

**ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE GASTOS PARA EL RÍO MOLINO Y
ACTUALIZACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ PARA LA SUB CUENCA
HIDROGRÁFICA DEL RÍO PISOJÉ**

ROSA ANGÉLICA RECALDE VELASCO



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN-CAUCA
2016**

**ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE GASTOS PARA EL RÍO MOLINO Y
ACTUALIZACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ PARA LA SUB CUENCA
HIDROGRÁFICA DEL RÍO PISOJÉ**

ROSA ANGÉLICA RECALDE VELASCO

**Informe final de trabajo de grado modalidad de práctica profesional
empresarial como requisito parcial para optar por el título de ingeniera
ambiental**

Director:

Ing. Luis Jorge González Muñoz



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN-CAUCA
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, Junio del 2016

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre.

Que desde el cielo sé que estuvo dándome fuerzas todo el tiempo para lograr este objetivo. Esta meta también es suya.

A mis hermanos Eddier, Sebastián y Santiago, a mi tía Luz Amparo, a mi abuela Graciolina y a todos aquellos que directa o indirectamente hicieron que todo esto fuera posible.

¡Gracias a ustedes!

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser esa fuerza que me mueve para poder realizar cada reto y metas fijadas.

A mis padres. Para ellos mi más sincero amor, respeto y gratitud.

A mi director de trabajo de grado Ingeniero LUIS JORGE GONZALEZ MUÑOZ por su apoyo y disposición.

A la empresa ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN S.A. E.S.P. al ingeniero VÍCTOR HUGO ZÚÑIGA SILVA y a la doctora LILIANA RECAMAN MEJÍA por compartirme tantos conocimientos, hacerme parte de su equipo de trabajo y formarme como profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	12
1. JUSIFICACIÓN.....	13
2. ANTECEDENTES.....	14
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. METODOLOGÍA.....	16
4.1. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1	16
4.2. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2	16
4.3. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3	16
4.4. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4	17
5. GENERALIDADES	18
5.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	18
5.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	19
5.3. INFORMACIÓN DE LAS EMPRESAS.....	20
6. CARACTERIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN INVOLUCRADA EN EL PROYECTO	22
7. ACTIVIDADES DE LA PASANTÍA.....	24
7.1. ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE GASTOS PARA EL RÍO MOLINO	24
7.1.1. Extrapolación de la curva de gastos	28
7.2. ACTUALIZACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ PARA LA SUB CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PISOJÉ.....	32

7.2.1.	Generalidades de la sub cuenca.....	32
7.2.1.1.	Delimitación y ubicación geográfica.....	32
7.2.1.2.	División corregimental y veredal.....	32
7.2.2.	Cálculo de la oferta hídrica superficial neta	32
7.2.2.1.	Oferta hídrica Natural	33
7.2.2.2.	Método de curvas isoyetas para el cálculo de las precipitaciones medias mensuales de la sub cuenca	34
7.2.2.3.	Oferta hídrica superficial.....	41
7.2.3.	Demanda hídrica total.....	43
7.2.3.1.	Demanda de agua para uso doméstico	43
7.2.3.2.	Demanda de agua para uso industrial	48
7.2.3.3.	Demanda de agua por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A E.S.P.	49
7.2.3.4.	Demanda agrícola o natural.....	49
7.2.4.	Cálculo del índice de escasez.....	49
8.	CONCLUSIONES	52
9.	RECOMENDACIONES	53
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	ANEXOS	56

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Datos de los aforos realizados río Molino.	24
Cuadro 2. Aforos y niveles seleccionados	28
Cuadro 3. Datos extrapolados de la curva.	30
Cuadro 4. División corregimental y veredal de la sub cuenca Pisojé.	32
Cuadro 5. Estaciones seleccionadas para la caracterización climática de la sub cuenca Pisojé.	33
Cuadro 6. Precipitaciones medias mensuales interpoladas de la sub cuenca Pisojé.	44
Cuadro 7. Cálculo de la oferta hídrica superficial.	42
Cuadro 8. Resultados de la oferta hídrica superficial neta.	42
Cuadro 9. Caudales consolidados de sistemas de abastecimiento en la sub cuenca Pisojé.	47
Cuadro 10. Cálculo de la demanda hídrica total.	49
Cuadro 11. Categorías e interpretación del índice de escasez.	50
Cuadro 12. Estimación del índice de escasez para la sub cuenca hidrográfica del río Pisojé.	50
Cuadro 13. Estimación del índice de escasez sub cuenca río Pisojé, año 2006 ...	51

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Red de monitoreo climático de la cuenca alta del río cauca.	18
Figura 2. Logos de las empresas.	21
Figura 3 Cuenca del río Molino, sitio de la bocatoma	25
Figura 4. Vista en planta en sitio de captación en el Río Molino.	26
Figura 5. Corte transversal A-A en el sitio de captación en el Río Molino.	26
Figura 6. Corte transversal B-B en el sitio de captación en el Río Molino.	27
Figura 7. Toma de nivel de la regleta.	27
Figura 8. Curva antes de la extrapolación.	29
Figura 9. Curva de gastos extrapolada.	31
Figura 10. Mapa de curvas isoyetas Abril-2015.....	35
Figura 11. Mapa de curvas isoyetas Mayo-2015.	35
Figura 12. Mapa de curvas isoyetas Junio-2015.	36
Figura 13. Mapa de curvas isoyetas Julio-2015.	36
Figura 14. Mapa de curvas isoyetas Agosto-2015.	37
Figura 15. Mapa de curvas isoyetas Septiembre-2015.	37
Figura 16. Mapa de curvas isoyetas Octubre-2015.	38
Figura 17. Mapa de curvas isoyetas Noviembre-2015.	38
Figura 18. Mapa de curvas isoyetas Diciembre-2015.	39
Figura 19. Mapa de curvas isoyetas Enero-2016.	39
Figura 20. Mapa de curvas isoyetas Febrero-2016.	40
Figura 21. Mapa de curvas isoyetas Marzo-2016.	40
Figura 22. Abastecimiento de agua La Cabrera.	44
Figura 23. Abastecimiento de agua Hacienda la Cabrera.	44
Figura 24. Abastecimiento de agua canal abierto San Alfonso.	45
Figura 25. Abastecimiento de agua Pisojé Bajo.	45
Figura 26. Abastecimiento de agua Pisojé Alto.	46
Figura 27. Abastecimiento de agua El Paraíso.	46

Figura 28. Solución individual Alejandro Jojoa.47

Figura 29. Aforo en río Pisojé.48

Figura 30. Aforo volumétrico en tanque de sistema de abastecimiento el Paraíso.
.....48

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Cálculos detallados de aforos realizados para curva de gastos del río Molino	56
Anexo B. Precipitaciones totales mensuales de estaciones meteorológicas	70
Anexo C. Cálculo de precipitación media mensual por isoyetas.....	73
Anexo D. Cálculo de caudales de sistemas de abastecimiento sub cuenca PISOJÉ	82

INTRODUCCIÓN

El municipio de Popayán es la capital del departamento del Cauca y se encuentra ubicada hacia el occidente del país entre la cordillera occidental y central. En la actualidad, según la Alcaldía de Popayán (2016), estaría contando con cerca de 270.000 habitantes, los cuales en su mayoría son abastecidos de agua potable por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A E.S.P., la que a la vez se surte de cuatro importantes sub cuencas: La del río Molino, Pisojé, Palacé y Piedras.

La Fundación Pro Cuenca Río las Piedras es la encargada de la gestión ambiental de estas importantes sub cuencas dentro de la empresa de acueducto y actualmente se encuentra en el proceso de estimación de la curva de gastos para el río Molino, pues contar con esta información es esencial para cualquier tipo de diseño hidráulico o modelación que se vaya a realizar.

Las curvas de calibración, o de gasto, son herramientas hidrológicas que muestran la relación que hay entre una cota del nivel de agua y el caudal correspondiente a dicha cota para una sección dada del río (mediante la práctica conocida como aforo), estas son utilizadas para determinar caudales medios diarios a partir de registros in situ de niveles diarios del agua tomadas sobre escalas limnimétricas de cada estación. (LEÓN Y SEYLER, 2011).

Las relaciones de niveles- caudales deben revisarse periódicamente, ya que la socavación del lecho del cauce o el depósito de sedimentos pueden causar cambios en la curva, de tal manera que para un determinado nivel de agua se tendrá un caudal diferente al registrado antes de producirse los cambios morfológicos en la sección hidrométrica.

Conjuntamente en este trabajo se realiza la actualización del índice de escasez para la sub cuenca hidrográfica del río Pisojé, puesto que el último fue realizado en 2006 como parte del plan de ordenamiento de la sub cuenca hidrográfica del río Pisojé y en Colombia uno de los requerimientos para la gestión del recurso hídrico es este parámetro, cuya metodología de cálculo fue propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, definiéndose este como la relación porcentual entre la demanda de agua del conjunto de actividades sociales y económicas que se realizan en una zona y la oferta hídrica disponible. El índice de escasez puede ser evaluado haciendo referencia a dinámicas de formas multianuales, anuales, estacionales, semestrales e incluso mensuales. (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2004).

1. JUSTIFICACIÓN

El agua es un elemento vital para la existencia de toda forma de vida y para los diferentes procesos que ocurren en el entorno. Los seres humanos tienen una total dependencia de este recurso para realizar sus principales actividades de subsistencia; no obstante, su desarrollo tiene influencia directa sobre las fuentes proveedoras de este recurso.

La explotación exagerada de una fuente de agua tiene efectos sobre los componentes cantidad y calidad; la excesiva presión sobre una fuente de agua puede conducir a su desaparición. Esto significa que además de interpretar a una corriente como fuente de agua para el consumo humano y abastecimiento de las actividades productivas, es necesario tener presente que como mínimo en la fuente debe quedar un remanente de agua capaz de garantizar las características de los caudales mínimos históricos y de abastecer la protección de las fuentes frágiles o vulnerables. (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2004).

Muchos de los sistemas hídricos que actualmente abastecen a la población colombiana evidencian una vulnerabilidad alta para mantener su disponibilidad de agua. Según los estimados generales para condiciones hidrológicas medias, cerca del 50% de la población de las áreas urbanas municipales está expuesta a sufrir problemas de abastecimiento, situación que se hace aún más crítica por la presencia del fenómeno El Niño en el país, que como se sabe ha causado una reducción en el régimen de lluvias. (IDEAM, 2010).

A pesar de que la Fundación Pro Cuenca río las Piedras lleva a cabo procesos de gestión en las fuentes de abastecimiento, hay actividades que degradan, en mayor o menor medida, el recurso hídrico; en este sentido es importante para las labores de planificación sostenible del recurso en el río Pisoje contar con monitoreos que informen sobre la cantidad de agua disponible, los niveles de demanda y las condiciones de interacción hidráulica necesarias para mantener en buen estado la fuente abastecedora; lo que se logra mediante la elaboración de los índices de escasez, además es fundamental para conseguir un uso más racional de los recursos de agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de los mismos. (LEÓN Y SEYLER, 2011).

Así mismo y no menos importante es la estimación de las curvas de gastos para la bocatoma del río Molino, lo que permitirá la deducción de los caudales medios diarios del río sobre esta sección; esta información es fundamental para realizar modelaciones hidrológicas e hidráulicas.

2. ANTECEDENTES

Desde hace varios siglos el ser humano ha tenido la necesidad de conocer más sobre el comportamiento físico del agua en movimiento o en reposo. Es por ello que ha desarrollado muchos métodos para registrar y estimar la velocidad, la presión, la temperatura, el caudal, entre otros.

Una de las variables que más interesan para la gestión de una cuenca es el caudal, puesto que permite cuantificar consumos y evaluar la disponibilidad del recurso hídrico.

En el artículo *Estimación de curvas de gasto en estaciones virtuales Envisat sobre el cauce principal del río Orinoco*, se refleja la importancia que tiene la estimación de las curvas de gastos para cualquier tentativa de modelación hidrológica, el estudio mencionado presenta las curvas deducidas para cuatro estaciones virtuales y en él se hizo una comparación entre caudales medidos y estimados con las estaciones virtuales, se encontró un error de tan solo el 1%. (LEÓN Y SEYLER, 2011).

En cuanto a los índices de escasez, hay muchos trabajos de investigación dirigidos a la realización de estos índices en cuencas de gran importancia, el IDEAM de hecho en el 2004 propuso una metodología para su aplicación.

La determinación de los índices de escasez para las sub cuencas abastecedoras de agua del municipio de Popayán es una labor de vital importancia para la Fundación Procuenca Río las Piedras, por lo que varios trabajos realizados en esta fundación se han basado en el cálculo de estos índices. Como el denominado "*Análisis de la oferta hídrica de la sub cuenca río las Piedras y su afectación por el fenómeno El Niño*" por Zúñiga & Víquez, 2011., donde al calcular este índice se obtuvo que a nivel histórico en la sub cuenca se presentaba una demanda alta de junio a octubre con índices mayores al 50%, siendo críticos agosto y septiembre con porcentajes de 89 y 91%, de noviembre hasta mayo la demanda era apreciable con índices de 21 a 50 %. El valor anual indicó que en general, en la sub cuenca río Las Piedras se da una demanda hídrica apreciable y debido a que el 77% de la demanda es doméstica, la CRC en el POMCH río Las Piedras la cataloga como una sub cuenca de alta importancia para la permanencia de la comunidad que hace uso de esta fuente. (ZÚNIGA & VÍQUEZ, 2011).

