) por año Figura 3.10. La evapotranspiración potencial, de acuerdo con Penman, se calculo en 1106 - 1306 mm. Tomando en cuenta que la evapotranspiración actual es menor que la potencial, debido a déficits durante el período seco (200 mm es el promedio al año), resulta ser una estimación razonable. En vista de las características montañosas y de las lomas pendientes en el área, parece razonable asumir que las pérdidas hacia el subsuelo profundo son limitadas (Figura 3.10).

En resumen, de los 2066 mm de precipitación, 1076 mm (52%) se convierten en evapotranspiración, mientras que 990 mm (48%) es transformado en caudal. Este consiste en 792 mm (80% de 990 mm) flujo base, y en 198 mm escorrentia superficial directa.

Resumiendo:	precipitación total:	2066 mm	
	evapotranspiración:	1076 mm	(52.1%)
	Flujo base:	792 mm	(38.3%)
	escorrentia superficial directa:	198 mm	(9.6%) ³⁰

3.4.2 Clima e hidrología en la cuenca del Cabuyal

Clima

En 1994 algunos habitantes locales de la sub-cuenca registraron datos de clima con el apoyo técnico del Programa de Laderas del CIAT. Se recolectó información diaria sobre precipitación, temperatura y horas de sol en 6 lugares estratégicos dentro del área.(Tabla 3.11). La evapotranspiración potencial, de acuerdo con Penman (ET_p) se calculó usando CROPWAT. (Tabla 3.12).

Hidrología

El área es rica en recursos de agua natural. El río Cabuyal, el principal río que origina la sub-cuenca, tiene cerca de 20 kms de longitud, y tiene agua durante todo el año. El flujo mínimo, al final del río, es estimado en 250 litros por segundo (ver Tabla 3.13).

En la sub-cuenca, de acuerdo con la frontera hidrológica (3200 ha) hay cerca de 135 fuentes pequeñas que tienen agua todo el año, además que tienen poco caudal, sus cauces se reducen considerablemente durante los meses secos, de julio y agosto. Estos pequeños arroyos forman quebradas que alimentan el río Cabuyal.

En la cuenca, de acuerdo con fronteras administrativas (7400 ha) el número de fuentes pequeñas/arroyos es 295. Las fronteras están formadas por 3 ríos: el Ovejas, al norte y al sur; Los Quingos o río Pescador al oeste y el río Guaicoche al oriente (Figura 3.12).

Hay 4 lagos naturales, de los cuales 2 están fuera de las fronteras hidrológicas. Estos lagos son más bien pequeños: el área que cubre cada lago no exceda más de 2 hectáreas y la profundidad máxima no es mayor que 10 metros.

30. Este es el promedio para toda la cuenca, durante un periodo de 12 años. La precipitación directa para cultivos individuales y los eventos de tormenta individuales pueden ser mucho mayores.

Antes que se construyeran los sistemas de agua para consumo humano, el agua del subsuelo era una fuente importante de agua. En casi toda casa hay un pozo para uso doméstico. Ahora, la mayoría de los habitantes tienen acceso al agua de acueducto, y la importancia del agua del subsuelo ha disminuido dramáticamente: cerca de 65 pozos, variando entre 15 y 25 metros de profundidad, permanecen todavía. La mayoría de estos pozos se usan para agua de consumo humano en los casos en que el agua del acueducto escasea.

Para detalles sobre aspectos hidrológicos ver Tabla 3.6.

3.4.3 Modelos

A continuación se describen en detalle los dos modelos mencionados y los respectivos resultados obtenidos con las simulaciones.

Modelo AWBM

El Programa AWBM (Catchment Water Balance) fue desarrollado por la CRC (Centro de Investigación Cooperativo) para Hidrología de Cuencas, en Australia. Su versión más reciente, disponible en internet es la versión 2.0, enero 1996³¹. El programa relaciona datos diarios de escorrentía con precipitación, en tal sentido, requiere datos diarios de precipitación, escorrentía y evaporación mensual. El modelo utiliza 3 bancos superficiales para simular áreas parciales de escorrentía³². El balance de agua en cada almacenamiento superficial se calcula independiente de los otros. En cada etapa, se añade la precipitación a cada uno de los tres lugares de almacenamiento de humedad superficiales, y se le resta la evaporación de cada lugar de almacenamiento. La ecuación del balance de agua es:

$$\text{Almacen}_n = \text{Almacen}_n + \text{luzvia} - \text{evaporación (con } n = 1 \text{ a } 3).$$

Si el valor de la humedad en el almacén (sitio de almacenamiento) se vuelve negativo, se le asigna el valor cero. Si el valor de la humedad de el almacén excede su capacidad de almacenamiento, la humedad en exceso se convierte en escorrentía y al almacén se asigna el valor de su capacidad.

Cuando la escorrentía ocurre desde cualquier lugar de almacenamiento, parte de la escorrentía se convierte en recarga del flujo base. La fracción de la escorrentía usada para recargar el flujo base se cuenta como escorrentía multiplicada por el índice del flujo base (BFI), i.e. la relación del flujo base al flujo total en el flujo del arroyo. El remanente de la escorrentía es escorrentía superficial. El almacén del flujo base es vaciado a una tasa de: $(1 - K) * BS$, donde BS es la humedad permanente en el almacén del flujo base y K es la constante de recesión del flujo base.

El índice del flujo base y la constante de recesión del flujo base son determinados gráficamente por el programa (Figuras 3.13 y 3.14). Las áreas parciales y las capacidades de almacenamiento correspondientes se estiman mediante el programa y un mayor refinamiento del

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

32 Boughton 1987 y Boughton 1990.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 25
proceso se da por ensayo y error. Los mejores resultados para la cuenca del Ovejas se presentan en la Tabla 3.14 y para Cabuyal en la 3.15. El volumen de almacenamiento equivalente llega a 194 mm, por ejemplo si la condición inicial de humedad del suelo es igual a cero y tomando la cuenca como una unidad, solo después de 194 mm de lluvia el perfil del suelo se llenará e iniciará la escorrentía. Sin embargo, el almacenamiento más pequeño suma 40 mm cubriendo un área del 5 %, en otras palabras, con el suelo completamente seco, después de una lluvia de 40 mm, 5 % del área comienza a contribuir directamente como escorrentía.

Aplicación del modelo para computadora en la cuenca del Cabuyal

Los valores de los parámetros suministrados por el programa (índice del flujo base, constante de recesión del flujo base, capacidades de almacenamiento de las áreas parciales), fueron aplicadas para la cuenca del río Cabuyal, ver Tabla 3.16.. Se utilizaron datos *diarios de precipitación* para 6 estaciones climatológicas en la cuenca del Cabuyal manejadas por agricultores / CIAT desde mayo 94 hasta 1996. Comparando resultados con mediciones de flujo en el río Cabuyal, es apreciable la coincidencia en los valores. El flujo mínimo en estos dos años fue de cerca de 260 l/s ocurrido en Septiembre. En la parte alta del río Cabuyal, la bocatoma del acueducto está aforada en 10 l/s. Como resultado, un mínimo de 250 l/s son disponibles, de los cuales 62.5 se originan en la parte alta, igual cantidad en la parte media y los 125 l/s restantes en la parte baja.

Knapp et al 1995³³ simularon el impacto de proyectos de irrigación sobre el río. Sus conclusiones fueron que por cada 100 ha. Irrigadas, habría una reducción de 10% del caudal. Desafortunadamente, ni el caudal ni las necesidades de irrigación fueron cuantificadas. Tomando en cuenta el flujo mínimo de 250 l/s, la demanda de irrigación sería de 0.25 l/s/ha. Estos valores coinciden bien con la demanda pico de 0.28 l/s para tomates calculada con CROPWAT. Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.4. Esto conduce a concluir, que el método da satisfactorios resultados en precedir el caudal mínimo.

Modelo WATBAL

El modelo utilizado en WATBAL fué formulado originalmente por Slatyer³⁴. El programa fue más tarde modificado por Fitzpatrick³⁵. Un programa adicional fué luego preparado por el mismo autor para utilizar los resultados derivados del modelo y expresarlos en términos de periodicidad y probabilidad de periodos de sequía o de épocas de crecimiento. Keig y McAlpine³⁶ utilizaron el trabajo previo para desarrollar WATBAL. Jones 1986³⁷ retomó el código de Reddy y re-escribió el programa en una versión simplificada que es la utilizada en el presente caso.

El modelo consiste de cuatro partes: programa de control, datos de entrada, modelo del balance hídrico y análisis de resultados. Los datos requeridos por el modelo son la precipitación diaria en mm., las temperaturas máxima y mínima y la evapotranspiración potencial.

La información básica para WATBAL se diferenció de la utilizada en AWBM en que los datos de temperaturas máximas y mínimas mensuales se extrajeron de una base de datos. Esta base de

33 Knapp et al 1995.

34 Slatyer, 1960.

35 Fitzpatrick, 1964

36 Keig and McAlpine 1969

37 Jones Comunicación personal

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 26
datos fue generada utilizando un interpolador que utiliza una grilla de 10' (+/- 15 Kmts) y el cual toma las cinco estaciones climáticas más cercanas y corrige los valores en función de la temperatura sobre el nivel del mar.

Con la variación diurna se generó la evapotranspiración promedio mensual según método reducido de Pennman.³⁸

Con base en la información de suelos de CVC-IGAC, se determinaron las áreas con suelos cuya capa arable tiene diferentes profundidades. Se asignó un valor de capacidad de retención de humedad de 12mm/metro a cada una de las capas de los suelos de la zona y fueron desagregados según la zonas climáticas de CVC. A cada zona climática se asoció la estación climática con sus correspondientes datos de precipitación. Ver Figura 3.7 y Tabla 3.17.

Luego de correr el modelo, para cada estación con sus grupos de suelos de diferente profundidad, se generan registros diarios de agua disponible en el suelo, escorrentía y la relación evapotranspiración actual/evapotranspiración potencial. Un resumen de los resultados se presenta en la Tabla 3.18.

Comparación de resultados de los modelos WATBAL y AWBM

Como se presentó en la descripción de los modelos, ellos operan sobre principios distintos. AWBM sobre la base de la relación precipitación vs caudales genera una serie de parámetros aplicables en cuencas aledañas o similares. El modelo se ajusta automáticamente con los datos reales de los caudales de manera que con gran aproximación simula lo que puede ocurrir en una cuenca con similares características. De otro lado, WATBAL opera sobre una función matemática. La mejor representación de lo que está sucediendo se obtuvo con AWBM, de allí que se escogiera para aplicarla a Cabuyal. WATBAL, en razón de los resultados encontrados a nivel de Ovejas no fue considerado para aplicarlo en Cabuyal. Una comparación gráfica de los resultados obtenidos con cada uno de los modelos es posible hacerla observando las Figuras 3.15 y 3.16.

3.5 Hacia un mejor uso del agua en la subcuenca del río Cabuyal.

Para aumentar el diseño de la capacidad actual de 15 l/s en el acueducto de La Laguna - Pescador, se requiere una inversión grande, pues los tubos principales tendrán que ser reemplazados por otros de mayor diámetro a la vez que se aumente el tamaño de la mayoría de los tanques de almacenamiento. La capacidad máxima de 25 l/s (el flujo mínimo de la fuente), sería suficiente para las necesidades domésticas de sus 2400 beneficiarios y la irrigación de 105 ha.

La Tabla 3.19 muestra claramente que con el desempeño actual, la capacidad de los sistemas de agua para consumo humano es insuficiente para proveer agua para uso doméstico y agrícola simultáneamente. Aún mejorando su eficiencia, el agua no será suficiente para uso doméstico y para irrigar las 64 ha que se irrigan actualmente. Se deben hacer esfuerzos para que la gente deje de usar el agua para propósitos agrícolas y para asegurar que haya suficiente provisión de agua para los usuarios de la parte baja.

La demanda por irrigación durante los 2 meses de verano en el año es alta, ya que esta necesidad cambia de año en año, debido al patrón irregular de las lluvias. Durante los restantes 10 meses, por lo general no se necesita irrigación.

En vista de la disponibilidad de agua y de la demanda por irrigación, hay un amplio rango para el desarrollo de la irrigación. Hay alrededor de 100 pequeñas fuentes/arroyos dentro de la cuenca hidrológica, de las cuales la mayoría no están explotadas (todavía). Sin embargo, los flujos durante la época seca son bajos (del orden de unos pocos litros por segundo). Estos flujos son muy pequeños para proveer agua para un esquema de riego de varias hectáreas, donde no hay facilidades de almacenamiento. Esto se mostró claramente en el caso del proyecto de riego del Cidral, donde los beneficiarios están utilizando el agua exclusivamente para uso doméstico. El flujo durante el periodo seco (3 l/s) es muy poco para regar el área y obviamente, los beneficiarios le dan prioridad al uso doméstico.

Estas fuentes bien pueden ser explotadas para riego a pequeña escala, según lo han demostrado las iniciativas tomadas por algunos agricultores. Un creciente número de ellos ha invertido en bombas de motor, tubos y reservorios para irrigar sus lotes. Un número de 40 bombas de motor se utilizan actualmente para riego, de las cuales algunas son alquiladas a otros agricultores. Dependiendo de la topografía y del flujo mínimo en la fuente, los agricultores desarrollaron diferentes métodos. En algunos casos la topografía permite llevar el agua por gravedad, desde la fuente al reservorio ubicado en el punto más alto del lote a ser irrigado. Del reservorio el agua fluye por gravedad. Dependiendo del flujo, y del tipo de bomba de motor, se necesitan reservorios en el nivel del campo, mientras que en otros esquemas el agua se lleva directamente al lote.

En este momento no se reportan casos de conflictos sobre el uso de los pequeños arroyos; aunque esto puede cambiar si más agricultores deciden explotar estos recursos en irrigación. O, como lo expresó un agricultor: "si 3 motobombas extraen el agua al mismo tiempo, este arroyo se secará". La ley colombiana sobre el agua, que afirma que una persona es dueña de una fuente cuando ésta nace y termina dentro de su propiedad, es de poca ayuda en este caso, pues ninguna de las fuentes de la cuenca del Cabuyal caen dentro de la definición. Es poco claro cómo se definen los asuntos sobre derechos del agua (o concesiones); la práctica que prevalece es que la persona que desea usar agua de una fuente, simplemente la toma. Esta práctica ofrece el potencial para futuros conflictos respecto al agua. Este asunto se debe tomar en cuenta en discusiones a nivel de cuenca (por ejemplo, en CIPASLA), antes que se desarrollen más proyectos sobre irrigación. De todas formas, se debe tener como prioridad el agua para uso doméstico, y evitar que se seque el agua de los nacimientos que existen en las partes altas.

Los ríos de la cuenca³⁹ pueden ser conectados, para formar un esquema de riego comunal. El río Cabuyal tiene un flujo mínimo de 125 l/s en la parte media, y en teoría es suficiente para irrigar 320 hectáreas en la parte baja⁴⁰. De acuerdo con la Figura 3.17 que indica los lotes

39. El río Cabuyal, que cae dentro de las fronteras hidrológicas, y los ríos Guaicoche y Pescador, fuera de las hidrológicas, pero dentro de la administración de la cuenca

40. CROPWAT estima una demanda pico de 0.28 l/s/ha para tomate durante el mes de agosto, para una probabilidad del 80% de precipitación, o sea 0.39 l/s/ha para una eficiencia del 70%.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 28
potenciales para riego (CIAT)⁴¹ en la parte baja 386 ha. pueden ser irrigados potencialmente. Sin embargo, se deben tener en cuenta varios puntos. Primero, debido a la topografía montañosa, los lotes con cultivos que necesitan riego están diseminados, lo cual requeriría bastante tubería para llegar a cada lote. Segundo, en este punto el río es bajo, con respecto al área a ser irrigada, lo cual exigiría una larga tubería para conducir el agua desde la toma hasta el lote más alto (unos 4.5 km).

Estos factores se añadirán a los costos de la inversión inicial en un sistema que solamente servirá como irrigación (suplementaria) durante 2 o 3 meses al año. A pesar de estas dificultades, un esquema de irrigación parece posible.

Propósitos industriales

En términos de cantidades de agua, las actividades industriales juegan un papel menor en el uso del agua; únicamente el 5 % del agua utilizada se usa en la actualidad para este propósito. En el futuro cercano, no se cree posible que esta cantidad aumente dramáticamente.

Aunque las cantidades de agua son mínimas, su impacto en la calidad del agua probablemente sí será más importante. Como el objetivo de este estudio no buscaba profundizar en analizar la calidad de agua, se recomienda continuar la investigación iniciada para este tema.

