

**PROPUESTA TÉCNICA DE REGLAMENTACIÓN DE
CORRIENTES DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA
SUBCUENCA PILOTO DE LA QUEBRADA
“BRUJAS” DEL MUNICIPIO DE LA VEGA
(CUNDINAMARCA) MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS
CARTOGRÁFICOS EN SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**

**JAHIR MAURICIO SOLER GONZÁLEZ
SANDRA MILENA VARGAS PADILLA**

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente
Bogotá, Colombia
2014

**PROPUESTA TÉCNICA DE REGLAMENTACIÓN DE
CORRIENTES DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA
SUBCUENCA PILOTO DE LA QUEBRADA
“BRUJAS” DEL MUNICIPIO DE LA VEGA
(CUNDINAMARCA) MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS
CARTOGRÁFICOS EN SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**

**JAHIR MAURICIO SOLER GONZÁLEZ
SANDRA MILENA VARGAS PADILLA**

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniería Ambiental

Directora de Proyecto:
Prof. Carolina Díaz Franky

Línea de Investigación:
Servicios Ecosistémicos

Grupo de Investigación:
Grupo de Investigación en Gestión Ecoambiental y Sistemas Sostenibles de Producción GIGASS

Semillero: GIGASS

Código Colciencias del Grupo de Investigación:
COL 0027689

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente
Bogotá, Colombia
2014

AGRADECIMIENTOS

El equipo coinvestigador del proyecto agradece por su apoyo, acompañamiento y colaboración a:

- Grupo de investigación GIGASS de la UNAD por acoger nuestra propuesta de investigación y en especial al Doctor Jorge Atuesta por su gestión y atento seguimiento al proceso investigativo.
- Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA, su líder nacional, Doctor Víctor Fabián Forero Ausique, la decana zonal, Doctora Luz Nidia Gómez Luna, sus administrativos y docentes por el apoyo y la formación de calidad que recibimos durante estos años.
- Subdirección de Planeación y sistemas de Información de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y todo su equipo técnico y administrativo por su atenta ayuda al suministrar información respecto a la cartografía básica y temática requerida por el proyecto.
- Red Hidrometeorológica de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-
- A toda la comunidad local, en especial a los usuarios, por su participación en los procesos de socialización con sus aportes y comentarios.

CONTENIDO

	Pág.
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	7
2. RESUMEN	9
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
4. JUSTIFICACION.....	13
5. MARCO JURIDICO.....	13
5.1. ASPECTOS GENERALES	13
5.1.1. Conflictividad en el Uso del Recurso	13
6.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCION GENERAL	15
6.2. EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA	17
6.2.1. Características Morfométricas y Fisiográficas	17
6.3. EVALUACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA	22
6.3.1. Censo de Usuarios	22
6.4. BALANCE HÍDRICO E ÍNDICES DE ESCASES.....	24
6.4.1. Balance Hídrico	24
6.4.2. Índice de Escasez	25
6.5. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	29
7. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	29
7.1. OBJETIVO GENERAL	29
7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
8. METODOLOGÍA	30
8.1. PRIMERA FASE	30
8.1.1. Trabajo de Campo	30
8.2. SEGUNDA FASE.....	30
8.2.1. Trabajo de Laboratorio	30
8.2.2. Modelamiento Cartográfico.....	31
9. PRODUCTOS SIG	35

9.1. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA.....	36
9.1.1. Área de Drenaje de la Cuenca (AC) [km ²].	37
9.1.2. Coeficientes Morfométricos	41
9.1.4. Geología	46
9.1.5. Geomorfología.....	46
9.1.6. Suelos	46
9.1.7. Oferta Hídrica Total	46
9.1.8. Oferta Hídrica Disponible.....	47
9.2. CARTOGRAFÍA.....	50
9.3. MAPA PARA DISPOSITIVOS MOVILES	63
10. PROCESO DE SOCIALIZACIÓN	71
10.1. SOCIALIZACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN DEL PROYECTO REGLAMENTACIÓN DE CORRIENTES (APERTURA)	71
11. CRONOGRAMA	71
12. RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS/OBTENIDOS.....	72
13. PRESUPUESTO	75
14. AUTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACION	77
15. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIAS	78

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. BALANCE HÍDRICO	24
TABLA 2. CRITERIOS Y RANGOS DEL ÍNDICE DE ESCASEZ	26
TABLA 3. DEFINICIÓN DE CUENCAS	37
TABLA 4. COEFICIENTES MORFOMÉTRICOS CUENCA.....	44
TABLA 5. TIEMPOS CONCENTRACIÓN CUENCA.....	46
TABLA 6. COBERTURA VEGETAL Y USO ACTUAL DEL SUELO EN LA MICROCUENCA.....	46
TABLA 7. ASISTENCIA DE USUARIOS	71
TABLA 8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	71
TABLA 9. TABLA DE RESULTADOS E IMPACTOS SOCIALES.....	72
TABLA 10. TABLA DE RESULTADOS E IMPACTOS ACADÉMICOS	73
TABLA 11. TABLA DE RESULTADOS E IMPACTOS NEGATIVOS.....	74
TABLA 12. PRESUPUESTO GENERAL TOTAL DEL PROYECTO	76

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL	19
FIGURA 2. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL.....	21
FIGURA 3. BALANCE HÍDRICO MENSUAL MICROCUENCA QUEBRADA DE BRUJAS	25
FIGURA 4. ÍNDICE DE ESCASEZ MENSUAL CUENCA QUEBRADA DE BRUJAS	26
FIGURA 5. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL	27
FIGURA 6. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL.....	27
FIGURA 7. MÉTODO DE LA PONDERACIÓN DEL CUADRADO DE LAS DISTANCIAS RECÍPROCAS	28
FIGURA 8. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA DE LA QUEBRADA DE BRUJAS PARA UN PERIODO DE 10 AÑOS.....	29
FIGURA 9. ÁREA DE DRENAJE TÍPICA	38
FIGURA 10. ÁREA DE DRENAJE VISTA EN 3D	38
FIGURA 11. CURVA HIPSOMÉTRICA Y PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.....	41
FIGURA 12. CAUDAL TOTAL MENSUAL CUENCA QUEBRADA DE BRUJAS	47
FIGURA 13. CAUDAL ECOLÓGICO MENSUAL MICROCUENCA QUEBRADA DE BRUJAS	49
FIGURA 14. CAUDAL DISPONIBLE MENSUAL CUENCA QUEBRADA DE BRUJAS	49
FIGURA 15. ASISTENTES A LA REUNIÓN DE APERTURA	71

LISTA DE MAPAS

Pág.

MAPA 1. UBICACIÓN GENERAL DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA DE BRUJAS.	16
MAPA 2. UNIDADES GEOLÓGICAS DE LA MICROCUENCA.....	51
MAPA 3. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE LA CUENCA	52
MAPA 4. UNIDADES DE SUELO DE LA CUENCA	53
MAPA 5. CAPTACIONES DE LA QUEBRADA DE BRUJAS	54
MAPA 6. PUNTOS SELECCIONADOS PARA EL MUESTREO QUEBRADA LAS BRUJAS	55
MAPA 7. TENDENCIA DEL ICA POR TRAMOS PARA LA MICROCUENCA QUEBRADAS LAS BRUJAS	56
MAPA 8. ÁREAS DONDE SE EVIDENCIARON ALTERACIONES EN EL CUERPO HÍDRICO SEGÚN EL FENÓMENO AMENAZANTE.....	57
MAPA 9. CRUCE ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y USOS DE SUELO DEL PBOT (2000)	58
MAPA 10. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN.....	59
MAPA 11. CODIFICACIÓN DE LAS CORRIENTES.....	60
MAPA 12. CODIFICACIÓN DE LOS USUARIOS	61
MAPA 13. DELIMITACIÓN DE LAS CAPTACIONES PARA SU MODELAMIENTO Y CODIFICACIÓN.....	62

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

FECHA: 07 de Abril de 2014
TÍTULO: Propuesta técnica de reglamentación de corrientes de aguas superficiales en la subcuenca piloto de la quebrada “brujas” del municipio de la vega (Cundinamarca) mediante la implementación de análisis cartográficos en sistemas de información geográfica (SIG).
INVESTIGADOR PRINCIPAL/ DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO: María Carolina Díaz Franky
Título Profesional: Administradora Ambiental Título Último Nivel de formación académica: Especialista en Ambiente y Desarrollo Local Cursados 4 semestres de maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente tesis en curso Correo electrónico: mariac.diaz@unad.edu.co Teléfono: 3443700 Celular: 3182569576 Número de cédula de ciudadanía: 52848678 Fecha y lugar de Nacimiento: 19/04/2014 Bogotá. Lugar y dirección de residencia: Bogotá Cra 90 A 91 96 interior 6 Estado Civil: Soltera Grupo de investigación al que pertenece: GIGASS Escuela: Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA) Cead: José Acevedo y Gómez Programa Académico: Ingeniería Ambiental
IDENTIFICACIÓN DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN
Nombre del Grupo de Investigación: Grupo de Investigación en Gestión Ecoambiental y Sistemas Sostenibles de Producción – GIGASS – Código Colciencias del Grupo de Investigación: COL 0027689 Tipo de Grupo de Investigación: Reconocido Fecha de creación grupo de Investigación: 2005 Código Núcleo Básico de Conocimiento (NBC): Ambiental Dirección web del grupo en GrupLac: Línea de Investigación: Servicios Ecosistémicos
Zona UNAD de procedencia de la propuesta: José Celestino Mutis Líder Nacional: Víctor Fabián Forero Dirección postal: Calle 14 sur 14-23 Bogotá D.C Teléfono: 3443700 E-mail: victor.forero@unad.edu.co Ciudad: Bogotá Departamento: Cundinamarca

LUGAR DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO:
CIUDAD: Municipio de La Vega Cundinamarca
DURACIÓN DEL PROYECTO (MESES): seis (06)
TIPO DE PROYECTO: Investigativo
VALOR EN PESOS DEL PROYECTO: \$0
DESCRIPTORES PALABRAS CLAVES: Reglamentación, cuenca, corrientes hídricas, superficiales, distribución, caudales, oferta, demanda, sistema de información geográfica.

Para el investigador principal y los demás investigadores se recuerda que al presentar este documento al Sistema de Gestión de la Investigación SIGI, son responsables de la información aquí consignada en cuanto a su carácter inédito, autenticidad y el respeto de la propiedad intelectual. Se sugiere leer detenidamente la normatividad de los Proyectos de Investigación de la UNAD: Acuerdo No. 024 del 17 de abril de 2012.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Formular una metodología técnica para reglamentar las corrientes de aguas superficiales en la subcuenca piloto de la quebrada “Brujas” del municipio de La Vega (Cundinamarca) para optimizar y racionalizar su uso.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crear salidas cartográficas que permitan la adecuada documentación e interpretación ambiental de la cuenca piloto por parte de los usuarios.
- Mejorar el uso del recurso hídrico en la microcuenca por medio de una adecuada distribución de caudales.
- Concebir espacios de reflexión social en torno a la importancia del recurso hídrico.
- Proveer información precisa, que pueda servir como punto de partida para análisis temáticos en otras áreas del conocimiento.

3. JUSTIFICACION

Dentro de los objetivos misionales de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia están contemplados los procesos de investigación, acción pedagógica y proyección social. El desarrollo del proyecto buscó en primera medida aportar a los procesos de investigación a través de la generación de información acerca de la metodología técnica para la reglamentación de corrientes hídricas superficiales en una cuenca hidrográfica, así como apoyar los procesos de formación académica e investigativa de sus estudiantes a través del desarrollo de un trabajo de grado, fortaleciendo los procesos de proyección social al generar una alternativa metodológica que pueda ser aplicada por las autoridades ambientales.

Este proyecto pretendió entonces desarrollar un proceso que articulara la demanda hídrica con la oferta disponible en la microcuenca, proceso de vital importancia para garantizar un abastecimiento futuro en escenarios de sequía y/o adaptación al cambio climático.

Se logró contribuir al fortalecimiento y participación comunitaria de sus habitantes en aras de generar una apropiación del proceso que contribuirá a crear criterios reales sobre los impactos que la actividad humana genera en su entorno y las ventajas de hacer un uso racional del recurso hídrico.

Finalmente, se buscó estar en total sincronía con las nuevas tendencias tecnológicas en cuanto al manejo y presentación de información ambiental, fomentando el desarrollo de proyectos multidisciplinarios apoyados en aplicaciones y herramientas para la gestión de cartografía temática digital o sistemas de información geográfica, además de proveer datos actualizados y coherentes con las necesidades del mundo actual.

4. RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar las acciones metodológicas técnicas que se deberían acometer para evaluar la adecuada distribución de agua a los diferentes usuarios, industriales o domésticos, ubicados dentro de la subcuenca piloto denominada “Las Brujas”, del municipio de La Vega en Cundinamarca.

Se realizó un censo georeferenciado de usuarios en la subcuenca para determinar la cantidad de agua que están utilizando actualmente y de esa forma se estableció si el caudal era el adecuado de acuerdo a la oferta hídrica real de la subcuenca.

Las variables morfométricas, evaluación de oferta y demanda hídrica, índices de escases y el proyecto de distribución se analizaron en una fase de trabajo en laboratorio por medio de la implementación de herramientas y modelamientos cartográficos en un software de sistemas de información geográfica (SIG).

Se obtuvo información sobre un modelo calibrado y ajustado a las necesidades reales de distribución de caudales a los usuarios de la subcuenca que garantizará una explotación sostenible del recurso hídrico; así como también una metodología aplicable a cualquier cuenca hidrográfica que servirá de insumo en los procesos futuros o actuales de reglamentación de corrientes hídricas por parte de las autoridades ambientales.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según fuentes del IDEAM, se estima que para el año 2025, el 69% de la población colombiana sufrirá un desabastecimiento del recurso hídrico (Colmenares, 1995), y es por ello que la nación debe continuar desarrollando la planificación y administración del recurso hídrico, y valorar este bien ambiental como estratégico, en la medida en que con él se garantiza el bienestar y la calidad de vida de los colombianos en el marco del Estado Social de Derecho. Por ello es necesario asegurar la disponibilidad presente y futura del agua, comenzando por los sectores más conflictivos, en ese sentido, el grupo de investigación UNAD realizó el trabajo delimitando la cuenca de las quebrada bruja como unidad geográfica de importancia ambiental, teniendo en cuenta la normatividad que rige el proceso de reglamentación de aguas superficiales.

Es por ello que el objetivo de este proyecto fue proponer y desarrollar acciones metodológicas y técnicas para determinar la adecuada distribución de agua a los diferentes usuarios y sus predios ubicados dentro de la subcuenca, aplicando herramientas de modelamiento en sistemas de información geográfica.

6. MARCO JURIDICO

6.1. ASPECTOS GENERALES

La corriente objeto de reglamentación y la suma de todos los afluentes que conforman la cuenca hidrográfica, discurren por cauces naturales por lo que de acuerdo con el artículo 5º del Decreto 1541 de 1978 se constituyen en “aguas de uso público” y es el Estado quien ejerce el dominio sobre dichas aguas, y en este sentido a éste “incumbe el control o súper-vigilancia sobre el uso y goce que les corresponde a los particulares” (ibídem, artículo 7º). La competencia del Estado específicamente sobre este tópico, de acuerdo al artículo 31 de la Ley 99 de 1993 está asignada a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-, ya que el municipio de La Vega hace parte de su jurisdicción.

Según el último censo de usuarios, efectuado del 13 al 17 de Enero de 2006, y sus posteriores ajustes mediante visitas técnicas, cerca de 50 usuarios (algunos con dos o más captaciones) se están beneficiando de la Quebrada de Brujas y sus afluentes y derivaciones, abasteciéndose del recurso hídrico principalmente para los usos doméstico, agrícola y pecuario. Es por ello que el presente proceso resume vital importancia, valora y discierne cada una de las implicaciones y decisiones que la autoridad ambiental toma al interior de la comunidad usuaria del recurso hídrico, en el entendido que la comunicación y concertación con la comunidad es importante en la efectiva aplicación de medidas de conservación y manejo.

En este sentido es esencial para la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR- el uso de la información primaria obtenida para adoptar y apoyar políticas del orden municipal, redundando en un manejo conjunto, adecuado y provisto de las herramientas de control y protección de los recursos naturales. Es así que la CAR busca asegurar la disponibilidad presente y futura del agua, comenzando por los sectores más vulnerables y conflictivos, lo que justifica la realización del presente trabajo en el municipio de La Vega, rige el proceso de reglamentación de aguas superficiales.

6.1.1. Conflictividad en el Uso del Recurso

En el año 2013, cuando se emprendió el proceso de reglamentación de la quebrada de Brujas, ya se había diagnosticado un alto porcentaje de ilegalidad y una alta demanda respecto en diversos usos del agua que ya dejaba ver la conflictividad y des provisión de muchos usuarios aún en época no seca. En la reglamentación de la corriente denominada quebrada de Brujas, consta en los expedientes una serie de eventos conflictivos entre los usuarios, en los cuales la

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-, como autoridad ambiental ha hecho presencia efectuando visitas técnicas a los sitios en conflicto, ha adoptado y producido los instrumentos administrativos que han conducido a la declaratoria de infractores a los usuarios a los que se les ha probado tal condición, ha protegido y tomado medidas cautelares en virtud de su función de administrador de los recursos naturales, entre otras.

7. MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO

7.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCION GENERAL

La microcuenca de la quebrada Brujas se encuentra en el municipio de La Vega, el cual está ubicado en el costado nororiental del departamento de Cundinamarca, región que está bajo la jurisdicción de la CAR. La microcuenca nace en la vereda Naguy entre las coordenadas planas (X= 972200 - 975400) y desemboca en la misma vereda entre las coordenadas planas (Y=1045700 - 1048500) con referencia al datum geográfico transversa de mercator, con origen Bogotá. Posee una longitud de 4 km, un rango altitudinal entre los 1850 y los 1200 msnm y un área total de 4,2 Km².

Hidrográficamente la quebrada Brujas desemboca en el río Tabacal que deja sus aguas en el río Tobia y finalmente este último tributa al Río Negro (Ver mapa 1).

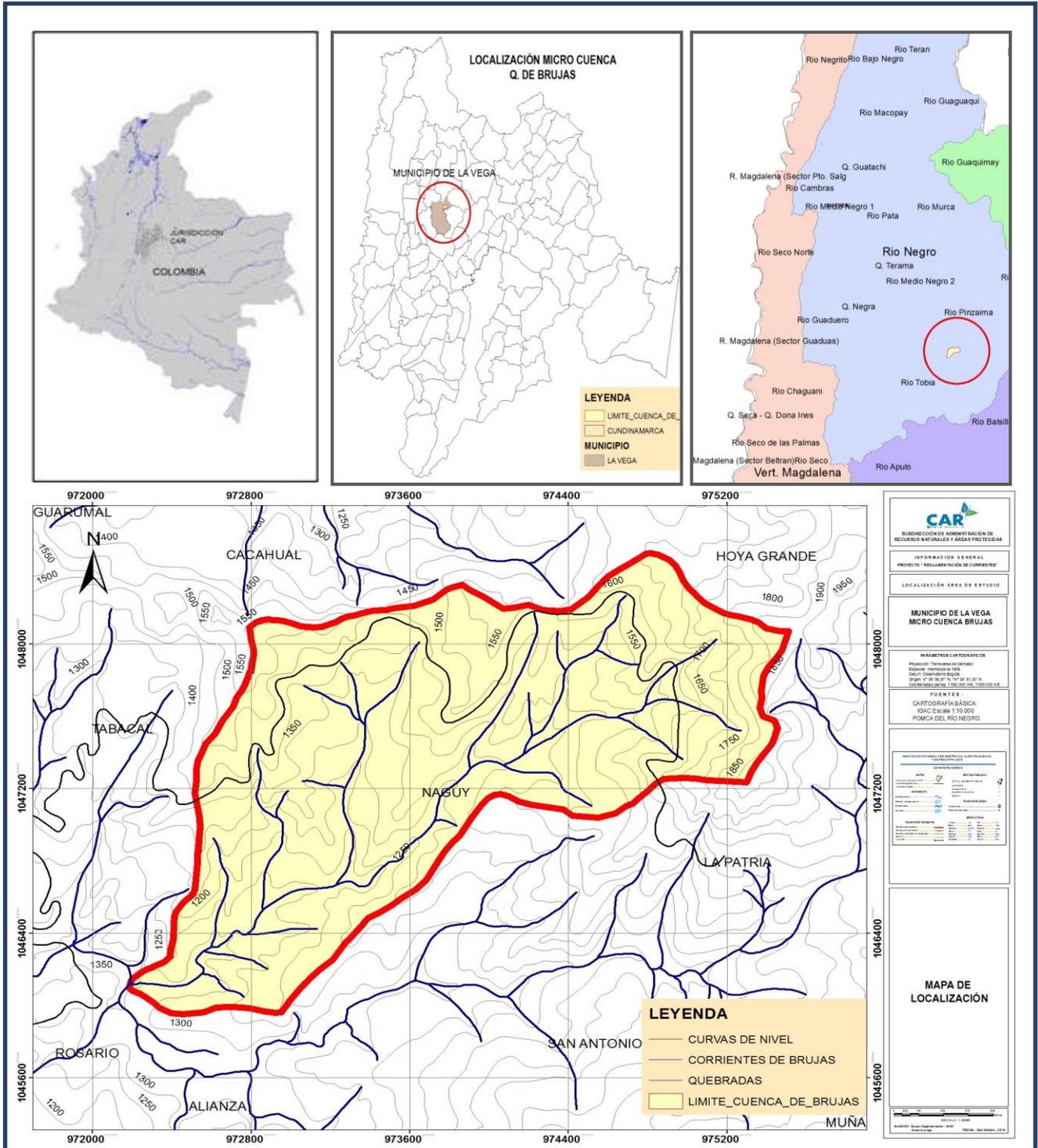
La mayor parte del área del municipio tiene suficiente agua para suplir las necesidades de sus habitantes, sin embargo en la actualidad por efectos de la naturaleza, el mal manejo de algunas fuentes superficiales y la acelerada deforestación sobre todo en las partes altas donde se encuentran la mayoría de los nacimientos, este recurso ha venido disminuyendo.