En el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Pisojé, 2006, también calculan este índice para la sub cuenca en mención, obteniendo el valor de la oferta hídrica superficial y demanda natural a partir de datos de precipitación extraídos del IDEAM, este estudio arrojó que el índice fue del 50%, lo que significa una demanda apreciable para la sub cuenca. (CRC, 2006).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Estimar la curva de gastos para el río Molino y actualizar el índice de escasez para la sub cuenca hidrográfica del río Pisojé.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar el método área-velocidad para determinar el caudal medio y generar la curva de gastos para el río Molino en el sector bocatoma.
- Calcular la oferta hídrica superficial de la sub cuenca río Pisojé a partir de datos de precipitación de estaciones meteorológicas de la zona.
- Determinar la demanda hídrica total de la sub cuenca río Pisojé
- Determinar el índice de escasez para la sub cuenca río Pisojé.

4. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los objetivos se desarrolló la siguiente metodología de trabajo:

4.1. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Aplicar el método área-velocidad para determinar el caudal medio y generar la curva de gastos para el río Molino en el sector bocatoma.

Actividades

- Realizar aforos semanales en la bocatoma del río Molino y registrar en cada aforo la altura limnimétrica.
- Realizar un levantamiento topográfico en la bocatoma del río Molino.
- Establecer la relación caudal- nivel y extrapolar dicha curva.

4.2. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Calcular la oferta hídrica superficial de la sub cuenca río Pisojé

Actividades.

- Recolectar datos de precipitaciones de estaciones IDEAM, Universidad del Cauca, Acueducto y del Sistema piloto de información climática que lidera la Fundación Procuencia río Las Piedras con agricultores de la región.
- Generar mapas de isoyetas para determinar la precipitación media mensual.
- Determinar la oferta hídrica superficial neta de la sub cuenca.

4.3. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Determinar la demanda hídrica total para la sub cuenca río Pisojé.

Actividades

- Realizar aforos directos en “acueductos veredales” o “soluciones colectivas de agua” para determinar la demanda de agua de uso doméstico para sub cuenca río Pisojé.
- Determinar otras demandas de la sub cuenca.
- Calcular la demanda hídrica total de la sub cuenca Pisojé.

4.4. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4

Determinar el índice de escasez para la sub cuenca río Pisojé.

Actividades.

- Calcular el valor del índice de escasez e interpretar los resultados.

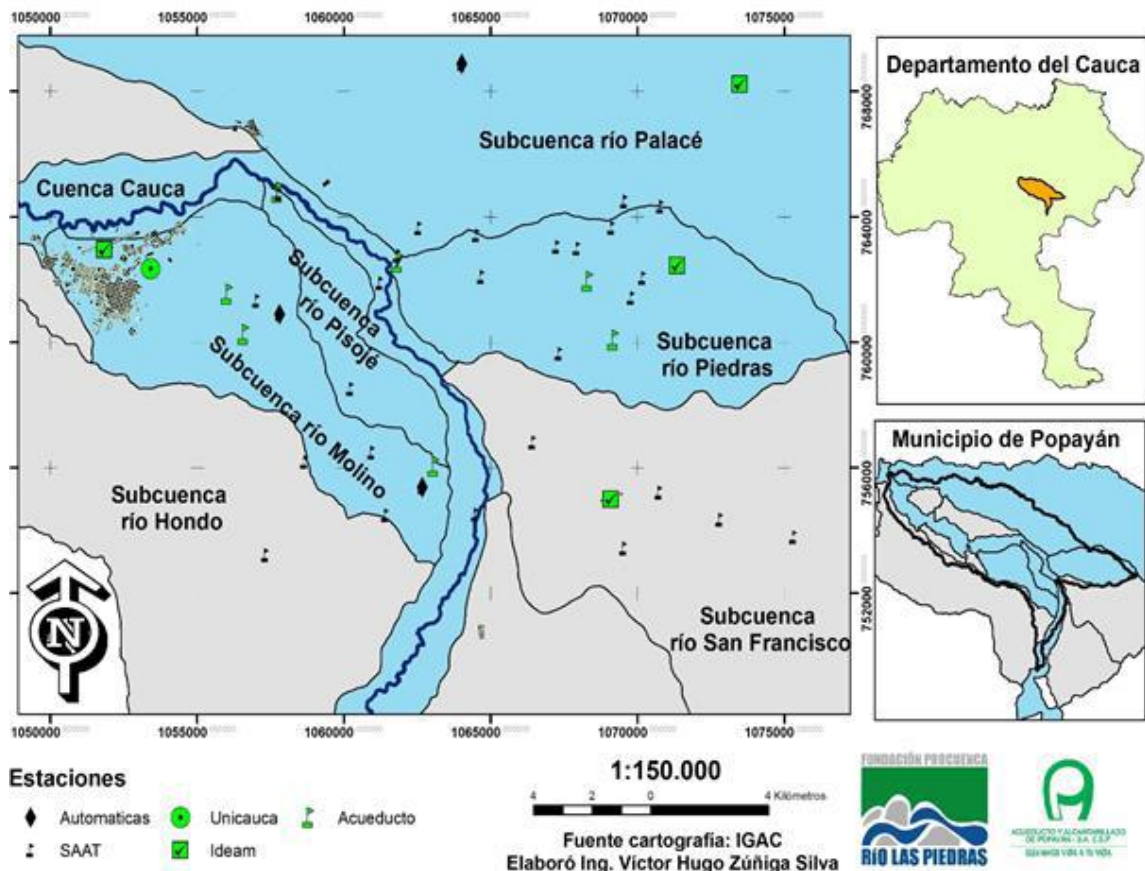
5. GENERALIDADES

5.1. LOCALIZACIÓN

La práctica profesional se desarrolló en el municipio de Popayán, en el sector bocatoma río Molino en la vereda pueblillo, donde se realizaron aforos semanales para la estimación de la curva de gastos.

- Además en las veredas La Unión, Pisojé Bajo, San Alfonso, Pisojé Alto, Paraíso y Claridad se realizaron aforos directos en “acueductos veredales” o “soluciones colectivas de agua” para determinar la demanda de agua de uso doméstico para sub cuenca río Pisojé.

Figura 1. Red de monitoreo climático de la cuenca alta del río cauca.



Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A.E.S.P. – Fundación Procuencia río Las Piedras.

5.2. DESCRIPCIÓN GENERAL

La División Ambiental de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P. y la Fundación Procuencia río Las Piedras realizan trabajos articulados con la comunidad en conservación y protección de fuentes hídricas en las sub cuencas que abastecen de agua el municipio de Popayán, así como en el sector urbano de la ciudad. Estos trabajos se enmarcan en la gestión integrada del recurso hídrico donde se articulan actividades interinstitucionales con participación activa de la comunidad, lo que garantiza la permanencia de los procesos a largo plazo.

En el río Molino se procede a hacer la estimación de la curva de gastos, ya que contar con datos de caudales puede resultar de gran importancia para cualquier tipo de proyecto que se vaya a realizar, para esto, se cuenta con la información de 14 aforos en la sección de la bocatoma y los registros de los niveles limnimétricos. Para generar una curva de gastos satisfactoria se hace la extrapolación con los datos iniciales, puesto que los caudales calculados no permiten definir la curva en su totalidad.

En la segunda parte, que consiste en la determinación del índice de escasez para la sub cuenca Pisojé, se hizo la recolección de la información de precipitaciones durante 12 meses (abril 2015- marzo 2016) información útil para calcular de oferta hídrica natural mediante el trazado de isoyetas para la determinación de la precipitación media mensual de cuenca. Posteriormente los caudales u oferta superficial se calcularon con base en el método establecido por el entonces Servicio de Conservación de Suelos (S.C.S) y se hizo la correspondiente reducción por régimen de estiaje y para protección de fuentes frágiles. La demanda hídrica total en la sub cuenca de estudio está conformada por demandas de tipo doméstico y por la concesión a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán.

Por último, se procede a calcular el índice de escasez para la sub cuenca del río Pisojé y se analizan los resultados.

5.3. INFORMACIÓN DE LAS EMPRESAS

- **Empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P.**

Después de varios cambios y ajustes en su naturaleza jurídica, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P. es una Sociedad Anónima Colombiana clasificada legalmente como empresa de servicios públicos mixta ya que el servicio pertenece al orden municipal, sociedad en la que el Estado posee más del 90% de su capital social y que está sometida en todo a lo que no disponga directamente la Constitución Política, al Régimen General de las Empresas de servicios públicos y demás normas concordantes.

El objeto social de la Empresa lo constituye la prestación del servicio público de acueducto y alcantarillado consistente en la distribución municipal de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión y medición, en las actividades complementarias, tales como captación de agua, procesamiento, tratamiento, almacenamiento y conducción. El servicio público de alcantarillado se refiere a la recolección municipal de residuos principalmente líquidos por medio de tuberías y conductos transporte, tratamiento y disposición final.

Para su cumplimiento la Empresa se encuentra estructurada como una organización divisional en donde se distinguen tres grandes funciones: Gerencia-Apoyo, Administrativa - Financiera y Técnica – Operativa. El marco empresarial de la Empresa está dado por su filosofía institucional, la cual considera, en su misión y visión, que se garantiza calidad, cantidad y continuidad a la totalidad de la población que demande el servicio.

- **Fundación Procuenca Río las Piedras**

Es una entidad autónoma de carácter mixto y de mejoras públicas de servicio social, sin ánimo de lucro cuyo domicilio es la ciudad de Popayán y su jurisdicción comprende las cuencas de abastecimiento del municipio de Popayán: sub cuencas río Piedras, Molino, Pisojé, Palacé, Cauca y micro cuencas del sector urbano.

Para desarrollar estos procesos La Fundación Procuenca Río Las Piedras y La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P. han generado alianzas que han permitido fortalecer las capacidades tanto institucionales como comunitarias en la gestión integral del recurso hídrico. Aliados como Las Naciones Unidas a través del Programa Conjunto de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático, IDEAM y GIZ en la Caracterización de Sistemas Productivos y Fase Piloto del Sistema de Alertas Agroclimáticas Tempranas

Participativas y el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT programa CCFAS en Información del Clima al Alcance de los Agricultores Para Apoyar el Proceso de Toma de Decisiones en su Actividad Agrícola en el Cauca.

Figura 2. Logos de las empresas.



Fuente: Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A E.S.P.

6. CARACTERIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN INVOLUCRADA EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL

A continuación se describen conceptos básicos implicados en el presente proyecto para que pueda ser entendido más fácilmente.

- **LIMNÍMETRO O ESTACIÓN LIMNÍMETRICA**

Es un instrumento que permite registrar y transmitir la medida de la altura de agua o de nieve (en un punto determinado) de un río, una cuenca, entre otros. Generalmente las alturas se miden en metros o centímetros.

La medida de la altura se puede convertir en estimación del caudal del río gracias a una curva de calibración.

- **OFERTA NATURAL**

La oferta natural de agua en una región, está determinada por la cantidad de lluvia que se presenta; las fluctuaciones mensuales en la precipitación sirven para establecer dentro del Balance Oferta - Demanda los períodos en los cuales se requiere la explotación adicional del recurso hídrico superficial (ríos), natural (precipitación) y subterráneo (pozos). La única forma de determinar la oferta natural por precipitación, es teniendo una red de estaciones climatológicas (CRC, 2006).

- **PRECIPITACIÓN**

Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental (Musy, 2001).

La precipitación en una región, está sujeta a variaciones de acuerdo con los patrones generales de la circulación atmosférica y a factores locales como topografía, vientos, vegetación, entre otros; constituye el principal aporte para satisfacer la demanda agrícola de agua en una zona. El cálculo de la variación espacial de la precipitación se realiza a partir de la serie de los registros pluviométricos medidos en las estaciones meteorológicas, aplicando diversos métodos como los de "Polígonos de Thiessen" y "Líneas Isoyetas" por medio de interpolación espacial (CRC, 2006).

- **MÉTODO DE CURVAS ISOYETAS**

Estas son curvas que definen los puntos de igual precipitación, y se determinan haciendo interpolaciones entre los datos registrados en estaciones pluviométricas o pluviográficas adyacentes; es necesario realizar ajustes en el trazado por elevación y corrientes de vientos cuando hay marcadas condiciones orográficas (CRC, 2006).

- **OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL TOTAL**

Es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar (IDEAM, 2010).

- **OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL NETA**

Volumen de agua que ofrece la fuente hídrica, que resulta después de aplicar los factores de reducción por fuentes frágiles y de reducción por régimen de estiaje (IDEAM, 2010).

- **DEMANDA HÍDRICA**

La demanda de agua en una cuenca está representada por la cantidad de agua necesaria para desarrollar diferentes actividades sociales y económicas donde se requiere de este recurso (CRC, 2006):

- **Actividades agrícolas:** Los cultivos y/o cobertura vegetal que requieren de agua para efectuar los procesos fisiológicos, de transpiración, transformación de tejidos y alcanzar el apropiado desarrollo de las plantas. No solo los cultivos o la cobertura vegetal natural sino todo tejido vegetal requiere de agua para su permanencia dentro de estos también se encuentran los propios bosques reguladores de agua.
- **Actividades domésticas:** Una población o comunidad necesita de agua para abastecer sus necesidades de consumo de agua potable y uso doméstico.
- **Actividades industriales:** Para llevar a cabo actividades correspondientes al sector dedicado a la industria es fundamental el uso del recurso agua.
- **Otros usos:** Existen otras demandas de agua, entre ellas la representada por los requerimientos mínimos de agua para conservar la biodiversidad existente en los cauces de agua superficial y el manejo de la calidad de agua mediante dilución de cargas contaminante.

7. ACTIVIDADES DE LA PASANTÍA

7.1. ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE GASTOS PARA EL RÍO MOLINO

Una curva de descarga, calibración o gastos es la expresión de la relación existente entre los niveles del agua y los caudales correspondientes de la corriente. Para establecer esta relación se hicieron aforos semanales aguas arriba de la bocatoma del acueducto en la vereda Pueblillo (Figura 3).