Impactos externos de un incremento en el uso del agua

La CVC desarrolló planes para desviar agua del río Ovejas hacia el río Cauca, para beneficiar una inmensa planta hidroeléctrica. Puesto que el río Cabuyal es tributario del río Ovejas, el uso incrementado del agua en el área de estudio influirá directamente en la cantidad de agua que quede disponible para ser desviada (por cada 100 has. De riego el caudal disminuye 30 lts/s). Sin embargo, un análisis de los datos promedio del flujo del río para el Ovejas 10 km abajo del Cabuyal⁴² demostraron que el flujo promedio durante los meses críticos (julio y agosto) totaliza unos 10.8 m³/s. Entonces, aún en el caso no probable de que los habitantes de la cuenca del Cabuyal utilicen toda el agua del río Cabuyal (250 l/s en la época seca), su efecto en la cantidad de agua que podría ser desviada para la hidroeléctrica, sería mínimo (2.5%).

41. Knapp et. al., 1995.

42. Estación Los Cámbulos, datos disponibles para 1981 - 1995, CVC.

4. VALORACIÓN Y AJUSTE DE LA METODOLOGÍA DEL INAT PARA IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS DE ADECUACIÓN DE TIERRAS EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS.

Con base en lo sugerido por asesores de la subdirección del INAT, se solicitó iniciar el proceso de evaluación y ajuste, realizando observaciones sobre las diferentes zonificaciones utilizadas por el IGAC, el IDEAM y el INAT, utilizando sistemas de información geográfica. Los mapas de las zonificaciones manejadas por cada una de estas instituciones fueron digitalizados y comparados entre sí de manera visual. Las observaciones al respecto se presentan a continuación.

4.1 REGIONES NATURALES DE COLOMBIA

Las regiones naturales (Figura 4.1), resultan de la forma como se organizan y localizan en el espacio los distintos elementos o factores del medio geográfico como el relieve, clima, estructura geológica, vegetación y otros⁴³. Es en síntesis una regionalización de tipo bio-geográfico que explica la organización del paisaje. Para el caso de priorización de proyectos de irrigación es más una herramienta de apoyo para complementar la información que una definición de áreas específicas para la selección de proyectos.

4.2 IDEAM

(⁴⁴)

La zonificación hidrográfica actual del territorio nacional (Figura 4.2) se basa en la metodología aplicada en primera instancia para la cuenca del río Magdalena y desarrollada posteriormente para todo el país, con la cual se establece la codificación de las estaciones que conforman la red bajo cinco áreas hidrográficas, constituidas por treinta y nueve zonas y sus respectivas subzonas.

Las cinco áreas hidrográficas se estructuraron considerando los aspectos físicos del territorio que determinan la convergencia de las aguas y en la codificación ascendente corresponden a: Caribe, Magdalena, Orinoco, Amazonas y Pacífico. En cada una de estas áreas se establecieron las principales cuencas aportantes, que en buena medida coinciden con los ríos que las recorren, dando origen a siete zonas en el área Caribe, nueve zonas para el río Magdalena, ocho zonas para los ríos Orinoco y Amazonas respectivamente y siete zonas en el área Pacífico.

La menor desagregación en la zonificación efectuada corresponde a las Subzonas hidrográficas que representan cuencas más pequeñas.⁴⁵ A continuación se detallan las áreas con sus correspondientes zonas.

43 Atlas y geografía de Colombia, 1989 p 32.

44 INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES.

45 <http://www.ideam.gov.co/hidrologia/docs/indice.htm>

ZONIFICACION HIDROGRAFICA - IDEAM

AREA	ZONAS Y SUBZONAS *	
Caribe	1 - Río Atrato (15) 2 - Río León (2) 3 - Río Sinú (9) 4 - Dique-Bocas (1)	5 - Guajira (8) 6 - Río Catatumbo (8) 7 - Islas (3)
Magdalena - Cauca	1 - Alto Magdalena(25) 2 - Río Saldaña (8) 3 - Medio Magdalena (21) 4 - Río Sogamoso (6) 5 - Bajo Magdalena (2)	6 - Río Cauca (25) 7 - Río Nechí (4) 8 - Río Cesar (4) 9 - Costa (6)
Orinoco	1- Río Inirida (10) 2 - Río Guaviare (20) 3 - Río Vichada (7) 4 - Río Tomo (6)	5 - Río Meta (26) 6 - Río Casanare (3) 7 - Río Arauca (5) 8 - Río Orinoco (4)
Amazonas	1- Río Guainía (9) 2- Río Vaupés (10) 3- Río Apaporis (9) 4- Río Caquetá (20)	5 - Río Yari (11) 6 - Río Cagúan (7) 7- Río Putumayo (11) 8 - Varios Amazonas (1)
Pacífico	1 - Río Mira (4) 2 - Río Patía (9) 3 - Río Patía-San Juan (11) 4 - Río San Juan (9)	5 - Río Baudó (2) 6 - Río Baudó-Panamá (1) 7 - Islas del Pacífico (2)

* Los números entre paréntesis corresponden al total de subzonas que conforman cada una de las zonas hidrológicas.⁴⁶

Red Hidrológica Nacional

"La red Hidrológica Nacional se compone de estaciones hidrológicas equipadas con dispositivos e instrumentos que permiten el registro continuo o periódico de diversos parámetros hidrológicos, entre los cuales el más importante es sin duda alguna el nivel de la corriente.

La instalación, operación y mantenimiento de una estación hidrológica demanda grandes inversiones de capital y personal altamente capacitado. Por otro lado, instrumentar todas las cuencas del país no es financieramente posible y por tanto, se hace imprescindible optimizar la dislocación de las mismas para obtener la mejor cobertura posible sin incurrir en gastos innecesarios.

La cobertura de la red hidrológica nacional en las diferentes cuencas y subcuencas está representada por 1452 estaciones limnimétricas (LM) y limnigráficas (LG), de las cuales 927 estaciones son controladas y operadas por IDEAM, entidad que asiste a los demás organismos,

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 31
entre los cuales se encuentran corporaciones y otros entes oficiales, encargados de la operación de las estaciones restantes establecidas para fines más específicos, abastecimiento de agua potable, agrícolas o energéticos.

Por otro lado, en zonas como los Llanos Orientales se está expandiendo la red, de manera que se incremente la información disponible para los diversos proyectos destinados al mejoramiento de la infraestructura, favoreciendo la integración al resto del país, acorde con el acelerado desarrollo socio-económico que ha caracterizado la última década en esa región. Procesos similares se presentan en la parte alta de las cuencas de los ríos Caquetá y Putumayo, donde se realiza una cooperación fronteriza con el Perú por medio de convenios internacionales.

A través de la operación de la red existente se obtiene la información base de niveles, caudales y sedimentos; que permiten la evaluación global y regional en términos de cantidad, calidad y distribución espacial y temporal, mediante un continuo control de calidad.⁴⁷

4.3 INAT

El documento que contiene la metodología del INAT, fue objeto de lectura y discusión por parte de los miembros del equipo de trabajo.

En una primera lectura se llegó al consenso de que el documento estaba dirigido a realizar una zonificación a nivel Nacional de las diferentes cuencas que conforman el territorio y sugería la utilización de algunos parámetros físicos y socioeconómicos para establecer una ponderación y clasificación de áreas prioritarias. El mismo documento plantea que "éste sólo constituye un paso intermedio para el ordenamiento que finalmente se deba tener del país" (II parte pág. 5) y que su "ajuste deberá darse durante su desarrollo bajo la coordinación de los técnicos que la elaboraron". Es decir, que sólo bajo su aplicación es pertinente hacer sugerencias pues en términos teóricos para la escala de trabajo que aborda, el procedimiento parece ser consistente. (Figura 4.3)

Basados en el ejercicio de identificación de áreas prioritarias para riego a la escala de la Subcuenca del Río Cabuyal (3200 has), consideramos pertinente remitirse a la clasificación actualmente manejada por el IDEAM ya que las divisiones de cuencas allí presentadas tienen estaciones climáticas asociadas. Sólo en la medida que se cuente con información climatológica es posible determinar con mayor precisión en qué lugar al interior de una región es pertinente plantear proyectos de irrigación. Uno de los parámetros claves para precisar la localización es la pendiente del suelo. En el presente caso nos servimos de una cobertura de áreas con pendiente menores del 7 % contenida en el estudio de Knapp 1995.⁴⁸

47 IDEM

48 Knapp, 1995

5. APLICACIÓN Y AJUSTE DE LA FORMULA RACIONAL DEL SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN HIDROLOGICA.

Para el cumplimiento de este objetivo según recomendación del INAT estipulada en el convenio, se hizo la contratación de un Ingeniero Consultor con quien se iniciaron contactos durante el mes de Octubre. Se le hizo entrega por parte del IIMI y CIAT de la información requerida para el uso del modelo del SCS. Su visita al CIAT así como el recorrido de campo para la medición de aforos se hizo en compañía del Dr. Germán Arias de la oficina de la Subdirección de Planeación del INAT. Los resultados de este trabajo serán presentados por el consultor de manera independiente.

BIBLIOGRAFÍA

BOUGHTON, Walter C. 1990 Systematic Procedure for Evaluating Partial Areas of Watershed Runoff. In: Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Vol 116, No.1. Feb 1990.

BUSH & HEWLETT, 1987 A Review of Catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and Evapotranspiration. In: Journal of Hydrology 55(1982) 3-23

CASTAÑO, J. 1996. Marketing System Effects on the Sustainability of Agricultural Systems in Andean Hillsides. (Tesis de doctorado no publicada, primer borrador)

CÍRCULO DE LECTORES 1989 Atlas y Geografía de Colombia,. Bogotá - Colombia. 136 p.

CVC s.f. Regulación del Río Cauca. Desviación del Río Ovejas al embalse de Salvajina. Informe Técnico.

DE ZUANE, John, 1990 Handbook of Drinking Water Quality: Standards and controls. Edited by Van Nostrand Reinhold. 515 p.

FITZPATRICK, E.A. et al. 1964. Climate of the West Kimberley Area. CSIRO Aust. Div. Land Res. Ser. No. 9, 76-102.

HARVEY, A. et al 1993 Hydrology and situ survey. In: Micro-hydro design Manual. IT Publication ITDG 1993

HIMAT 1983 Metodología de priorización de la zonificación de Colombia" Oficina de Planeación - Sección Identificación de Proyectos

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. 1979. Estudio General de suelos de la parte alta de las cuencas de los rios Piendamó, Cajibío y Ovejas (Departamento del Cauca). Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Bogotá, D.E. 302 p.

KEIG, GAEL, and McALPINE, J.R. 1969. WATBAL: A Computer System for the Estimation and Analysis of Soil Moisture Regimes from Simple Climatic Data. CSIRO Aust. Div Land Res. Tech. Memo. No. 69/9.

LINACRE, E.T. 1977. AGRIC. METEOROL. 18:409-424.

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

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT A.A. 6713 CALI - COLOMBIA 34
MONSALVE S., Germán. 1995 Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería.
Tercer Mundo Editores. Santafé de Bogotá. 358 p.

PATTON, Michael Q., 1980 Qualitative Evaluation Methods, Beverly Hills, London, 1980,

PETERS, N.E. 1994 Hydrologic Processes. In: 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

PONCE, Victor M. and LINQUIST, Donna S. 1990 Management of baseflow augmentation: A
review. In: Water Resources Bulletin Vol 26 No. 2 April 1990

RAVNBORG, Helle M. and ASHBY, Jacqueline A. "organising for local-level watershed
management: lessons from Rio Cabuyal Watershed, Colombia. In: ODI-AgREN Network
Paper No. 65, July 1996.

REIJ, C.; MULDER, P. and BEGERMANN, L. 1988 Water Harvesting for Plant Production.
World Bank Technical Paper Number 91. Washington D.C. 123 p.

SHAW, Elizabeth M. s.f. Hydrology in Practice. Second Edition.

SLATYER, R.O. 1960. Agricultural Climatology of the Yass Valley. CSIRO, Australia. Div. Land
Res. Reg. Surv. Tech. Paper 6 and 13.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA - CVC 1993 Avance de Informe del Estudio de Efecto Ambiental del
Proyecto de Desviación del Rio Ovejas sobre recursos Hidrobiológicos del Ecosistema.
Popayán, Junio 1993

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 rio
cabuyal - Cauca - Colombia. En: Rivera, B.; Aubad, R. (eds). El Enfoque de Sistemas de
Producción y la Incorporación de Criterios de Política. Santa Fé de Bogotá, Colombia.
CORPOICA. p 173 -185.

ANEXOS**ANEXO 1. Fuentes de información complementaria.**

Estaciones climáticas consultadas	Códigos internos
Piendamó	2042.40
La Aguada	2127.00
Mondomo	2097.00
Pescador	1908.60
Morales	2696.00
Salvajina	2269.80
Silvia Planta Eléctrica	1316.00
Suárez	2659.00
Catalina	2439.00
Ovejas Abajo	1969.00
El Amparo	2232.00
Tunía	1819.40
Pitayó	1911.40
Punto de aforo "La Tarabita"	

BARROW, Chris. 1987. *Water Resources and Agricultural Development in the Tropics*. Longman Group. UK. 356 p.

BOUGHTON, Walter C. 1987 *Evaluating Partial Areas of Watershed Runoff*. In: *Journal Irrigation drainage Engineering*. Vol 113, No. 3 1987.

IVES, J. and PITT, D.C. 1991 *Deforestation. Social Dynamics in Watersheds and Mountain Ecosystems*. IUCN Great Britain. 247 p.

JACKSON, I. J. 1988. *Climate, Water & Agriculture in the tropics*. 2nd Edition Longman Group. UK. 377 p.

KOVAR, K. and NACHTNEBEL, P. H. 1993 *Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Mangement*. *Proceeding of an International Conference held in Vienna, Austria from 19 to 22 April 1993*. IAHS Publication No. 211. 644 p.

VINCENT, Linden. 1995. *Hill Irrigation: Water and Development in Mountain Agriculture*. Overseas Development Institute. London 220 p.

ANEXO 2. Formatos de encuestas

Encuesta 1.

DIAGNOSTICO DEL USO DEL AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RIO CABUYAL (CAUCA)
PROYECTO IIMI - CIAT - CIPASLA

ENCUESTA VEREDAL

Información General

Nombre de la Vereda _____

Extensión en Km² _____

Población _ Rural _____ _ Urbana _____

Fecha de la Información _____

Número de viviendas nuevas (últimos 2 años) _____

Número de personas en estas viviendas _____

Fuente(s) de Agua Principales

Ríos(Nombres): _____

Estos Ríos algunas veces no tienen agua? _ Si _ No

En qué mes (es) _____

Zanjones (Quebradas, Arroyos) Cantidad _____

Localización _____

Aljibes (Pozos Profundos) Cuantos: _____

Localización _____

Profundidad _____

Lagunas/Lagos: Cuantos: _____

Localización _____

Reservorios (Pozos almacenamiento) Cuantos: _____

Localización _____

Información sobre Riego

Existen dentro de la Vereda algún sistema para regar cultivos? (Llene una hoja por cada uno)

_ Si _ No

Si la respuesta es afirmativa: Cuantos: _____

Nombre del Usuario _____

Localización _____

Area _____

Fuente de agua _____

Tipo de sistema: Presión Gravedad

Esta operando? Si No

Información sobre Acueductos

Existen dentro de la Vereda acueductos? (Una hoja por acueducto)

Rurales Interveredales

Nombre de la(s) vereda(s) beneficiaria(s): _____

Localización: _____

Se puede obtener el diseño del acueducto? Si No

Capacidad _____

Número de Familias _____

Fuente de agua _____

Est< funcionando? Si No

Si la respuesta es no, Por que? _____

Ha dejado de funcionar en alguna Época del año/en algún mes del año? Si No

Si la respuesta es si, Porque? _____

Tienen derechos de agua? Si No

Tienen concesión de agua? Si No

Tarifa de agua _____

Como se surten de agua los que no tienen acueducto (Enumerar)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Existen dentro de la Vereda industrias que utilicen agua? (Una hoja por Industria)

Tipo de Industria _____

Nombre de la Persona a cargo _____

Localización _____

Tipo de producto que procesan _____

Demandas de agua _____

Fuente de agua _____

Dónde vierten los desechos _____

Dónde vierten el agua residual _____

Utilizan tratamiento de agua Sí No

Si la respuesta es afirmativa qué tipo de tratamiento utilizan _____

Se puede volver a utilizar esta agua Sí No

En que? _____

Tienen derechos de agua? Sí No

Tienen concesión de agua? Sí No

qué tarifas de agua tienen _____

Información sobre Ecología

Existen dentro de la vereda alguna reserva ecológica (Protección ríos, zanjones, lagunas, lagos, entre otros) que proteja el agua?