El presente informe identifica el estado actual de los recursos naturales mediante trabajo de campo y a partir de la generación de mapas temáticos mediante el uso de sistemas de información geográfica SIG, los cuales cobran cada vez más importancia en los estudios ambientales, en este caso funcionan como herramienta para la ordenación y planificación adecuada del territorio.

La cartografía digital generada (Geología, geomorfología, suelos, coberturas vegetales, áreas protegidas, localización de usuarios en el área de la micro cuenca) es una herramienta básica para comprender como el territorio está siendo utilizado y las actividades que predominan y los impactos ambientales que se generan sin la ordenación adecuada del espacio.

A continuación se evidencia la localización general de La micro cuenca de Brujas, en el POMCA del Río Negro (código: 2306), Subcuenca Río Tobia (código: 2306-13) a la cual pertenece, el municipio en Cundinamarca y el país.

Mapa 1. Ubicación general de la microcuenca de la quebrada de Brujas.



Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

7.2. EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

El cálculo de la oferta hídrica se basa en un procedimiento propuesto por el *Soil Conservation Service – SCS*, (NEH,1972), el cual considera como variables en su determinación: la precipitación, representada en este caso por la precipitación para un período de tiempo previamente seleccionado; el complejo de suelo - hidrológico que considera la interrelación suelo - cobertura vegetal y la condición de humedad antecedente; de acuerdo con estas variables se fija un número de curva (CN) que representa tal interrelación. Esta metodología fue originalmente propuesta para la evaluación de la precipitación neta que podría generar una tormenta (CHOW, 1994), considerando el volumen de precipitación antecedente en un periodo de 5 a 30 días (SCS, 1979), con la finalidad de establecer el escurrimiento directo que puede esperarse como respuesta a una precipitación específica.

Según este procedimiento, la escorrentía directa (Q) o precipitación efectiva, se expresa mediante la ecuación (1):

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (1)$$

Dónde:

- Q: Es la escorrentía directa o precipitación efectiva, en pulgadas.
- P: Es la precipitación considerada, en pulgadas.
- S: Es la diferencia potencial máxima entre P y Q a la hora que se inicia la tormenta y representa proporcionalmente la pérdida de escorrentía por infiltración, intercepción y almacenamiento superficial.

7.2.1. Características Morfométricas y Fisiográficas

Estas características juegan un papel importante para el entendimiento de los procesos hidrológicos y sus variaciones en tiempo y espacio. Se consideran de particular utilidad los factores que sirven para el cálculo de datos hidrológicos en sitios donde no se dispone de observaciones hidrométricas directas y para aplicaciones donde es necesario determinar las características propias del régimen hidrológico de las corrientes.

Los factores fisiográficos genéticos del régimen hidrológico más relevantes son los siguientes:

La red hidrográfica, indicada en los mapas topográficos y en lo posible representada en esquemas claros que permitan a los tomadores de decisiones

reconocer el orden y la relación entre las corrientes superficiales y los cuerpos de agua.

Las Características geomorfológicas, especialmente las morfométricas, las cuales se pueden analizar y determinar directamente a partir de los mapas topográficos.

Características del régimen climático, representadas por isoyetas e isotermas, que se presentan en mapas climáticos y meteorológicos especiales.

Características fisiográficas generales como la litología, los suelos, la cobertura vegetal, etc.

Los factores morfométricos y fisiográficos que presentan mayor interés en el proceso de generalización, determinación y cálculo indirecto de parámetros hidrológicos son los siguientes:

Morfométricos: área de la cuenca, perímetro, longitud de la corriente, forma, sinuosidad, densidad y patrón de drenaje, elevación media de la cuenca, forma de la cuenca, pendiente media de la corriente, pendiente media de la cuenca, tiempo de concentración.

Fisiográficos: relieve, tipos de drenaje, tipos de suelo, erosión, coberturas forestal y vegetal, geología. (Stanescu, 1969).

7.2.1.1. Procedimiento para la Evaluación de las Características de la Oferta Hídrica Superficial y su Disponibilidad

El procedimiento metodológico general para la determinación de las Características de la oferta en las regiones se presenta en el flujo grama de la figura 1 en la cual se ilustran los pasos a seguir para determinar la oferta hídrica superficial para cuencas intervenidas y no intervenidas.

En esta grafica se reconocen los tipos de oferta para la evaluación regional. En términos generales se distinguen la Oferta Hídrica Superficial Total (OHT), La Oferta Hídrica Natural Disponible (OHD y la Oferta Hídrica Regional Disponible (OHRD).



Figura 1. Procedimiento general para la evaluación de la oferta hídrica superficial

La oferta hídrica superficial total (OHT) se determina con la variable escorrentía que se calcula a partir de la serie histórica de caudales medidos seleccionando estaciones hidrológicas representativas de cuencas con régimen poco intervenido o a partir de modelos lluvia escorrentía donde no hay estaciones hidrológicas representativas. El balance hídrico permite verificar los estimativos de escorrentía y evaluar los componentes de precipitación y de evapotranspiración del ciclo hidrológico.

La oferta hídrica natural disponible (OHD) representa el caudal disponible después de sustraer el caudal ambiental en cuencas poco intervenidas.

La oferta hídrica regional disponible (OHRD) o caudal disponible regional (Qdr) se determina partiendo de la oferta hídrica superficial total (Qt) y sustrayendo la sumatoria de las extracciones (demanda), más la sumatoria de los caudales de retorno de las diferentes actividades usuarias del agua (Qr) y sumando o restando los caudales de transvase si existen ya sea hacia la cuenca o desde la cuenca respectivamente. Los caudales medidos en estaciones localizadas en cuencas intervenidas representan este caudal disponible regional (Qdr) que en términos generales corresponde a la expresión de la ecuación 2.

$$Q_{dr} = Q_t - Q_{dm} + Q_r \pm Q_{tr} \quad (2)$$

Dónde:

Qt:	Caudal total
Qdm:	Caudal extraído (demanda)
Qr:	Caudal de retorno
Qtr:	Caudal de trasvase (positivo si entra a la cuenca, negativo si sale de la cuenca)

En esta ecuación los diferentes caudales corresponden a las definiciones siguientes:

Caudal extraído: calculado con la sumatoria de las demandas para los diferentes usos.

Caudal de retorno: Las diferentes actividades usuarias del agua dependiendo de sus procesos retornan a las corrientes y cuerpos de agua, de manera diferenciada, una cantidad del agua extraída de las fuentes hídricas que los abastecen. Los tiempos, cantidad y lugar del retorno son diferenciados según la actividad y la región.

Caudal de trasvase: El trasvase se define como la cantidad de agua que se desvía de una corriente de agua propia de una cuenca hacia otra cuenca para cumplir un fin específico. El caudal de trasvase puede ser positivo o negativo si el caudal entra a la cuenca o si sale de ella.

Caudal ambiental o ecológico: al igual que en el Estudio Nacional del Agua 2010 (IDEAM, 2010), el caudal ambiental se estima a partir de las Características del régimen hidrológico representadas en la curva de frecuencias de caudales diarios (curva de duración de caudales), la cual sintetiza las Características del régimen en un punto específico de la unidad hídrica de análisis.

No existe un método ideal para determinar el caudal ambiental apropiado para cada caso específico; pero si existen una serie de métodos para determinar el caudal ambiental de acuerdo con criterios y objetivos, entre los cuales se pueden agrupar una serie de métodos:

Hidrológicos: Se basan en conocimiento del régimen hídrico a partir de información de las series históricas de caudales en sitios de interés.

Hidráulicas: Se considera la conservación del comportamiento y dinámica del ecosistema fluvial a lo largo de la distribución longitudinal del río.

Biológico: correspondencia del hábitat (fauna y flora) considerando los caudales necesarios para la supervivencia de las especies en desarrollo.

Aspectos integrales: identificación de caudales requeridos para las necesidades humanas (calidad del recurso, usos socioeconómicos, investigación, bienes y servicios, etc.)

Como una aproximación inicial se considera la estimación del caudal ambiental a partir de las Características del régimen hidrológico. Es un estimativo general que no reemplaza la evaluación que debe hacerse a nivel regional o local. En este sentido el MADS y el IDEAM definirán los conceptos y metodologías para el cálculo del caudal ambiental, en cumplimiento del Decreto 3930 de 2010.

El procedimiento general para el cálculo del caudal ambiental a partir de las características del régimen hidrológico se presenta en el esquema de la figura 2.

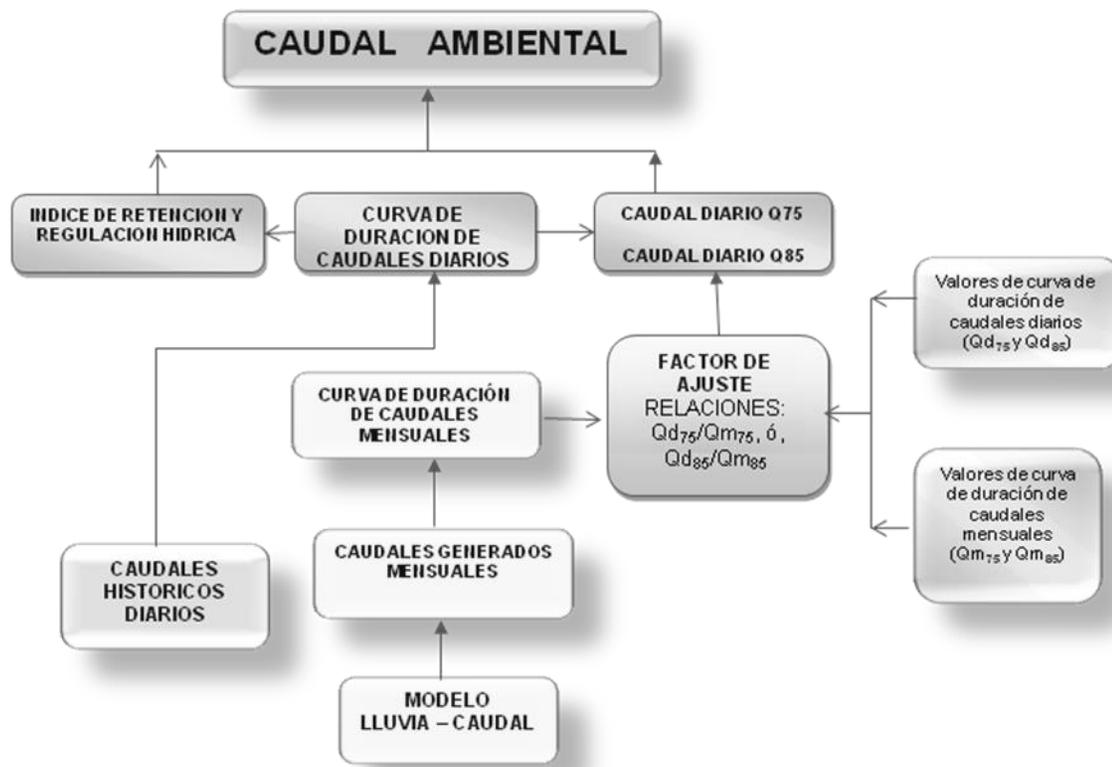


Figura 2. Procedimiento para la determinación del caudal ambiental

El flujo grama ilustra el procedimiento para determinar el caudal de sustracción (Q ambiental) a partir de la curva de duración de caudales diarios medidos en las estaciones y la curva de duración de caudales mensuales generados como resultado de los modelos lluvia caudal. Incluye el procedimiento para el cálculo de un factor de ajuste para ajustar el caudal ambiental obtenido a partir de la curva mensual a uno representativo a nivel diario basado en datos de estaciones con series históricas.

7.3. EVALUACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

En Colombia las fuentes de agua dulce utilizadas por los distintos sectores económicos, provienen de cuerpos de agua superficiales, acuíferos, entre otros. El agua sustraída es utilizada por las diferentes categorías de uso: hogares, granjas agrícolas y pecuarias, industrias manufactureras y extractivas, estanques acuícolas, construcciones y establecimientos de servicios; bien sea para sus procesos productivos o como consumo nacional. Los requerimientos cambian en la medida en que cambia la dinámica de cada uno de los sectores económicos, el uso del agua está directamente relacionado con las actuaciones del Producto Interno Bruto (PIB) y la expansión demográfica.

El IDEAM, en el documento “Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial” propuso calcular potencialmente el volumen de agua demandado en millones de metros cúbicos por año, por categorías de uso: doméstico, agrícola, pecuario, industrial, comercial y de servicios. Estos cálculos se basan principalmente en la asociación de dos variables: el volumen de producción sectorial y un factor de consumo de agua por tipo de bien o módulo de consumo.

La demanda de agua en general, representa el volumen de agua, expresado en millones de metros cúbicos, utilizado por las actividades socioeconómicas en un espacio y tiempo determinado y corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales. Ecuación 3.

$$DT = DUA + DUP + DUD + DUO \quad (3)$$

Dónde:

DT = Demanda Total de agua
DUP = Demanda de Agua para Uso Agrícola
DUI = Demanda de Agua para Uso Pecuario
DUS = Demanda de Agua para Uso Doméstico
DUO = Demanda de Agua para otros usos (Industrial, Recreativo, otros)

Se realiza la sumatoria de cada una de las demandas por sectores, expresada en millones de metros cúbicos.

7.3.1. Censo de Usuarios

Un aspecto a tener en cuenta en la reglamentación del uso del agua de acuerdo con lo dispuesto en el decreto 1541 de 1978, es la elaboración del censo de usuarios, el cual busca la identificación de los usuarios actuales y potenciales del recurso hídrico superficial, con el fin de determinar la demanda del recurso por cada uno de los usuarios.

Para el desarrollo del trabajo se obtuvo información del Proyecto “Censo de Usuarios del Recurso Hídrico en el área de jurisdicción de la CAR” Convenio No 002 del 2004 CAR-SECAB (Secretaría para el Convenio Andrés Bello) en el marco del Plan de Acción Trienal 2004-2006. “En el cual se establece de una manera aproximada la demanda real y potencial, los usos actuales del recurso, la calidad del recurso y se estima el balance hídrico en cada una de las corrientes que conforman el área de la CAR como insumo básico para el desarrollo de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS), Procesos de Reglamentación de corrientes e implementación de instrumentos económicos tales como las tasas por uso y las tasas retributivas.” (CAR, 2006).

El censo de usuarios en la quebrada de Brujas se realizó en el mes de Enero del año 2006, dentro del proceso se evidenciaron cambios (usos, sucesiones, conurbación entre otros) en la información de los usuarios asentados en la microcuenca de Brujas, posteriormente se actualizó la información, realizando nuevamente el censo de usuarios, en los meses de Marzo a Mayo del 2014, se socializó el proyecto en el municipio a censar, (La Vega) a las diferentes autoridades y organizaciones relacionadas con el tema, presidentes de junta de acción comunal, presidentes de acueductos municipales y veredales y a la comunidad en general.

En el trabajo de campo se identificaron las diferentes obras (mangueras, bocatomas, zanjas, acequias) que captan agua de la quebrada, se geo referenciaron cada una de ellas y se tomaron los registros fotográficos correspondientes. Una vez obtenida esta información se diligenciaron las encuestas para determinar el uso que tenía cada usuario con la captación identificada. Algunos de los ítems considerados fueron: características de la captación, información del propietario, información física del predio, información de la fuente y consumos, información jurídica de la captación, acueductos veredales; cabe anotar que la encuesta se hizo únicamente a corrientes superficiales.

Los datos obtenidos se revisaron y sistematizaron en una base de datos en Excel y mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica la información espacial fue validada.

En el censo de usuarios se encontró que existen en total 62 captaciones (Ver mapa 5) entre usuarios que toman el agua directamente de la corriente y nacimientos. Dentro de los sistemas utilizados para captación emplean tramos de manguera o tubería que oscilan dentro de los rangos de 50 metros en adelante y en algunos casos los tramos son mayores a 1000 metros de longitud para atender las diferentes necesidades de cada usuario y diámetros comprendidos entre 0.5 pulgadas y 4 pulgadas de diámetro. Los usuarios de la quebrada de Brujas en su mayoría captan directamente de la corriente y es utilizado para el consumo doméstico, pecuario y agrícola.

7.4. BALANCE HÍDRICO E ÍNDICES DE ESCASES

7.4.1. Balance Hídrico

El balance hídrico se basa en la ley física de conservación de masas y en el Glosario Hidrológico Internacional (Unesco, 2010) es definido como “Balance de agua basado en el principio de que durante un cierto intervalo de tiempo el aporte total a una cuenca o masa de agua debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento de dicha cuenca o masa de agua”. La formulación matemática del balance, por lo tanto, expresa la igualdad entre los aportes de agua que entran a un sistema hidrográfico determinado y la cantidad de agua que sale del sistema, considerando las variaciones internas en el almacenamiento de humedad ocurridas durante el periodo de tiempo determinado.

El concepto de balance hídrico se deriva del concepto de balance en contabilidad, es decir, que es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado. Teniendo en cuenta esto, se realizó el balance con los valores de la oferta hídrica estimada para la cuenca de la quebrada de Brujas, para los diferentes meses y la suma de las demandas obtenidas para cada captación a lo largo de todas las corrientes de la cuenca. En la tabla 1 y figura 3 se presentan los valores de la oferta, la demanda y el balance hídrico para la zona de estudio.

TABLA 1. BALANCE HÍDRICO

BALANCE HIDRICO												
VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PRECIPITACION (mm)	173.4	186.7	186.7	213.5	157.0	71.2	62.2	62.2	93.8	231.6	239.3	214.9
CAUDAL TOTAL (L/s)	54.5	56.1	73.3	83.4	90.6	42.7	12.5	7.6	12.3	57.2	111.1	123.7
CAUDAL DISPONIBLE (L/s)	39.8	41.0	53.5	60.9	66.1	31.2	9.1	5.5	9.0	41.7	81.1	90.3
CAUDAL ECOLOGICO (L/s)	5.4	5.6	7.3	8.3	9.1	4.3	1.2	0.8	1.2	5.7	11.1	12.4
PERDIDAS (L/s)	9.3	9.5	12.5	14.2	15.4	7.3	2.1	1.3	2.1	9.7	18.9	21.0
DEMANDA (L/s)	2.2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.7	4.4	2.4	1.9	1.9	1.9
CAUDAL REMANENTE (L/s)	37.1	38.6	51.1	58.5	63.8	28.8	5.8	0.6	6.1	39.4	78.8	87.9
INDICE ESCASEZ	6.8	5.8	4.4	3.9	3.6	7.6	35.7	88.7	31.9	5.7	2.9	2.6

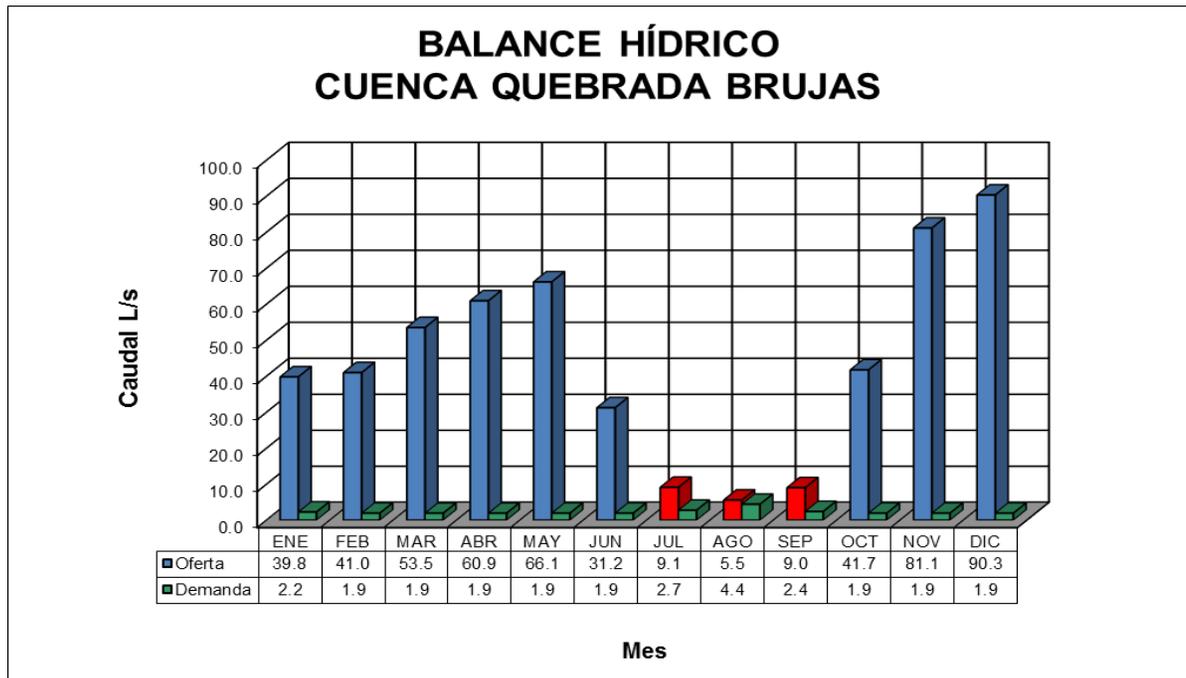


Figura 3. Balance hídrico mensual microcuenca quebrada de Brujas

7.4.2. Índice de Escasez

Es un valor cualitativo que representa la demanda de agua que ejercen los diferentes usos en una determinada subcuenca o región, frente a la oferta hídrica disponible. Se calcula como la relación porcentual entre la demanda (Industrial, acueductos, agropecuaria y ecológica) y la oferta.