En el cuadro 1 se muestran los caudales consolidados de cada aforo y los respectivos niveles limnimétricos.

Cuadro 1. Datos de los aforos realizados río Molino.

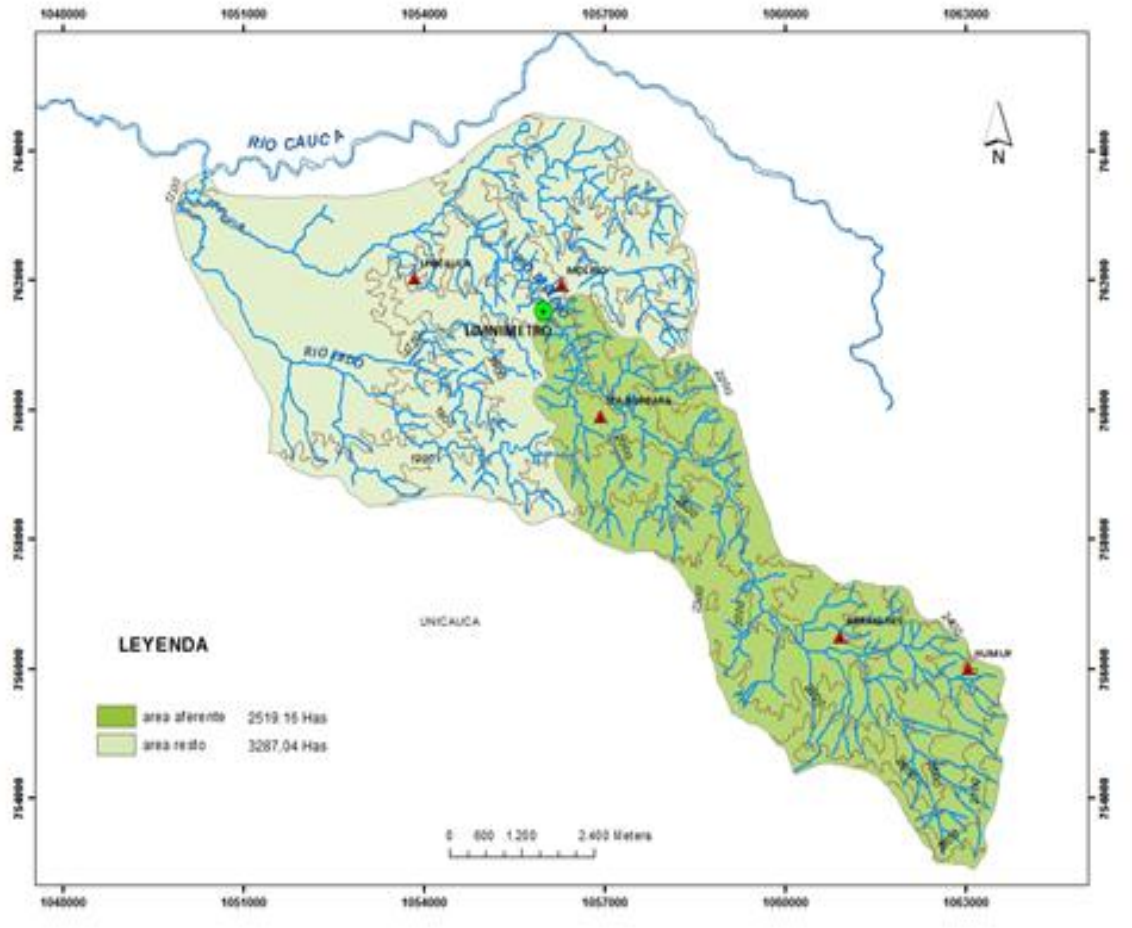
Aforo No.	Fecha	Caudal (m ³ /s)	Nivel Limnimétrico (cm)
1	16-nov-15	0,228	49
2	23-nov-15	0,213	49
3	01-dic-15	0,163	50
4	07-dic-15	0,180	48
5	15-dic-15	0,180	48
6	18-dic-15	0,143	48
7	15-ene-16	0,264	50
8	21-ene-16	0,188	47
9	01-feb-16	0,159	46
10	08-feb-16	0,149	46
11	15-feb-16	0,127	46
12	27-feb-16	0,178	47
13	14-mar-16	0,276	50
14	30-mar-16	0,200	48

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos detallados de los caudales se muestran en el ANEXO A.

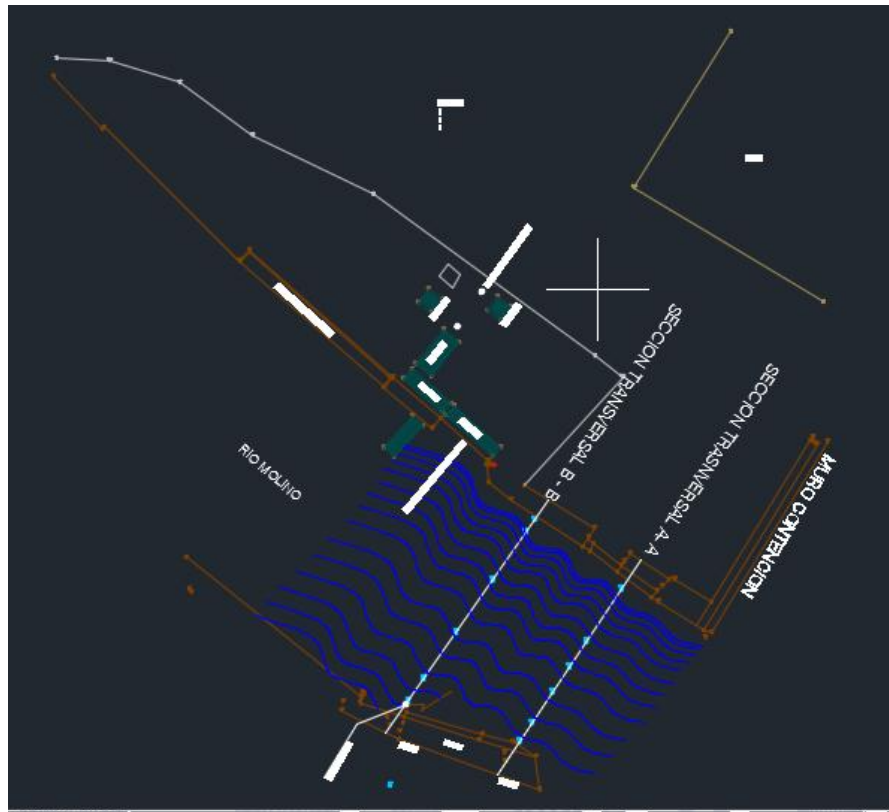
También se realizó un levantamiento topográfico como parte del reconocimiento del terreno en el sitio de la captación. En las figuras 4,5 y 6 se muestran las vistas en planta y dos cortes transversales, respectivamente.

Figura 3 Cuenca del río Molino, sitio de la bocatoma



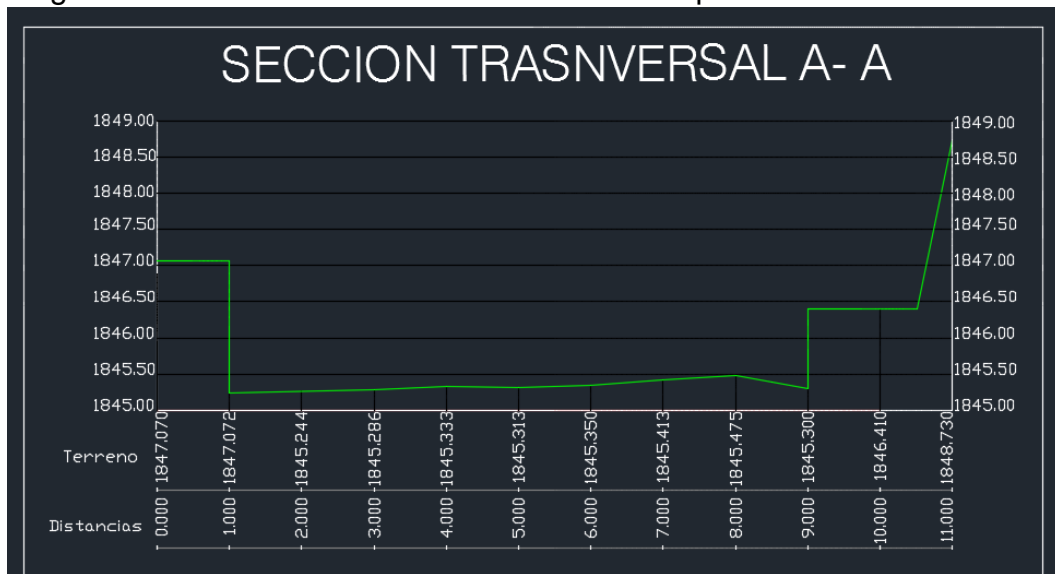
Fuente: Estudio de inundaciones, Universidad del Cauca

Figura 4. Vista en planta en sitio de captación en el Río Molino.



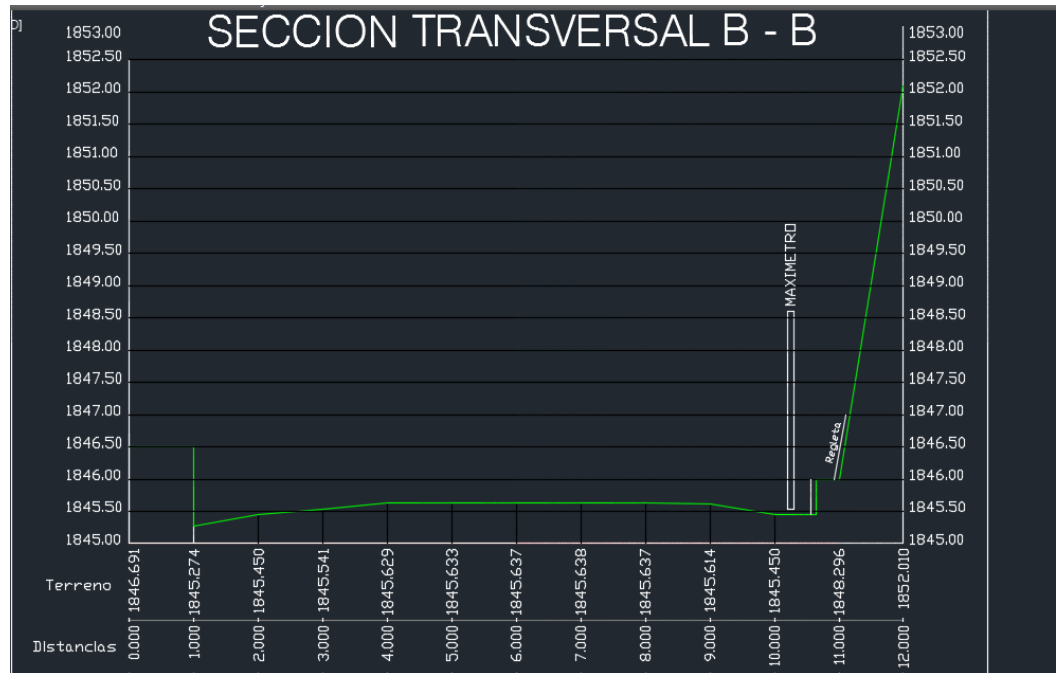
Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P.

Figura 5. Corte transversal A-A en el sitio de captación en el Río Molino.



Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P.

Figura 6. Corte transversal B-B en el sitio de captación en el Río Molino.



Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P.

Figura 7. Toma de nivel de la regleta.



Fuente: Registro fotográfico de la pasante

Los caudales medidos no cubren toda la gama de variación de niveles, pues como se ve en el cuadro 1 en cuatro meses los niveles estuvieron entre 46 y 50 cm, por lo que la curva de gastos no se puede definir en su totalidad y se hace necesaria la extrapolación de la curva para prolongarla.

Hay que resaltar que durante el período de estudio se estuvo bajo la influencia del fenómeno El Niño, el cual se caracterizó por ser uno de los más fuertes de la historia de acuerdo a los registros de La NOAA.

7.1.1. Extrapolación de la curva de gastos

Para esto se intentó aplicar el método de Manning, pero como la variación de niveles fue mínima por la presencia del fenómeno El Niño durante el desarrollo de las actividades las diferentes correlaciones entre parámetros no fueron buenas, por lo que la utilización de este método no fue satisfactoria.

Debido a lo anterior, la extrapolación de la curva de gastos se hizo mediante la ecuación de la línea de tendencia potencial que se trazó con los diez aforos que quedaron después de eliminar 4 datos que no se ajustaron a dicha línea por errores que se presentaron durante su medición.