Sí No

Localización _____

Area _____

Fuente de agua _____

Quién controla la reserva _____

Qué se hace en la vereda por cuidar el agua? _____

Información sobre Otras Entidades

Existe dentro de la Vereda alguna otra entidad (Colegios, escuelas, casetas comunales, entre otras) que utilice el agua? (Una hoja por entidad)

Tipo de entidad _____

Demanda de agua _____

Número de usuarios _____

Fuente de agua _____

Dónde vierten el agua residual _____

Utilizan tratamiento de agua Si No

Si la respuesta es afirmativa qué tipo de tratamiento utilizan _____

Tienen derechos de agua Si NoTienen concesión de agua Si No

Qué tarifa de agua tienen _____

Información Pecuaria

Existen dentro de la Vereda explotaciones pecuarias que utilicen agua?

Tipo:

 Ganado Aves Porcinos Peces Otros (cuales) _____

(Una hoja por cada tipo de explotación)

Localización _____

Demanda de agua _____

Fuente de agua _____

Dónde vierten los desechos _____

Dónde vierten el agua residual _____

Utilizan tratamiento de agua Si No

Si la respuesta es afirmativa qué tipo de tratamiento utilizan _____

Tiene derecho de agua Si NoTiene concesión de agua Si No

Qué tarifa de agua tienen _____

Información sobre Salud

qué tipos de servicios médicos existen dentro de la Vereda? (Una hoja por cada uno)

 Hospital Centro de Salud Otro (cual) _____

Número _____

Localización _____

Indique si el ente médico colecciona regularmente la siguiente información sobre su <rea de influencia:

Malnutrición infantil: Si No

Si la respuesta es positiva indicar si existe la siguiente información:

a. Malnutrición en menores de cinco años _____

Bajo peso _____
Baja talla _____
Otro (cual) _____

b. Enfermedades relacionadas con el agua

-	Fiebre tifoidea	_____
-	Hepatitis infecciosa	_____
-	Cólera	_____
-	Difteria Basilar	_____
-	Tracoma	_____
-	Sarna	_____
-	Esquisostomiasis	_____
-	Paludismo	_____
-	Enteritis	_____
-	Diarreas	_____
-	Otras (especifique)	_____

**Tabla 3.7 PRECIPITACION MENSUAL* (en mm)
CUENCA DEL OVEJAS**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
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

* basado en 6 estaciones climáticas seleccionadas: Silvia, Morales, Mondomo, La Aguada, El Amparo y Piendamó
interpolación de acuerdo con las zonas climáticas usadas por CVC

**Tabla 3.8: EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL MENSUAL EN mm - CUENCA RIO OVEJAS
(de acuerdo con Penman - Monteith, ET_0)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
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

Bajo peso _____
Baja talla _____
Otro (cual) _____

b. Enfermedades relacionadas con el agua

- Fiebre tifoidea _____
- Hepatitis infecciosa _____
- Cólera _____
- Difteria Basilar _____
- Tracoma _____
- Sarna _____
- Esquistomiasis _____
- Paludismo _____
- Enteritis _____
- Diarreas _____
- Otras (especifique) _____

Encuesta 2.
IDENTIFICACIÓN DE METODOS ARTESANALES DE RIEGO EN LA SUBCUENCA DEL RIO CABUYAL (CAUCA)
PROYECTO IIMI - CIAT - CIPASLA

- 0. Número de la encuesta _____
- 1. Nombre de la Vereda _____
- 2. Nombre persona entrevistada _____
- 3. Nombre local del método _____
- Que materiales utiliza para regar
- 4. Motobomba (marca y potencia) _____
- 5. Tanque (Volumen) _____
- 6. Caneca (volúmen) _____
- 7. Manguera
 - a Longitud _____
 - b Calibre _____
 - c Material (marque solo el más utilizado)
 - PVC _____
 - Plastico _____
 - Hule _____
 - Polietileno _____
 - Otro _____
- 8. Surtidor
 - a. Marca _____
 - b. Número _____
- 9. Boquilla
 - a. Marca _____
 - b. Número _____
- 10. Otro Material _____
- 11. Cuantos jornales gastó en la construcción del método _____
- 12. Como es el método que utiliza:
 - a _____ Manual (si no usa motores u otro tipo de máquina)
 - b _____ Canales (como acequias en la laderas)
 - c _____ Aspersión (si utiliza aspersores directamente de motobomba o tanque)
 - e _____ Microaspersores (asi sea o no con motobomba)
 - d _____ Goteo (asi sea o no con motobomba)
 - f _____ Presión (si utiliza gravedad para dar presión sea de motobomba o tanque)
 - f Otro (Cual) _____
- 13. Cuantos jornales gasta en la operación del método _____
- 14. Cuanto gasta en gasolina por riego (puede ser en pesos o en galones) _____
- 15. Como se entero del método
 - a Invento propio
 - b Lo leyó en una publicación
 - c Alguien le contó
 - d Lo vió en otro lugar

e Otro

16. Qué área riega con este método _____
17. Qué cultivo riega (si es más de uno marque en orden de importancia o de mayor frecuencia de cultivo)
- a Tomate
 - b Habichuela
 - c Pimentón
 - d Cebolla
 - e Papa
 - f Arveja
 - g Papaya
 - h Otro (Cual) _____
18. Cual es la clave o pista que lo conduce a utilizar el sistema de riego.
- a Plantas secas
 - b suelo seco
 - c fecha fija
 - d No llueve por más de ocho días
 - e Otro (Cual) _____
19. Que fuente de agua utiliza para regar
- a Nacimiento
 - b Quebrada o riachuelo
 - c Acueducto veredal
 - d Nacimiento + acueducto
 - e Otro (Cual) _____
20. Que número de riegos en promedio realiza durante todo el cultivo _____
21. Que tiempo promedio en horas dura cada riego _____ Horas
22. Que cantidad de agua utiliza en total para regar (en litros) _____ lts
23. Cómo hace para calcular cuanta agua utiliza en cada riego
- a hay un registro
 - b usa Baldes
 - c Al ojo
 - d por el tamaño del tanque
 - e al calculo
 - f Otro
24. Que rendimiento obtiene cuando solo hay riego en su cultivo principal _____
- _____
25. Que rendimiento obtiene cuando hay riego y también llueve en su cultivo principal _____
26. Que rendimiento obtiene cuando no hay riego en su cultivo principal _____
27. Cómo podría mejorarse este sistema de riego ? _____
- _____
- _____
- 28.Cuál es el principal problema de este sistema de riego? _____
- _____
29. Tiene algún otro método adicional para almacenar agua (si es el mismo no llenar las siguientes preguntas)
- a Pozo o Aljibe
 - b Tanque
 - c Estanque

- d Acequia
- e Trincho en el río
- f Reservorio o tanque en tierra
- g el mismo

30. Qué volumen de agua almacena _____ lts.

31. Que fuente utiliza para almacenar el agua

- a Agua lluvia
- b Quebrada o riachuelo
- c Nacimiento
- d Subterránea
- e Acueducto

32. Que uso le da al agua que almacena (si hay varios enumere en orden de importancia)

- a agrícola
- b Doméstico
- c Pecuário
- d Industrial
- e Otro

Encuesta 3.
ACUEDUCTOS / SOLUCIONES DE AGUA

1. Fecha:

2. Nombre de la persona encuestada:

3. Nombre del Acueducto:

4. Quienes estan en la Junta del Acueducto (nombre y vereda) ?

- * _____
- * _____
- * _____
- * _____
- * _____

5. Estas personas reciben algun forma de renumeracion ? Si / No

Quando si, en que forma: o en dinero

o en natura

o otro _____

6. Que son las actividades de la Junta ?

- * _____
- * _____
- * _____
- * _____
- * _____
- * _____

7. Tienen reglamento ? Si / No

Quando si, quien hizo el reglamento ? _____

8. Tienen sistemas de multas ? Si / No

Quando si, ya les toco una vez aplicarlo ? Si / No

9. La cantidad de agua es suficiente para todos ? Si / No

10. El agua llega hasta abajo en las epocas secas ? Si / No

11. Existen problemas en el acueducto ? Si / No

Quando si, cuales ?

o tuberia muy pequena

o falta de presion en la tuberia

- el agua no llega en toda el sistema
 - fuga de agua
 - falta de mantenimiento por falta de recursos
 - beneficiarios no pagan tarifas
 - mal uso de agua
 - otro _____
-

12. Estan utilizando el agua del acueducto para regar cultivos ? Si / No

Cuando si, en que veredas ? _____

De cuantas personas en total se trata ?

13. Que hacen en casos de danos menores ?

14. Que hacen en casos de danos mayores ?

15. Que propuestas tienen para mejorar el sistema ?

- mejoras tecnicas:

(for example ampliar tuberia, mejorar bocatoma, mantenimiento)

- medidas en el manejo:

(for example aumentar tarifas, medidores de agua, prohibir uso para riego)

Tabla 2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DEL ÁREA DE CABUYAL (CVC-IGAC)

Asociación	Conjuntos	Localización	Profundidad	Textura	Color superficie	pH
Farallones FR 2000 - 3000 msnm Geomorfología: Taludes de planos intramontanos de clima frío húmedo	Farallones Typic humitropept	Áreas de relieve escarpado con pendientes fuertes	Superficiales a moderadamente prof.	Far a finas	Color pardo oscuro	5-3 - 5-7
	Jebala Andic humitropept	Onduladas con zona de acumulación	Profundos	Far / Ar	Pardo grisáceo oscuro	5-4 - 5-5
Pescador PD < 1800 msnm Altiplanos disectados de clima medio húmedo	Pescador Oxic Dystropept	Flancos 1/2 de altiplanos disectados de clima medio húmedo	Prof. a muy prof	Medias a finas	Gris a muy oscura a pardo grisáceo muy oscuro	5-5 5-8
	Dinde Typic Dystrandept	Ondulaciones suaves y zonas de acumulación en los mismos altiplanos disectados	Muy profundos.	Medias a finas	Negro a pardo grisáceo muy oscuro	4-9 - 5-9
	Rosario Entic Dystrandept	En flancos y cimas del mismo paisaje	Prof. a muy prof	Medias a finas	Pardo muy oscuro a pardo oscuro	5-1 - 5-6
	Estación Andic Humitropept	Flancos de mayor pendiente en el mismo paisaje	Prof a muy prof	Moderadamente finas	Negro a gris muy oscuro	5-1 - 5-7
Suarez SM < 2000 msnm Taludes abruptos de altiplanos disectados de clima medio húmedo	Suarez Ustic Dystropept	Relieve fuertemente quebrado con pendiente entre 25 y 50%	Profundas	Medias y gravillosas	Gris muy oscuro	5-0 - 5-2
	Minas Typic Dystropept	Relieve fuertemente quebrado con pendiente del 45% aproximadamente	Prof a muy prof	Finas	Pardo oscuro	4-4 - 5-1
	Pan de Azúcar Andic Dystropept	Relieve fuertemente quebrado con pendientes complejas entre 25 - 50%	Muy Profundas	Finas	Pardo grisáceo oscuro	5-0 - 5-3
Usenda 2000-3000 msnm Planos intramontanos de clima frío húmedo	Aguada Typic Dystrandept	Flancos y cimas de las ondulaciones	Prof a muy profundos	Francas gruesas a francas finas	Negro	5-6 6-8
	Usenda Typic Placandept	Planos húmedos intramontanos	Moderadamente Profundos	Finas organica	Pardo osuero	5-7 6-2
	Colorado Typic Dystropept	Flancos de las ondulaciones	Profundos	Finas	Negro a gris muy oscuro	5-3 5-6
Puelenge PU Valles coluvio aluviales	Puelenge Tropic Fluvaquent	Pantanosos con influencia aluvial en valle estrechos	Superficial	Fanca	Gris muy oscuro	5-7
	Limonares Typic Ustropept		Profundos	Far Media	Pardo oscuro	5-8
Alsacia Planicie disectada baja	Alsacia Typic Placandept		Muy profunda	Orgánico	Negro	5- 5-6
	Morales Typic Dystrandept		Muy profunda	Orgánico FA	Pardo grisáceo oscuro	5-5 5-9

Tabla 3.3 COSTO PROMEDIO DE SISTEMAS ARTESANALES DE RIEGO - SUBCUENCA RIO CABUYAL

SISTEMA 1	MOTOBOMBA			
COSTOS FIJOS		CANTIDAD	VALOR/UNITARIO	VALOR/TOTAL
(MATERIALES)	MOTOBOMBA DE 7 HP	1	1500000	1500000
	MANGUERA DE 1.5"	200	500	100000
	TANQUE PARA 10m3	1	80000	80000
	JORNALES DE CONSTRUCCION	80	5000	400000
	SUBTOTAL			2080000
COSTOS VARIABLES				
(OPERACION por dos meses)	COMBUSTIBLE	100	1080	108000
	JORNALES DE OPERACION	15	5000	75000
	SUBTOTAL			183000
	TOTAL			2263000

AREA SEMBRADA	4500M2
DENSIDAD DE SIEMBRA PLANTAS/M2	8000/HA
RENDIMIENTO EN KG/HA	17500
RENDIMIENTO EN CAJAS/HA	1200
VOLUMEN AGUA REPORTADO/HA	40M3
VALOR PRODUCCION/HA	7000000

SISTEMA 2	ACUEDUCTO			
COSTOS FIJOS		CANTIDAD	VALOR/UNITARIO	VALOR/TOTAL
(MATERIALES)	MANGUERA DE 0.5"	170	100	17000
	TANQUE PARA 3m3	1	30000	30000
	JORNALES DE CONSTRUCCION	40	5000	200000
	SUBTOTAL			247000
COSTOS VARIABLES				
(OPERACION por dos meses)	JORNALES DE OPERACION	5	5000	25000
	SUBTOTAL			25000
	TOTAL			272000

AREA SEMBRADA	3000M2
DENSIDAD DE SIEMBRA PLANTAS/M2	5400
RENDIMIENTO EN KG/HA	8100
RENDIMIENTO EN CAJAS/HA	540
VOLUMEN AGUA REPORTADO	15m3
VALOR PRODUCCION/HA	3240000

SISTEMA 3	GRAVEDAD			
COSTOS FIJOS				
(MATERIALES)	MANGUERA DE 0.5"	700	100	70000
	TANQUE PARA 3m3	1	30000	30000
	JORNALES DE CONSTRUCCION	50	5000	250000
	SUBTOTAL			350000
COSTOS VARIABLES				
(OPERACION por dos meses)	JORNALES DE OPERACION	4	5000	20000
	SUBTOTAL			20000
	TOTAL			370000

AREA SEMBRADA	1400m2
DENSIDAD DE SIEMBRA PLANTAS/M2	12100
RENDIMIENTO EN KG/HA	20600
RENDIMIENTO EN CAJAS/HA	1370
VOLUMEN AGUA REPORTADO	50m3
VALOR PRODUCCION/HA	8240000

**Tabla 3.4 REQUERIMIENTO DE AGUA PARA
TOMATE - SUBCUENCA DE CABUYAL (CROPWAT)**

Mes	década	coef K_c	ETcultivo mm/día	lluvia ef. mm/día *	Irr eq. (mm/día)
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 estación (125 días):	146.4 mm
por día:	1.17 mm
con 70 % de eficiencia:	1.67 mm

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

Tabla 3.5 RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO - QUIMICOS - SUBCUENCA RIO CABUYAL

	estacion 1	estacion 2	estacion 3	estacion 4	estacion 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 (µmhos/cm)	21.2	28.7	28.6	23	28.2
Cianuros (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
Amoniaco (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
Saturacion en O ₂ (%)	94	97	94	100	103
Coliformes totales (por 100 ml de agua)	330	3500	1100	8000	8000
Coliformes fecales (por 100 ml de agua)	<2	<2	<2	<2	<2

Tabla 3.6: INFORMACION HIDROLOGICA - SUBCUENCA RIO CABUYAL

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

**Tabla 3.7 PRECIPITACION MENSUAL* (en mm)
CUENCA DEL OVEJAS**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1974	272	348	360	231	176	115	115	37	196	282	348	146	2625
1975	102	338	165	177	267	116	199	136	122	23	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	366	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	266	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

* basado en 6 estaciones climáticas seleccionadas: Silvia, Morales, Mondomo, La Aguada, El Amparo y Piendamó
interpolación de acuerdo con las zonas climáticas usadas por CVC

**Tabla 3.8: EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL MENSUAL EN mm - CUENCA RIO OVEJAS
(de acuerdo con Penman - Monteith, ET_0)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
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