El valor de la oferta, se puede determinar para las condiciones húmedas de una subcuenca, pero puede ser un poco engañoso, puesto que puede dar origen a pensar que la subcuenca, cuando no está regulada tiene una disponibilidad suficiente para cubrir todas las demandas que se generen en la misma, o determinar para condiciones de caudales mínimos, la cual parece más razonable, puesto que en los períodos de estiaje es cuando se presentan los conflictos de uso del agua.

El valor de la oferta se puede determinar para las condiciones medias de una cuenca para cuantificar la distribución de los caudales mínimos, puesto que en los períodos de estiaje es cuando se presentan los conflictos de uso del agua. En este estudio se calculó el índice de acuerdo con el criterio mencionado anteriormente.

El índice se clasifica de acuerdo con los criterios y rangos establecidos por el IDEAM de acuerdo a la tabla 11, el índice se estima, de acuerdo a la ecuación 4:

$$I_e = DH / OH \quad (4)$$

Dónde:

- le Índice de escasez (%)
- DH Demanda hídrica (m³/s)
- OH Oferta hídrica (m³/s)

El índice se clasifica de acuerdo con los criterios y rangos presentados en la tabla 2.

TABLA 2. CRITERIOS Y RANGOS DEL ÍNDICE DE ESCASEZ

Rango %	Criterio
> 50	Alto
21-50	Medio alto
11-20	Medio
1-10	Mínimo
<1	No Significativo

Fuente: IDEAM. Estudio Nacional del Agua. 2000. p. 25.

En la figura 4 se presenta el Índice de escasez mensual al realizar el diagnóstico de la cuenca teniendo en cuenta las demandas reportadas por cada usuario.

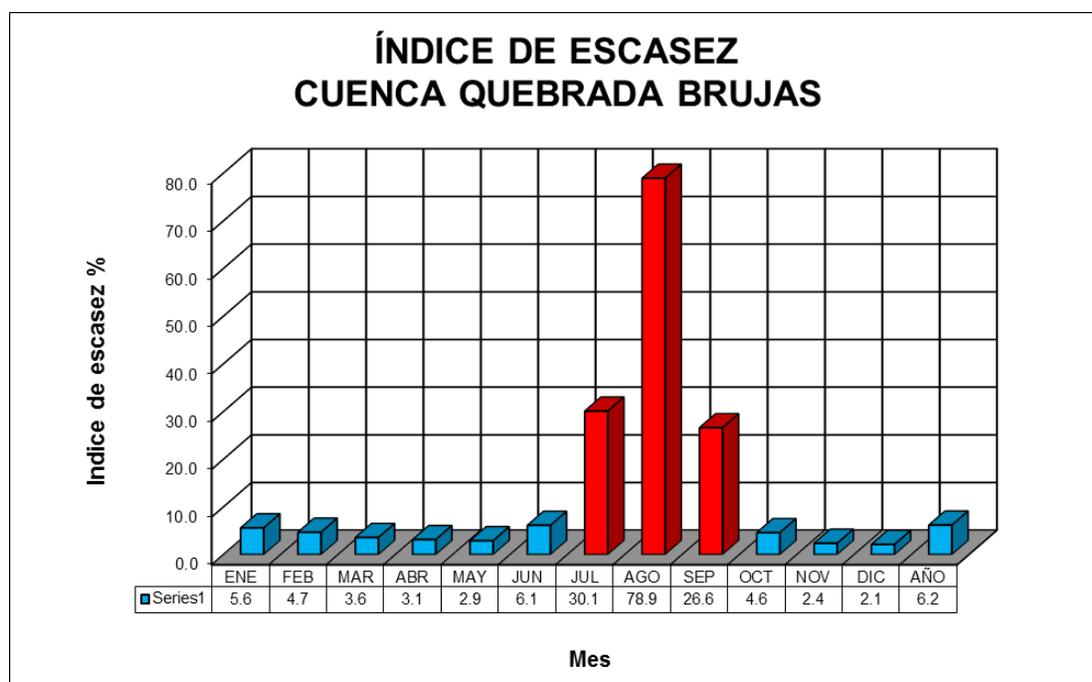


Figura 4. Índice de escasez mensual cuenca quebrada de Brujas

En la figura se observa que el promedio anual es de 6.2%; el cual es un grado de presión bajo, pero para los meses de Junio y Septiembre el índice de escasez es superior al 25% lo que indica un grado de presión medio alto en la corriente y para el mes de Agosto es superior al 70% que muestra un grado de presión alto, esto

determina que para estos meses la demanda calculada para cada usuario es muy grande y posiblemente genere que se presenten déficits para algunos usuarios y conflictos por el uso del agua. Esto también implica que es necesario hacer algunas restricciones para las demandas para poder satisfacer las necesidades de todos los usuarios.

- **Precipitación**

Convencionalmente en esta metodología se utiliza el valor de precipitación de corta duración, es decir tormentas, con el objetivo de evaluar crecientes o caudales máximos para el diseño de diferente tipo de obras hidráulicas. En este proyecto su aplicación se hace con valores de precipitación total mensual con la finalidad de obtener el valor de la escorrentía efectiva que permita determinar la oferta hídrica de la cuenca.

De acuerdo con la metodología anteriormente expuesta, para el cálculo de la precipitación efectiva requiere del conocimiento de un valor de precipitación, el cual solamente es medido en forma puntual en cada una de las estaciones pluviométricas, pluviográficas o climatológicas que conforman la red en el área de influencia de la CAR. En consecuencia, para obtener la precipitación representativa de una subcuenca se debe acudir a la evaluación de la distribución espacial de tal precipitación.

Convencionalmente se utilizan los métodos aritmético, polígonos de *Thiessen* e *isoyetas* para ponderar la precipitación sobre un área específica, siempre que existan estaciones de medida en la zona de interés de las cuales pueden elegirse algunas como representativas del régimen pluvial local. Adicionalmente, pueden utilizarse otros métodos alternos apoyándose en herramientas de tipo informático como es el caso del *ArcGis*.

En algunos casos, la subcuenca para la cual se está realizando este análisis Carece de información al respecto, pero es posible Caracterizarla con base en la información disponible en estaciones vecinas. Para este proyecto se utilizó el “Método de la ponderación del cuadrado de las distancias recíprocas¹”, método de interpolación también conocido como *IDW (Inverse Distance Weighted)*, en su sigla en inglés, el cual se encuentra disponible en el análisis espacial del *ArcGis*, el cual se explica a continuación.

El método de la ponderación del cuadrado de las distancias recíprocas se basa en la utilización de los puntos más cercanos al punto de interpolación para estimar la variable Z en este. Asumen auto correlación espacial y estiman los valores de Z

¹ Dean J. y Snyder W. Temporally and areally distributed rainfall. Journal of the Irrigation and Drainage Division. A.S.C.E. Vol 103. No. ir2. Proc. Paper 13.002. pp. 221-229, Citado por Ing. Santiago Loboguerrero en Apuntes de clase en hidrología.

como una media ponderada de los valores de un conjunto de puntos de muestreo cercanos.

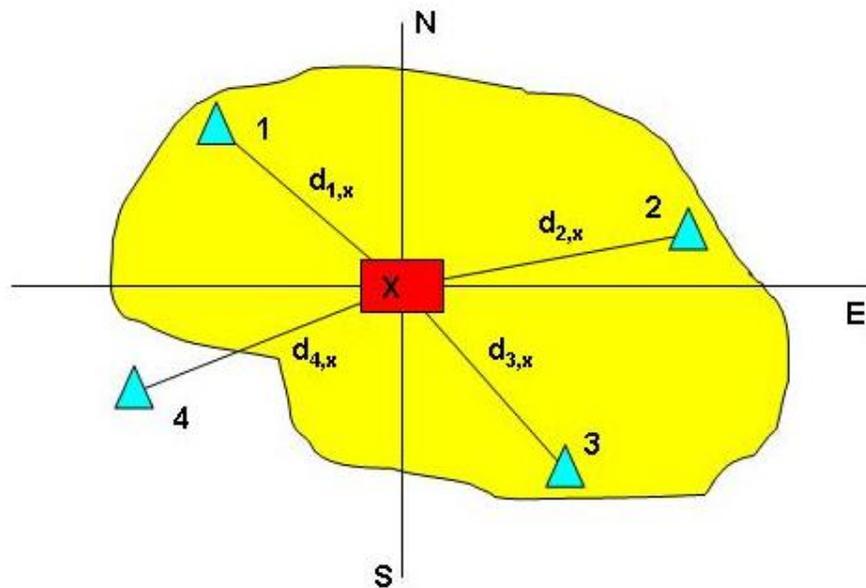


Figura 7. Método de la ponderación del cuadrado de las distancias recíprocas

Para calcular la precipitación media mensual multianual de la cuenca de la Quebrada de Brujas se utilizaron las estaciones pluviométricas, pluviográficas o climatológicas que conforman la red en el área de influencia de la CAR más cercanas al área de estudio, en la figura 8 se presenta un histograma de la precipitación media mensual multianual de la cuenca en estudio:

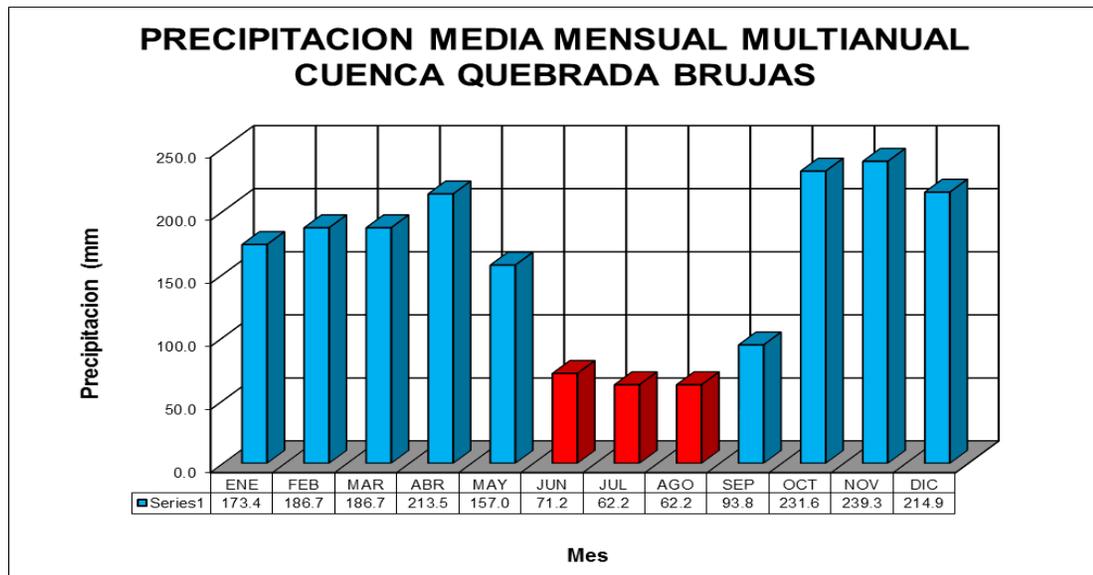


Figura 8. Precipitación media mensual multianual cuenca de la quebrada de Brujas para un periodo de 10 años.

Fuente: Estaciones red Hidrometereológica CAR.

La variación de la precipitación obedece a un régimen bimodal con la presencia de dos periodos húmedo entre los meses de marzo a mayo y septiembre a noviembre, para los meses de Junio a Septiembre se aprecia una notoria disminución en las precipitaciones, siendo estos meses los más secos para la cuenca.

7.5. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El componente SIG será fundamental y se encargará de dar soporte técnico al proyecto en la organización, almacenamiento y sistematización de la información espacial y alfanumérica requerida por este. Las tareas concretas que desarrollará el componente corresponden a: recopilación de datos espaciales y cartografía digital, sistematización de información cartográfica y alfanumérica, exploración y análisis de los datos espaciales, generación de cruces y modelos morfométricas para caracterizar la cuenca hidrográfica, visualización de información espacial y generación de información espacial en mapas e informes, permitiendo un manejo adecuado de la información con sistemas de datos integrados sobre el espacio geográfico en donde los recursos están localizados, facilitando de esta manera las tareas de planificación con un mayor rigor técnico.

8. METODOLOGÍA

La metodología desarrollada se estructuró en dos fases claramente diferenciadas. En la primera, denominada fase de trabajo de campo, se realizó la captura de la información del censo de usuarios ubicados dentro de la cuenca, así como la adquisición de información base cartográfica secundaria a escala 1:25.000, que permitió llevar a cabo los análisis posteriores. En la segunda fase, denominada trabajo de laboratorio, se procesaron todos los datos recolectados en la fase anterior hasta la consecución de la cartografía temática y los resultados hidrológicos y estadísticos necesarios para la reglamentación.

8.1. PRIMERA FASE

8.1.1. Trabajo de Campo

En el trabajo de campo se identificaron las diferentes obras (Rejillas de Acueductos, compuertas, mangueras, zanjas, acequias etc.) que captan agua de la quebrada Brujas, se georeferenciarán cada una de ellas y se tomaron los registros fotográficos correspondientes. Una vez obtenida esta información se diligenciaron las encuestas diseñadas para este fin por parte de la CAR, con cada uno de los usuarios de estas estructuras. Algunos de los ítems a considerar fueron: características de la captación, información del propietario, información física del predio, información de la fuente y consumos, información jurídica de la captación, acueductos veredales. Los resultados de este proceso se pueden observar en el Anexo 1.

8.2. SEGUNDA FASE

8.2.1. Trabajo de Laboratorio

Los datos obtenidos se revisaron y sistematizarán en una base de datos en Excel y mediante el uso de un software de Sistemas de Información Geográfica, (*que para nuestra aplicación fue el software ArcGis de la casa ESRI*) la información espacial fue modelada y validada.

8.2.2. Modelamiento Cartográfico

8.2.2.1. Georeferenciación

La georeferenciación constituye un paso imprescindible dentro del proyecto; mediante esta actividad se vinculan a un sistema de coordenadas todos los datos.

8.2.2.2. Transferencia

Mediante esta actividad se captura digitalmente la información temática contenida en información secundaria (límites y nombres de unidades temáticas). La digitalización que se hace sobre el monitor en todo momento debe ser monitoreada con el propósito de efectuar nuevos ajustes y correcciones en tiempo real referidas al ajuste de las unidades temáticas con respecto a los elementos contenidos en la cartografía básica (ríos, zonas urbanas, etc).

8.2.2.3. Edición

Posterior a la digitalización se considera necesario un proceso de depuración y perfeccionamiento de la información espacial ya capturada. Mediante la edición se consolida un sistema estructurado y perfecto de segmentos y nodos que garanticen la creación posterior de la topología de polígonos.

Para lograr esta depuración se aplican programas automáticos que prolonguen o corten los segmentos con relación a los nodos de acuerdo a valores de tolerancia máxima dados en función de la escala de trabajo.

8.2.2.4. Poligonización

El proceso de poligonización consiste en dotar a cada unidad temática digitalizada de un identificador único para que mediante la herramienta SIG se identifiquen y cuantifiquen datos básicos de las áreas que hasta antes del proceso tan solo correspondían a sistemas de líneas y nodos de inicio y final.

Mediante la poligonización se genera una topología o un sistema de información espacial para cada unidad temática; dentro de los atributos que se generan al poligonizar se tienen: área, perímetro, identificadores propios, identificadores internos, geometría y colindancia y/o vecindad, principalmente.

Esta información nueva y generada a partir del proceso de poligonización es almacenada digitalmente con estructura de filas y columnas y es la base fundamental para posteriores procesos como consulta, actualización, aritmética espacial y modelamiento de los datos tanto espaciales como alfanuméricos.

8.2.2.5. Rasterización

Algunas de las herramientas para modelado y análisis dependiendo del sistema utilizado demandan que la información se estructure en formato matricial, para esto la estructura vectorial referida a puntos, líneas y áreas se convertirá a píxeles manteniendo los valores de sus atributos.

8.2.2.6. Análisis y Modelamiento

Constituye el mayor plus que ofrecen los SIG, mediante las herramientas dirigidas al análisis espacial de los datos que ofrecen los softwares se ha proyectado generar los productos que demanda el proyecto orientados específicamente hacia la identificación de oferta y demanda hídrica, índice de escases, delimitación de la cuenca y proyecto de distribución de caudales. Los siguientes son, entre otros, los procesos vía SIG que se revisarán a partir de análisis y modelamiento de los datos obtenidos en procura de los objetivos del estudio.

- Generación automática de coberturas a partir de atributos cuantitativos y cualitativos.
- Intersección de capas según requerimientos previos y condicionantes alfanuméricos y espaciales.
- Realización de operaciones aritméticas entre coberturas espaciales.
- Generación de áreas de influencia y /o superficies de mercado.
- Conformación de modelos digitales de elevación.
- Determinación automática de pendientes a partir de MDE.
- Operaciones lógicas basadas en el álgebra booleana.

8.2.2.7. Variables Visuales

- **Color:** Es quizás la variable visual más usada en cartografía dado que la percepción del color es una de las operaciones mentales más tempranas en el desarrollo humano. Es una de las variables con mayor uso en este tipo de mapas, por medio de este se clasifican los diferentes puntos tomados en el censo de usuarios; sirve para discriminar o diferenciar los lugares, además de darle diferentes tonalidades a las convenciones que se van a utilizar en el mapa.
- **Líneas:** Se usan para representar datos lineales espaciales. Por ejemplo ríos, carreteras, límites político – administrativos. Utilizar un símbolo de línea no siempre significa que este representando un elemento tipo línea, es el caso de las curvas de nivel utilizadas para representar elevaciones o datos de profundidad, con las cuales se pueden determinar volúmenes. Se usan para división urbana, límites territoriales, vías de acceso a la cuenca.

- **Puntos:** Son importantes para la georeferenciación y ubicación de puntos estratégicos o importantes, sirven para ubicar ciudades, municipios, barrios y elementos de interés según el tema del mapa, en nuestro caso mostrarán la ubicación de las captaciones y nacimientos ubicados dentro de la cuenca.
- **Áreas:** Indica que un elemento o región tiene algún atributo en común, por ejemplo agua, vegetación, administración política, con alguna característica susceptible de medirse. Estos símbolos de área son gráficamente uniformes sobre el área que representan, para ello se utiliza el color o un patrón de puntos o símbolos lineales.
- **Textura:** Se define como la variación en densidad de los elementos gráficos bajo valores constantes, con una misma impresión de gris. Aparecen las intensidades y cambios de colores por ser la variable más usada.
- **Tamaño:** Se refiere a la dimensión de los símbolos. Al determinar los tamaños de los símbolos, el centro del mismo debe permanecer constante y lo que se debe ampliar o disminuir es el radio que ilustra la situación. Diferencia los símbolos usados para representar elementos dentro del mapa.
- **Forma:** Identifica símbolos de diferentes “formas o figuras”, las cuales ilustran las diferencias de situaciones a representar. Las formas geométricas son en general las más seleccionadas para discriminar elementos entre sí. Sirven para darle identidad al mapa, ya que el usuario entrara directamente a observar que se representa en él y lo primero con lo que se va a identificar son las figuras que en él se encuentren, directamente asociara la información del mapa con estas figuras, formas o colores.
- **Orientación:** Indica la dirección en la cual los símbolos son colocados. La variación de orientación se limita a unas pocas direcciones siendo la angular la más utilizada. Es bueno tener en cuenta esta variable ya que su correcta utilización y ubicación en el mapa, serán de gran importancia para el usuario en el momento de identificarse con un punto (lugar) específico en el mapa.