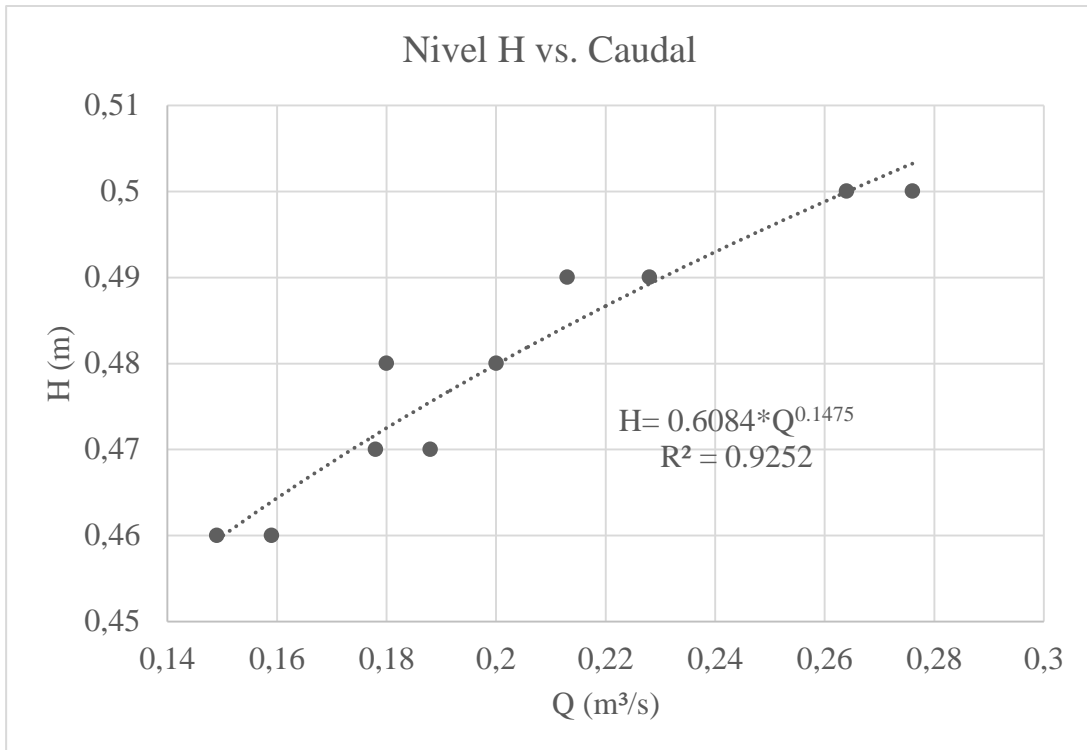
En el cuadro 2 se muestran los datos de los aforos que quedaron y la figura 8 es la curva antes de la extrapolación.

Cuadro 2. Aforos y niveles seleccionados

Aforo No.	Q (m ³ /s)	H (m)
1	0,228	0,49
2	0,213	0,49
3	0,18	0,48
4	0,264	0,5
5	0,188	0,47
6	0,159	0,46
7	0,149	0,46
8	0,178	0,47
9	0,276	0,5
10	0,2	0,48

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Curva antes de la extrapolación.



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 3, despejando la ecuación de la línea de tendencia que tiene un buen ajuste, se obtuvo caudal respectivo para niveles más altos del río. En la figura 9 se muestra la curva de gastos extrapolada.

La ecuación despejada la línea de tendencia es la siguiente:

$$\left(\frac{H}{0,6084}\right)^{\frac{1}{0,1475}} = Q$$

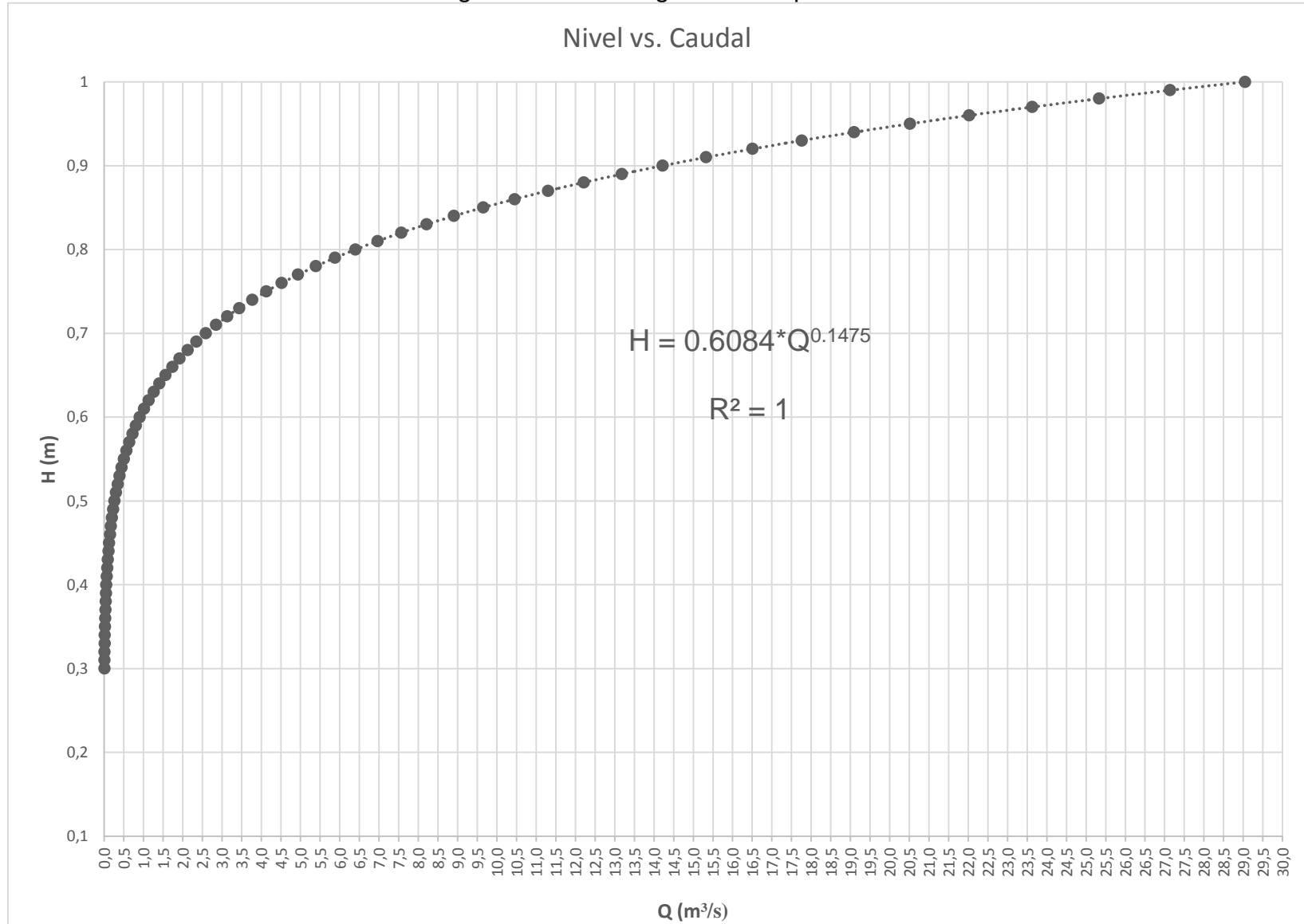
La curva de gastos se realiza desde 0,3 m que es el nivel mínimo en el que está la regleta, puesto que más abajo se han depositado sedimentos; y hasta 1 metro que es donde se ha registrado el mayor nivel del río en el sitio de la captación y es lo que la Empresa de Acueducto necesita para la determinación de los caudales medios.

Cuadro 3. Datos extrapolados de la curva.

H (m)	Q (m ³ /s)	H (m)	Q (m ³ /s)
0,3	0.00828	0.71	2.849
0,31	0.010	0.72	3.132
0,32	0.013	0.73	3.440
0,33	0.016	0.74	3.772
0,34	0.019	0.75	4.131
0,35	0.024	0.76	4.519
0,36	0.029	0.77	4.938
0,37	0.034	0.78	5.390
0,38	0.041	0.79	5.876
0,39	0.049	0.8	6.399
0.4	0.058	0.81	6.961
0.41	0.069	0.82	7.565
0.42	0.081	0.83	8.213
0.43	0.095	0.84	8.908
0.44	0.111	0.85	9.652
0.45	0.129	0.86	10.448
0.46	0.150	0.87	11.300
0.47	0.174	0.88	12.211
0.48	0.200	0.89	13.183
0.49	0.231	0.9	14.220
0.5	0.264	0.91	15.326
0.51	0.302	0.92	16.505
0.52	0.345	0.93	17.760
0.53	0.392	0.94	19.096
0.54	0.445	0.95	20.516
0.55	0.505	0.96	22.026
0.56	0.570	0.97	23.629
0.57	0.643	0.98	25.330
0.58	0.723	0.99	27.135
0.59	0.812	1	29.049
0.6	0.910		
0.61	1.018		
0.62	1.137		
0.63	1.267		
0.64	1.410		
0.65	1.566		
0.66	1.737		
0.67	1.923		
0.68	2.126		
0.69	2.347		
0.7	2.588		

Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Curva de gastos extrapolada.



Fuente: Elaboración propia.

7.2. ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ PARA LA SUB CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PISOJÉ.

7.2.1. Generalidades de la sub cuenca

7.2.1.1. Delimitación y ubicación geográfica

La sub cuenca del río Pisojé está ubicada dentro del municipio de Popayán, en su sector nororiental, sobre el flanco occidental de la Cordillera Central. Posee una superficie de 1.781,65 hectáreas, que se extiende desde su nacimiento a los 2.575 metros de altitud, en la quebrada La Cabrera, con coordenadas planas 1.063.441 Este y 756.001 Norte, hasta su desembocadura en el río Cauca a los 1.770 metros de altitud, con coordenadas planas 1.056.996 Este y 765.324 Norte. Limita al Norte y Oriente con la vertiente de drenaje directo a la cuenca del río Cauca; al Sur y Occidente con la sub cuenca del río Molino. En la figura 1 se puede observar la ubicación de la sub cuenca del río Pisojé y de las sub cuencas cercanas (CRC, 2006).

7.2.1.2. División corregimental y veredal

La sub cuenca dentro del área de influencia de siete veredas que sobrepasan sus límites, a saber, La Unión, Pisojé Bajo, San Alfonso, El Hogar, Claridad, Pisojé Alto y Paraíso, todas ellas dentro del corregimiento Santa Bárbara (Ver cuadro 4).

Cuadro 4. División corregimental y veredal de la sub cuenca Pisojé.

Municipio	Corregimiento	Veredas	Área Total (Ha)		% Área en sub cuenca
			Total	Sub cuenca	
Popayán	Santa Bárbara	La Unión	706,01	322,89	18,12
		Pisojé Bajo	842,22	575,91	32,32
		San Alfonso	626,85	465,53	26,13
		Pisojé Alto	305,93	169,05	9,49
		Paraíso	154,65	33,48	1,88
		Claridad	710,53	204,27	11,47
		El Hogar	750,52	10,52	0,59
		Totales	4096,71	1781,65	100,00

Fuente: Estudio Componente Sociocultural POMCH Río Pisojé, 2.006

7.2.2. Cálculo de la oferta hídrica superficial neta

Se hizo con base en la información de precipitaciones totales mensuales de las estaciones listadas en el cuadro 5 y en el periodo de abril de 2015 a marzo de 2016, el periodo escogido servirá para analizar la influencia del fenómeno El Niño en el cálculo de la oferta hídrica.

7.2.2.1. Oferta hídrica natural

La oferta hídrica natural de la sub cuenca río Pisojé se calculó con base en información de precipitaciones totales mensuales de 40 estaciones meteorológicas (ANEXO B) de Asociaciones campesinas Asocampo, Asoproquintana y Arpam, Resguardos indígenas de Quintana, Poblazón y Puracé veredas El Hogar, y Pisojé Alto, Acueducto de Popayán, Unicauca e IDEAM, descritas en el cuadro 5.

Cuadro 5. Estaciones seleccionadas para la caracterización climática de la sub cuenca Pisojé

Estación	Sub cuenca	Elevación msnm	Latitud y	Longitud x
(*)Cesar Hidalgo	Cuenca Cauca	2044	2,450713889	-76,52161944
(*)Evelio Campo	Río Palacé	2090	2,458613889	-76,51515833
(*)Manuel Gurrute	Río Piedras	2135	2,444572222	-76,49592222
(*)Deyanira Conejo	Río Piedras	2151	2,453152778	-76,47280833
(*)Octaviano Lame	Río Piedras	2447	2,438488889	-76,44986111
(*)Nicanor Santiago	Río Piedras	2514	2,458658333	-76,45597778
(*)Aquileo Ortega	Río Piedras	2545	2,444230556	-76,44646944
(*)Sandra Sanchez	Río Piedras	2272	2,456555556	-76,49744444
(*)Alberto Sanchez	Río Palacé	2344	2,46625	-76,45211111
(*)Adriana Mariaca	Río Piedras	2389	2,45275	-76,46655556
(*)Hector Arias	Río Piedras	2488	2,422361111	-76,47205556
(*)Fernando Gurrute	Río Piedras	2610	2,464805556	-76,44094444
(*)Elena Mapayo	Río Molino	2047	2,43775	-76,56480556
(*)Marcelina Lame	Río Molino	2057	2,433777778	-76,55766944
(*)Narcisa Bonilla - ARRAYANES	Río Molino	2308	2,394	-76,52947222
(*)Carlos A. Leon	Río Molino	2525	2,375861111	-76,52528056
(*)Saul Bonilla	Río Molino	2539	2,383972222	-76,51402778
(*)Felipe Beccerra	Río Pisojé	1804	2,442786111	-76,52694167
(*)Alejandro Jojoa	Río Pisojé	1850	2,468405556	-76,557925
(*)Mirian Escobar	Río Pisojé	2110	2,412277778	-76,53605556
(*)Lucina Caldón	Río Francisco San	2318	2,396911111	-76,48022222
(*)Ruben Delio	Río Francisco San	2811	2,382416667	-76,44147222
(*)Julio Guauña	Río Francisco San	2944	2,366333333	-76,45238889
(*)Absalon Escobar	Río Francisco San	3134	2,374583333	-76,42288889
(*)Isabel Iziquita	Río Francisco San	3330	2,369583333	-76,40025
(*)Carlos Maca	Río Hondo	2270	2,391361111	-76,55013889
(*)Fernando Levasa	Río Cauca	2380	2,376075	-76,49783056
(*)Alfonso hinga	Río Hondo	2460	2,364416667	-76,56208333

EL LAGO	Río Piedras	2020	2,448888889	-76,52166667
EL DIVISO	Río Piedras	2264	2,443333333	-76,46333333
PISOJE ALTO	Río Pisojé	1830	2,469127778	-76,55838889
BOCATOMA MOLINO	Río Molino	1834	2,439725	-76,57381667
SANTA BARBARA	Río Molino	1907	2,428127778	-76,56883611
EL UMUJ	Río Molino	2525	2,390027778	-76,51058333
FIC UNICAUCA	Río Molino	1728	2,446875	-76,59723889
AEROPUERTO GLV	Río Molino	1752	2,452438889	-76,61139722
ARRAYANALES	Río Piedras	2563	2,447833333	-76,435875
PURACÉ	Río San Francisco	2608	2,380522222	-76,45621111
POLINDARA	Río Palacé	2733	2,5	-76,41666667
Palacé Aut	Río Palacé	2048	2,505880556	-76,50186944

Fuente: Fundación Procuena Río las Piedras.