Tabla 3.9: 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
Average	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

Tabla 3.10: CAUDAL MENSUAL , OVEJAS ABAJO
en mm

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	anual
1974	165	236	247	133	120	71	50	37	39	79	157	120	1453
1975	101	160	149	99	111	69	88	53	47	86	185	261	1411
1976	143	146	116	130	106	65	38	27	19	59	78	75	1002
1977	48	39	38	64	92	59	41	31	30	51	79	51	622
1978	90	47	42	73	80	53	42	37	32	33	44	82	656
1979	71	55	107	89	118	119	49	47	69	93	132	84	1034
1980	74	137	101	65	64	49	36	30	31	43	40	57	728
1981	56	61	69	91	139	95	65	43	34	38	84	88	862
1982	155	129	166	157	151	93	52	36	34	55	73	94	1197
1983	78	96	98	172	117	75	34	27	30	42	72	74	915
1984	114	115	96	115	183	113	69	47	52	95	157	122	1278
1985	157	103	71	91	111	80	47	39	36	61	119	93	1008
1986	117	143	161	102	86	66	44	34	31	76	98	76	1034
1987	58	43	42	47	77	45	35	28	29	93	110	111	718
1988	54	40	39	51	65	74	77	50	41	66	179	196	932

**Tabla 3.11: DATOS CLIMATICOS PARA 2 ESTACIONES
EN LA CUENCA DEL CABUYAL**

año	mes	precipitación		max temp		min temp	
		Campaña	Ventanas	Campaña	Ventanas	Campaña	Ventanas
		1550 m.s.n.m	1650 m.s.n.m	1550 m.s.n.m	1650 m.s.n.m	1550 m.s.n.m	1650 m.s.n.m
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							
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							
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							
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

Tabla 3.12: BALANCE HIDRICO EN 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 base	602	32	511	29
escorr. direc	180	10	152	9

**Tabla 3.13: CAUDAL DEL RIO CABUYAL
medido en litros por segundo**

	29-Apr-94	13-Sep-94	3-Oct-95	30-Mar-95	9-Aug-95	19-Oct-95	23-Sep-96	25-Oct-96
Parte baja	1361	285	543	1210	524	558	272	390
Parte med	752	131	304	514	243	275		
Parte alta	313	67	150	278	117	158		

distribución del agua en la cuenca

	29-Apr-94	13-Sep-94	3-Oct-95	30-Mar-95	9-Aug-95	19-Oct-95	promedio	en %
Parte baja	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	50%
Parte med	0.55	0.46	0.56	0.42	0.46	0.49	0.49	25%
Parte alta	0.23	0.24	0.28	0.23	0.22	0.28	0.25	25%

Tabla 3.14 : MODELO DE SIMULACION DE CAUDALES AWBM: caudal actual y estimado en mm por mes

	1974		1975		1976		1977		1978		1979		1980		1981		1982		1984		1985		1987	
	esti- 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 parciales	A1	40 mm	0.047
	A2	220 m	0.897
	A3	600 m	0.056
Ind. de caudal	0.77		
Const. de rece	0.99		

**Tabla 3.14 : MODELO DE SIMULACION DE CAUDALES AWBM: caudal actual y estimado
en mm por mes**

	1974		1975		1976		1977		1978		1979		1980		1981		1982		1984		1985		1987	
	esti- mado	actual																						
Ene	25	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

**Tabla 3.15 : MODELO DE SIMULACION DE CAUDALES AWBM:
Caudal simulado del Río Cabuyal**

		Ventanas*		medida	
		mm/mes	l/s	fecha	l/s
1994	Ene	115	1420		
1994	Feb	57	704		
1994	Mar	102	1259		
1994	Abr	109	1346	29-Apr	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-Aug	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

* Estación Jose Domingo, 1650 m.s.n.m.

**Tabla 3.16 PARAMETROS PROPORCIONADOS
POR EL MODELO AWBM PARA EL RIO CABUYAL**

Areas parciales:	A1	40 mm	0.047
	A2	220 mm	0.897
	A3	600 mm	0.056
Ind. de caudal base	0.77		
Const. de recesión	0.99		

Tabla 3.17 DISTRIBUCION DE LOS SUELOS SEGUN ESTACIONES CLIMATICAS Y PROFUNDIDADES DEL SUELO EN OVEJAS (Area en Has.)

Profundidad	Amparo	Silvia	Piendamó	Mondomo	Total
25cms	1455	68	1410	5251	8183
100cms	25114	4209	11975	3617	44915
150cms	4895	2058	1592	0	8545
Total	31464	6334	14977	8869	61644

Tabla 3.18 VALORES ESTIMADOS POR WATBAL PARA DIFERENTES PARAMETROS Y ESTACIONES

El Amparo

Lat 2.88 Lon 6.48 a.s.n.m. 1850

ppt	143	136	157	198	175	85	51	68	118	236	247	196	1810
temp promedio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18	19	
Rango de temp.	11	12	11	11	10	11	13	13	12	11	10	11	
Evapotranspiración	171	157	174	162	164	162	177	183	168	164	153	164	1998

Silvia

Lat 2.61 Lon 6.36 a.s.n.m 2650

ppt	185	148	178	197	156	91	46	48	105	289	305	264	1992
temp promedio	13	13	13	13	13	13	13	14	13	13	13	13	
Rango de temp.	13	13	13	13	13	14	15	15	15	13	12	13	
Evapotranspiración	146	134	146	141	146	141	152	158	150	146	135	143	1737

Piendamó

Lat 2.36 Lon 6.53 a.s.n.m 1840

ppt	167	148	181	198	155	91	46	48	104	292	307	268	2006
temp promedio	17	18	18	17	17	17	17	18	18	17	17	17	
Rango de temp.	13	13	13	13	13	14	15	15	15	13	12	13	
Evapotranspiración	167	154	167	162	167	165	177	183	177	167	153	164	2005

Mondomo

Lat 2.88 Lon 6.53 a.s.n.m 1200

ppt	143	138	159	198	177	86	51	68	121	242	249	197	1829
temp promedio	22	23	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Rango de temp.	11	12	11	11	11	11	13	13	13	11	10	11	
Evapotranspiración	186	174	189	177	180	177	195	202	189	180	168	177	2193
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	anual

Tabla 3.19 POTENCIAL DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO "La Laguna - Pescador" PERIODO CRITICO JULIO - AGOSTO

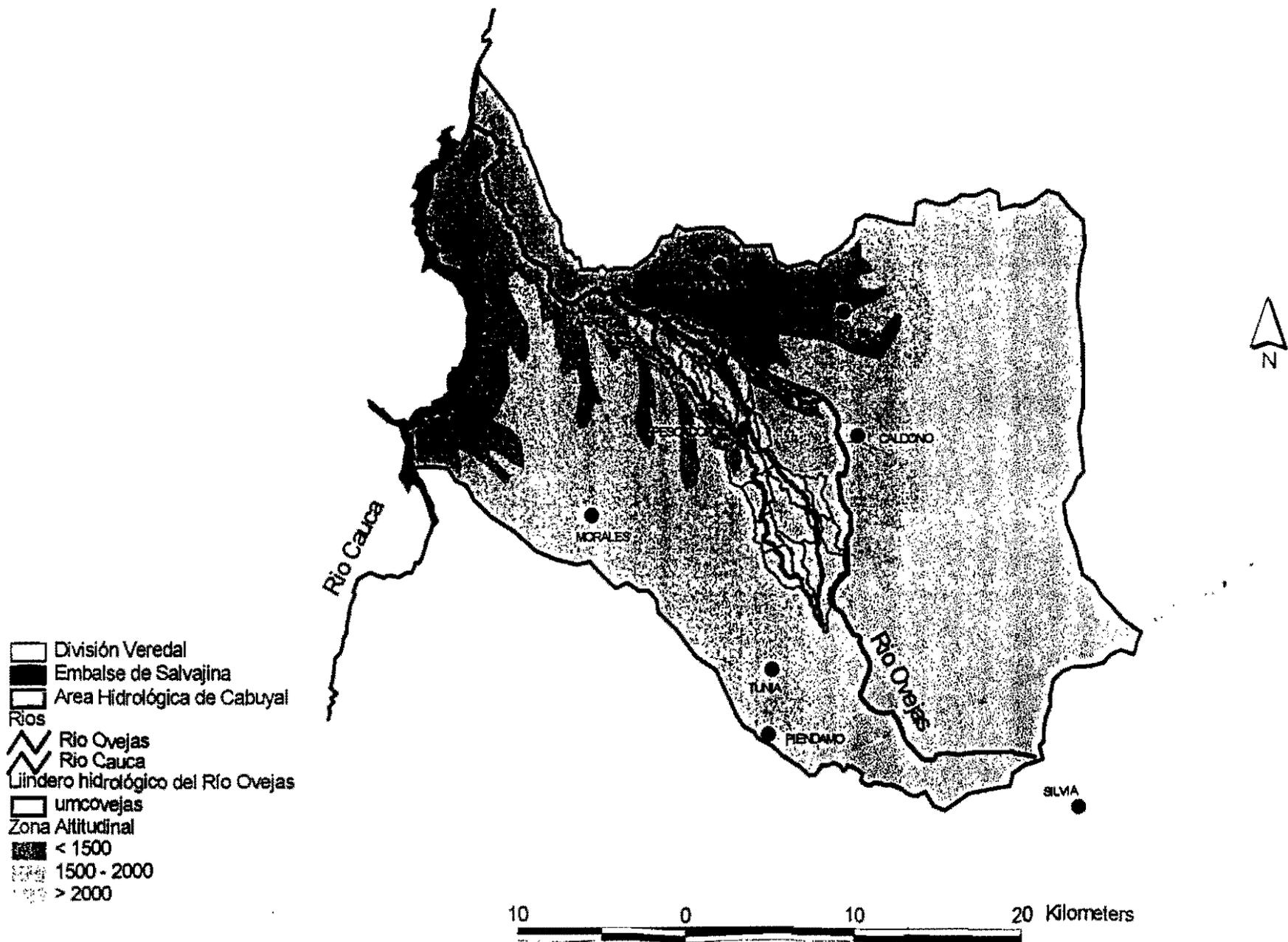
		caudal en l/s	m ³ por día	domestico *	riego **
actual	rendimiento actual	10	864	154 m ³	710 m ³ ***
	con el actual área irrigada			1025 benef.	64 ha ***
opción 1	rendimiento actual	10	864	360 m ³	504 m ³
	priorizando el uso doméstico			2400 benef.	30 ha
opción 2	haciendo útil su completa	15	1296	360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

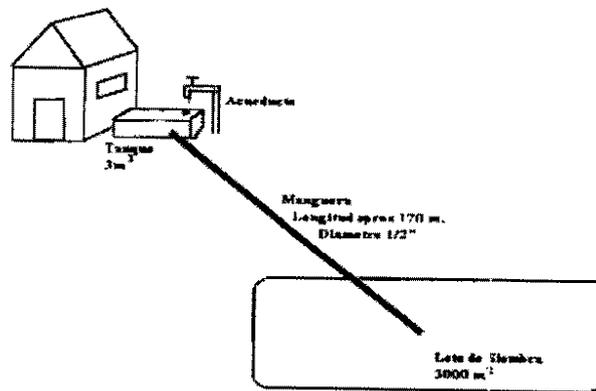
* 2400 beneficiarios @ 150 litros por día, sin tomar en cuenta el crecimiento de la población

** riego necesario según CROPWAT con 70 % de eficiencia = 16.7 m³ por ha/día

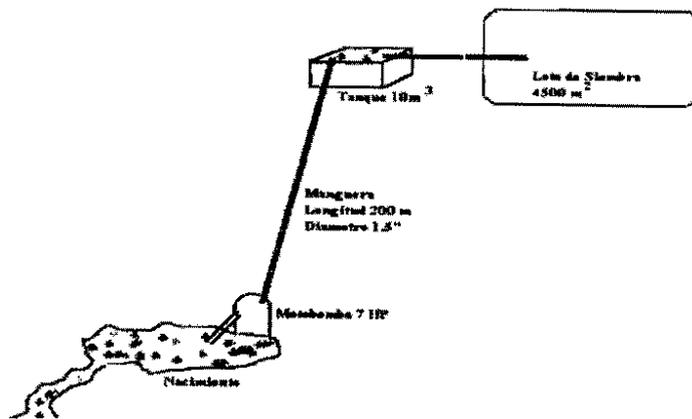
*** según reporte de los beneficiarios: 64 ha es actualmente irrigada, cantidad de agua usada 11.1 m³ por ha

FIGURA 1.1. LOCALIZACION DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS OVEJAS Y CABUYAL ESTACIONES CLIMATICAS Y PUNTO DE AFORO

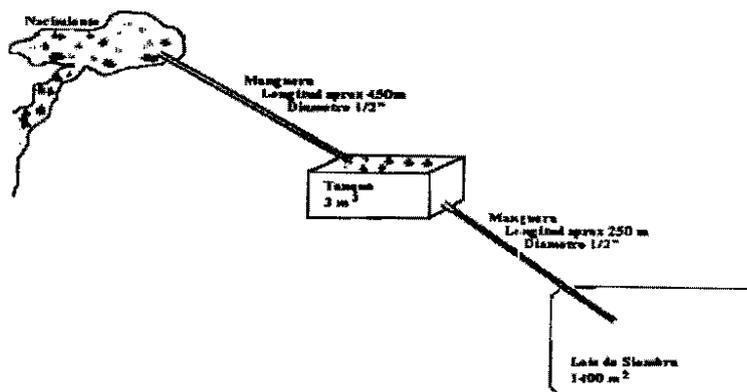




Método del Acueducto



Método de Motobomba

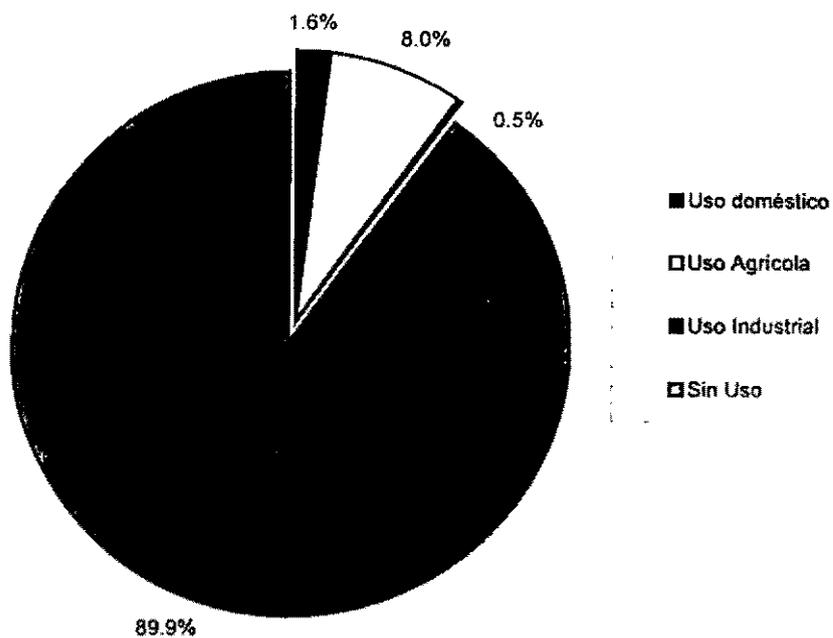


Método por Gravedad

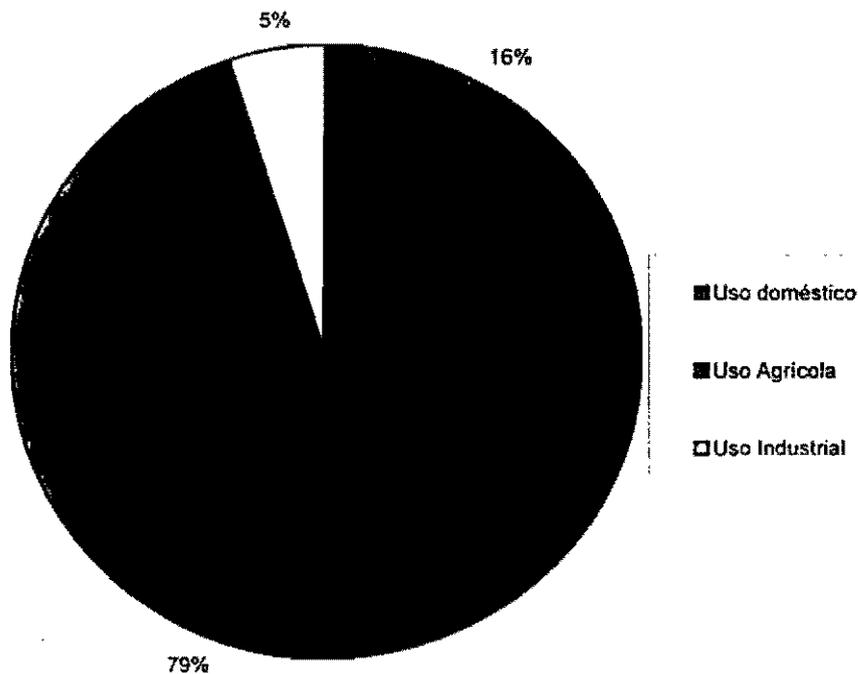
Figura 3.1 MÉTODOS ARTESANALES DE RIEGO - SUBCUENCA RÍO CABUYAL

Fig 3.2 USO ACTUAL DEL AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RIO CABUYAL

PORCENTAJE DE AGUA UTILIZADA CON RESPECTO AL TOTAL



USO ACTUAL DEL AGUA UTILIZADA



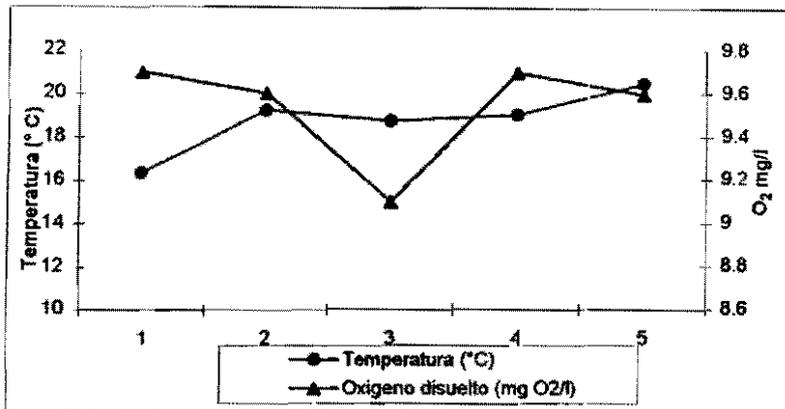


Fig 3.3. Evolucion de la temperatura y del oxigeno disuelto entre las estaciones.