Es de anotar que hay diferencias entre las variables tamaño, valor y textura; la variable tamaño representa la cobertura de un elemento individual; la variable valor, describe tonos de reflexión o sombras continuas y punteadas de tamaños semejantes y diferentes tonos de gris; la variable textura, muestra puntos o líneas de color semejantes pero de largos, anchos y dimensiones de agrupación diferente.

Las variables visuales pueden utilizarse para hacer símbolos diferentes y para realizar combinaciones entre ellas. La variación y conjugación de todas las variables visuales ofrece a la cartografía múltiples posibilidades de representación gráfica, que van más allá de la utilización de símbolos tales como puntos, líneas y áreas de color o de valor diferencial.

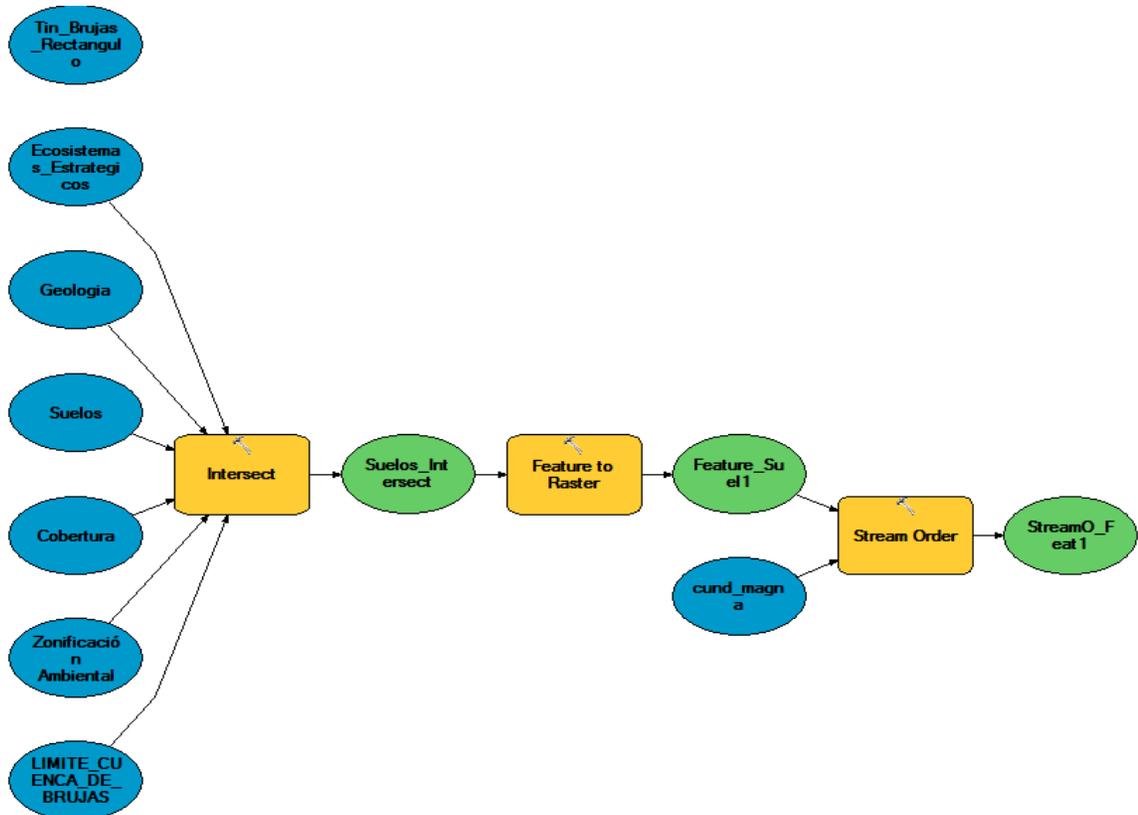
9. RESULTADOS METODOLOGICOS Y PRODUCTOS SIG

El propósito fundamental de la presente investigación fue el de implementar herramientas de un sistema de información geográfica (SIG) para formular una metodología que permitiera formular un adecuado proceso de ordenación de corrientes hídricas.

El procedimiento que se siguió tuvo en cuenta la calidad en la información recolectada, así como las fuentes de la misma.

Toda la información de la cartografía base (curvas de nivel, quebradas, vías, etc.) y temática fue suministrada por la CAR en formato análogo para su digitalización e incorporación en archivos alfanuméricos digitales que permitieran su uso en cualquier software SIG. Para ello se estructuró la información en archivos tipo *shape (shp)* que permiten visualizarse en diferentes plataformas de manejo de información cartográfica.

Parte del proceso lógico que se llevó a cabo se puede visualizar en el siguiente esquema:



La metodología técnica consistió en incorporar las capas de información básica y temática estructuradas para “cortarlas” con el límite de la subcuenca en estudio y de esa forma delimitar y normalizar la información.

A partir de esa información de tipo vectorial se realiza una rasterización para realizar operaciones entre capas (álgebra de mapas) y de esa forma obtener los parámetros morfométricos de la cuenca así como los datos que se convirtieron en insumo para diferentes equipos técnicos de la CAR.

9.1. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

Las características morfométricas corresponden a la aplicación de procedimientos que a través del estudio de la morfología y geomorfología caracterizan de manera cuantitativa los rasgos propios de las cuencas hidrográficas en valores numéricos los cuales permiten comparar en forma exacta una parte de la superficie terrestre con otra. Estos parámetros están relacionados con el régimen hidrológico de una cuenca o microcuenca ya que es una función compleja de numerosos factores, entre los que predomina el clima y la forma del terreno en el cual se desarrolla el fenómeno. Las formas de la superficie terrestre, y en particular su situación en altitud, tienen influencia decisiva sobre los más importantes factores condicionantes del régimen hidrológico, como precipitación, escorrentía, infiltración y formación de depósitos y sedimentos.

Los valores morfométricos son fundamentales para documentar la analogía territorial y establecer relaciones hidrológicas de generalización y expresan en valores simples las características de paisajes complejos.

La morfometría pretende hallar parámetros que sirvan para caracterizar un ambiente geomorfológico y que, además, sean susceptibles de un tratamiento estadístico o matemático que permita disminuir la influencia de la subjetividad en las conclusiones que se deriven de esos parámetros.

Para la caracterización morfométrica se verificaron y se dibujaron las divisorias de aguas y se calcularon las características morfométricas más relevantes, sobre la cartografía básica establecida para el proyecto. Dichos parámetros fueron calculados en el software SIG, con el fin de evitar inconsistencias y garantizar precisiones en las medidas.

Se presentan parámetros morfométricos calculados, de la subcuenca, tales como las cotas mayor y menor, el área tributaria, la pendiente media de la subcuenca, la longitud del cauce principal, el perímetro, la densidad de drenajes, el índice de gravelius, etc., los cuales fueron calculados en hojas de Excel a partir de los datos geográficos.

9.1.1. Área de Drenaje de la Cuenca (AC) [km²].

El área de la cuenca es quizá el parámetro más importante, siendo determinante de la escala de varios fenómenos hidrológicos tales como, el volumen de agua que ingresa por precipitación y la magnitud de los caudales de salida, entre otros.

El área de drenaje se define como el área planimétrica sobre una proyección horizontal, incluida dentro de su divisoria de aguas y expresada generalmente en Km². La superficie de la cuenca delimitada por la divisoria topográfica, se considera como el área que contribuye con la escorrentía superficial, la cual afecta las crecidas, flujo mínimo y la corriente media en diferentes modos.

De acuerdo con su extensión, existen algunas sub-áreas que se clasifican como se presenta en el siguiente Tabla 3.

TABLA 3. DEFINICIÓN DE CUENCAS

(A_C) [km²]	Nombre
< 5	Unidad
5 -20	Sector
20 – 100	Microcuenca
100 - 300	Subcuenca
> 300	Cuenca

El concepto de área de drenaje y divisoria de aguas se presenta en las Figuras 9 y 10.

La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza a partir de restituciones cartográficas y fotogramétricas y para ello se deben seguir las reglas básicas que se mencionan a continuación:

- La divisoria de aguas pasa por los puntos más altos de las cordilleras, cruzando los valles que estas delimitan.
- Su delimitación comienza en el punto de concentración y se continúa a cada lado de este punto con líneas siempre perpendiculares a las curvas de nivel.
- La divisoria de aguas nunca debe interceptar los cauces naturales.

Imagine una gota de agua cayendo sobre el mapa, si la gota llegara al punto de concentración, ésta área debe pertenecer a la cuenca.

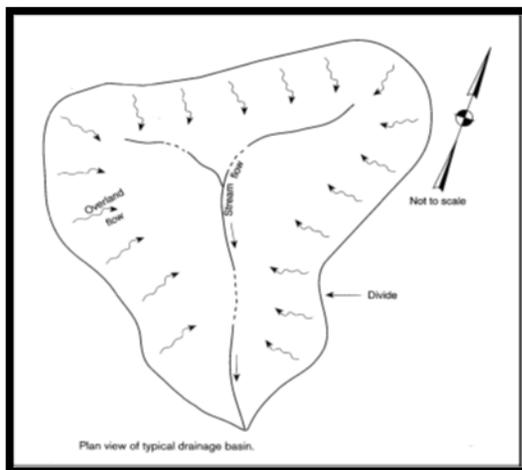


Figura 9. Área de drenaje Típica

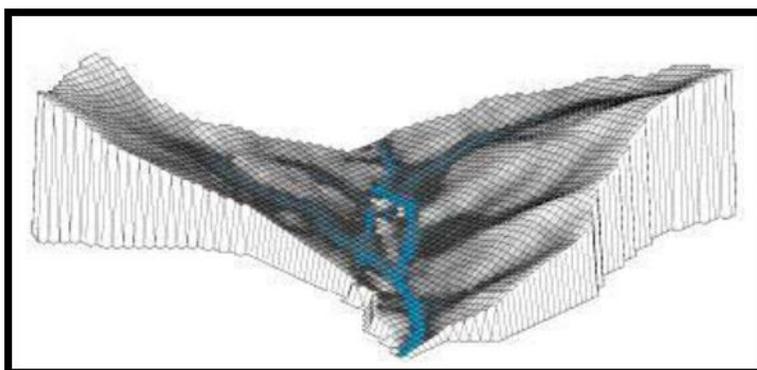


Figura 10. Área de drenaje vista en 3D

9.1.1.1. Perímetro de la Cuenca

Corresponde a la longitud del límite exterior de la cuenca, definido por la divisoria topográfica de aguas.

9.1.1.2. Cota de Nacimiento (m.s.n.m.)

Es la cota del punto más elevado de la corriente principal.

9.1.1.3. Cota en el Sitio de Estudio (m.s.n.m.)

Es la cota del punto más bajo de la cuenca, usualmente, el punto de salida de la cuenca o en el sitio de estudio.

9.1.1.4. Longitud Recta de la Cuenca

Es la longitud de una línea recta con dirección “paralela” al cauce principal, la longitud axial de la cuenca se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la hoya de manera lineal, se expresa en Km.

9.1.1.5. Pendiente Media del Cauce

Se calcula como la cota superior menos la cota inferior dividida la longitud del cauce.

9.1.1.6. Longitud del Cauce Principal (L) [km]

Es la longitud del cauce principal, medida desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud del mismo.

9.1.1.7. Longitud Total de Drenaje (LD) [km]

Se define como la longitud total de los cursos de agua entre la superficie total de la cuenca y se expresa mediante el cociente de la longitud del río y la superficie de la cuenca. Comúnmente se señala que si $D = 2,74$ se considera una cuenca bien drenada. Si sólo se considera este índice, sin tener en cuenta otros factores del medio físico de la cuenca, se puede decir que cuanto mayor sea la densidad de drenaje, más rápida será la respuesta de evacuación de las aguas de escorrentía.

9.1.1.8. Relación del Relieve

Schumm (1956) propone una expresión muy simple para la descripción del relieve, (Relif Ratio) la Relación de Relieve (Rr) en función de la longitud de la cuenca L y de la diferencia de altura entre la salida de la cuenca y el punto más alto en la divisoria de la cuenca (h).

9.1.1.9. Pendiente Media de la Cuenca

Para obtener la pendiente media de la cuenca se pondera la pendiente hallada para cada franja en función de su área.

9.1.1.10. Elevación Media de la Cuenca

Esta característica se determina a partir de la “curva hipsométrica” de la cuenca. La curva hipsométrica es la representación gráfica de la variación de la elevación de una cuenca, en ella puede observarse la distribución de las zonas altas, medias y bajas.

Se emplea en conjunto con los registros de precipitación para sectorizar las zonas con diferente pluviosidad y para estimar la relación entre la elevación y la precipitación.

La curva hipsométrica representa, entonces, el porcentaje de área acumulada que es igualado o excedido a una determinada cota.

La elevación mediana de una cuenca es la elevación correspondiente al 50% del área total.

Es posible convertir la curva hipsométrica en una función adimensional utilizando valores relativos; es decir dividiendo los valores del eje de las abscisas entre el área total y el área de las ordenadas entre la máxima elevación. Esta función adimensional permite asociar la forma de esa curva con las edades de los cauces naturales.

9.1.1.11. Número de Meltón

Este parámetro corresponde a la diferencia de elevación entre el punto más alto y más bajo de una cuenca dividido por la raíz cuadrada del área. Esta definición implica que cuencas pequeñas y con altas pendientes tienen parámetros de Melton más altos que aquellas grandes y de relieve moderado a bajo (Coe, Godt, Parise, & MosCARiello, 2003). De acuerdo con (Wilford, Sakals, Innes, Sidle, & Bergerud, 2004), el parámetro de Melton puede ser usado para diferenciar cuencas susceptibles a inundaciones súbitas de aquellas susceptibles a flujos de detritos. Cuencas que son susceptibles a inundaciones presentan parámetros de Melton menores a 0.3 y cuencas susceptibles a crecientes de detritos (debris floods) parámetros de Melton entre 0.3 y 0.6 y flujos de detritos (debris flows) parámetros de Melton mayores a 0.6 según la investigación de (Wilford, Sakals, Innes, Sidle, & Bergerud, 2004).

9.1.1.12. Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica sugerida por Langbein et al. (1947), proporciona una información sintetizada sobre la altitud de la cuenca, que representa gráficamente la distribución de la cuenca vertiente por tramos de altura. Relaciona gráficamente la distribución del relieve con respecto a la altura a lo largo de la cuenca, a partir del mapa topográfico, determinando el porcentaje de área comprendida entre diferentes alturas. Ver figura 3.

9.1.1.13. Perfil del Cauce Principal

El perfil longitudinal de un río es muy característico. La línea ideal que dibuja un río desde su nacimiento hasta su desembocadura. Se representa gráficamente

como una curva cuya forma ideal es la de una curva exponencial cóncava; hacia arriba en la cabecera y a la altura del nivel de base en la desembocadura. La profundidad y la anchura del lecho aumentan aguas abajo, en la medida que disminuye la pendiente. Esto es debido a que aguas abajo aumenta el caudal, y por tanto la velocidad, por lo que es posible transportar la carga material del río con una pendiente menor. Ver figura 11.

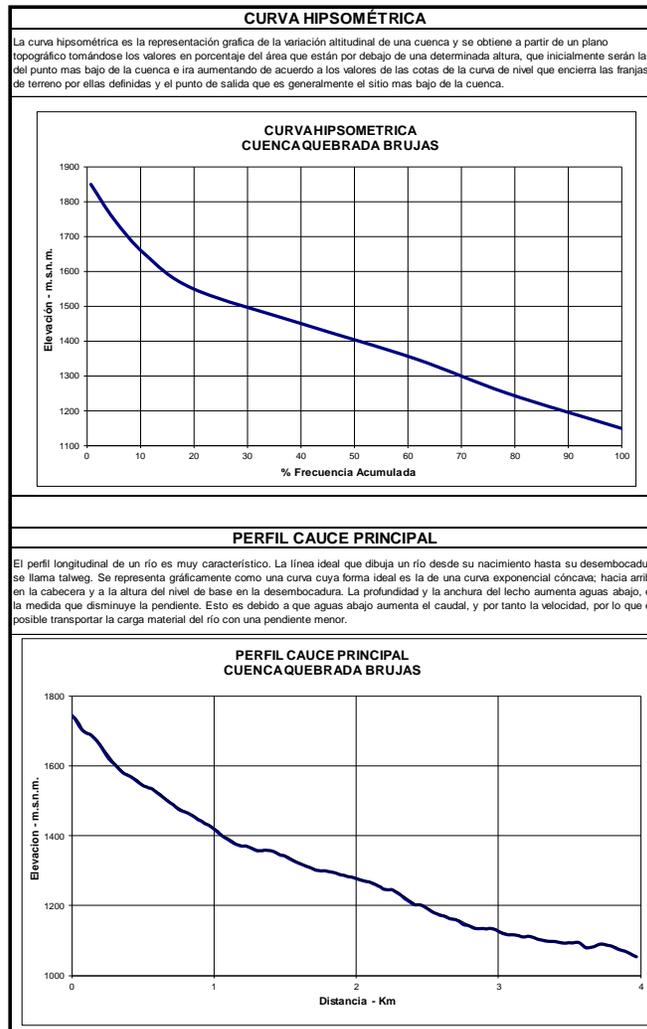


Figura 11. Curva hipsométrica y Perfil del cauce principal.

9.1.2. Coeficientes Morfométricos

9.1.2.1. Factor de Forma (Kf)

Índice propuesto por Gravelius, es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca

hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños.

Es la relación entre el ancho de la cuenca y su longitud.

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (5)$$

f	Característica
< 1	Tiende a ser alargada
1	Cuadrada
> 1	Tiende a ser achatada

9.1.2.2. Índice de Alargamiento

Relaciona la longitud del cauce encontrada en la cuenca, medida en el sentido principal y el ancho máximo de ella. Esta define si la cuenca es alargada cuando su valor es mucho mayor a la unidad o si es muy achatada en ese sentido cuando son valores menores a la unidad.

9.1.2.3. Índice de Gravelius (KC)

El índice de Gravelius está dado por la relación entre el área de un círculo equivalente cuyo perímetro es el perímetro de la cuenca (P), que es la misma longitud del parte aguas y el área de la cuenca.

9.1.2.4. Longitud Promedio de Flujo Superficial

Se define como la distancia media que el agua debería escurrir sobre la cuenca para llegar a un cauce y se estima por la relación que existe entre el área y 4 veces la longitud de todos los cauces de la cuenca, o bien, la inversa de 4 veces la densidad de drenaje.

9.1.2.5. Coeficiente de Compacidad

Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro, al igual que el anterior, describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

9.1.2.6. Relación de Elongación

Se define como el cociente entre el diámetro de un círculo que tiene igual proporción al área de la cuenca y la longitud de la misma.

9.1.2.7. Relación de Horton

Corresponde a la relación entre el área de la cuenca y la longitud de la misma. Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total.

9.1.2.8. Sinuosidad del Cauce Principal

Es la relación que existe entre la longitud del cauce principal, L, y la longitud del valle del cauce principal medida en línea recta o curva, Lt.

En la tabla 4, se puede apreciar un resumen de los coeficientes morfométricos calculados para la cuenca de la quebrada de Brujas.

TABLA 4. COEFICIENTES MORFOMÉTRICOS CUENCA

COEFICIENTES MORFOMÉTRICOS		
COEFICIENTE DE FORMA	ECUACIÓN	Kf
Índice propuesto por Gravelius, es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños.	$Kf = \frac{A}{L^2}$	0.28
INDICE DE ALARGAMIENTO	ECUACIÓN	la
Relaciona la longitud del cauce encontrada en la cuenca, medida en el sentido principal y el ancho máximo de ella. Esta define si la cuenca es alargada cuando su valor es mucho mayor a la unidad o si es muy achatada en ese sentido cuando son valores menores a la unidad.	$I_a = \frac{\text{Longitud}_{\text{cuenca}}}{\text{Ancho}_{\text{cuenca}}}$	2.49
INDICE DE CHORLEY	ECUACIÓN	p
Compara la forma de la cuenca a una lemniscata	$\rho = \frac{\Pi * L_{\text{caucep}}^2}{4 * A_{\text{cuenca}}}$	2.96
INDICE DE GRAVELIUS	ECUACIÓN	i
Está dado por la relación entre el área de un círculo equivalente cuyo perímetro es el perímetro de la cuenca y el área de la cuenca	$i = \frac{P^2}{4 * \Pi * A_{\text{cuenca}}}$	1.95
LONGITUD PROMEDIO DE FLUJO SUPERFICIAL	ECUACIÓN	Lo
Se define como la distancia media que el agua debería escurrir sobre la cuenca para llegar a un cauce y se estima por la relación que existe entre el área y 4 veces la longitud de todos los cauces de la cuenca, o bien, la inversa de 4 veces la densidad de drenaje.	$Lo = \frac{A_{\text{cuenca}}}{4 * \sum L_i} = \frac{1}{4D}$	0.80
COEFICIENTE DE COMPACIDAD	ECUACIÓN	Kc
Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro, al igual que el anterior, describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.	$K_c = \frac{P_{\text{cuenca}}}{2\pi \left(\frac{A_{\text{cuenca}}}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}}$	1.40
RELACION DE ELONGACION	ECUACIÓN	Kc
Se define como el cociente entre el diámetro de un círculo que tiene igual proporción al área de la cuenca y la longitud de la misma.	$R_e = 1.128 * \frac{\sqrt{A}}{L}$	0.60
RELACION DE HORTON	ECUACIÓN	Rf
Corresponde a la relación entre el area de la cuenca y la longitud de la misma.	$R_f = \frac{A_{\text{cuenca}}}{L_{\text{caucep}}^2}$	0.27
DENSIDAD DE DRENAJE	ECUACIÓN	D
Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total	$D = \frac{\sum L_i}{A_{\text{cuenca}}}$	3.21
SINUOSIDAD DEL CAUCE PRINCIPAL	ECUACIÓN	Si
Es la relación que existe entre la longitud del cauce principal, Lc, y la longitud del valle del cauce principal medida en línea recta o curva, Lt.	$S_i = \frac{L_{\text{drenajep}}}{L}$	1.03

9.1.3. Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración es el tiempo transcurrido desde el momento que se inicia la precipitación y hasta el momento en que el total del área de la cuenca contribuye al escurrimiento superficial. El tiempo de concentración también se puede definir como el tiempo que tarda una gota de agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta la desembocadura del cauce principal.