7.2.2.2. Método de curvas isoyetas para el cálculo de las precipitaciones medias mensuales de la cuenca

Con los registros de precipitaciones del periodo abril 2015- marzo 2016 de las estaciones seleccionadas se determinó la precipitación media mensual de la cuenca con la herramienta ArcGis. En el cuadro 6 se muestran los resultados.

Cuadro 6. Precipitaciones medias mensuales interpoladas de la sub cuenca Pisojé.

Abr (mm)	May (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Ago (mm)	Sep (mm)	Oct (mm)	Nov (mm)	Dic (mm)	Ene (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)
137,12	52	25,30	23,99	2,38	26,04	148,13	222,72	12	176	88	185

Fuente: Elaboración propia

El cálculo detallado de las precipitaciones medias mensuales se encuentra en el ANEXO B.

Y en las siguientes figuras se puede observar la distribución espacial de las lluvias en la sub cuenca río Pisojé.

Figura10. Mapa de curvas isoyetas Abril-2015

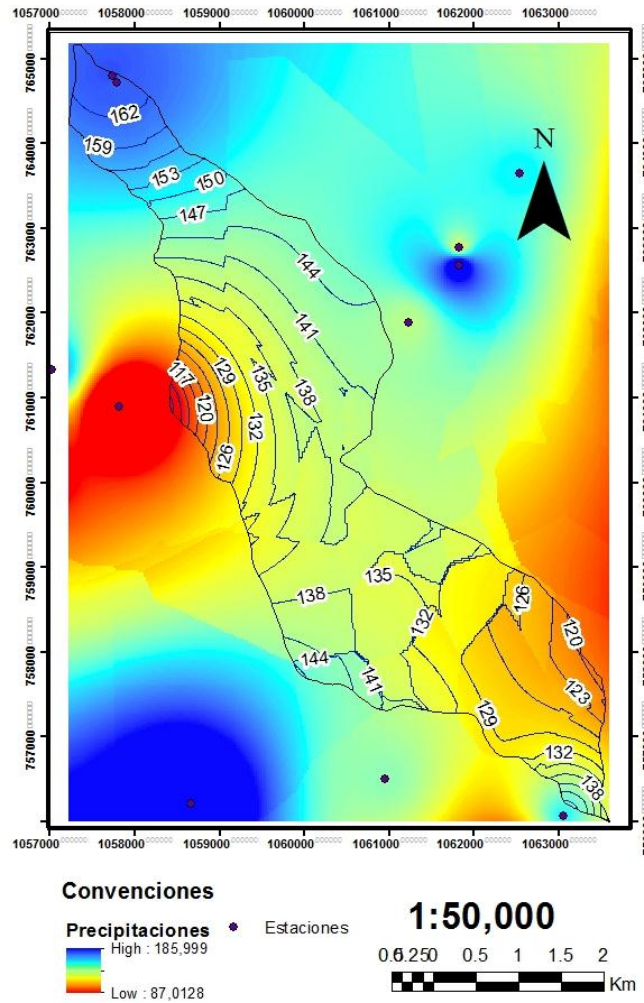
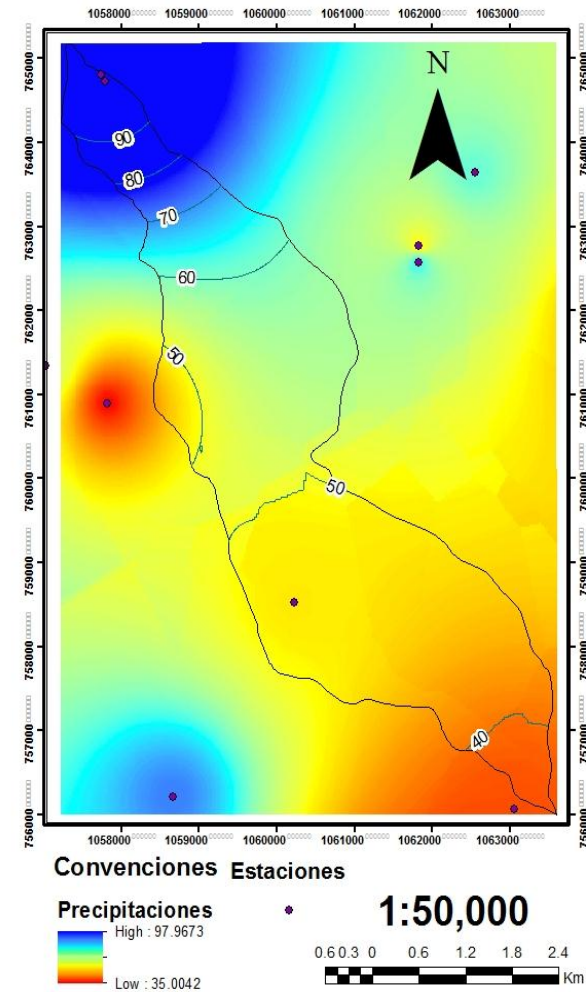


Figura 11. Mapa de curvas isoyetas Mayo-2015



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Mapa de curvas isoyetas Junio-2015

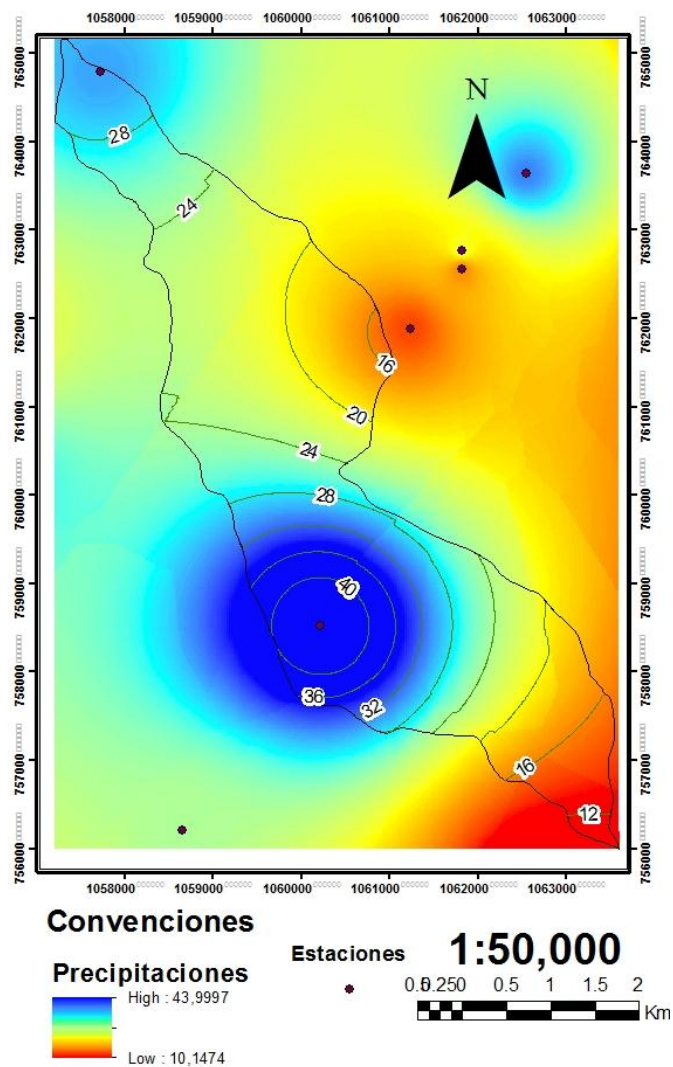
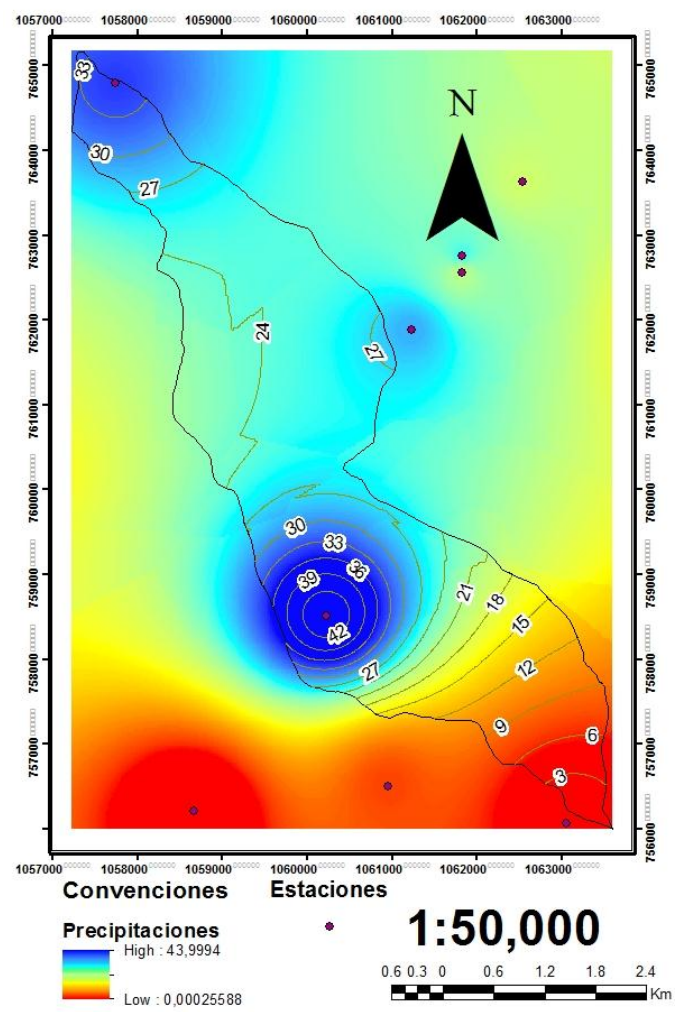


Figura 13. Mapa de curvas isoyetas Julio-2015



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Mapa de curvas isoyetas Agosto-2015

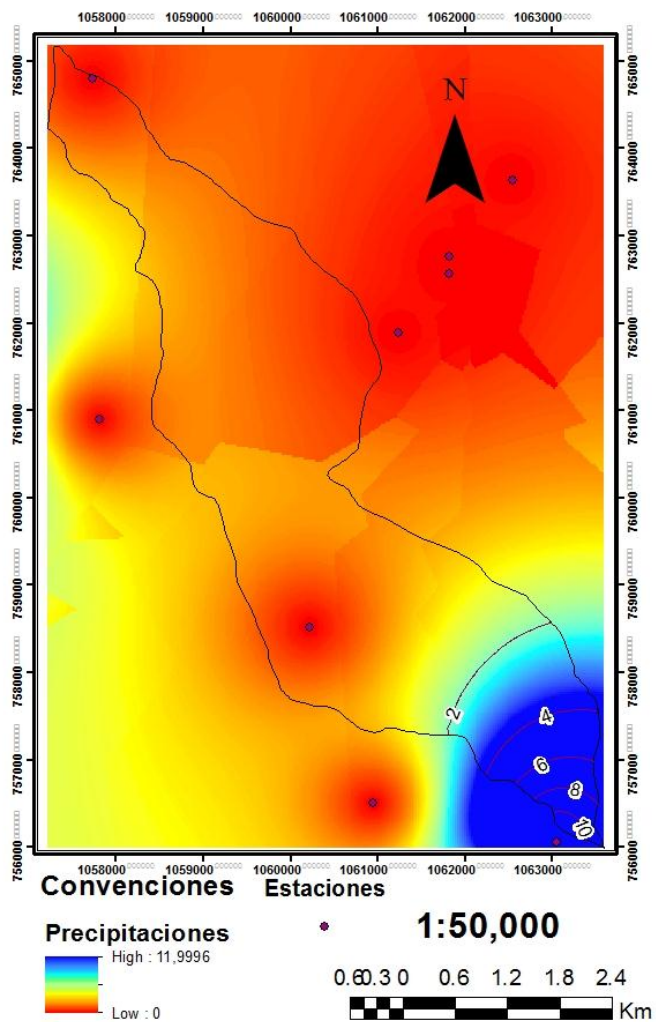
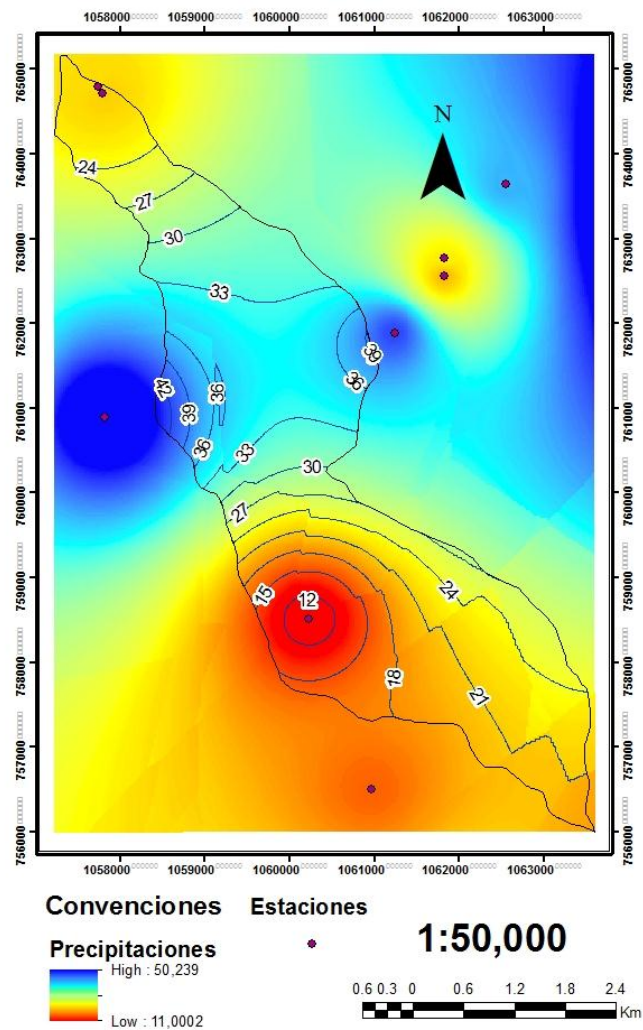