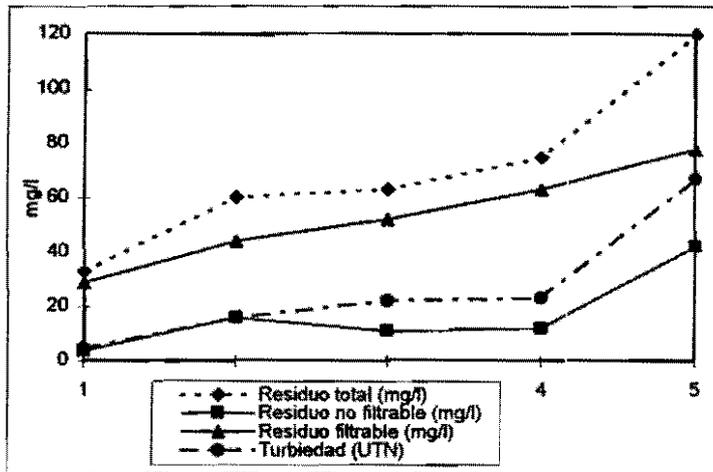


Fig 3.4. Evolucion de los residuo en suspension y de la turbiedad entre las estaciones

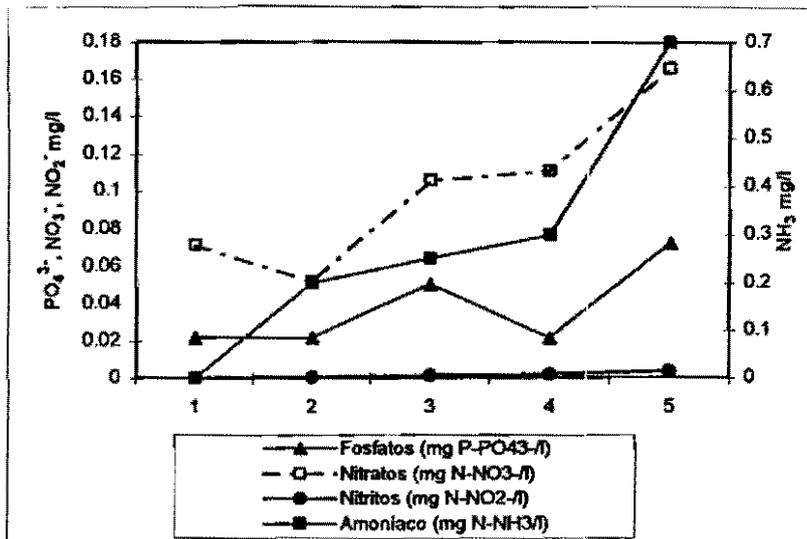


Fig 3.5 Evolucion del amoniaco, de los nitratos, nitritos y fosfatos entre las estaciones

Fig.3.6 BALANCE HIDRICO: PRECIPITACION - EVAPOTRANSPIRACION (mm)

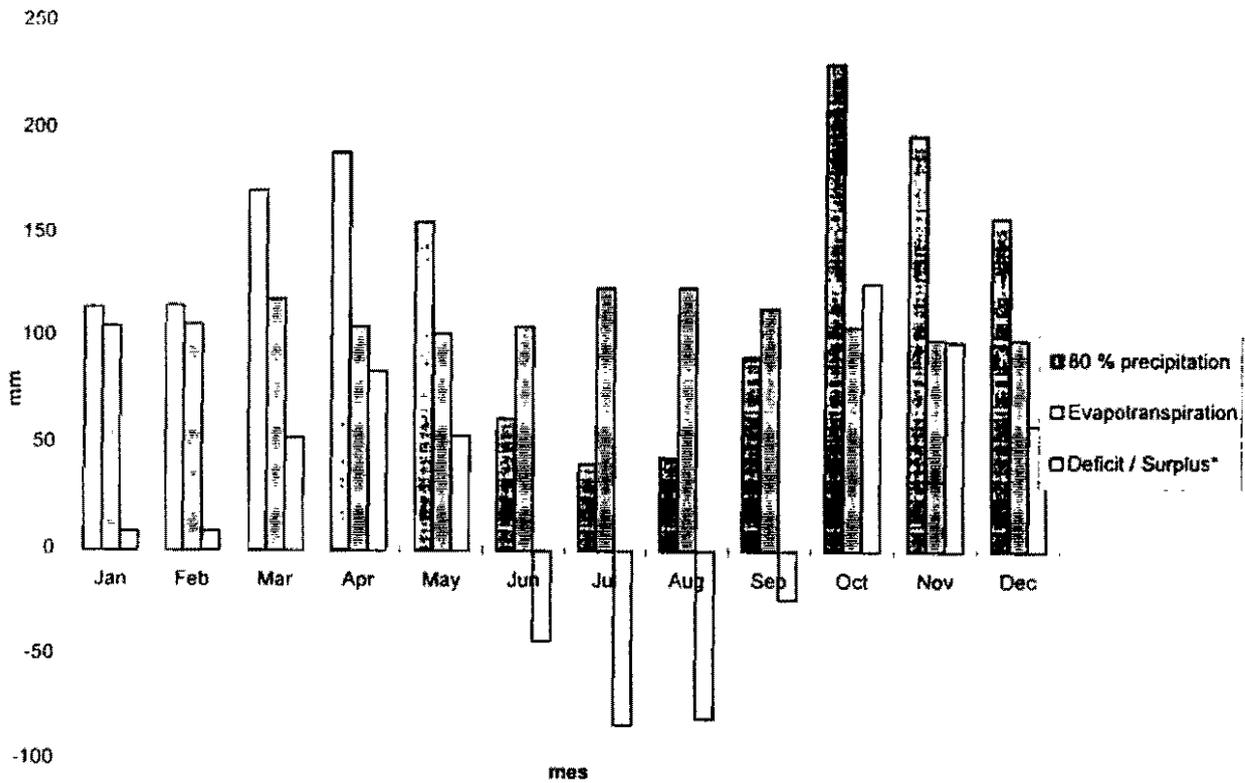
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación	182	189	211	230	196	81	69	79	118	268	250	191	2066
80 % precipitación	114	115	171	189	156	62	41	44	91	231	197	158	1659
Evapotranspiración	105	106	118	105	102	105	124	124	114	105	99	99	1306
Déficit / Exceso*	9	9	53	84	54	-43	-83	-80	-23	126	98	59	
Déficit / Exceso **	77	83	93	125	94	-24	-55	-45	4	163	151	92	

* 80 % precipitación - evapotranspiración

déficit total = 206 mm/año

** precipitación - evapotranspiración

déficit total = 124 mm/año



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación (mm)	182	189	211	230	196	81	69	79	118	268	250	191	2066
caudal (mm)	99	103	103	99	108	75	51	38	37	85	107	106	990

Precipitación - caudal	1076
------------------------	------

Fig.3.6 BALANCE HIDRICO: PRECIPITACION - EVAPOTRANSPIRACION (mm)

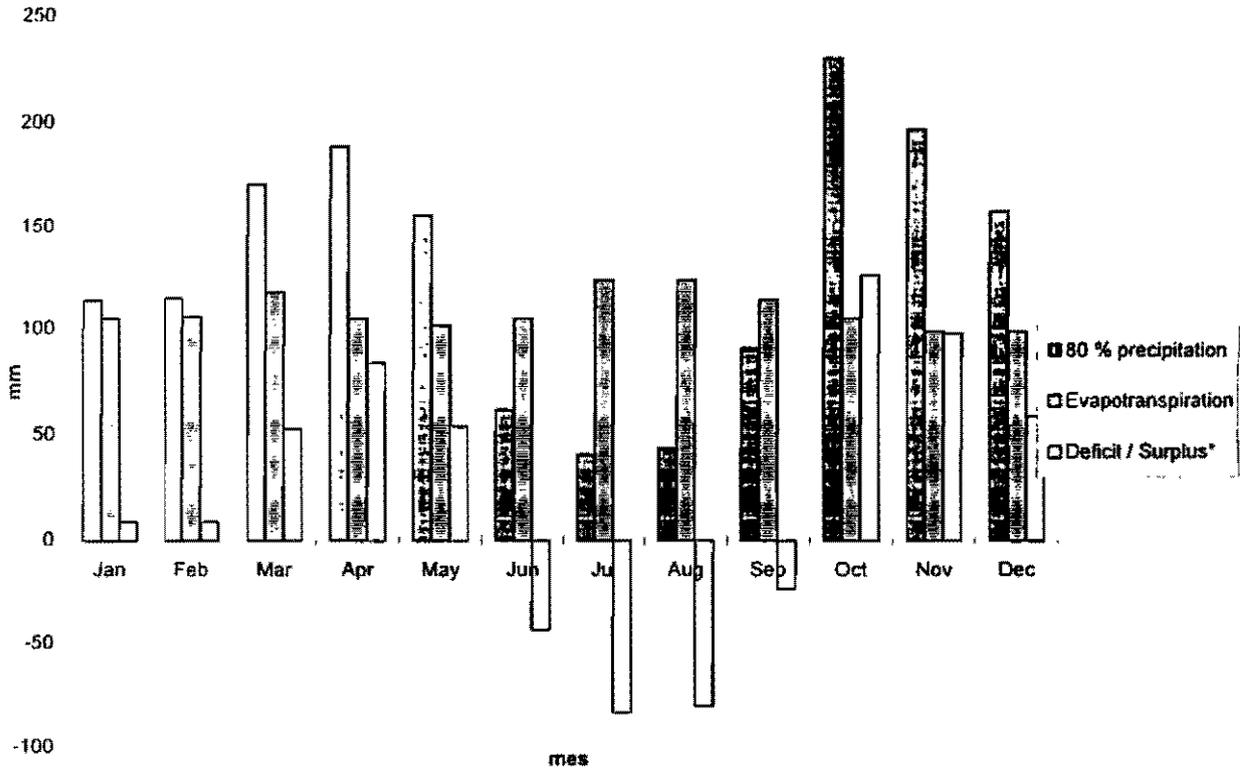
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación	182	189	211	230	196	81	69	79	118	268	250	191	2066
80 % precipitación	114	115	171	189	156	62	41	44	91	231	197	158	1659
Evapotranspiración	105	106	118	105	102	105	124	124	114	105	99	99	1306
Déficit / Exceso*	9	9	53	84	54	-43	-83	-80	-23	126	98	59	
Déficit / Exceso **	77	83	93	125	94	-24	-55	-45	4	163	151	92	

* 80 % precipitación - evapotranspiración

déficit total = 206 mm/año

** precipitación - evapotranspiración

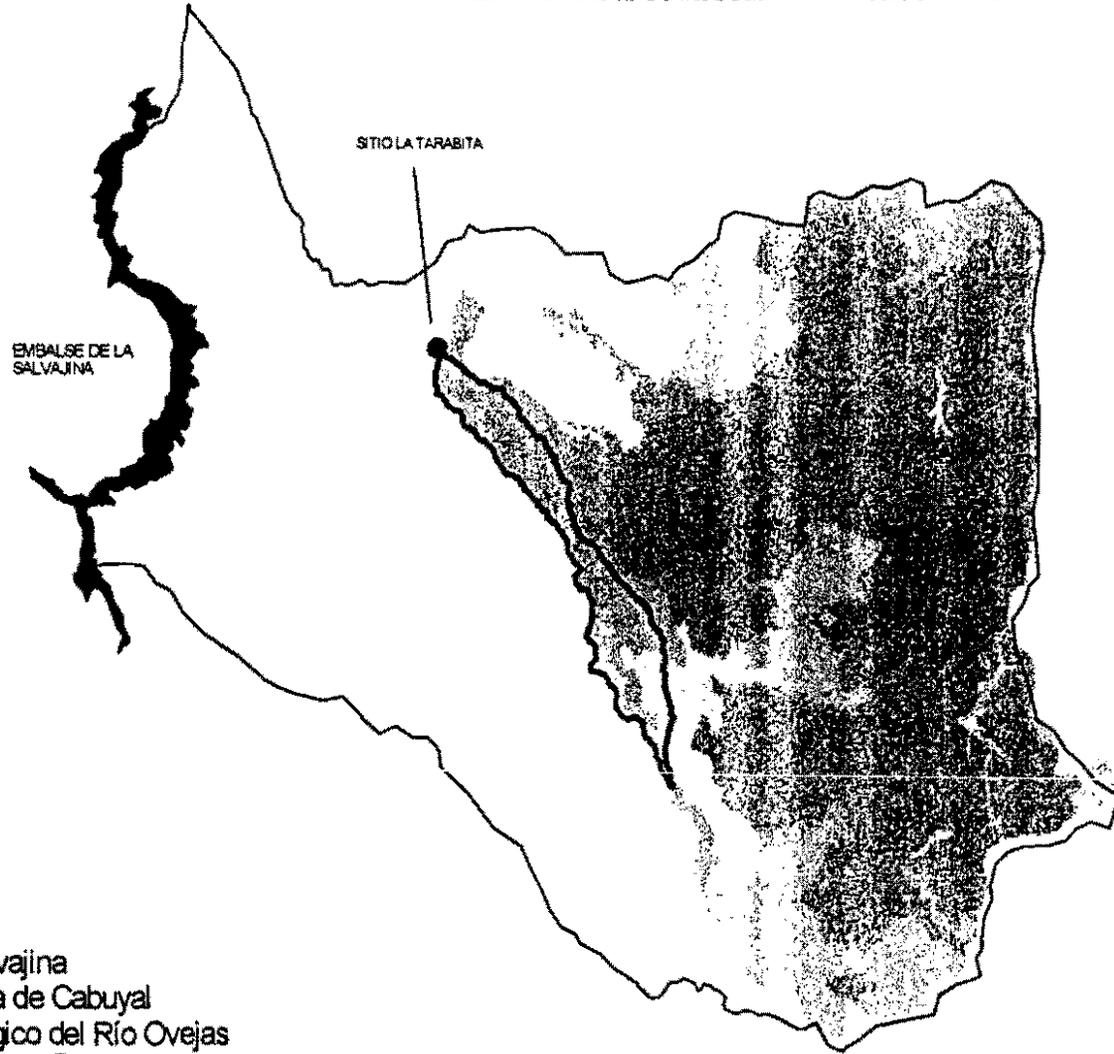
déficit total = 124 mm/año



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación (mm)	182	189	211	230	196	81	69	79	118	268	250	191	2066
caudal (mm)	99	103	103	99	108	75	51	38	37	65	107	106	990