Es el tiempo que tarda una gota de agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés (Punto de concentración).

El tiempo de concentración puede estimarse mediante tres metodologías: aplicando fórmulas empíricas, realizando mediciones directas o mediante el análisis de hidrogramas.

9.1.3.1. La fórmula de Kirpich

Calcula el tiempo de concentración, T_c , en minutos, según la ecuación: Donde L la longitud del cauce principal de la cuenca, en metros, y S la diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros, dividida por L (es decir, la pendiente promedio del recorrido principal en m/m).

9.1.3.2. La fórmula de California

Es la expresión utilizada para el tiempo de concentración en el cálculo del hidrograma triangular del U.S. *Bureau of Reclamation*.

Donde T_c en minutos, y L es la longitud y J la pendiente promedio del cauce principal de la cuenca, en Km y en m/m, respectivamente.

9.1.3.3. Fórmula de Giandotti

Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, T_c , en minutos siendo L la longitud y J la pendiente promedio del cauce principal de la cuenca, en Km y en m/m, respectivamente y A la superficie de la cuenca en Km².

En la tabla 5, se puede apreciar un resumen de los coeficientes morfométricos calculados para la cuenca de la Quebrada de Brujas.

TABLA 5. TIEMPOS CONCENTRACIÓN CUENCA

TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN		
Está relacionado con la forma de la cuenca y se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que la totalidad de la cuenca contribuya al drenaje, o en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites mas extremos de la divisoria de aguas hasta llegar a la salida de la misma.		
FÓRMULA DE KIRPICH	ECUACIÓN	Tc (min)
Calcula el tiempo de concentración, Tc, en minutos, según la ecuación: Donde L la longitud del cauce principal de la cuenca, en metros, y S la diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros, dividida por L (es decir, la pendiente promedio del recorrido principal en m/m).	$T_c = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385}$	22.49
FÓRMULA CALIFORNIANA (DEL U.S.B.R.)	ECUACIÓN	Tc (min)
Es la expresión utilizada para el tiempo de concentración en el cálculo del hidrograma triangular del U.S. Bureau of Reclamation. Donde Tc en minutos, y L es la longitud y J la pendiente promedio del cauce principal de la cuenca, en Km y en m/m, respectivamente.	$T_c = \left(0.066 \left(\frac{L}{J^{1/2}} \right)^{0.77} \right) * 60$	22.41
FÓRMULA DE GIANDOTTI	ECUACIÓN	Tc (min)
Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, Tc , en minutos siendo L la longitud y J la pendiente promedio del cauce principal de la cuenca, en Km y en m/m, respectivamente y A la superficie de la cuenca en Km2.	$T_c = \left(\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{J * L}} \right) * 60$	43.31

9.1.4. Oferta Hídrica Total

Con base en las calibraciones realizadas para cada una de las subcuencas piloto, se obtuvieron unos parámetros Característicos, que permiten evaluar la precipitación efectiva o escorrentía teniendo en cuenta la cobertura de precipitación media total mensual, la cobertura de condición de antecedencia y el potencial de escorrentía (Formato Raster). Utilizando los diferentes operadores aritméticos y lógicos que ofrece el álgebra de mapas de los SIG, se aplicó la Ecuación en la cual se operan las coberturas mencionadas.

Luego de obtener la precipitación efectiva se procede a calcular el caudal unitario, es decir, el caudal por cada “grid” o celda, expresado en L/s, convirtiendo la precipitación efectiva (mm/mes) en volumen, de acuerdo con la siguiente relación:

$$\text{Caudal Unitario} = \text{Precipitación Efectiva (Escorrentía)} * \text{Área Unitaria}$$

El caudal total en un sitio determinado de la cuenca se obtiene como la suma de los caudales unitarios hasta ese sitio.

La oferta hídrica total mensual está dada como el valor acumulado de la escorrentía directa y el caudal base. El primero de ellos fue obtenido mediante la aplicación de la Teoría del CN y el segundo a partir de la curva de duración de caudales.

El caudal base seleccionado corresponde a aquel que es igualado o superado el 75% del tiempo según la curva de duración de caudales, su determinación se realizó utilizando como referencia los caudales base de las subcuencas piloto, los cuales mediante la aplicación del formato Raster fueron extrapolados a las subcuencas de los diferentes órdenes considerados, para adicionarlos a la escorrentía directa y así obtener los caudales totales.

En la figura 12 se muestra un histograma con los valores de caudal total calculados para la cuenca de la quebrada de Brujas.

En la figura 12 se observa un disminución considerable del caudal correspondiente a los meses de Junio a Septiembre, producto de las bajas precipitaciones presentes en estos meses.

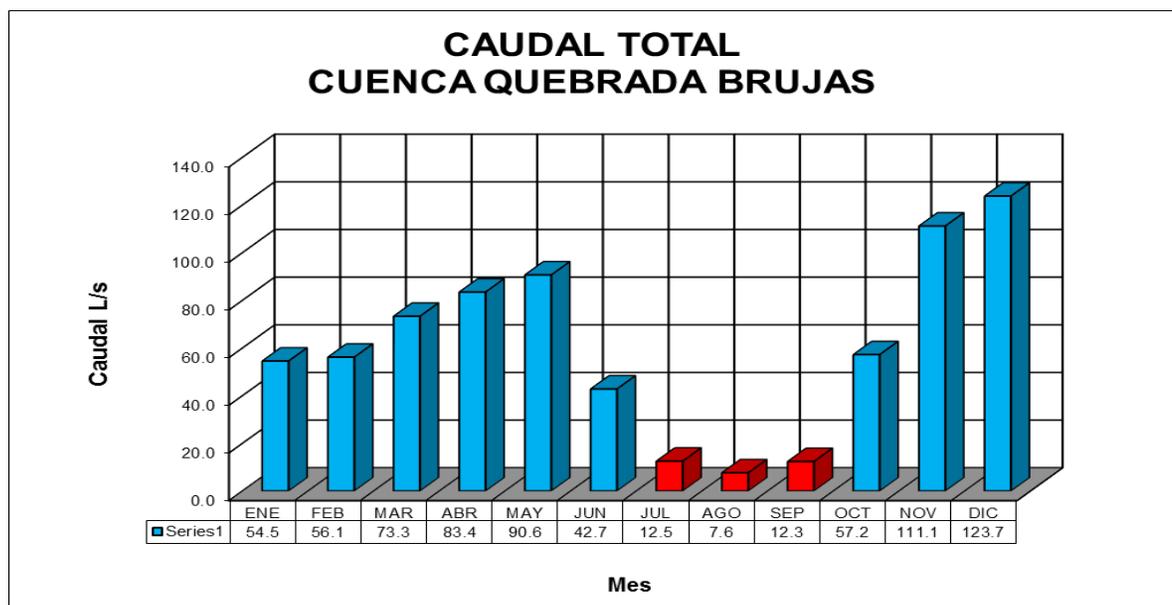


Figura 12. Caudal total mensual Cuenca Quebrada de Brujas

9.1.5. Oferta Hídrica Disponible

La oferta hídrica disponible mensual se obtiene como la diferencia entre el caudal total o la oferta hídrica en la cuenca, estimado anteriormente y el caudal ecológico. El caudal ecológico se puede definir como el caudal mínimo necesario, que debe permanecer en un determinado cauce, para garantizar la sobrevivencia de la comunidad biótica existente en la fuente de abastecimiento cuando se desarrollan

proyectos que requieran derivar aguas de dicha fuente, el cual, para los fines del estudio se considera como la demanda ecológica. El objetivo del caudal ecológico esta generalmente ligado a tres finalidades: provisión de alimento y refugio, protección de la reproducción y mantenimiento del cauce.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, mediante resolución número 0865 del 22 de julio de 2004 define el caudal ecológico de la siguiente manera: “El caudal mínimo, ecológico o caudal mínimo remanente es el caudal requerido para el sostenimiento del ecosistema, la flora y la fauna de una corriente de agua”.

De acuerdo con la información con la que se contaba (Oficina CAR y Oficinas Provinciales) a la hora de desarrollar el proyecto de reglamentación de corrientes, se decidió implementar una metodología hidrológica debido a la ausencia de información hidráulica, eco hidráulica y comportamiento de especies y flora y fauna en la corriente en estudio.

Por tal motivo se decidió estimar los caudales ecológicos por diferentes metodologías hidrológicas y ver sus efectos y aplicación sobre la distribución de los caudales en la cuenca en estudio, esto permitió ver que cualquiera de estas estimaban un caudal único y fijo durante el año, lo cual hace que se desconozca la variabilidad estacional del régimen hidrológico de la corriente y que no se tenga en cuenta el régimen estacional para los períodos húmedos y secos.

De acuerdo a estas premisas y a las características propias de la región (información suministrada por el equipo técnico de las Oficinas Provinciales de la CAR) se seleccionó como caudal ecológico un valor del 10% del caudal de la oferta hídrica total de la corriente, calculado para cada mes, donde en este caso se tiene en cuenta los efectos de la presencia de períodos secos y húmedos en la cuenca, sino que también permite que para mes se haga un descuento adecuado de acuerdo a las condiciones y el comportamiento de la cuenca para ese período, este valor se adopta bajo las premisas de que siempre existe la posibilidad de la ocurrencia de un valor de caudal menor que el mínimo registrado y que algunos cauces a nivel local durante los periodos de estiaje tienden a “secarse”.

Este valor permite tener en cuenta las variaciones estacionarias y además al no utilizar el valor mínimo del mes más bajo si uno un porcentaje del caudal de la oferta de cada mes esto hace que el caudal sea suficiente para cumplir el fin primordial del caudal ecológico. En la figura 13 se muestra el caudal ecológico calculado para cada mes en la cuenca de la quebrada de Brujas.

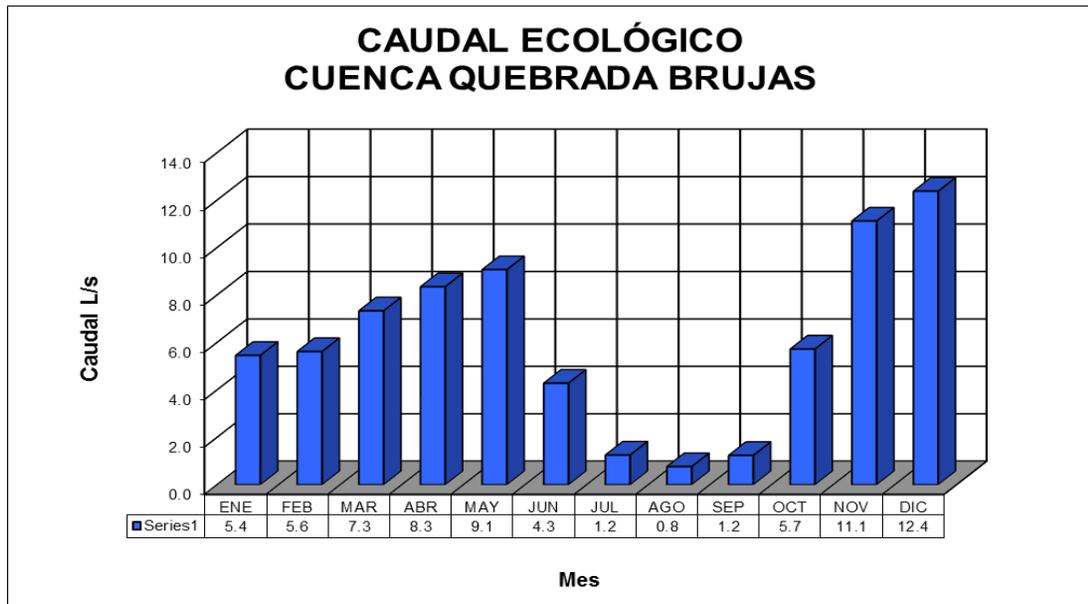


Figura 13. Caudal Ecológico mensual microcuenca Quebrada de Brujas

En la Figura 14, se muestra el caudal mensual disponible para la microcuenca de la Quebrada de Brujas, que se obtuvo mediante la diferencia del caudal total y el caudal ecológico y que es la base para el reparto y asignación de caudales para todos los usuarios presentes en la cuenca.

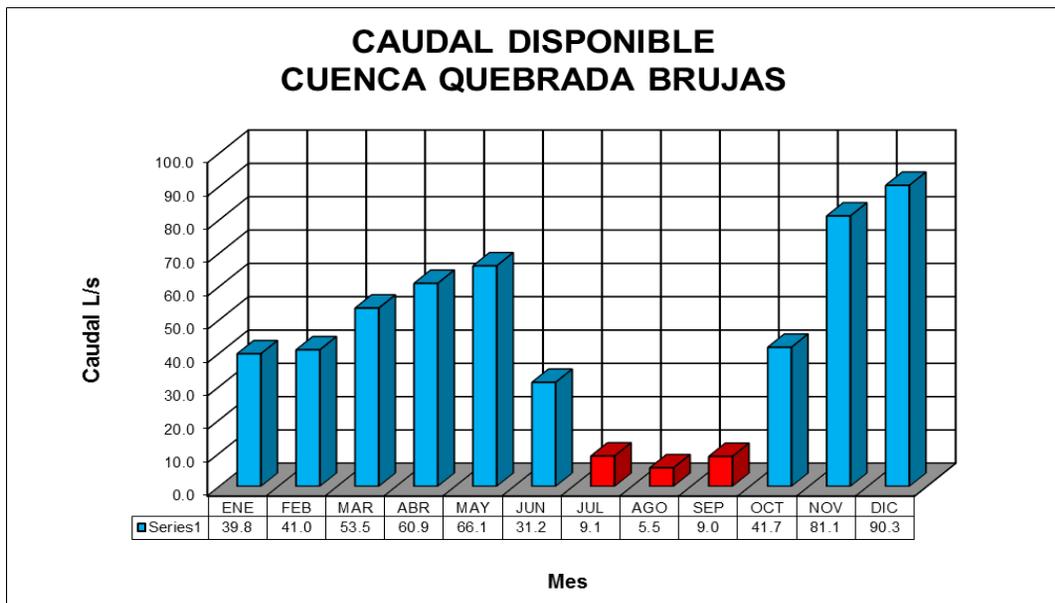


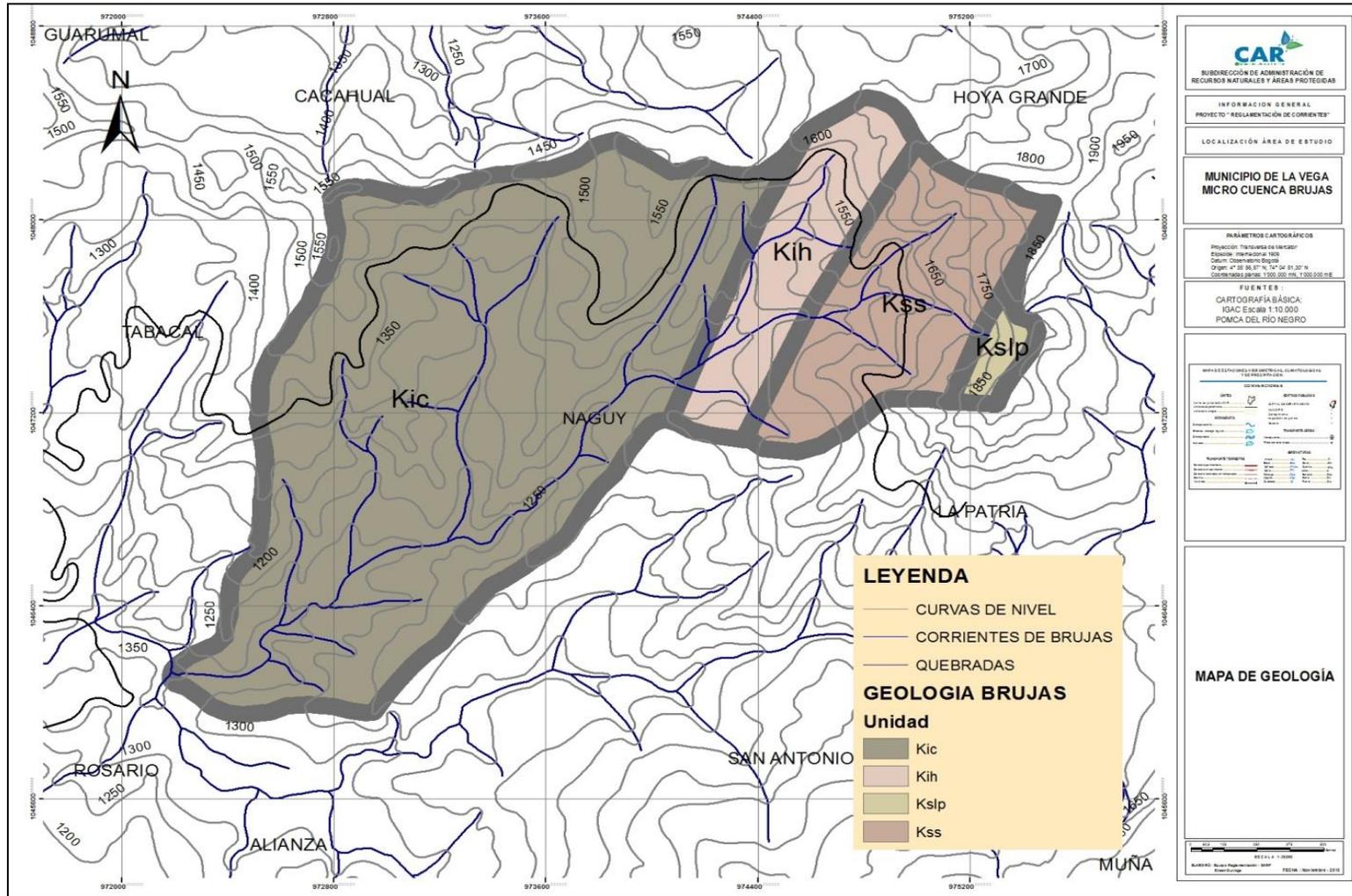
Figura 14. Caudal disponible mensual cuenca quebrada de Brujas

9.2. CARTOGRAFÍA

Las salidas gráficas (mapas 2 al 13) que se crearon, se convirtieron en insumos fundamentales para que los técnicos de la CAR pudieran entender el territorio y las interrelaciones que existen en el mismo en sus componentes bióticos y de esa forma reglamentar las corrientes hídricas superficiales.