Figura 15. Mapa de curvas isoyetas Septiembre-2015



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Mapa de curvas isoyetas Octubre-2015

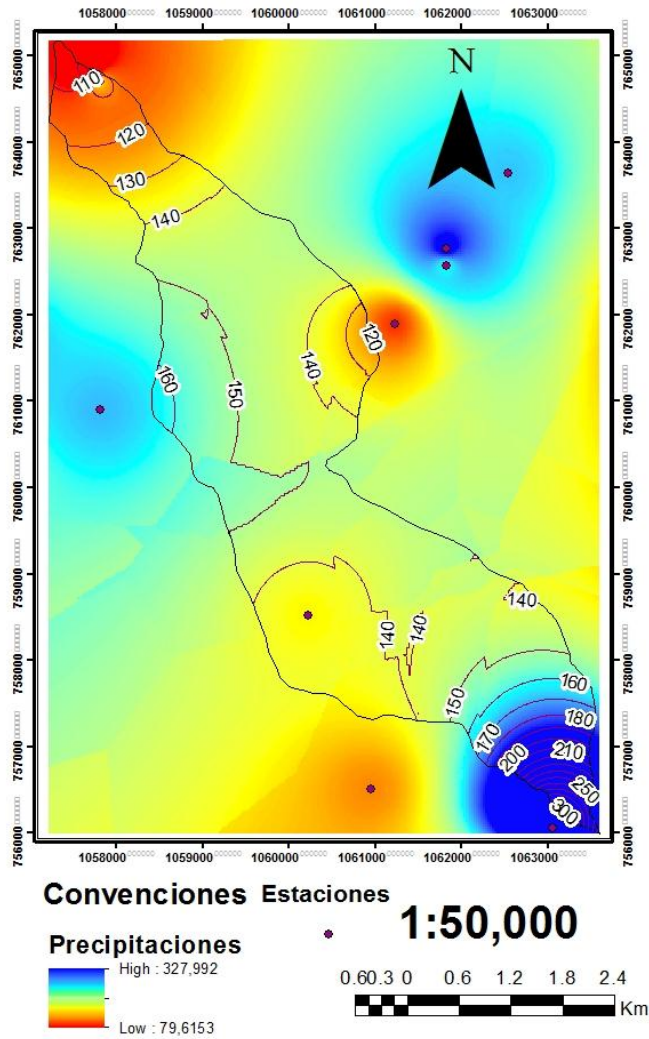
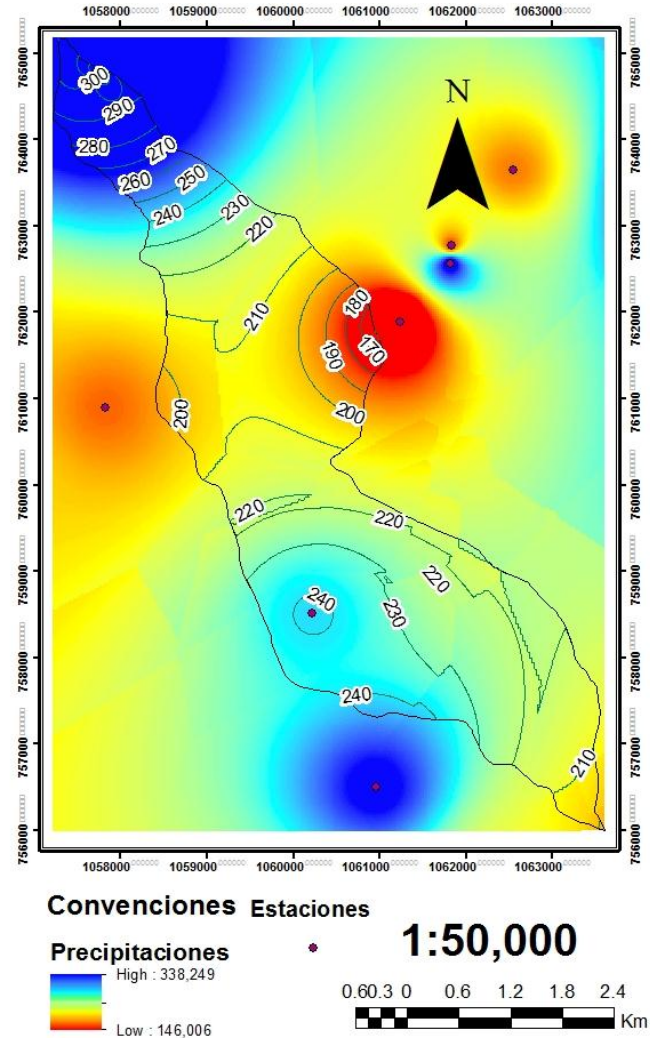


Figura 17. Mapa de curvas isoyetas Noviembre-2015



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Mapa de curvas isoyetas Diciembre-2015

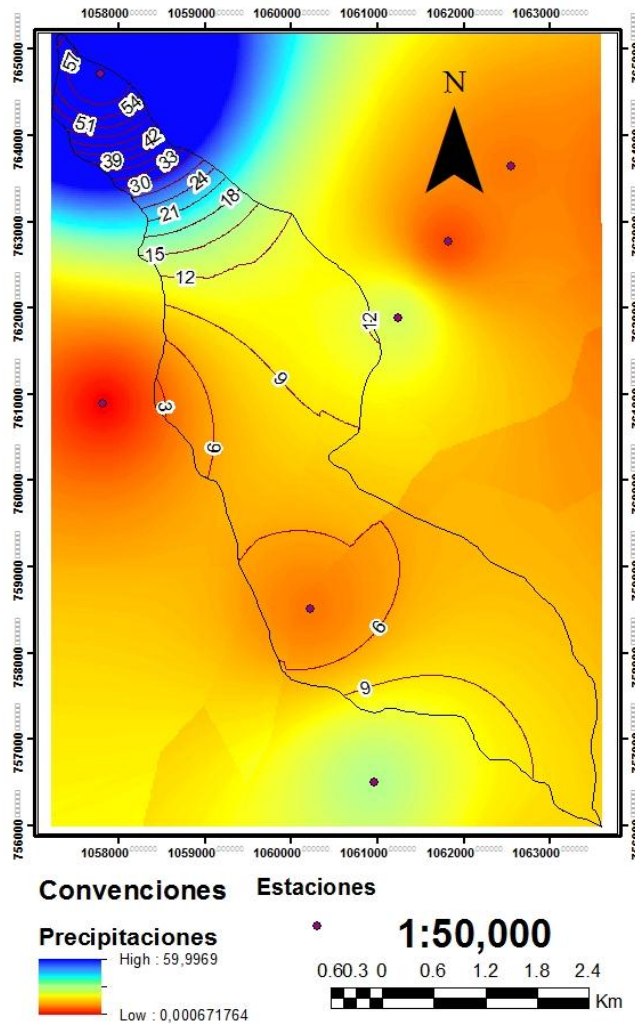
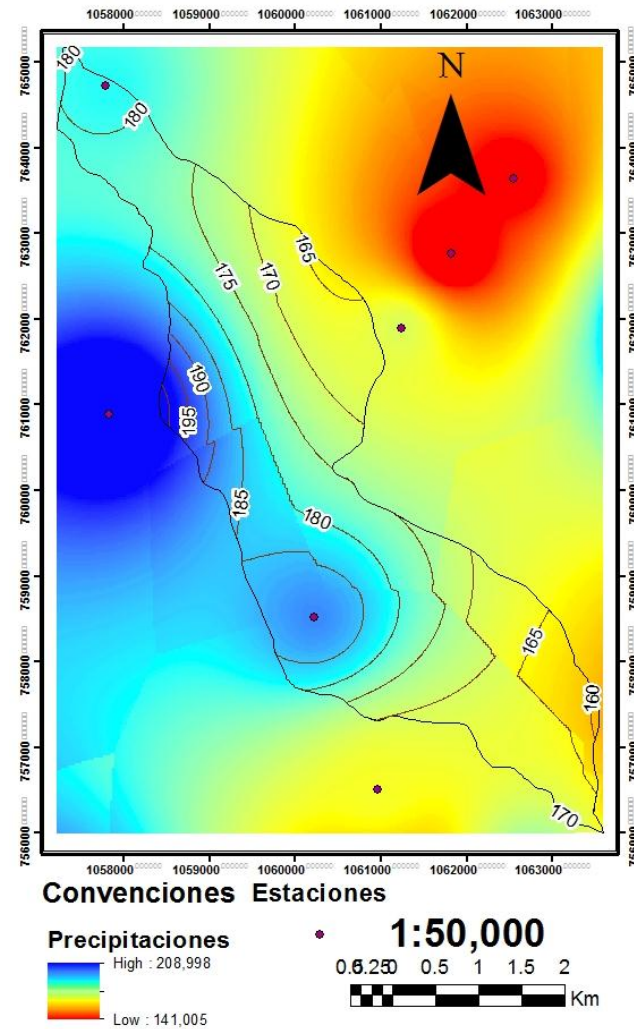


Figura 19. Mapa de curvas isoyetas Enero-2016



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Mapa de curvas isoyetas Febrero-2016

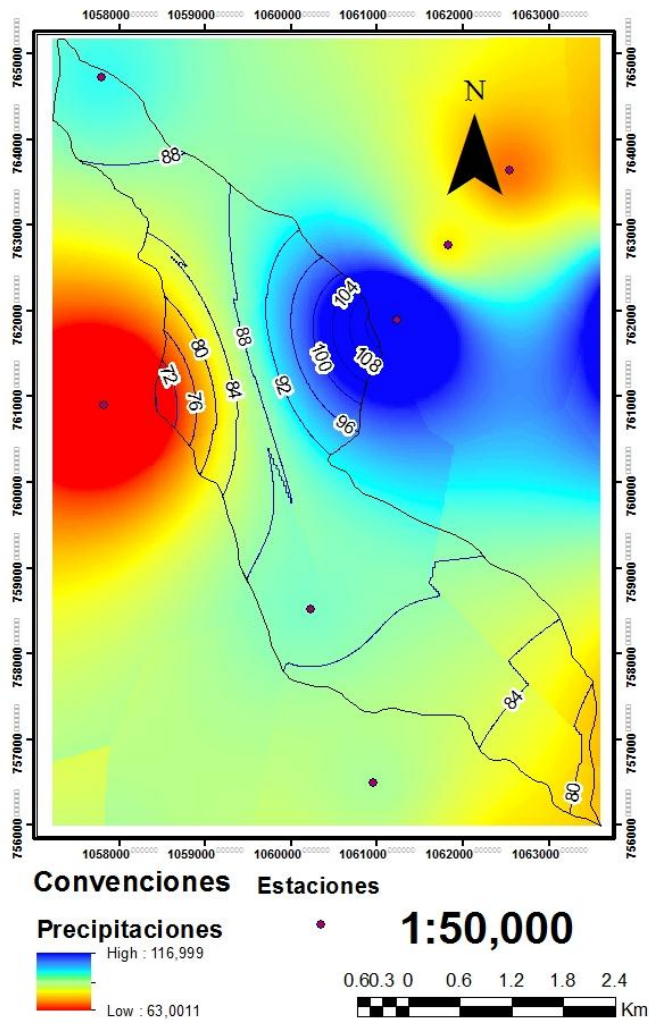
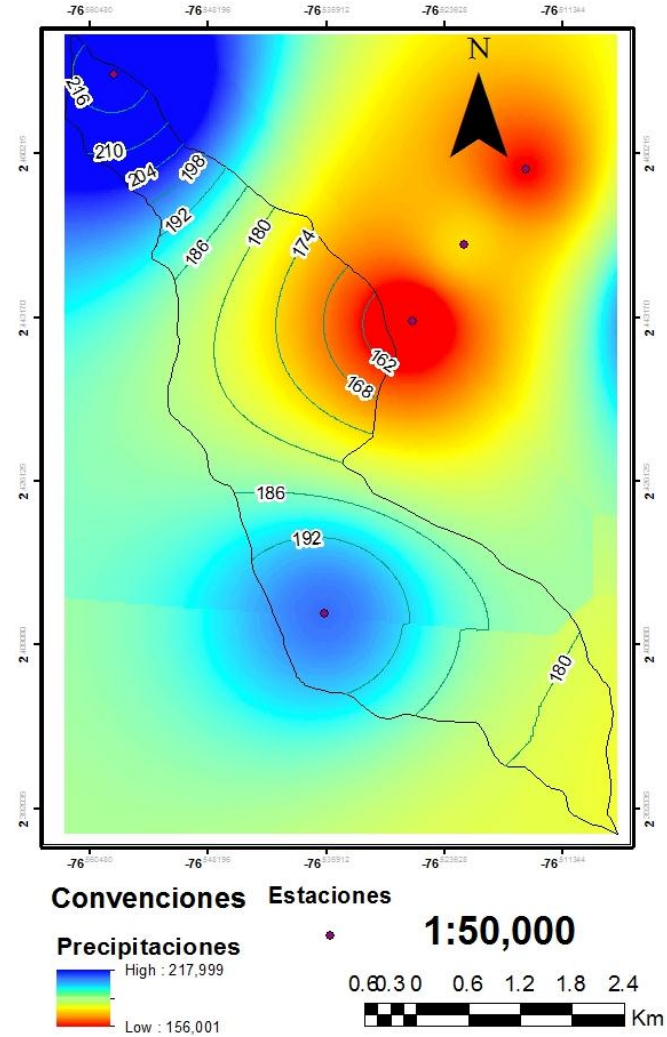


Figura 21. Mapa de curvas isoyetas Marzo-2016



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.3. Oferta hídrica superficial

El cálculo de los caudales medios se realizó por el método del Servicio de Conservación de Suelos (S.C.S.), ahora Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Área del Caribe, en el cual se determina la escorrentía a partir de los datos de lluvias. Luego, la escorrentía se afecta por el área de la cuenca aferente y así se puede estimar el caudal. Este método considera el valor de la Curva Número (CN) a partir del conocimiento de la cobertura del suelo, tipo de suelo y condición hidrológica.