Precipitación - caudal 1076

FIGURA 3.7 DELIMITACION DEL AREA HIDROLOGICA MEDIDAD EN LA TARABITA
LOCALIZACION DE TIPOS DE SUELOS POR PROFUNDIDAD



-  Embalse de Salvajina
 -  Area Hidrológica de Cabuyal
 -  Líndero hidrológico del Río Ovejas
- Profundidad del Suelo en Cms.
-  12
 -  37
 -  75
 -  125
 -  150



Figura 3.8: VARIACION DEL FLUJO DEL RIO OVEJAS 1974 - 1988

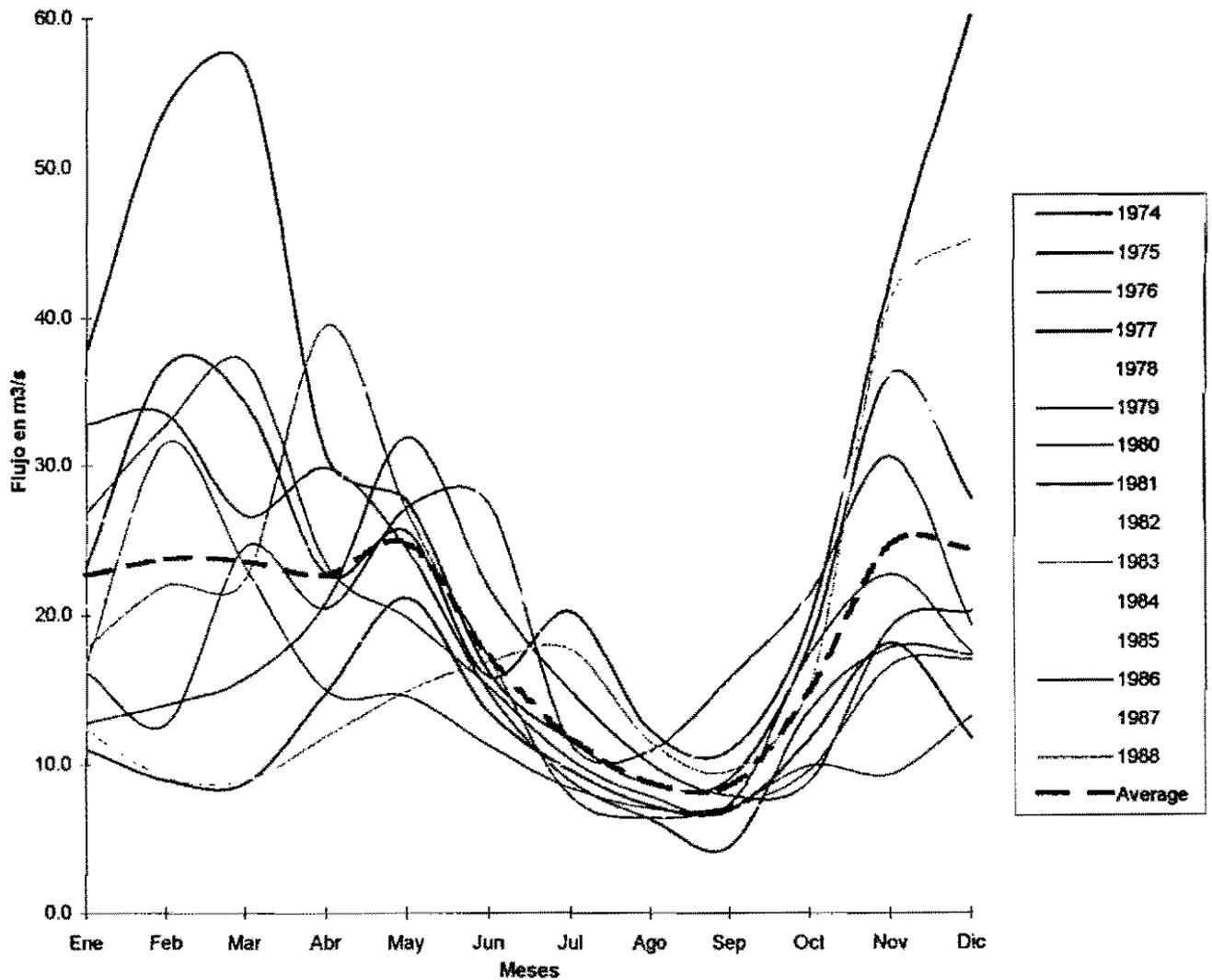
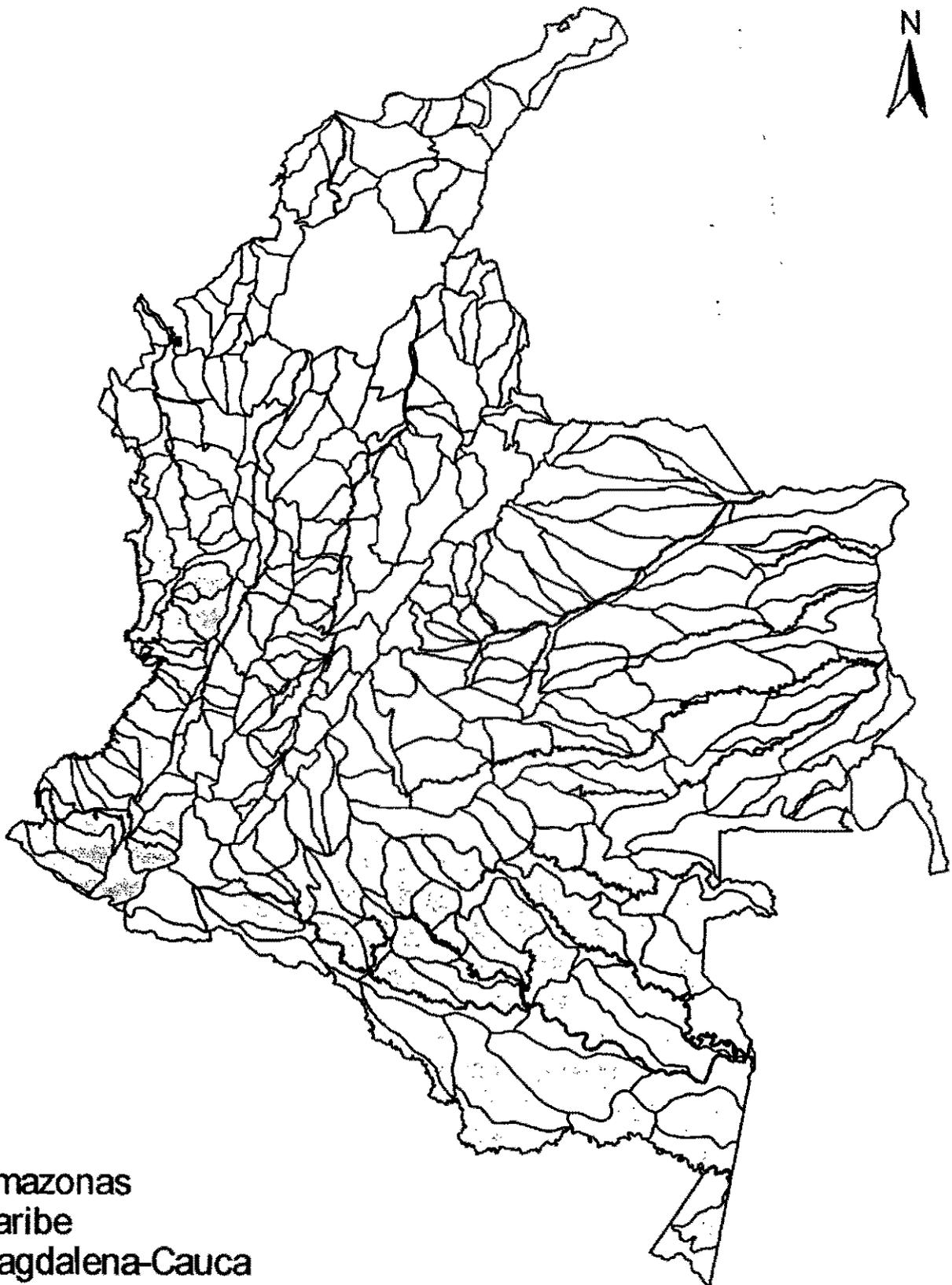


FIGURA 4.1 REGIONES NATURALES DE COLOMBIA - IGAC



FIGURA 4.2. AREAS HIDROGRAFICAS DE COLOMBIA SEGUN IDEAM



- Amazonas
- Caribe
- Magdalena-Cauca
- Orinoco
- Pacifico

FIGURA 4.3. ZONIFICACION DE COLOMBIA SEGUN HIMAT 1983



- ZONAS - HIMAT**
-  AMAZONIA
 -  ATLANTICO
 -  CUENCA ALTA RIO CATATUMBO
 -  CUENCA RIO CAUCA
 -  MAGDALENA
 -  ORINOQUIA
 -  PACIFICO
 -  ZONA BAJA INUNDABLE

Figura 3.8: VARIACION DEL FLUJO DEL RIO OVEJAS 1974 - 1988

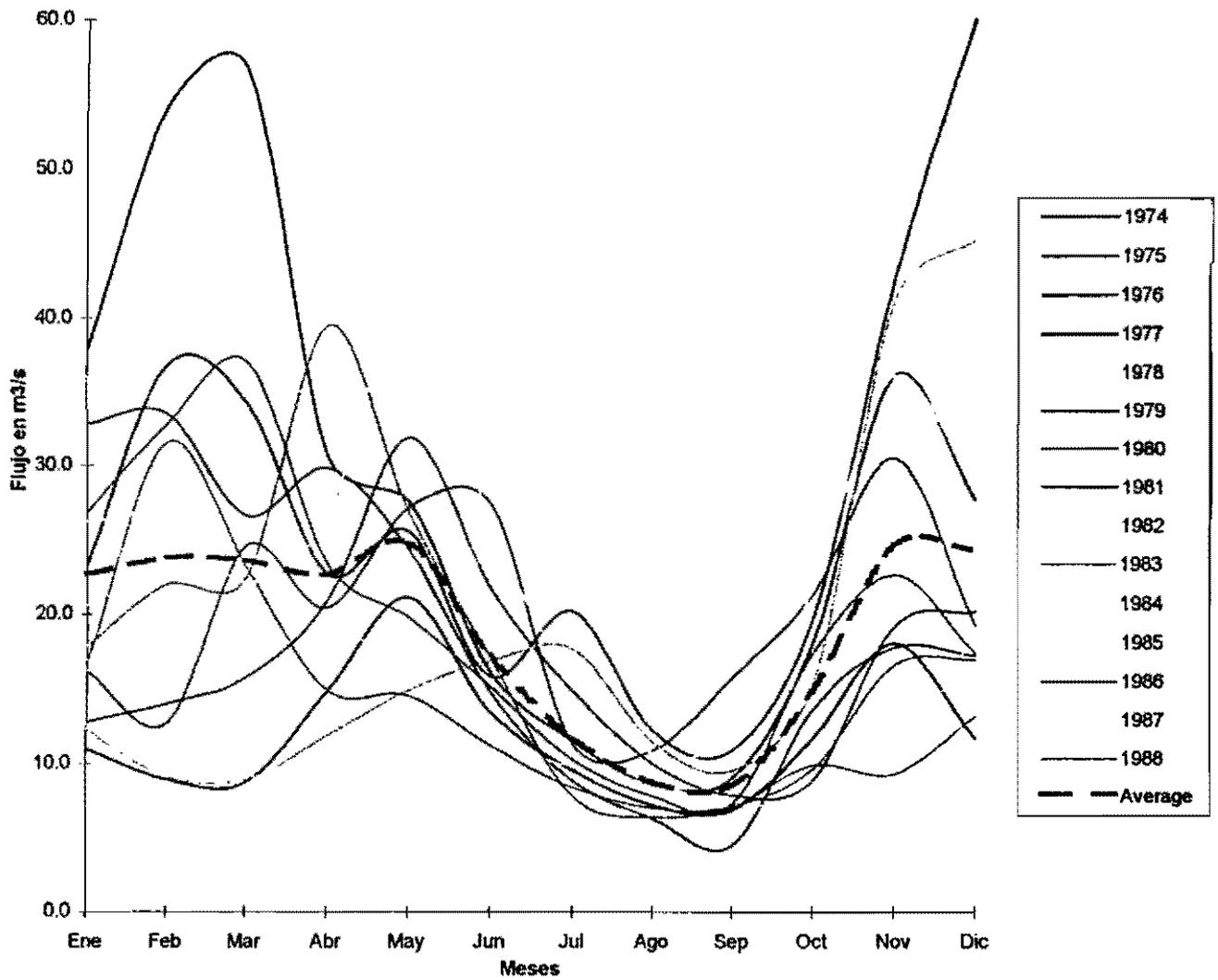


Figure 3.9 Flow Duration Curve, Ovejas River
based on daily data from 1974 - 1988

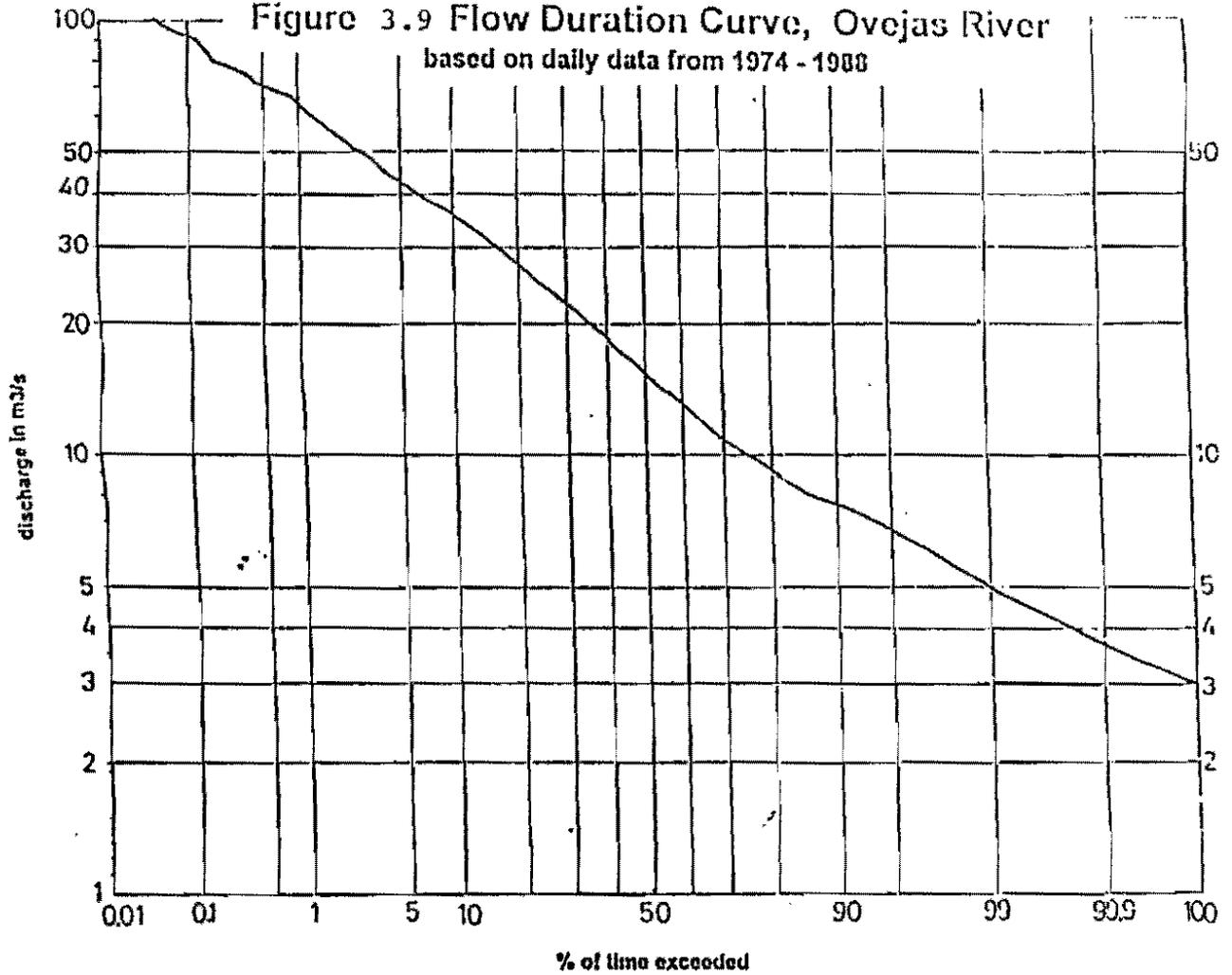
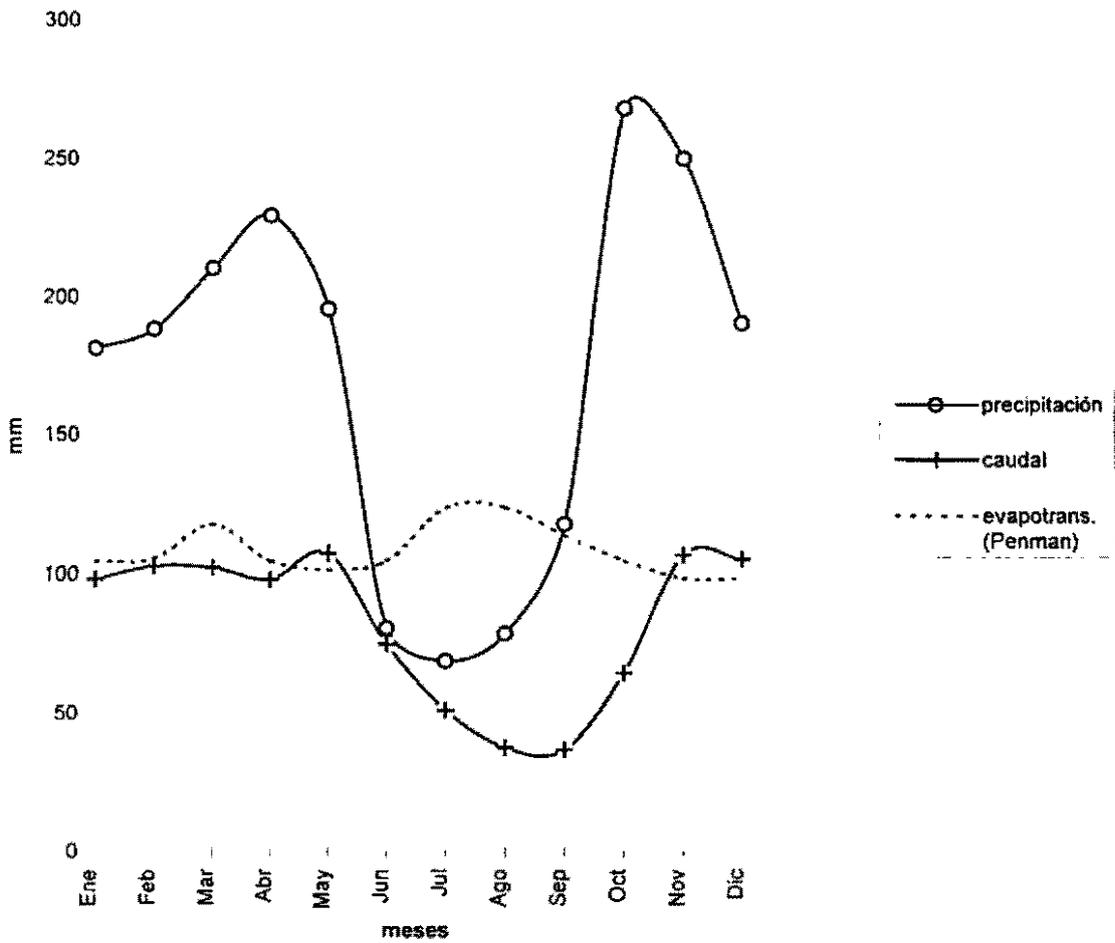