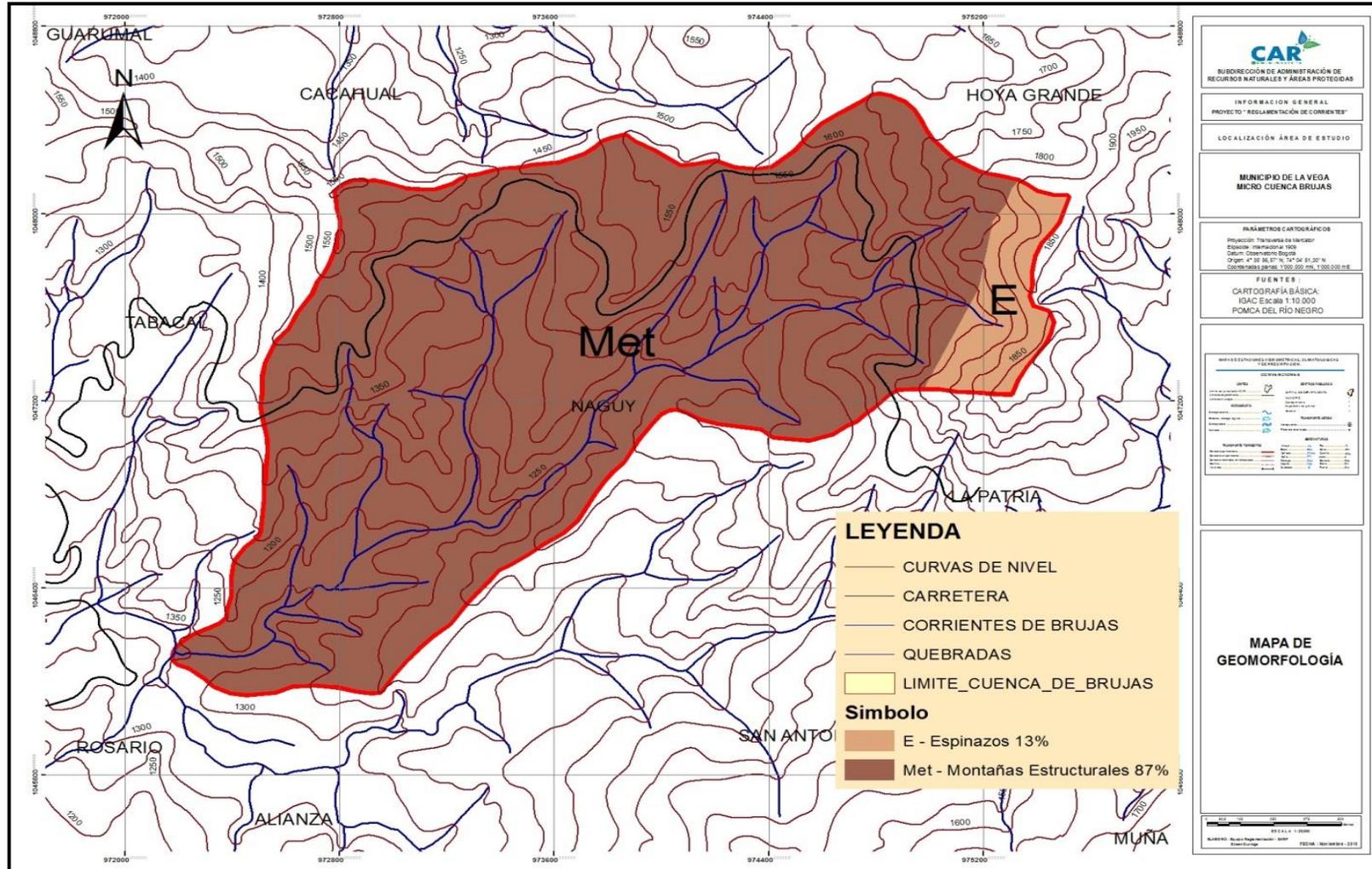
Además, permitirán a diferentes equipos interdisciplinarios, formular proyectos y soluciones en la microcuenca, así como socializar resultados con la comunidad.

Mapa 2. Unidades Geológicas de la microcuenca



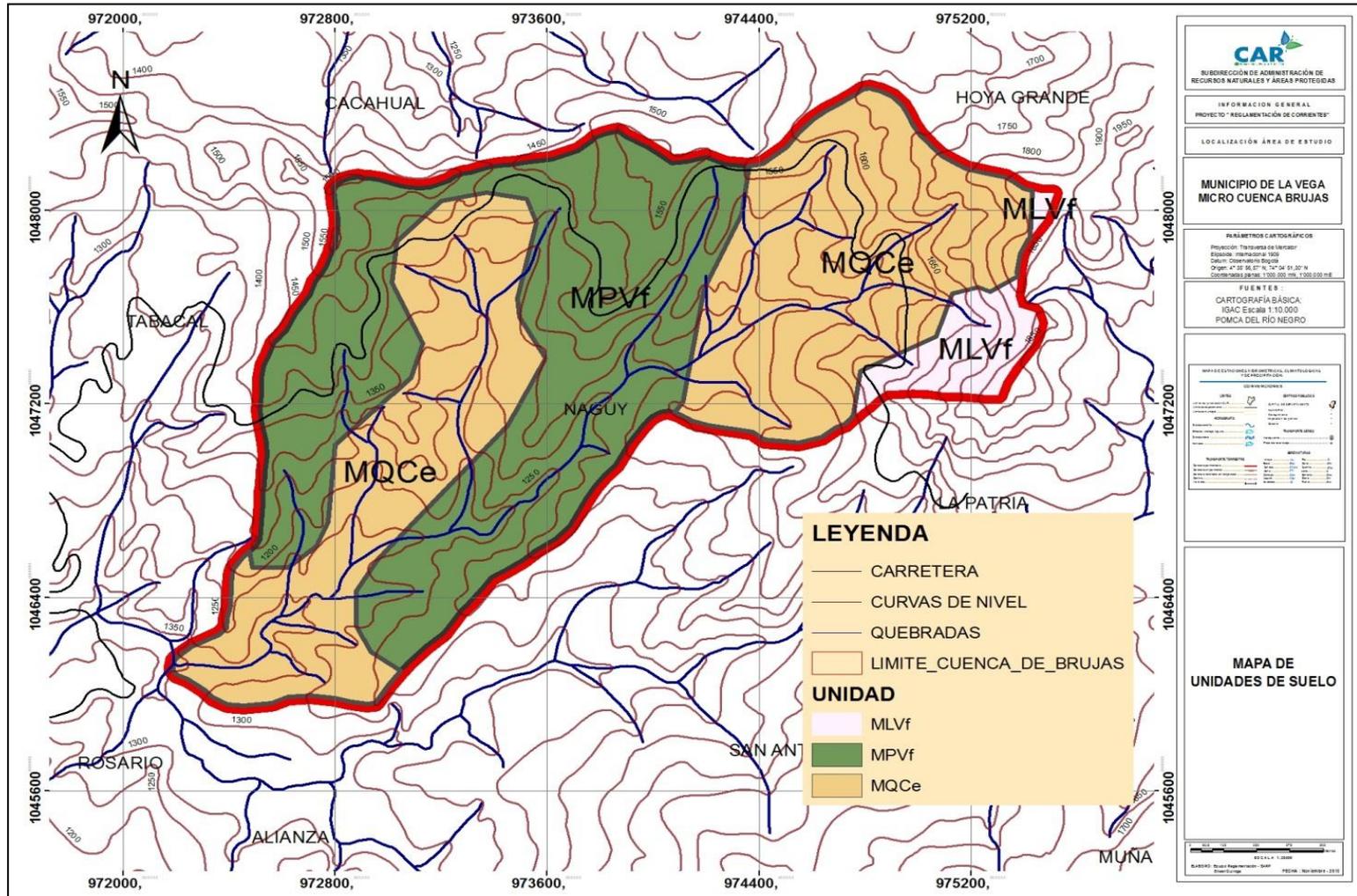
Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

Mapa 3. Unidades Geomorfológicas de la cuenca



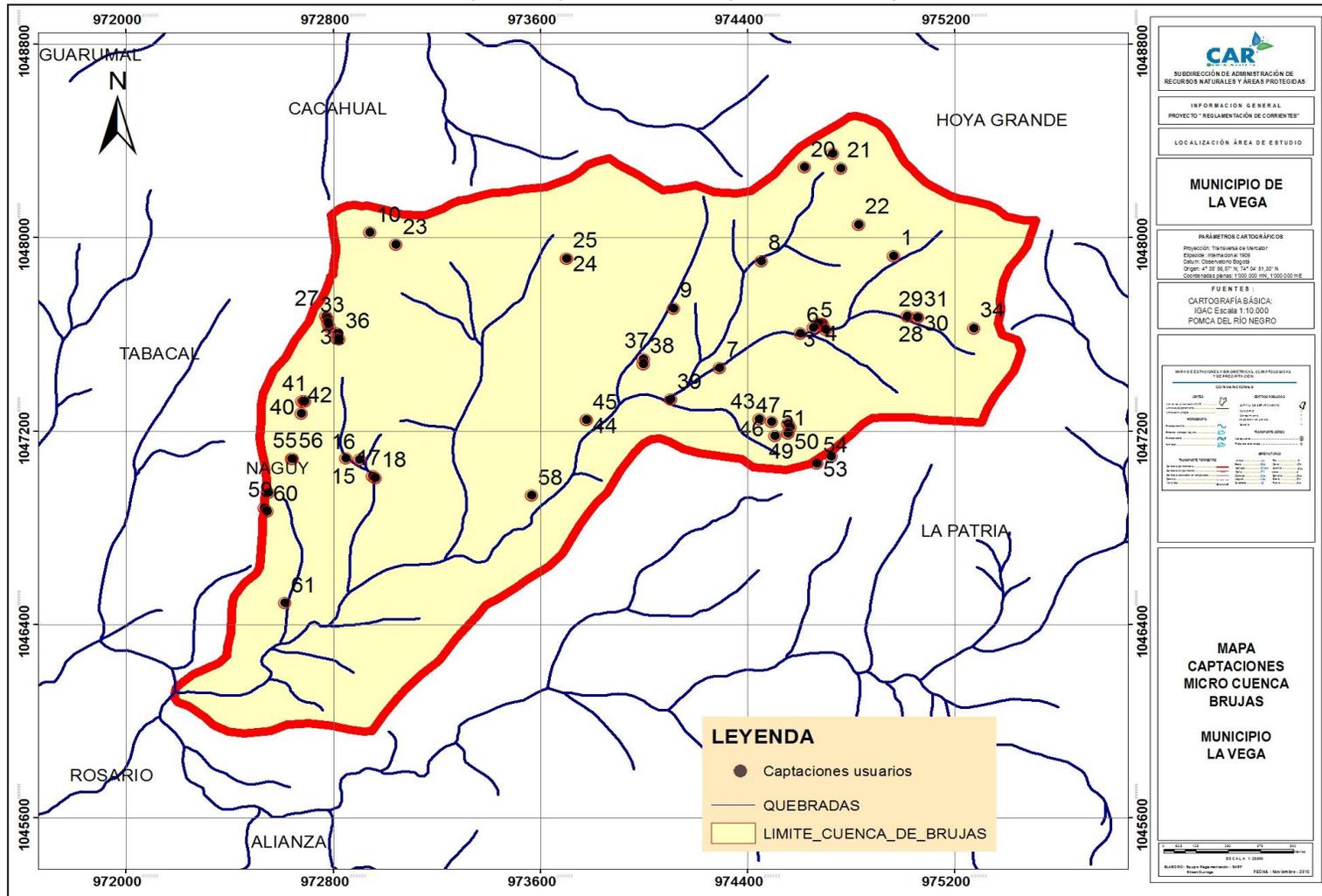
Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

Mapa 4. Unidades de Suelo de la cuenca



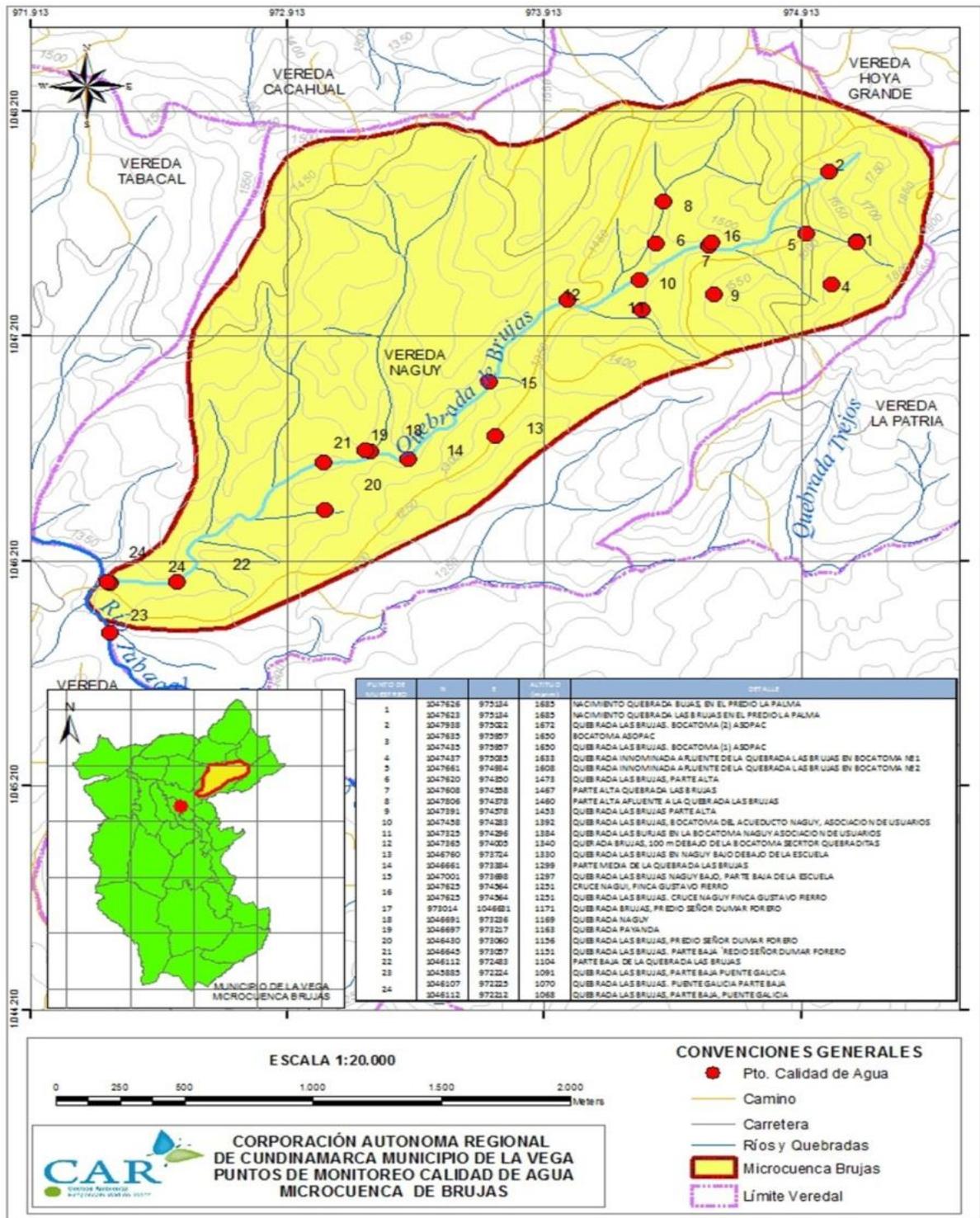
Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

Mapa 5. Captaciones de la quebrada de Brujas



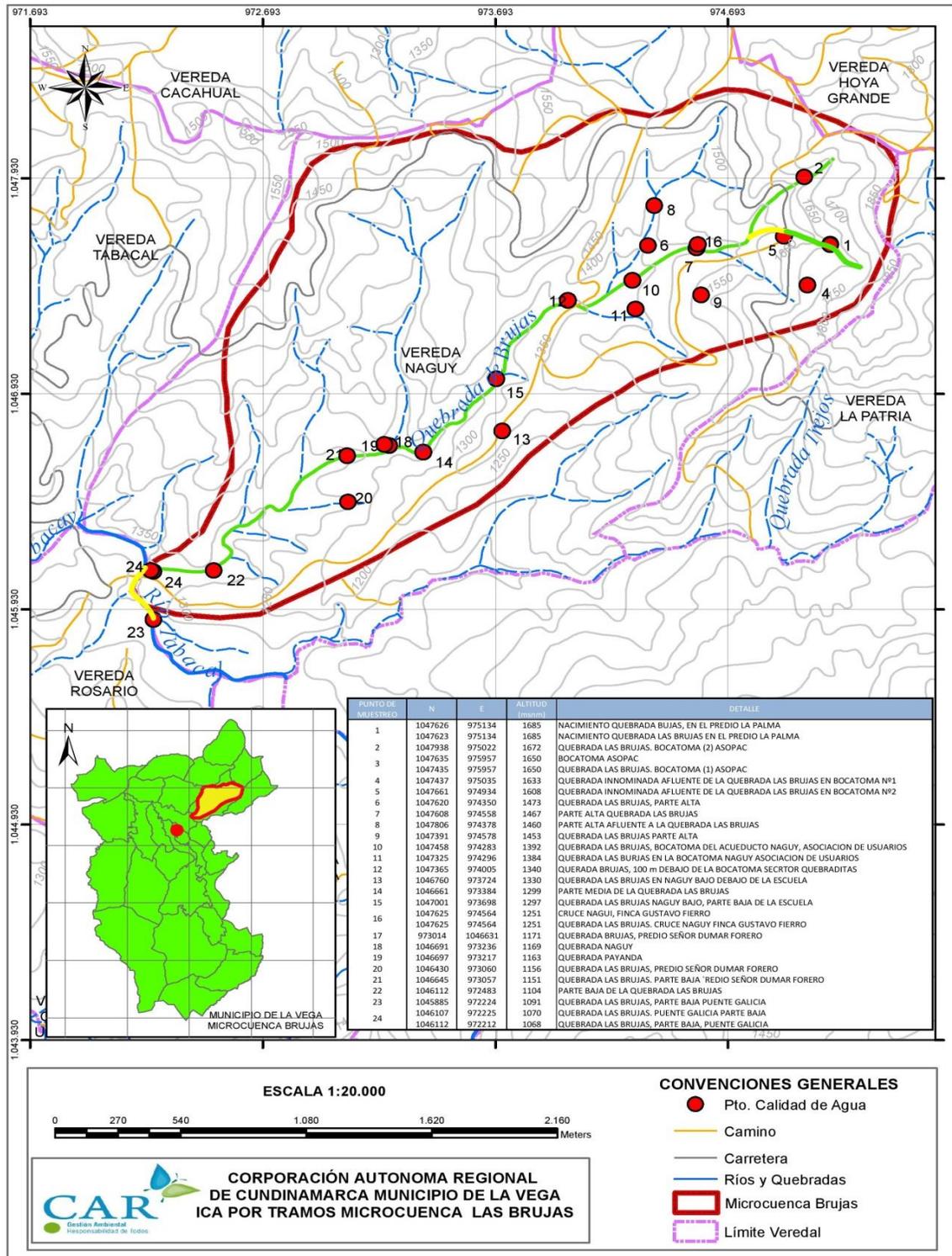
Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

Mapa 6. Puntos seleccionados para el muestreo Quebrada Las Brujas



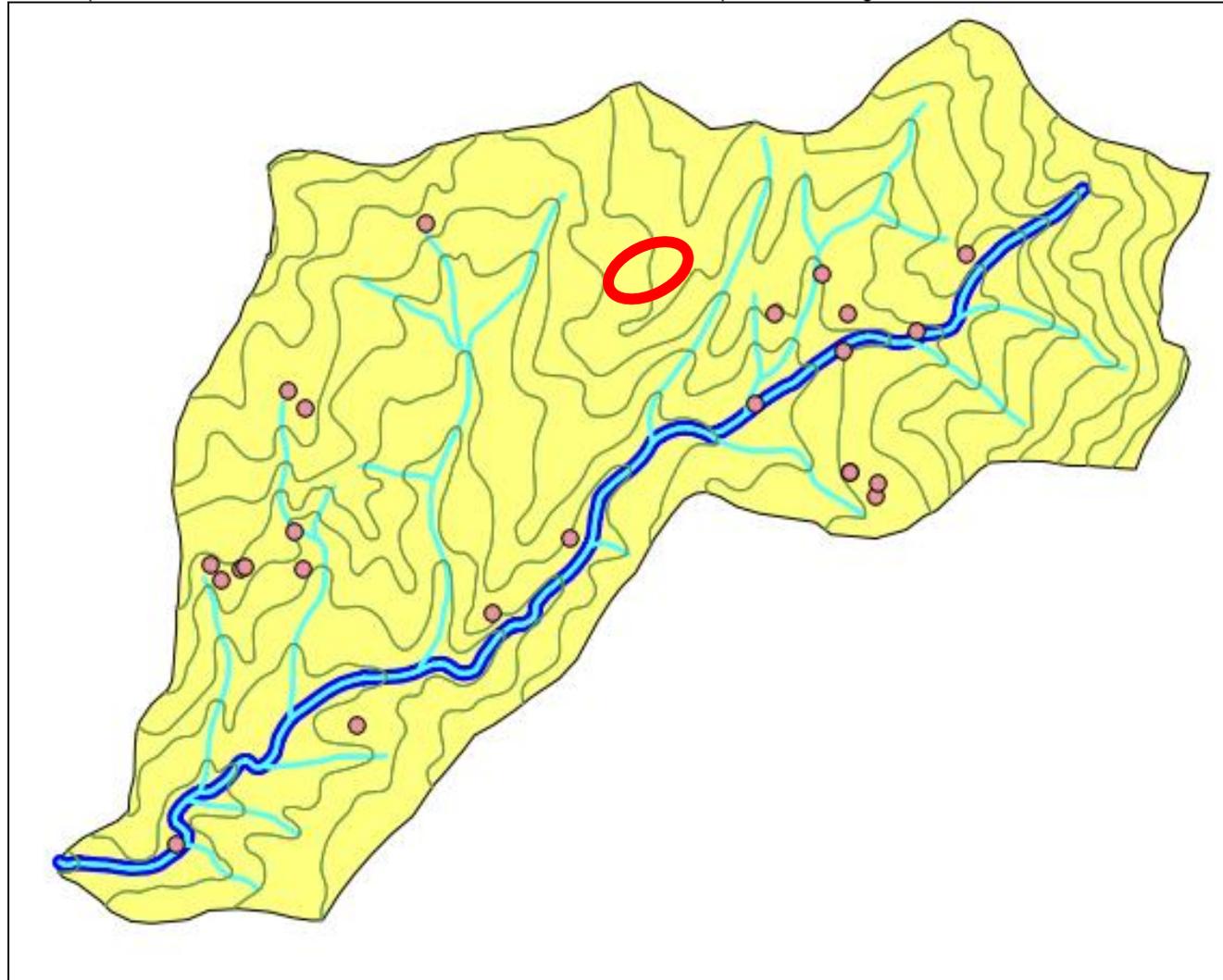
Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: CAR