El valor de CN se extrajo del POMCH de la sub cuenca hidrográfica del río Pisoje (2006). El valor de CN tomado es de 65.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Donde:

S: Potencial de retención de agua por el suelo sobre el área de drenaje en el momento de inicio de la precipitación (mm)

CN: Curva número de escorrentía, 65

Con el valor de S se obtuvo la escorrentía real.

$$Pe = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S}$$

Donde:

Pe = Escorrentía (mm)

P = Precipitación total (mm)

0,2 S = Pérdidas iniciales = 20%

0,8 S = Infiltración durante la ESD = 80%.

La estimación del caudal medio se hizo a partir de la evaluación de la siguiente ecuación para la cuenca hidrográfica.

$$Q = \frac{Pe * A}{86,4 * 10^6 * n} + Qb$$

Donde:

Q = Caudal medio en (m³/s)

Pe = escorrentía media (mm)

A = Área de la cuenca hidrográfica (m²)

n: Número de días del mes (29 o 31)

Qb= Caudal base (m³/s), en este caso equivale a 0,9634 m³/s

Como ejemplo se calcula la oferta hídrica superficial para el mes de abril:

$$S = \frac{25400}{65} - 254 = 136,7 \text{ mm}$$

$$Pe = \frac{(137,12 - 0,2 * 136,7)^2}{137,12 + 0,8 * 136,7} = 48,9 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{48,9 * 17831898}{86,4 * 10^6 * 30} + 0,09634 = 0,432 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Cuadro 7. Cálculo de la oferta hídrica superficial.

CN	65											
Área (m²)	17831898											
S	137											
Mes	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Pe (mm)	48,87	3,76	0,03	0,08	5,58	0,01	56,64	114,92	1,94	77,42	18,63	84,41
Q (m ³ /s)	0,432	0,121	0,096	0,097	0,133	0,096	0,473	0,887	0,109	0,612	0,234	0,658
Q (L/s)	432.4	121	96.4	96.8	133.4	96.3	473.3	886.8	109.2	611.6	233.6	658.2

Fuente: Elaboración propia

*Se tiene en cuenta para el cálculo del caudal medio un caudal base de 96.34 lps correspondiente al caudal aforado en el mes de enero en las corrientes de la subcuenca Pisojé (sistemas de abastecimiento y río Pisojé).

Por último, la oferta hídrica superficial neta se determina a partir de la oferta superficial total utilizando la siguiente ecuación:

$$O_n = O_t * [1 - (R_e * R_f)]$$

Donde:

O_t : Oferta hídrica superficial total (m³);

R_e : Factor de reducción para mantener el régimen de estiaje;

R_f ; Factor de reducción para protección de fuentes frágiles.

Según el IDEAM (2004) estos factores corresponden cada uno al 25% del caudal medio.

Cuadro 8. Resultados de la oferta hídrica superficial neta.

Mes	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Oferta Superficial Neta (m ³ /s)	0,216	0,061	0,048	0,048	0,067	0,048	0,237	0,443	0,055	0,306	0,117	0,329
Oferta Superficial Neta (L/s)	216	61	48	48	67	48	237	443	55	306	117	329

Fuente: Elaboración propia

7.2.3. Demanda hídrica total

Corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales. En la sub cuenca hidrográfica del río Pisojé se pueden mencionar tres tipos de uso del agua: Doméstico, industrial, concesión del acueducto y uso agrícola o natural. Por lo que la demanda total se define como:

$$DT = DUD + DUI + DUC + DUA$$

Donde:

DT: Demanda total (m³/s)

DUD: Demanda para uso doméstico (m³/s)

DUI: Demanda de agua para uso industrial (m³/s)

DOC: Demanda de agua por concesión a la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán. (m³/s)

DUA: Demanda de agua de uso agrícola (m³/s)

7.2.3.1. Demanda de agua para uso doméstico

Esta demanda se determinó con base a dos aforos realizados en los sistemas de abastecimiento (Fig.22-28) que se listan a continuación:

Figura 22. Abastecimiento de agua La Cabrera.



Fuente: Registro fotográfico de la pasante.

Figura 23. Abastecimiento de agua Hacienda la Cabrera.



Fuente: Registro fotográfico de la pasante

Figura 24. Abastecimiento de agua canal abierto San Alfonso.



Fuente: Registro fotográfico de la pasante

Figura 25. Abastecimiento de agua Pisojé Bajo.



Fuente: Registro fotográfico de la pasante

Figura 26. Abastecimiento de agua Pisojé Alto.



Fuente: Registro fotográfico de la pasante

Figura 27. Abastecimiento de agua El Paraíso.



Fuente: Registro fotográfico de la pasante

Figura 28. Solución individual Alejandro Jojoa.



Fuente: Registro fotográfico de la pasante

Cuadro 9. Caudales consolidados de sistemas de abastecimiento en la sub cuenca río Pisojé.

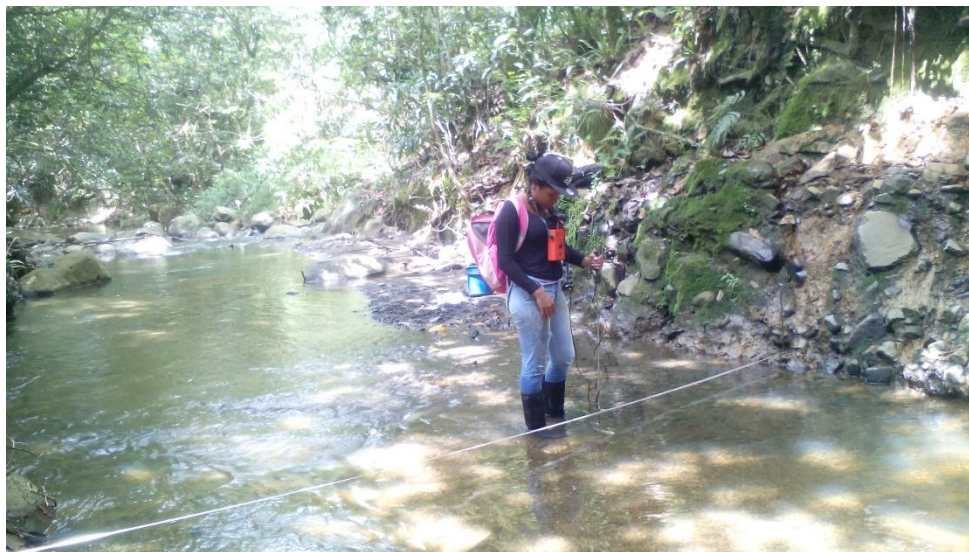
Sistema de abastecimiento	Corriente	Vereda	Método de aforo	Aforo 1 Caudal (L/s)	Aforo 2 Caudal (L/s)	Promedio (L/s)
La Cabrera No.1	Qda. La Cabrera	La Unión	Volumétrico	0,56	1,16	0,86
La Cabrera No.2	Qda. El Aureral	La Unión	Volumétrico	1,18	1,11	1,14
Canal abierto San Alfonso	Qda. Pisojé		Área-velocidad	12,35	13,99	13,19
Pisojé Bajo	Qda. Guarangal	Pisojé Bajo	Volumétrico	1,06	0,95	1,00
Pisojé Alto	Qda. Potrero Nuevo	Claridad	Volumétrico	2,08	1,38	1,73
El Paraíso	Qda. Potrero Nuevo	Paraíso	Volumétrico	2,17	3,67	2,92
Solución individual Alejandro Jojoa	Río Pisojé		Volumétrico	0,94	*	0,94
TOTAL						21,78

Fuente: Elaboración propia

El cálculo detallado de cada uno de los caudales se encuentra en el ANEXO C.

En la figura 29 se muestra el procedimiento de aforo con molinete para determinar el caudal del río en época de estiaje.

Figura 29. Aforo en río Pisojé.



Fuente: Registro fotográfico de la pasante.

En la figura 30 se muestra un aforo por el método volumétrico realizado en el sistema de abastecimiento el Paraíso vereda El Paraíso.

Figura 30. Aforo volumétrico en tanque de sistema de abastecimiento el Paraíso.



Fuente: Registro fotográfico de la pasante.

7.2.3.2. Demanda de agua para uso industrial

No se encontró un desarrollo industrial que presente un consumo de agua, por lo anterior no se considera un caudal para la demanda industrial.

7.2.3.3. Demanda de agua por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán

El río Pisojé es una fuente alterna de abastecimiento de la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán, la cual capta el 20% del caudal medio del río correspondiente a 0,12 m³/s. (CRC, 2016).

7.2.3.4. Demanda agrícola o natural

No se incluye dado que después del proceso conjunto de la precipitación y la evapotranspiración, el agua superficial corresponde al escurrimiento de la sub cuenca, la cual es medida en su totalidad y es estimada en el cálculo de la oferta superficial; no existen distritos de riego y las pequeñas huertas son abastecidas con los acueductos veredales.

Cuadro 10. Cálculo de la demanda hídrica total

Tipo de demanda	Caudal (L/s)
Doméstica	21,78
Concesión acueducto	120
Demanda Total	141,78

Fuente: Elaboración propia

7.2.4. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ESCASEZ

El índice de escasez representa la demanda de agua que ejercen en su conjunto las actividades económicas y sociales para su uso y aprovechamiento frente a la oferta hídrica disponible (neta). Esta relación calculada para condiciones hidrológicas medias y secas, dan una visión general de la situación de la disponibilidad de agua actual, y con las proyecciones futuras del abastecimiento a nivel nacional y regional, las entidades del estado involucradas en la gestión ambiental y de los recursos hídricos, podrán tomar las medidas necesarias para que los planes de ordenamiento del uso de los recursos naturales y manejo sostenible de las cuencas hidrográficas, tengan en cuenta zonas que presentan índices de escasez con niveles preocupantes y otras característica desfavorables (CRC, 2006).

El documento Índice de Escasez del IDEAM establece que:

$$I_e = \frac{D}{O_n} * 100$$

Donde:

I_e= Índice de escasez (%)

D: Demanda de agua, (m³/s)

O_n: Oferta hídrica superficial neta (m³/s)

Si bien el índice de escasez da cuenta de los niveles de abundancia o escasez, relacionando la oferta específica con la demanda correspondiente, debe tenerse en cuenta que el abastecimiento de agua para los diferentes usos involucra aspectos como el almacenamiento y transporte del recurso hídrico (CRC, 2006).

Por ello, no necesariamente los altos niveles de escasez en áreas específicas coinciden con problemas graves de abastecimiento de los sistemas, para los cuales se han desarrollado infraestructuras de manejo particulares (CRC, 2006).

El índice de escasez se agrupa en cinco categorías (Cuadro 11):

Cuadro 11. Categorías e interpretación del índice de escasez.

Categoría	Rango	Color	Explicación
Alto	>50%	Rojo	Demanda alta
Medio Alto	21-50%	Naranja	Demanda apreciable
Medio	11-20%	Amarillo	Demanda baja
Mínimo	1-10%	Verde	Demanda muy baja
Significativo	1%	Azul	Demanda no significativa

Fuente: CRC, 2006

Cuadro 12. Estimación del índice de escasez para la sub cuenca hidrográfica del río Pisojé.

Componente	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Oferta sup. neta (m ³ /s)	0,216	0,061	0,048	0,048	0,067	0,048	0,237	0,443	0,055	0,306	0,117	0,329
Demanda (m ³ /s)	0,142											
Índice de escasez (%)	66	234	294	293	213	294	60	32	260	46	121	43
Explicación	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda apreciable	Demanda alta	Demanda apreciable	Demanda alta	Demanda apreciable
Color	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Naranja	Rojo	Naranja	Rojo	Naranja

Fuente: Elaboración propia

Haciendo una comparación con el índice de escasez realizado por la CRC en el año 2006 y cuyos valores se muestran en el cuadro 13, se tiene que:

Para el periodo de estudio comprendido para el presente informe, el índice alcanzó sus máximos valores en el mes de mayo de 2015, que fue cuando inició el fenómeno El Niño en el país. Desde entonces y hasta marzo de 2016 la sub cuenca tuvo una demanda alta, exceptuando los meses de noviembre de 2015, enero y marzo de 2016, en los que la demanda fue apreciable debido a un considerable aumento en la oferta

hídrica superficial. En cambio en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y diciembre de 2015, el índice alcanzó valores por encima del 200% todo esto debido a una reducción sustancial en los valores de la oferta hídrica.