Figura 3.10: BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA DEL OVEJAS
precipitación, escorrentía y evapotranspiración en mm

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	anual	
precipitación	182	189	211	230	196	81	69	79	118	268	250	191	2066	
caudal	99	103	103	99	108	75	51	38	37	65	107	106	990	
evapotrans. (Penman)	105	106	118	105	102	105	124	124	114	105	99	99	1306	
													precipitación - caudal	1076



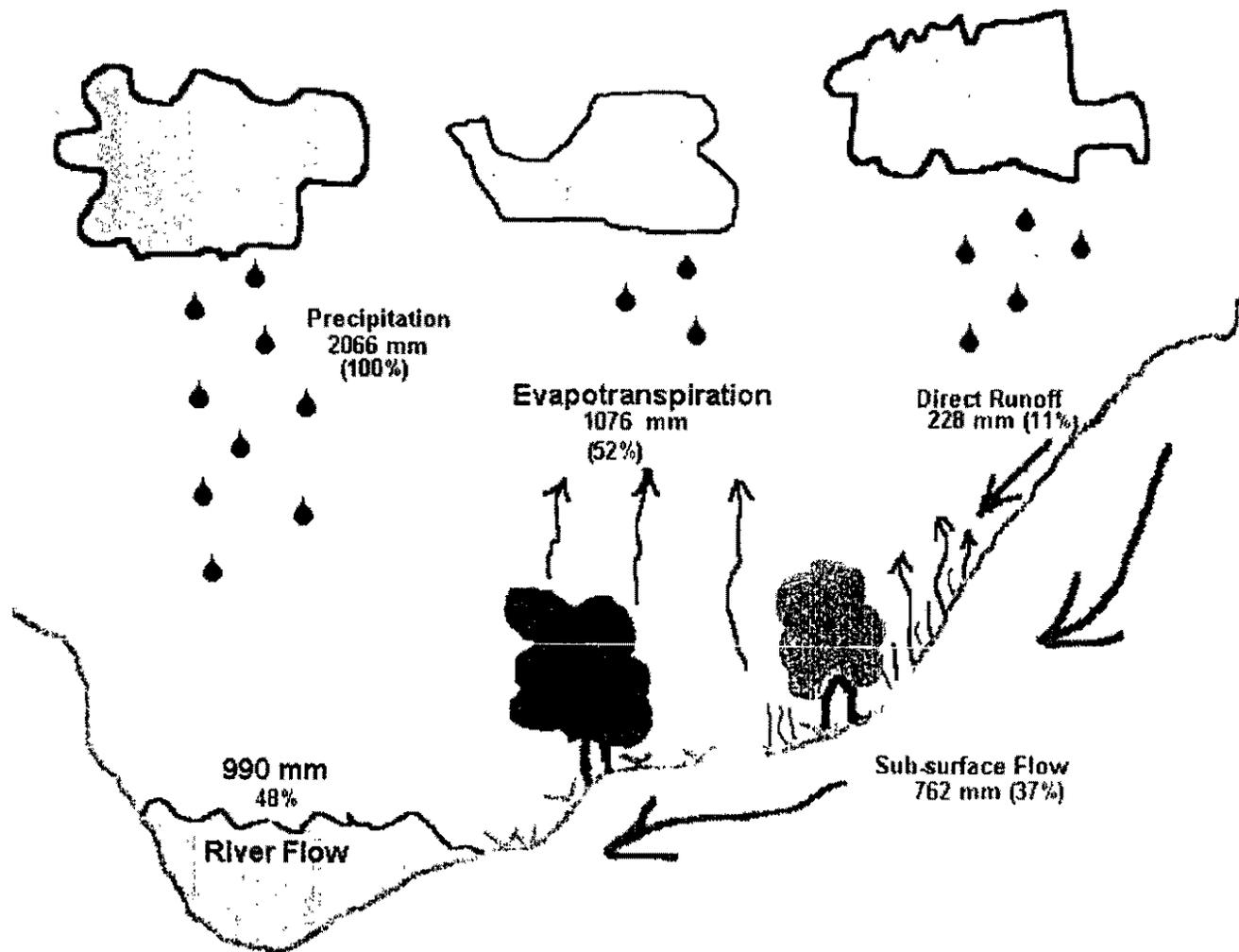
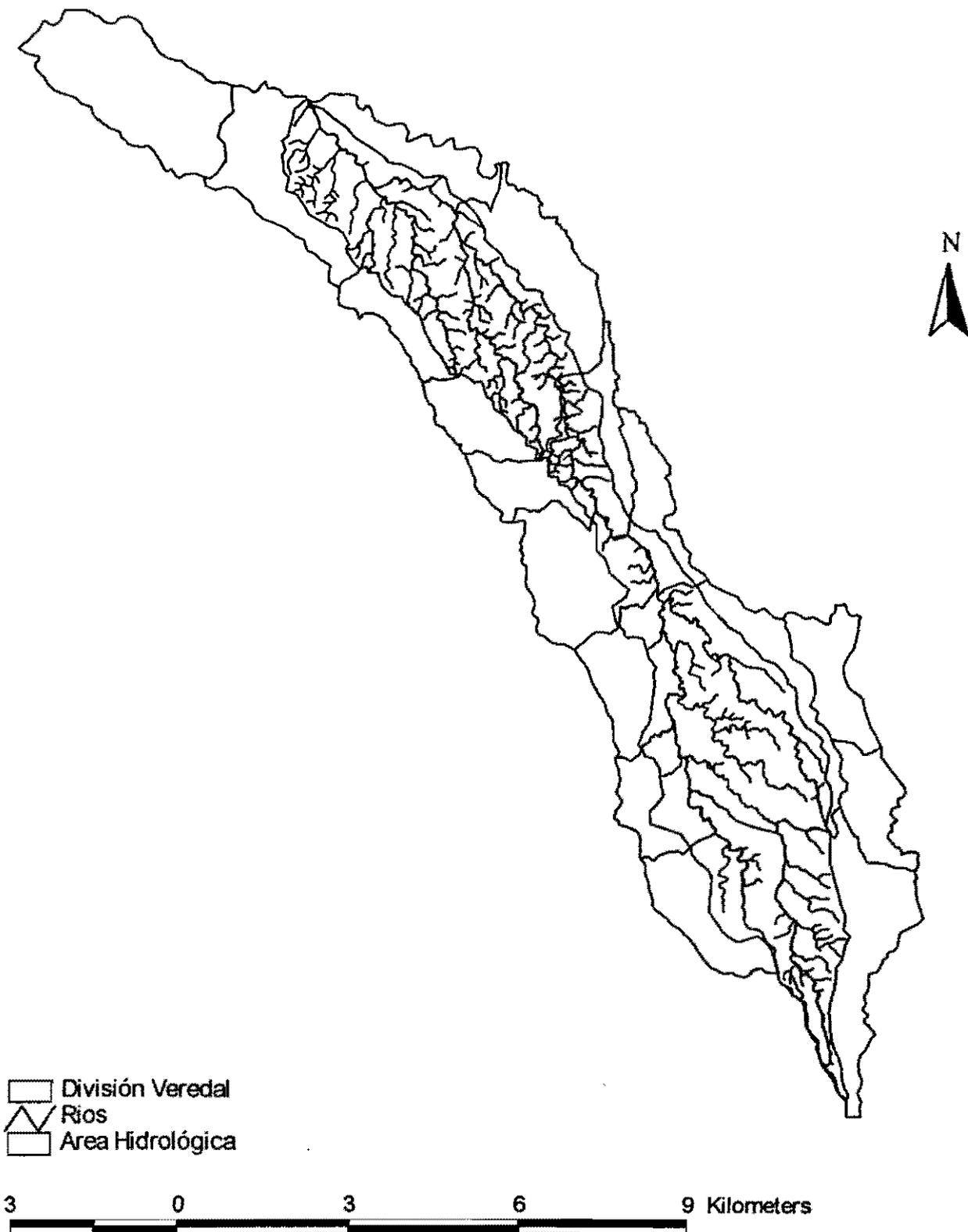


Figura 3.11 REPRESENTACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Fig. 3.12 HIDROLOGIA DEL RIO CABUYAL



PgUp Increase hfi K to calc K S Save Q Quit
 PgDn Decrease hfi +/- Change inc Inc = 6

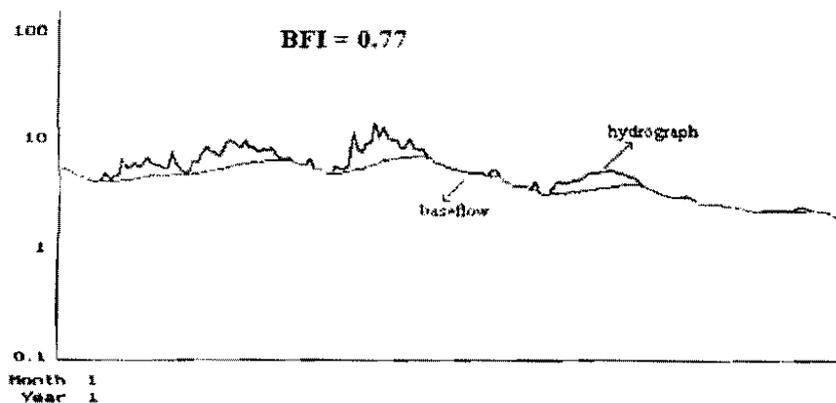


Fig. 3.13 DETERMINACIÓN GRÁFICA DEL FLUJO BASE SEGÚN EL PROGRAMA AWBM

H Up D DOWN F Flatten S Steepen
 Q Quit

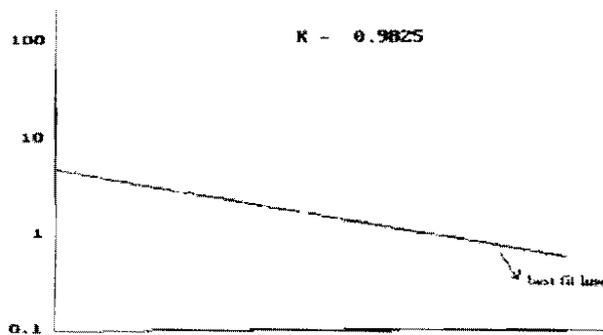
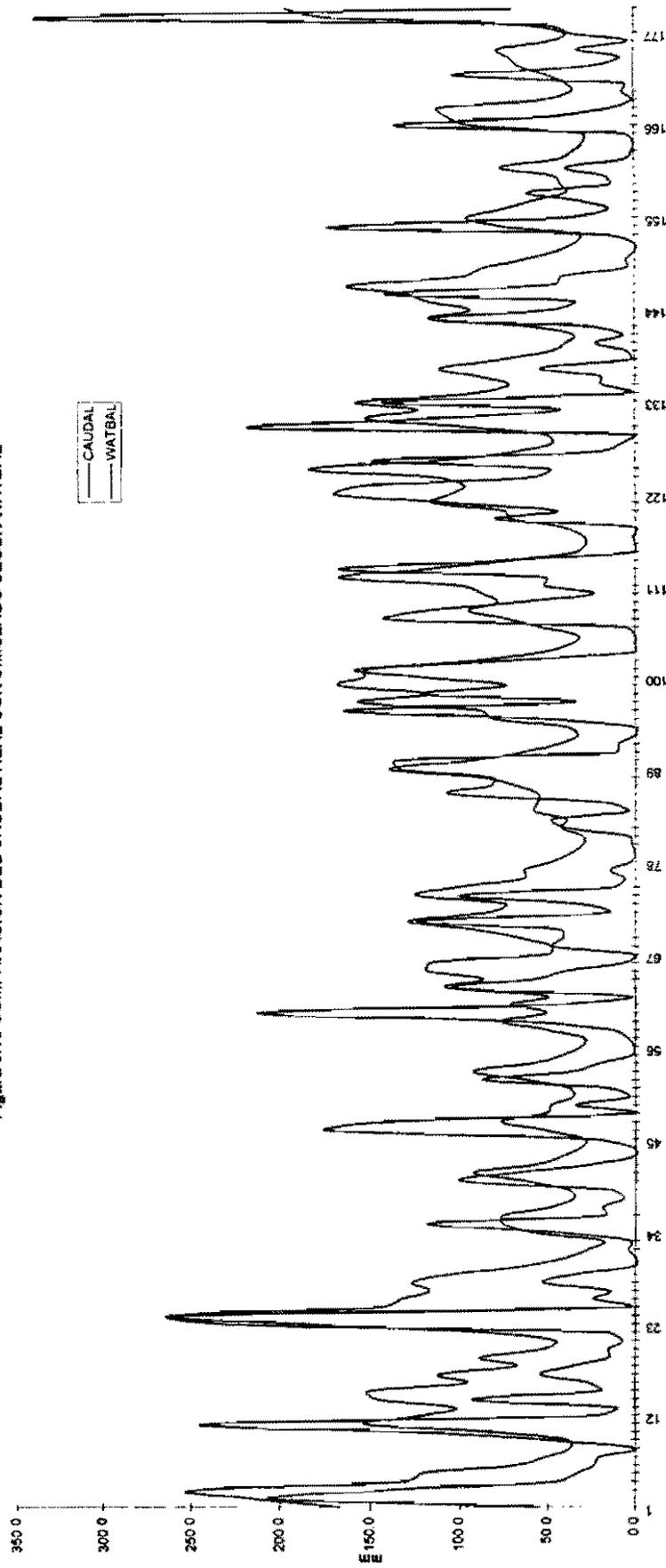