Mapa 7. Tendencia del ICA por tramos para la microcuenca Quebradas Las Brujas



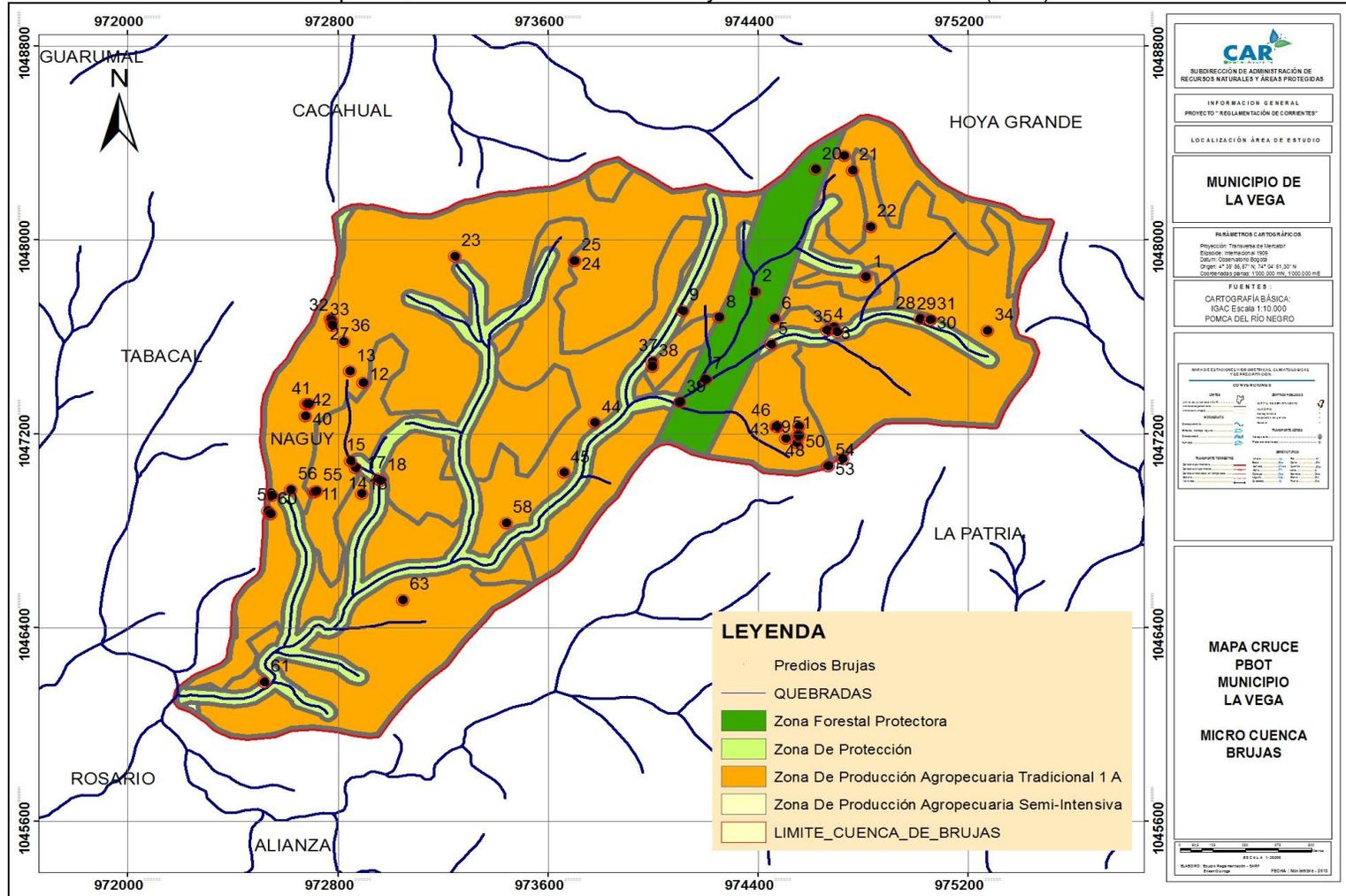
Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: CAR

Mapa 8. Áreas donde se evidenciaron alteraciones en el cuerpo hídrico según el fenómeno amenazante



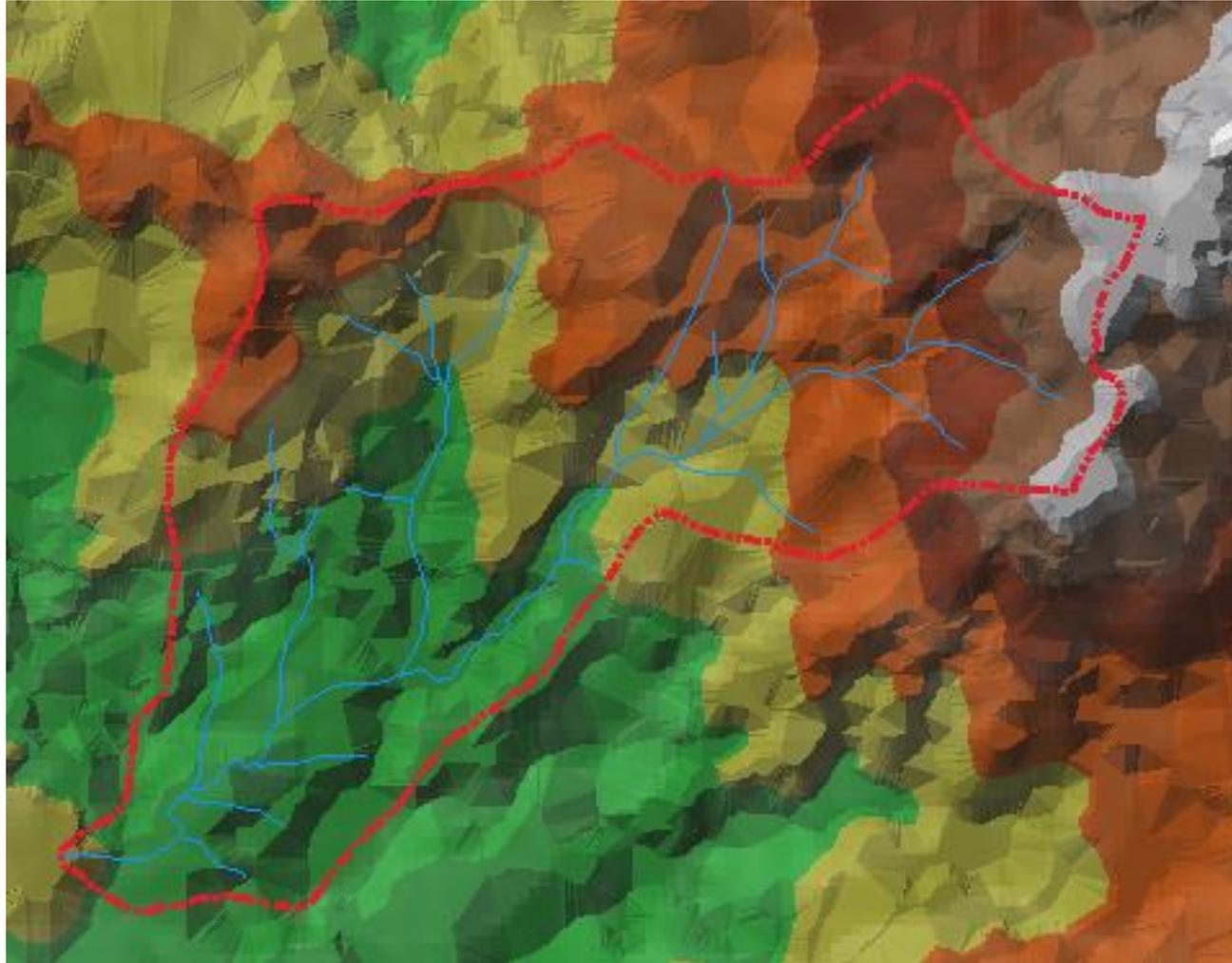
Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

Mapa 9. Cruce Zonificación ambiental y usos de suelo del PBOT (2000)



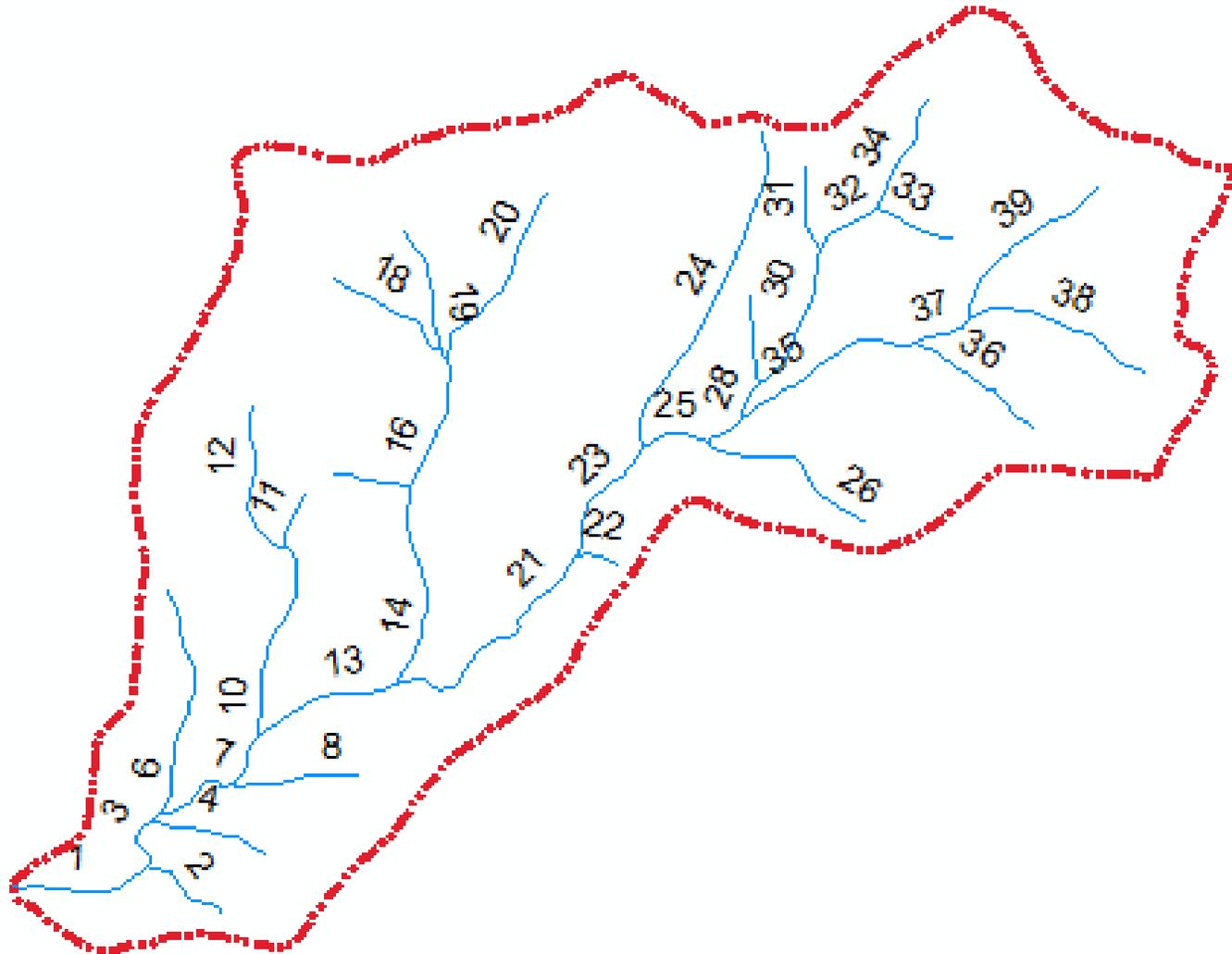
Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

Mapa 10. Modelo digital de elevación



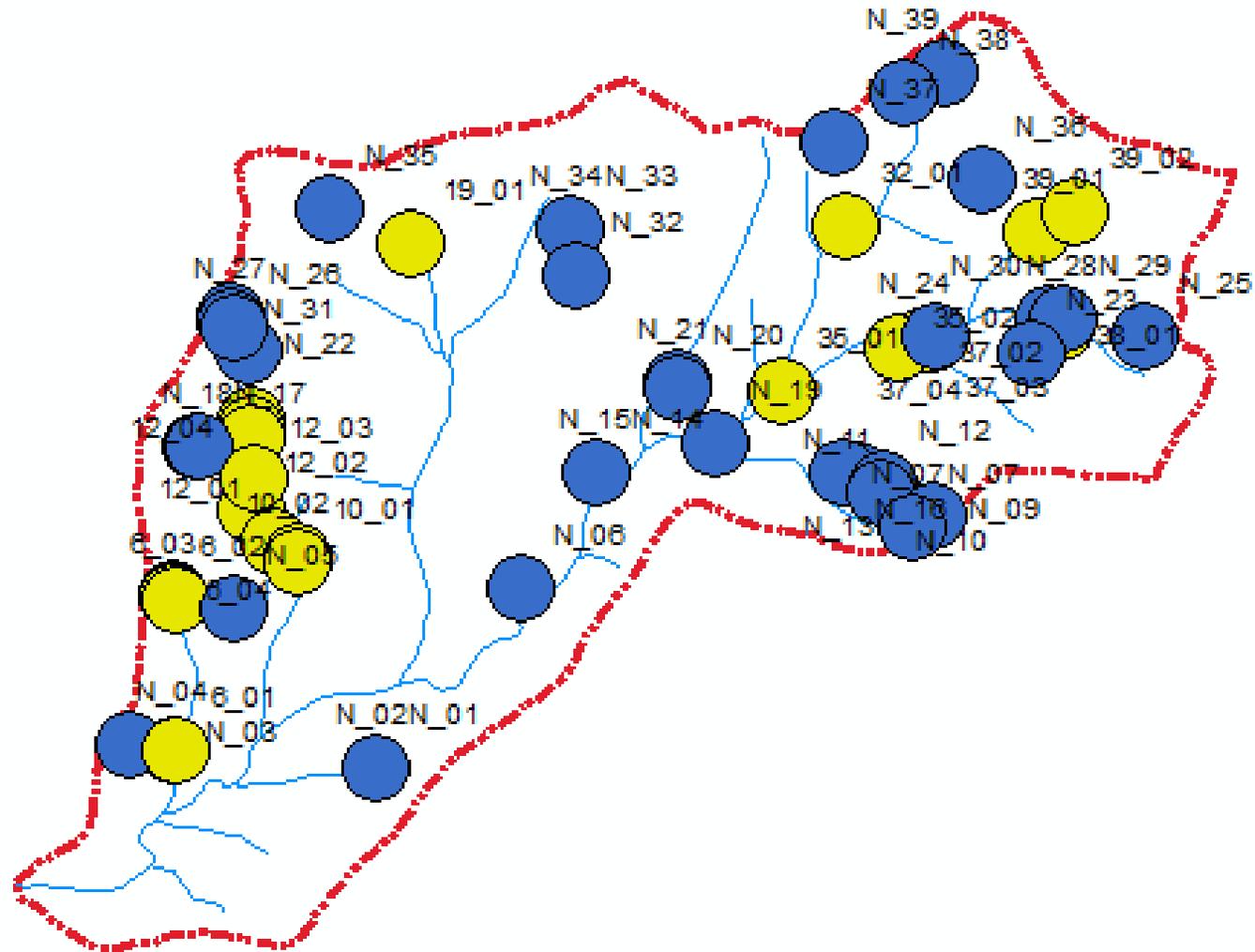
Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

Mapa 11. Codificación de las corrientes



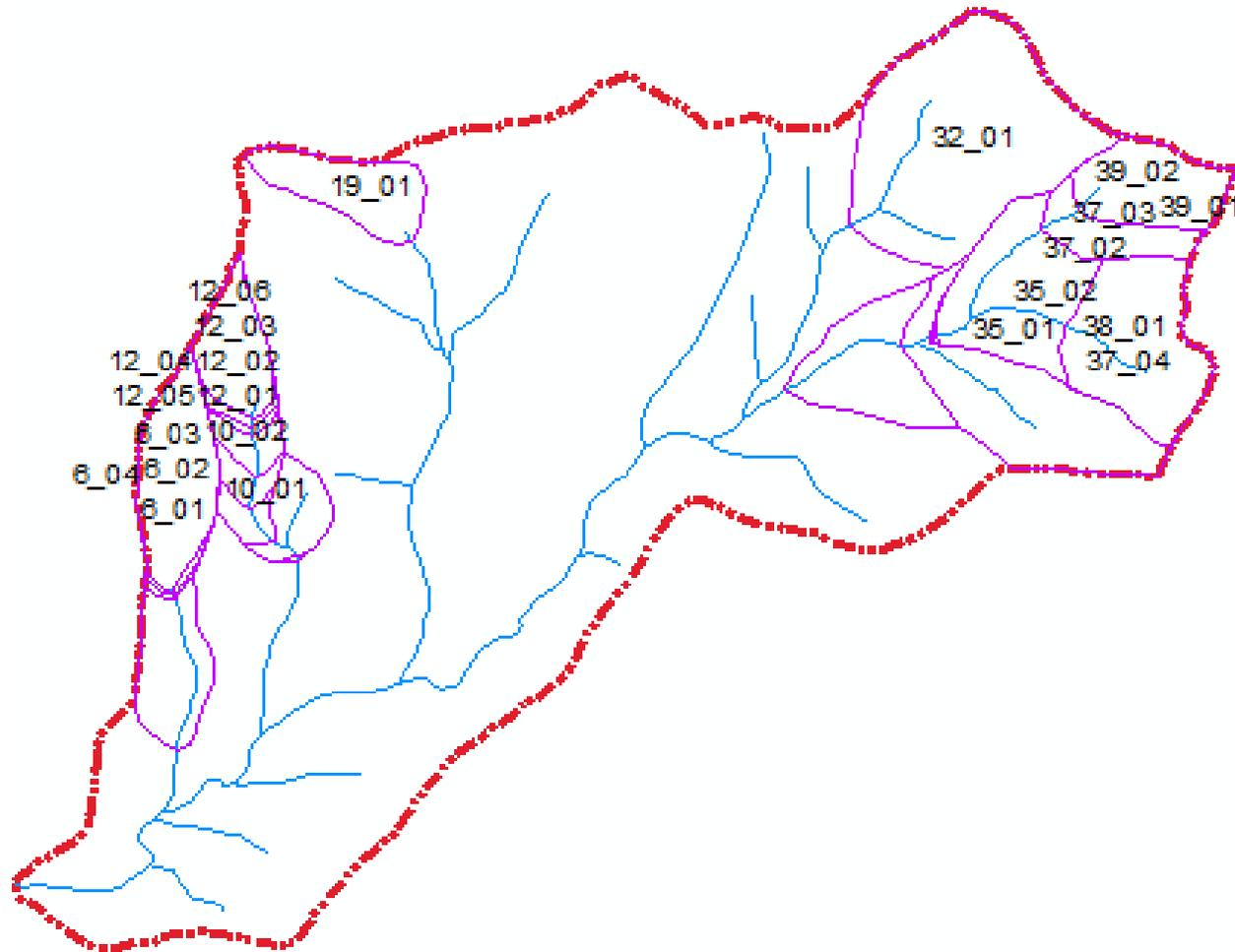
Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

Mapa 12. Codificación de los usuarios



Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

Mapa 13. Delimitación de las captaciones para su modelamiento y codificación



Fuente: Cartografía Básica: CAR
Cartografía Temática: Equipo Investigador

9.3. MAPA PARA DISPOSITIVOS MOVILES

Dentro de los productos que se entregan con el proyecto investigativo, se encuentra un mapa de la subcuenca que permitirá recolectar datos georeferenciados de las visitas a campo por parte de los funcionarios de la CAR, así como su descarga y visualización por parte de cualquier usuario de forma gratuita.

Para visualizarlo, el usuario deberá descargar de su tienda de aplicaciones (Android ó AppStore) la aplicación llamada CarryMap Observer y desde allí podrá abrir el mapa que diseñamos. Para descargarlo, la CAR, la universidad o el grupo de investigación, destinaran un espacio en alguno de sus servidores.

La aplicación se entrega junto con los archivos digitales del presente proyecto y el código de programación HTML que se utilizó para crear el mapa es el siguiente:

```
<style>
.leftcolumn
{
font-weight:bold;
color:#a3a3a3;
padding-right:10px;
padding-left:4px;
border-bottom:1px solid #cccccc;
}
.rightcolumn
{
color:#555555;
padding-left:10px;
padding-right:4px;
border-bottom:1px solid #cccccc;
}
.leftcolumn_last
{
font-weight:bold;
color:#a3a3a3;
padding-right:10px;
padding-left:4px;
}
.rightcolumn_last
{
color:#555555;
padding-left:10px;
padding-right:4px;
```

```
}  
</style>  
<body style="background-image:none; background-color:#ffffff;">  
<table width="100%" cellpadding="0" cellspacing="0" border="0">  
<%for(var field in DB.Tables[CF.Table.Name].Fields)  
{  
  if(!CFL.IsFieldVisible(field))  
    continue;  
  if(field.FieldType != "String" &&  
field.FieldType != "Integer" &&  
field.FieldType != "Double" &&  
field.FieldType != "Short" &&  
field.FieldType != "Float" &&  
field.FieldType != "OID" &&  
field.FieldType != "Date" &&  
field.FieldType != "GUID")  
    continue;  
%>  
<tr>  
<td class="leftcolumn"><%echo(field.AliasName);%></td>  
<td class="rightcolumn"><%  
switch(field.FieldType)  
{  
  case "String":  
    echo('<span style="color:#00f;">');  
    break;  
  case "Short":  
  case "Integer":  
  case "OID":  
    echo('<span style="color:#050;">');  
    break;  
  case "Float":  
  case "Double":  
    echo('<span style="color:#050;">');  
    break;  
  default:  
    echo('<span style="color:#000;">');  
  }  
if(isURL(CF.Values[field.Name]) || isFileLink(CF.Values[field.Name]))  
  echo(toURL(CF.Values[field.Name]));  
else  
  echo(CF.Values[field.Name]);  
%></span></td>  
</tr>
```

```
<%}%>
</table>
</body>
<style>
.leftcolumn
{
font-weight:bold;
color:#a3a3a3;
padding-right:10px;
padding-left:4px;
border-bottom:1px solid #cccccc;
}
.rightcolumn
{
color:#555555;
padding-left:10px;
padding-right:4px;
border-bottom:1px solid #cccccc;
}
.leftcolumn_last
{
font-weight:bold;
color:#a3a3a3;
padding-right:10px;
padding-left:4px;
}
.rightcolumn_last
{
color:#555555;
padding-left:10px;
padding-right:4px;
}
</style>
<body style="background-image:none; background-color:#ffffff;">
<table width="100%" cellpadding="0" cellspacing="0" border="0">
<%for(var field in DB.Tables[CF.Table.Name].Fields)
{
if(!CFL.IsFieldVisible(field))
continue;
if(field.FieldType != "String" &&
field.FieldType != "Integer" &&
field.FieldType != "Double" &&
field.FieldType != "Short" &&
field.FieldType != "Float" &&
```

```
field.FieldType != "OID" &&
field.FieldType != "Date" &&
field.FieldType != "GUID")
continue;
%>
<tr>
<td class="leftcolumn"><%echo(field.AliasName);%></td>
<td class="rightcolumn"><%
switch(field.FieldType)
{
case "String":
echo('<span style="color:#00f;">');
break;
case "Short":
case "Integer":
case "OID":
echo('<span style="color:#050;">');
break;
case "Float":
case "Double":
echo('<span style="color:#050;">');
break;
default:
echo('<span style="color:#000;">');
}
if(isURL(CF.Values[field.Name]) || isFileLink(CF.Values[field.Name]))
echo(toURL(CF.Values[field.Name]));
else
echo(CF.Values[field.Name]);
%></span></td>
</tr>
<%}%>
</table>
</body>
<style>
.leftcolumn
{
font-weight:bold;
color:#a3a3a3;
padding-right:10px;
padding-left:4px;
border-bottom:1px solid #cccccc;
}
.rightcolumn
```

```
{
  color:#555555;
  padding-left:10px;
  padding-right:4px;
  border-bottom:1px solid #cccccc;
}
.leftcolumn_last
{
  font-weight:bold;
  color:#a3a3a3;
  padding-right:10px;
  padding-left:4px;
}
.rightcolumn_last
{
  color:#555555;
  padding-left:10px;
  padding-right:4px;
}
</style>
<body style="background-image:none; background-color:#ffffff;">
<table width="100%" cellpadding="0" cellspacing="0" border="0">
<%for(var field in DB.Tables[CF.Table.Name].Fields)
{
  if(!CFL.IsFieldVisible(field))
    continue;
  if(field.FieldType != "String" &&
  field.FieldType != "Integer" &&
  field.FieldType != "Double" &&
  field.FieldType != "Short" &&
  field.FieldType != "Float" &&
  field.FieldType != "OID" &&
  field.FieldType != "Date" &&
  field.FieldType != "GUID")
    continue;
%>
<tr>
  <td class="leftcolumn"><%echo(field.AliasName);%></td>
  <td class="rightcolumn"><%
  switch(field.FieldType)
  {
  case "String":
    echo('<span style="color:#00f;">');
    break;
```

```
case "Short":
case "Integer":
case "OID":
    echo('<span style="color:#050;">');
    break;
case "Float":
case "Double":
    echo('<span style="color:#050;">');
    break;
default:
    echo('<span style="color:#000;">');
}
if(isURL(CF.Values[field.Name]) || isFileLink(CF.Values[field.Name]))
    echo(toURL(CF.Values[field.Name]));
else
    echo(CF.Values[field.Name]);
%></span></td>
</tr>
<%}%>
</table>
</body>
<style>
.leftcolumn
{
font-weight:bold;
color:#a3a3a3;
padding-right:10px;
padding-left:4px;
border-bottom:1px solid #cccccc;
}
.rightcolumn
{
color:#555555;
padding-left:10px;
padding-right:4px;
border-bottom:1px solid #cccccc;
}
.leftcolumn_last
{
font-weight:bold;
color:#a3a3a3;
padding-right:10px;
padding-left:4px;
}
```

```
.rightcolumn_last
{
  color:#555555;
  padding-left:10px;
  padding-right:4px;
}
</style>
<body style="background-image:none; background-color:#ffffff;">
<table width="100%" cellpadding="0" cellspacing="0" border="0">
<%for(var field in DB.Tables[CF.Table.Name].Fields)
{
  if(!CFL.IsFieldVisible(field))
    continue;
  if(field.FieldType != "String" &&
  field.FieldType != "Integer" &&
  field.FieldType != "Double" &&
  field.FieldType != "Short" &&
  field.FieldType != "Float" &&
  field.FieldType != "OID" &&
  field.FieldType != "Date" &&
  field.FieldType != "GUID")
    continue;
%>
<tr>
  <td class="leftcolumn"><%echo(field.AliasName);%></td>
  <td class="rightcolumn"><%
  switch(field.FieldType)
  {
    case "String":
      echo('<span style="color:#00f;">');
      break;
    case "Short":
    case "Integer":
    case "OID":
      echo('<span style="color:#050;">');
      break;
    case "Float":
    case "Double":
      echo('<span style="color:#050;">');
      break;
    default:
      echo('<span style="color:#000;">');
  }
  if(isURL(CF.Values[field.Name]) || isFileLink(CF.Values[field.Name]))
```

```
        echo(toURL(CF.Values[field.Name]));  
    else  
        echo(CF.Values[field.Name]);  
    %></span></td>  
</tr>  
<%}%>  
</table>  
</body>
```

10. CRONOGRAMA

El proyecto estaba planeado para desarrollarse en un periodo de seis meses, a continuación se describirán las actividades a realizar.

TABLA 8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
TRABAJO DE CAMPO	X	X				
ENTREGA DE INFORMES TRABAJO DE CAMPO	X	X				
ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN BASE SECUNDARIA (CARTOGRAFICA BASE)	X	X				
MODELAMIENTO CARTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE CAMPO EN SIG			X	X	X	
BASE DE DATOS -SIG- HIDROLOGIA					X	
PROPUESTA DISTRIBUCION DE CAUDALES					X	
ENTREGA DE LOS PRODUCTOS FINALES Y EL INFORME FINAL						X
REUNIÓN DE SOLICIALIZACIÓN DEL PROYECTO DE DISTRIBUCIÓN ALCALDIA						X

11.RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS/OBTENIDOS

TABLA 9. TABLA DE RESULTADOS E IMPACTOS SOCIALES

RESULTADOS	IMPACTO SOCIAL 1	IMPACTO SOCIAL 2	IMPACTO SOCIAL 3
Se logró formular una metodología técnica eficaz para reglamentar las corrientes de aguas superficiales en la subcuenca piloto de la quebrada “Brujas” del municipio de La Vega (Cundinamarca) para optimizar y racionalizar su uso.	La comunidad comprende los beneficios ambientales y económicos de hacer un uso y ahorro eficiente del recurso hídrico.	Los niños que viven en la microcuenca tuvieron la oportunidad de aprender sobre la ubicación geográfica de sus hogares y la importancia del agua en sus vidas.	Los habitantes de la microcuenca están capacitados en replicar sus conocimientos y convertirse en agentes de cambio dentro de su municipio.
La metodología propuesta será implementada por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca en futuros procesos de reglamentación de corrientes de agua superficiales.	Mejoramiento en la calidad del recurso hídrico para las comunidades.	Proyección de ayudas económicas a los habitantes de las microcuencas para la implementación de la reglamentación.	Talleres de educación ambiental participativa para las comunidades.
Se crearon salidas cartográficas que permiten la adecuada documentación e interpretación de la cuenca piloto por parte de los usuarios y equipo técnico que daba realizar visitas a campo.	Proyección de talleres enfocados a la cartografía social, que se caracteriza por hacer apropiar conocimientos del área habitada a las comunidades a partir de juegos con mapas.	Acercamiento amigable de la autoridad ambiental (CAR) a la comunidad ya que los mapas actualizados permiten saber con exactitud los datos de los habitantes de cada predio.	Proyección de mecanismos que permitan utilizar la información consignada en los mapas para ejecutar acciones encaminadas al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la microcuenca.
Se concibieron espacios de reflexión social en torno a la importancia del recurso hídrico en las comunidades pertenecientes a la subcuenca.	Proyección de asociaciones de usuarios del recurso hídrico para gestionar proyectos de adecuaciones hidrológicas en sus veredas.	Proyección de grupos zonales encaminados al mejoramiento de la disposición de sus residuos sólidos y vertimientos.	Proyección de mejoramiento en la adecuación y construcción de infraestructura de saneamiento básico.

TABLA 10. TABLA DE RESULTADOS E IMPACTOS ACADÉMICOS

RESULTADOS	IMPACTO ACADÉMICO 1	IMPACTO ACADÉMICO 2	IMPACTO ACADÉMICO 3
Se logró formular una metodología técnica eficaz para reglamentar las corrientes de aguas superficiales en la subcuenca piloto de la quebrada “Brujas” del municipio de La Vega (Cundinamarca) para optimizar y racionalizar su uso.	A partir de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, se pudo formular e implementar una metodología ambiental efectiva y con validez técnica.	Los estudiantes de Ingeniería Ambiental en formación podrán ver uno de los primeros proyectos de grado exitosos para la culminación del ciclo académico.	La comunidad Unadista se verá reflejada en un proyecto hecho con calidad técnica a partir del recurso humano perteneciente a la ECAPMA.
La metodología propuesta será implementada por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca en futuros procesos de reglamentación de corrientes de agua superficiales.	Mejoramiento en la percepción del capital académico, humano y técnico perteneciente a la UNAD en la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.	Posibilidad de formular más proyectos de opción de grado que cuenten con el respaldo de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.	Consolidación de la proyección nacional de la UNAD como entidad capaz, seria y responsable en la ejecución de proyectos académicos interinstitucionales.
Se crearon salidas cartográficas que permiten la adecuada documentación e interpretación de la cuenca piloto por parte de los usuarios y equipo técnico que daba realizar visitas a campo.	Fortalecimiento de la imagen académica de la carrera de Ingeniería Ambiental de la UNAD frente a procesos de análisis hidrológico y geográfico.	Propuestas académicas diferentes que permiten a los estudiantes ampliar su espectro de formación y proyección laboral.	Fortalecimiento de la imagen académica de la UNAD frente a la utilización de las TICs como estrategia de aprendizaje y formulación de proyectos de sus alumnos, con componentes de alta excelencia.
Se concibieron espacios de reflexión social en torno a la importancia del recurso hídrico en las comunidades pertenecientes a la subcuenca.	Apropiación Interdisciplinaria de saberes para entender y concatenar el componente ambiental con el componente social.	Sensibilización positiva de los estudiantes para la proyección en valores unadistas en cada uno de sus lugares de procedencia.	Percepción positiva de UNAD y sus grupos académicos por parte de las comunidades.

TABLA 11. TABLA DE RESULTADOS E IMPACTOS NEGATIVOS

RESULTADOS	IMPACTO INVESTIGATIVO 1	IMPACTO INVESTIGATIVO 2	IMPACTO INVESTIGATIVO 3
Se logró formular una metodología técnica eficaz para reglamentar las corrientes de aguas superficiales en la subcuenca piloto de la quebrada “Brujas” del municipio de La Vega (Cundinamarca) para optimizar y racionalizar su uso.	La formulación de propuestas de investigación se verá fortalecida al ver un resultado exitoso.	La UNAD podrá realizar publicaciones en revistas especializadas mostrando el producto resultado del presente proyecto.	La comunidad investigativa Unadista podrá tomar la presente investigación como punto de partida para proyectos relacionados.
La metodología propuesta será implementada por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca en futuros procesos de reglamentación de corrientes de agua superficiales.	Fortalecimiento en la percepción de la UNAD como institución formadora de investigadores rigurosos.	Aplicación de una metodología exitosa y convalidada por especialistas de la autoridad ambiental, formulada desde un semillero de investigación UNAD.	Promoción de la UNAD como referente en investigación ambiental aplicada.
Se crearon salidas cartográficas que permiten la adecuada documentación e interpretación de la cuenca piloto por parte de los usuarios y equipo técnico que daba realizar visitas a campo.	Aplicación de tecnologías de punta en el desarrollo del proyecto investigativo.	Formulación de nuevos mecanismos de análisis ambiental para la solución de problemas locales.	Adaptación de resultados en investigación científica para el desarrollo de propuestas pertinentes en el país.
Se concibieron espacios de reflexión social en torno a la importancia del recurso hídrico en las comunidades pertenecientes a la subcuenca.	Proyección de un grupo especializado en investigación socio-ambiental.	Comprensión de la necesidad de interacción con la comunidad como herramienta fundamental en cualquier proceso investigativo del medio natural.	Surgimiento de nuevas ideas investigativas en torno a los resultados y propuestas que se generan en las socializaciones e intercambio cultural con las comunidades.
Presentación de los resultados de investigación en eventos de carácter científico.	Se publicó un poster con los resultados en el marco del primer encuentro nacional de semilleros de investigación UNAD 2014.	Proyección de publicación de resultados en una revista científica avalada por Colciencias.	Proyección de participación como ponentes en un evento científico – investigativo internacional.

12. CONCLUSIONES

- Se formuló una metodología técnica eficaz para reglamentar las corrientes de aguas superficiales en la subcuenca piloto de la quebrada “Brujas” del municipio de La Vega (Cundinamarca) para optimizar y racionalizar su uso.
- Se crearon salidas cartográficas que permitieron la adecuada documentación e interpretación ambiental de la cuenca piloto por parte de los usuarios.
- A partir de los resultados obtenidos, la CAR podrá formular planes, programas y proyectos orientados a mejorar el uso del recurso hídrico en la subcuenca por medio de una adecuada distribución de caudales.
- Teniendo en cuenta los resultados de índice de escases en la subcuenca la CAR pudo concertar reuniones con la comunidad afectada, creando así espacios de reflexión social en torno a la importancia del recurso hídrico.
- Suministramos información precisa, que pueda servir como punto de partida para análisis temáticos en otras áreas del conocimiento.

13. RECOMENDACIONES

- Seguir el proceso jurídico pertinente en la Corporación para lograr la reglamentación de la corriente.
- Brindar a los usuarios de la subcuenca capacitación técnica y ambiental para realizar los ajustes pertinentes en sus predios para afrontar el proceso de reglamentación.
- Construir el proceso de facturación de acueductos veredales a partir de los datos obtenidos en la presente investigación.
- Tomar la presente investigación como un modelo a aplicar en otras subcuencas para los siguientes procesos de reglamentación de corrientes por parte de la Corporación.
- Contar con información cartográfica básica y temática más detallada (escala 1:10000) que permitirá realizar un modelamiento más preciso de las subcuencas.

14.PRESUPUESTO

TABLA 12. PRESUPUESTO GENERAL TOTAL DEL PROYECTO

RUBRO	DESCRIPCION	VALOR EN MILES DE \$
1. Equipo Humano	Es el equipo de investigación conformado por docente y estudiante que llevará a cabo la investigación	0
2. Equipos y Software	Alquiler de un GPS para la georeferenciación de los datos tomados en campo. Alquiler de una cámara fotográfica para tomar los registros de las visitas. Alquiler de un computador portátil para trabajar los datos en campo y modelar la información en la fase de laboratorio.	1.500.000
3. Viajes y Salidas de Campo	Se realizarán seis visitas de campo para llevar a cabo las actividades de toma de datos en encuestas y puntos georeferenciados, a la vez que se socializa el proyecto con la comunidad.	2.400.000
Materiales y suministros	Papelería, impresiones de encuestas, bolígrafos, baterías para el gps, ploteos de mapas y posters.	500.000
5. Bibliografía		0
6. Servicios Técnicos		0
7. Socialización de Resultados a la Comunidad Unadista	Ploteo de posters y publicación de un aplicativo cartográfico para visualizar los resultados en “teléfonos inteligentes” con sistema Android o IOS.	3.000.000
TOTAL		\$7400000

15.AUTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

Estudiante 1: Jahir Mauricio Soler González

Estudiante 2: Sandra Milena Vargas Padilla

Director del proyecto: María Carolina Díaz Franky

Lugar y Fecha: Bogotá D.C., Octubre 10 de 2014

16. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CHOW, Ven Te; MAIDMENT, David; Mays Larry. *HIDROLOGIA APLICADA*, McGraw-Hill, Bogotá, 2000.
- COLMENARES, R. Comentarios al Proyecto de Ley del Agua. En Foro Nacional Ambiental. Policy Paper. Bogotá, junio de 1995.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE ANTIOQUIA – CORANTIOQUIA, Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca de la quebrada La Higuera (Concordia), con énfasis en reglamentación hídrica. Medellín. Corporación Ambiental Universidad de Antioquia, 2006.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR, Acuerdo CAR 21 del 25 de septiembre de 2007 que modifica el acuerdo 31 de 2005. Cada uno de sus anexos por cuenca de tercer orden.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR, Atlas Ambiental, 2001.
- CUATRECASAS, José. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Vol 110, (4), 1958.
- DE MERS, M (1997). *Fundamentals of Geographic Information Systems*. John Wiley and Sons. Phoenix.. 486 pp.8.
- DIEZ, H. Juan, Bases Metodológicas para el establecimiento de los caudales ecológicos en el ordenamiento de cuencas hidrográficas. Ingeniería y competitividad, Volumen 7 No. 2 . Pág. 11 – 18, 2005.
- EOT - Esquema de Ordenamiento Territorial. Municipio La Vega Cundinamarca 2.000.
- FAO - Evapotranspiración de los cultivos en condiciones Estándar. Capítulo V, Pág- 87-102, 2.007.
- FAO - Guía para Evapotranspiración del Cultivo. Guías para determinación de agua en los cultivos. Estudio Riego y Drenaje, 2007.
- FORMAN R. T. T. and M. GORDON (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons, NewYork, 619 pp.
- HAAN Charles T., *STATISTICAL METHODS IN HYDROLOGY*, The Iowa State University Press, Ames, 1979.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Metodología para el cálculo del índice de escasez en aguas superficiales, 2004.
- LINSLEY Ray, Kholer, Paulus. *HIDROLOGÍA PARA INGENIEROS*, McGraw Hill, México, 1988.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. Programa Ambiental Cooperación Holandesa – Guía para ordenamiento y reglamentación del recurso hídrico-fuentes superficiales. Bogotá, Colombia. Marzo, 2007.
- MONSALVE, Germán. *HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 1995.

- MORENO JIMÉNEZ, A. (Coor.) (2006): *Sistemas y análisis de la información geográfica: manual de autoaprendizaje con ArcGIS*. RA-MA, Paracuellos del Jarama. 895 pp.
- NATIONAL ENGINEERING HANDBOOK (NEH), Hydrology, Section 4, Chapter 10. Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall. Washington D.C: Soil Conservation Service 1972
- POMCA Río Bogotá; Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, Bogotá D.C., 2006.
- RANGEL, CH., Orlando. 1991. *Vegetación y ambiente en tres gradientes montañosos de Colombia*. Tesis doctoral. Ámsterdam: Universidad de Ámsterdam. 349p.
- SANTOS PRECIADO, J.M. (2004): *Sistemas de Información Geográfica*. UNED. Madrid, 460 pp.
- SCS. *Diseño de presas pequeñas*. Méjico: CECOSA, 1979. 460p
- SILVA, M., Gustavo. *HIDROLOGÍA BÁSICA*. Facultad de Ingeniería Publicaciones. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1988.
- UNESCO, Instituto de Hidrología de España, *Modelos de cálculo del balance hídrico*, Editorial del Centro de Estudios Oceanográficos de España, Madrid, 193 p.,1981.