Fig. 3.14 DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA CONSTANTE DE RECESION K. SEGÚN AWBM

Figura 3.15 COMPARACION DEL CAUDAL REAL CON SIMULADO SEGUN WATBAL



1974 - 1988

-50 0 -

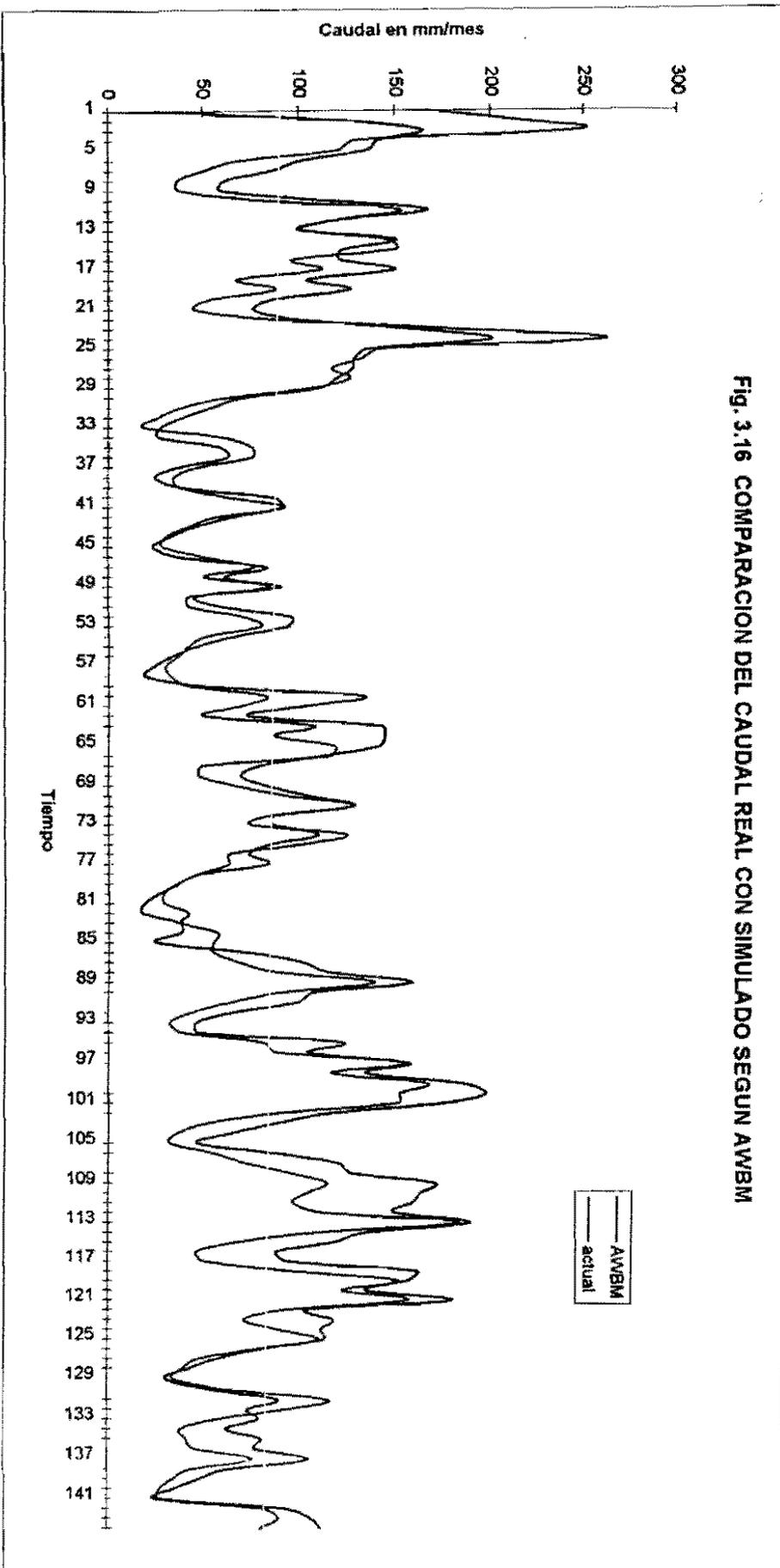
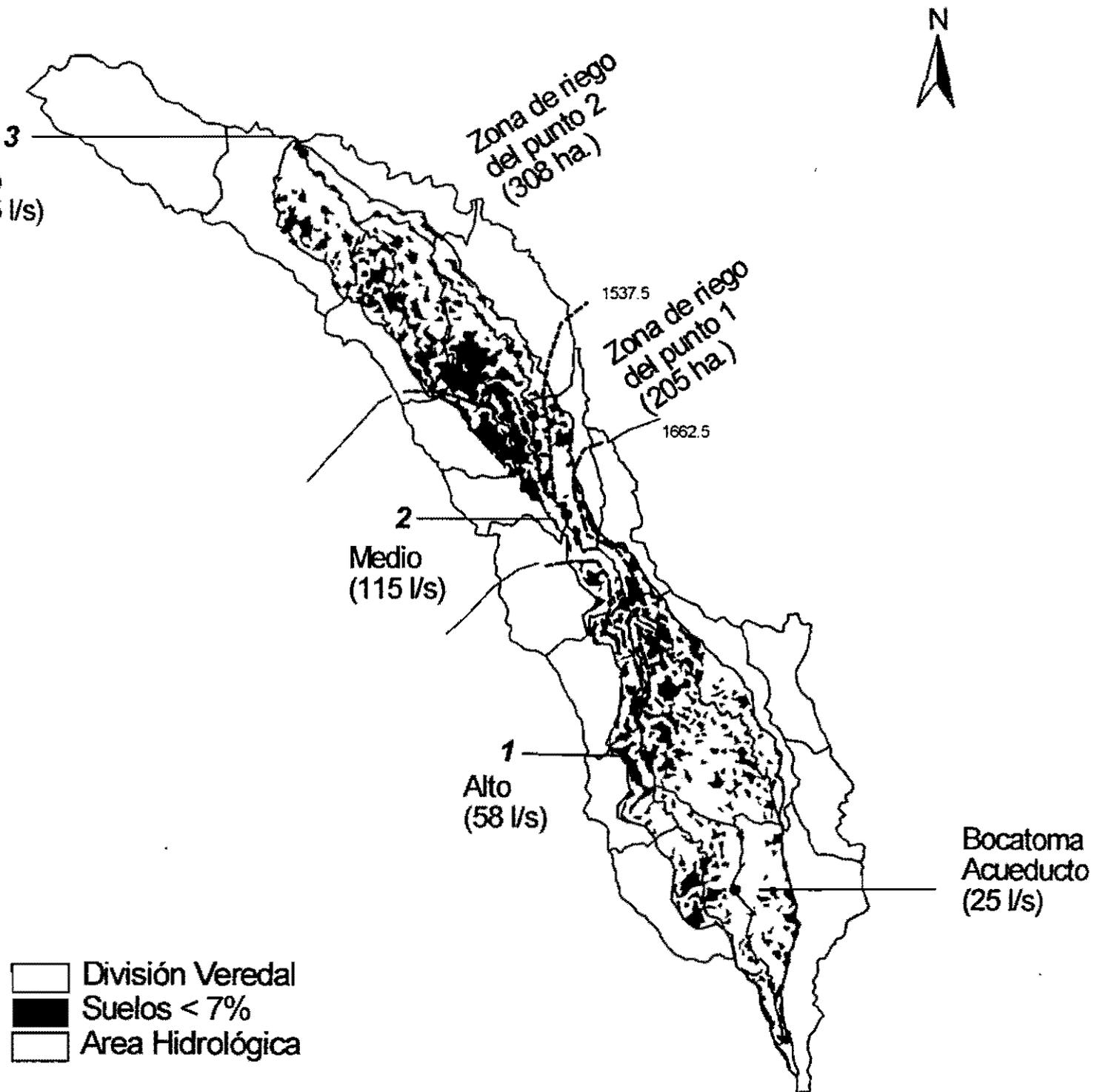


Fig. 3.16 COMPARACION DEL CAUDAL REAL CON SIMULADO SEGUN AWBM

FIG. 3.17 LOCALIZACION DE ZONAS POTENCIALES DE RIEGO Y SUS FUENTES SUBCUENCA RIO CABUYAL



4.9

0

4.9 Kilometers

FIGURA 4.1 REGIONES NATURALES DE COLOMBIA - IGAC

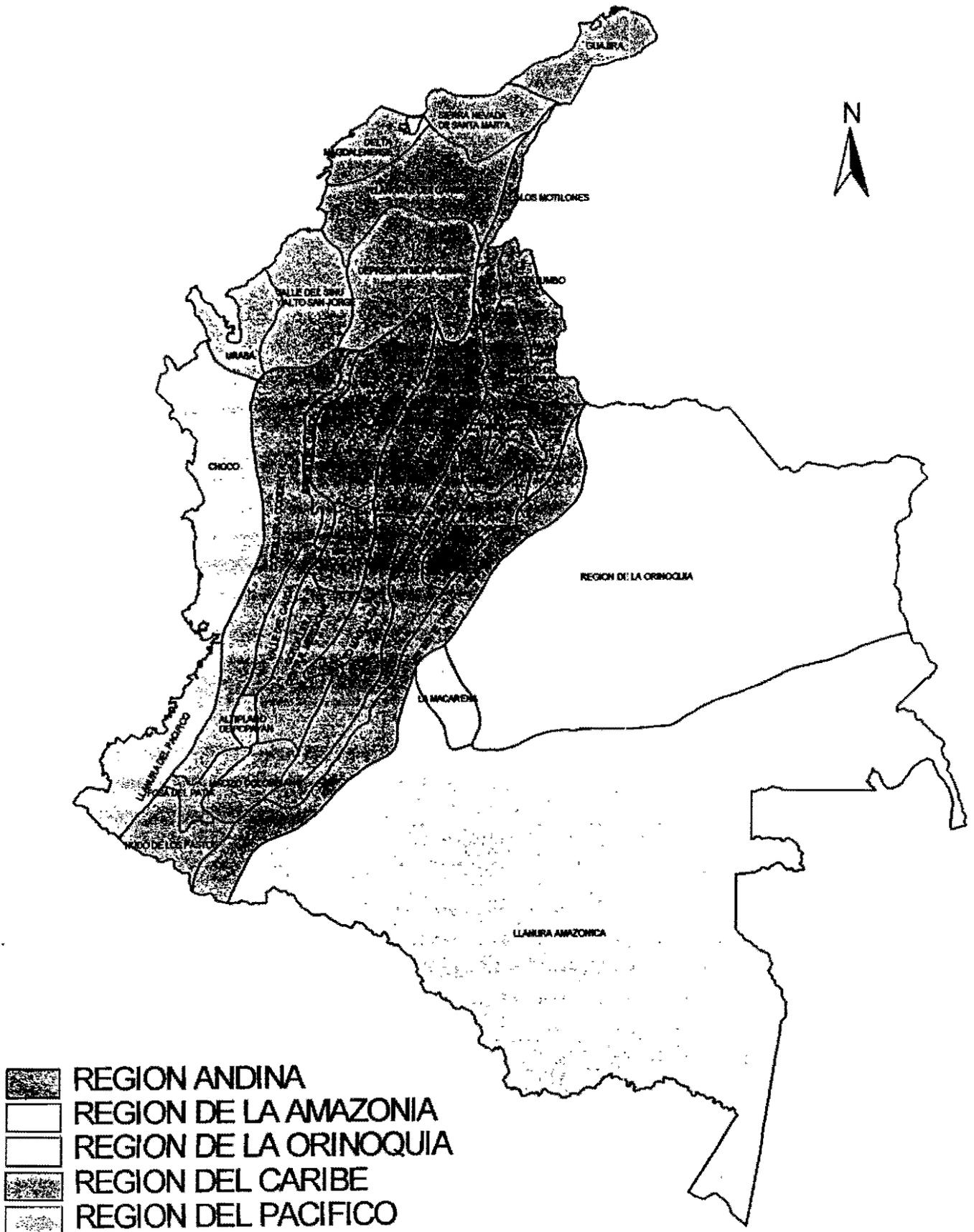
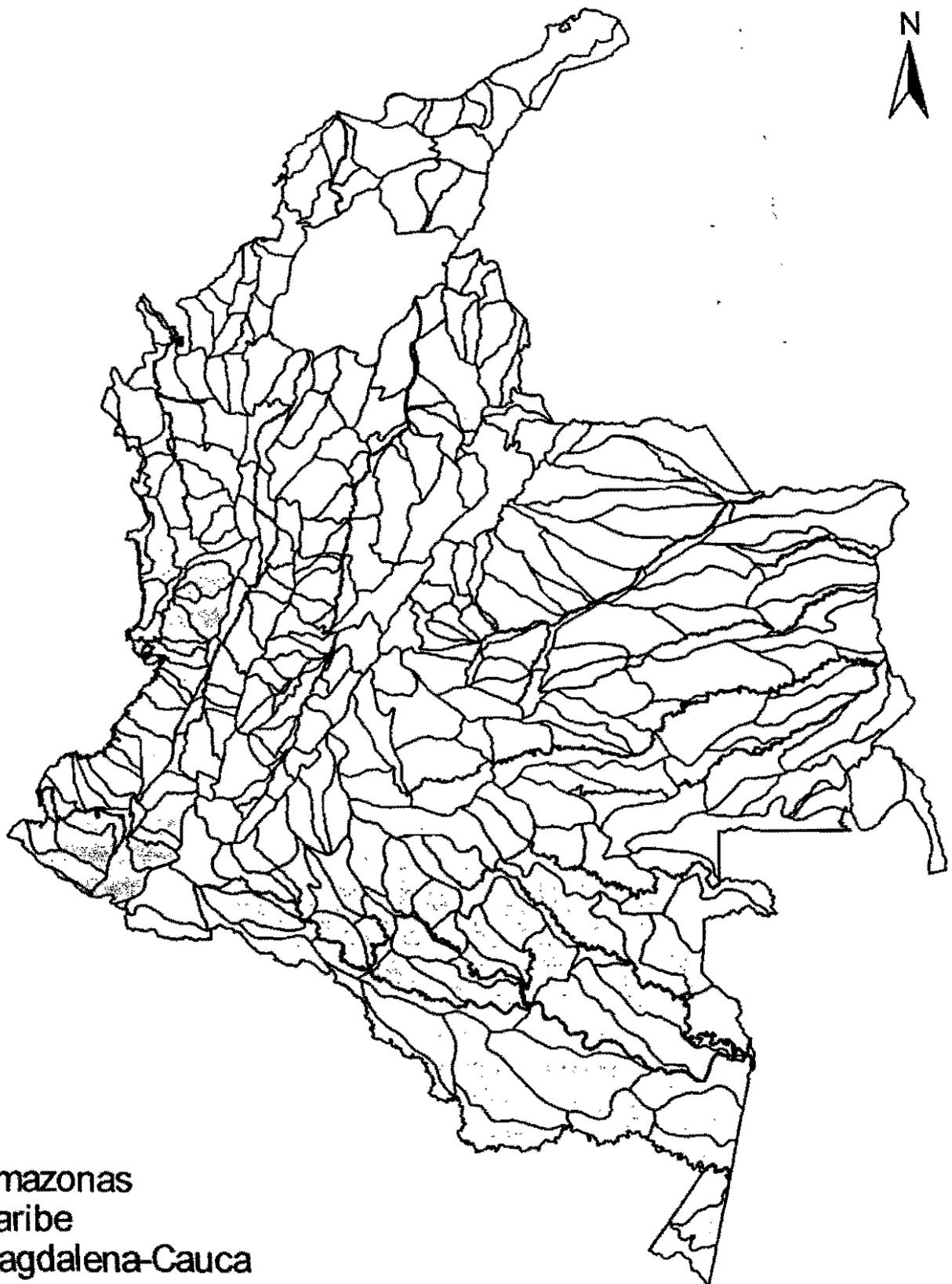


FIGURA 4.2. AREAS HIDROGRAFICAS DE COLOMBIA SEGUN IDEAM



-  Amazonas
-  Caribe
-  Magdalena-Cauca
-  Orinoco
-  Pacifico

FIGURA 4.3. ZONIFICACION DE COLOMBIA SEGUN HIMAT 1983



ZONAS - HIMAT

-  AMAZONIA
-  ATLANTICO
-  CUENCA ALTA RIO CATATUMBO
-  CUENCA RIO CAUCA
-  MAGDALENA
-  ORINOQUIA
-  PACIFICO
-  ZONA BAJA INUNDABLE