En cambio en el estudio realizado por la CRC en el 2006, valores tan elevados de este índice se tuvieron sólo en los meses de junio, julio, agosto y septiembre. A pesar que en el año 2006 el fenómeno El Niño sólo se inició en el mes de agosto, ese déficit en el en los meses anteriores fue ocasionado por la reducción en el régimen de lluvias de la temporada seca de mitad de año.

Cuadro 13. Estimación del índice de escasez para la sub cuenca río Pisojé, año 2006

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Oferta hídrica superficial (m ³ /s)	0,363	0,274	0,326	0,296	0,240	0,075	0,07	0,022	0,108	0,449	0,637	0,442
Demanda Total (m ³ /s)	0,304	0,257	0,283	0,268	0,240	0,158	0,155	0,131	0,174	0,344	0,438	0,341
Índice de escasez (%)	84	94	87	90	100	210	221	591	161	77	69	77
Explicación	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta	Demanda alta
Color	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo

Fuente: CRC, 2006

8. CONCLUSIONES

- El período de estudio coincidió con la presencia del fenómeno del Niño, por lo que los caudales del río tuvieron valores muy reducidos y la curva de gastos no se pudo definir en su totalidad.

Debido a lo anterior se hizo la extrapolación de la curva de gastos inicial que tenía un ajuste del 92,52% y a partir de ello se obtuvo la ecuación de la curva de gastos extrapolada para el río Molino: $0,6084 * Q^{0.1475}$, con la cual se podrán estimar los caudales medios de la corriente a partir de los registros de niveles limnimétricos.

- Del procedimiento para el cálculo de la oferta hídrica se nota que los datos de precipitaciones de las estaciones meteorológicas presentan muchas inconsistencias, ya que hay datos muy alejados de la realidad, por lo que se hizo la debida eliminación de ellos antes de proceder a la interpolación. Además los datos de algunas estaciones no están disponibles todos los meses.

Después de la interpolación y del cálculo de la oferta superficial se nota que con el reciente fenómeno El Niño, se obtuvo disminución en precipitaciones, lo que ocasionó reducciones en la disponibilidad del recurso hídrico, teniendo meses con disminución de las precipitaciones y déficit de agua en el suelo presentada durante el fenómeno. La reducción de las precipitaciones produce disminución de los caudales que a su vez impactan negativamente la oferta hídrica ocasionando un incremento generalizado del índice de escasez para los meses afectados por el fenómeno.

- La mayor demanda en la sub cuenca es por concepto de la concesión de 120L/s a la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán.
- Según los resultados del índice de escasez en la sub cuenca se presenta en su mayoría una demanda alta, siendo críticos los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y diciembre con valores de demanda por encima del 200%.
- En los meses de abril, octubre de 2015 y febrero de 2016 el índice arroja una demanda alta, por encima del 50%, pero el déficit es mucho menor en relación con los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y diciembre.
- En noviembre 2015, enero y marzo de 2016, la demanda es apreciable con índices de 32 a 46 %, situación que mejoró respecto a los otros meses del periodo de estudio gracias un aumento significativo en las precipitaciones totales mensuales.

9. RECOMENDACIONES

- Adecuar la sección de la captación en el río Molino de tal manera que sea notoria la variación de los niveles limnimétricos y se facilite también el cálculo del área o desplazar la regleta hacia arriba de donde se encuentra ubicada, la sección es más regular, presentando unos niveles más uniformes en la sección transversal donde no se presente división del caudal cuando haya disminución de los caudales, ya que esto ocasiona errores en la lectura del nivel.
- Como la fundación va a seguir realizando mediciones, se pueden hacer los ajustes necesarios a la curva de gastos obtenida.
- Procurar que la información de las estaciones meteorológicas sea consistente y esté disponible mes a mes.
- Con el tiempo se hace necesario la automatización de las estaciones, considerando la ubicación de ellas de acuerdo a un estudio detallado del área y el relieve de la microcuenca.

BIBLIOGRAFÍA

- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, NOAA. (en línea). <http://www.noaanews.noaa.gov/stories2015/101515-noaa-strong-el-nino-sets-the-stage-for-2015-2016-winter-weather.html>. Citado el 15 de mayo de 2016.
- ALCALDÍA DE POPAYÁN. Gubernamental. (En línea). <http://popayan.gov.co/ciudadanos/popayan/nuestra-geografia>. Citado el 10 de mayo de 2016.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 865 (22, julio, 2004). Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2004. No. 45630.
- CRC. Plan de Ordenación y Manejo de la sub cuenca hidrográfica del río Pisojé. 2006. Páginas. 53, 231, 233, 255, 256, 257.
- GONZALEZ MUÑOZ, Luis Jorge. Hidrología. 2008.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA, IDEAM. (s. f). (en línea). <<http://www.institucional.ideam.gov.co/jsp/index.jsf>>. Citado el 10 de mayo de 2016.
----- Estudio Nacional del agua. 2010. Pág. 56.
- LEÓN Juan, SEYLER Frederique y PUERTA Astrid (2011). Estimación de curvas de gasto en estaciones virtuales Envisat sobre el cauce principal del río Orinoco. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64322335010>. Citado el 25 de abril de 2016.
- SOCIEDAD GEOGRÁFICA DE LIMA. OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL. http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf. Citado el 10 de mayo de 2016.

- Zúñiga Víctor, Víquez Holmes. ANÁLISIS DE LA OFERTA HÍDRICA DE LA SUB CUENCA RIO LAS PIEDRAS Y SU AFECTACIÓN POR EL FENÓMENO EL NIÑO. Tesis de pregrado. Universidad del Cauca. Popayán Cauca, 2006.

ANEXOS

ANEXO A. Cálculos detallados de aforos realizados para curva de gastos del río Molino

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,390	48	0,030	0,390	0,00		0,39	1,60	0,195		
1	0,50	0,370	72	0,148	0,380	0,50	0,190	1,00	2,40	0,278	0,237	0,045
2	1,00	0,330	77	0,132	0,350	0,50	0,175	1,00	2,57	0,295	0,286	0,050
3	1,50	0,210	74	0,084	0,270	0,50	0,135	1,01	2,47	0,285	0,290	0,039
4	2,00	0,160	80	1,030	0,185	0,50	0,093	1,00	2,67	0,305	0,295	0,027
5	2,50	0,120	93	0,048	0,140	0,50	0,070	1,00	3,10	0,350	0,328	0,023
6	3,00	0,120	96	0,048	0,120	0,50	0,060	1,00	3,20	0,361	0,356	0,021
7	3,50	0,060	101	0,024	0,090	0,50	0,045	1,00	3,37	0,378	0,369	0,017
8	3,80	0,050	66	2,030	0,055	0,30	0,017	0,60	2,20	0,257	0,317	0,005
							0,78	8,01		Q (m3/s)		0,228
										Q (lps)		227,59

Cálculo de caudal para el aforo del 16-nov-2015

Cálculo de caudal para el aforo del 23-nov-2015

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,090	60	0,036	0,090	0,00		0,09	2,00	0,236		
1	0,30	0,140	135	0,056	0,115	0,30	0,035	0,60	4,50	0,496	0,366	0,013
2	0,60	0,120	85	0,048	0,130	0,30	0,039	0,60	2,83	0,323	0,409	0,016
3	0,90	0,130	92	0,052	0,125	0,30	0,038	0,60	3,07	0,347	0,335	0,013
4	1,20	0,100	103	0,040	0,115	0,30	0,035	0,60	3,43	0,385	0,366	0,013
5	1,50	0,120	181	0,048	0,110	0,30	0,033	0,60	6,03	0,655	0,520	0,017
6	1,80	0,090	55	0,036	0,105	0,30	0,032	0,60	1,83	0,219	0,437	0,014
7	2,10	0,100	166	0,040	0,095	0,30	0,029	0,60	5,53	0,603	0,411	0,012
8	2,40	0,100	171	0,040	0,100	0,30	0,030	0,60	5,70	0,621	0,612	0,018
9	2,70	0,120	124	0,048	0,110	0,30	0,033	0,60	4,13	0,458	0,539	0,018
10	3,00	0,200	97	0,080	0,160	0,30	0,048	0,61	3,23	0,364	0,411	0,020
11	3,30	0,270	128	0,108	0,235	0,30	0,071	0,61	4,27	0,472	0,418	0,029
12	3,60	0,270	21	0,108	0,270	0,30	0,081	0,60	0,70	0,107	0,290	0,023
13	3,90	0,250	0	0,100	0,260	0,30	0,078	0,60	0,00	0,039	0,073	0,006
14	4,20	0,120	0	0,048	0,185	0,30	0,056	0,63	0,00	0,039	0,039	0,002
15	4,30	0,060	0	0,024	0,090	0,10	0,009	0,22	0,00	0,039	0,039	0,000
							0,64	8,76			Q (m3/s)	0,213
											Q (lps)	213,47

Cálculo de caudal para el aforo del 01-dic-2015

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,070	33	0,030	0,070	0,00		0,07	1,10	0,147		
1	0,30	0,130	118	0,050	0,100	0,30	0,030	0,61	3,93	0,437	0,292	0,009
2	0,60	0,160	204	0,060	0,145	0,30	0,044	0,60	6,80	0,735	0,586	0,025
3	0,90	0,120	90	0,050	0,140	0,30	0,042	0,60	3,00	0,340	0,538	0,023
4	1,20	0,120	77	0,050	0,120	0,30	0,036	0,60	2,57	0,295	0,317	0,011
5	1,50	0,120	110	0,050	0,120	0,30	0,036	0,60	3,67	0,409	0,352	0,013
6	1,80	0,230	30	0,090	0,175	0,30	0,053	0,62	1,00	0,137	0,273	0,014
7	2,10	0,220	25	0,090	0,225	0,30	0,068	0,60	0,83	0,121	0,129	0,009
8	2,40	0,170	64	0,070	0,195	0,30	0,059	0,60	2,13	0,250	0,185	0,011
9	2,70	0,120	17	0,050	0,145	0,30	0,044	0,60	0,57	0,094	0,172	0,007
10	3,00	0,120	188	0,050	0,120	0,30	0,036	0,60	6,27	0,680	0,387	0,014
11	3,30	0,120	93	0,050	0,120	0,30	0,036	0,60	3,10	0,350	0,515	0,019
12	3,60	0,100	41	0,040	0,110	0,30	0,033	0,60	1,37	0,173	0,262	0,009
13	3,84	0,090	0	0,040	0,095	0,24	0,023	0,48	0,00	0,039	0,106	0,002
							0,51	7,31		Q (m3/s)		0,163
										Q (lps)		163,39

Cálculo de caudal para el aforo del 07-dic-2015

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,120	6	0,048	0,120	0,00		0,12	0,20	0,059		
1	0,30	0,120	92	0,048	0,120	0,30	0,036	0,60	3,07	0,347	0,203	0,007
2	0,60	0,110	60	0,044	0,115	0,30	0,035	0,60	2,00	0,236	0,291	0,010
3	0,90	0,120	111	0,048	0,115	0,30	0,035	0,60	3,70	0,413	0,324	0,011
4	1,20	0,100	92	0,040	0,110	0,30	0,033	0,60	3,07	0,347	0,380	0,013
5	1,50	0,090	82	0,036	0,095	0,30	0,029	0,60	2,73	0,312	0,330	0,009
6	1,80	0,080	134	0,032	0,085	0,30	0,026	0,60	4,47	0,493	0,402	0,010
7	2,10	0,080	36	0,032	0,080	0,30	0,024	0,60	1,20	0,156	0,324	0,008
8	2,40	0,130	117	0,052	0,105	0,30	0,032	0,60	3,90	0,434	0,295	0,009
9	2,70	0,150	131	0,060	0,140	0,30	0,042	0,60	4,37	0,482	0,458	0,019
10	3,00	0,200	139	0,080	0,175	0,30	0,053	0,60	4,63	0,510	0,496	0,026
11	3,30	0,280	111	0,112	0,240	0,30	0,072	0,61	3,70	0,413	0,461	0,033
12	3,60	0,260	7	0,104	0,270	0,30	0,081	0,60	0,23	0,062	0,237	0,019
13	3,90	0,120	0	0,048	0,190	0,30	0,057	0,63	0,00	0,039	0,050	0,003
14	4,20	0,070	0	0,028	0,095	0,30	0,029	0,60	0,00	0,039	0,039	0,001
							0,58	8,58		Q (m3/s)		0,180
										Q (lps)		179,51

Cálculo de caudal para el aforo del 15-dic-2015

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,070	30	0,030	0,070	0,00		0,07	1,00	0,137		
1	0,30	0,120	82	0,050	0,095	0,30	0,029	0,60	2,73	0,312	0,225	0,006
2	0,60	0,120	123	0,050	0,120	0,30	0,036	0,60	4,10	0,454	0,383	0,014
3	0,90	0,110	96	0,040	0,115	0,30	0,035	0,60	3,20	0,361	0,408	0,014
4	1,20	0,100	87	0,040	0,105	0,30	0,032	0,60	2,90	0,330	0,345	0,011
5	1,50	0,120	77	0,050	0,110	0,30	0,033	0,60	2,57	0,295	0,312	0,010
6	1,80	0,100	58	0,040	0,110	0,30	0,033	0,60	1,93	0,229	0,262	0,009
7	2,10	0,080	130	0,030	0,090	0,30	0,027	0,60	4,33	0,479	0,354	0,010
8	2,40	0,130	115	0,050	0,105	0,30	0,032	0,60	3,83	0,427	0,453	0,014
9	2,70	0,170	73	0,070	0,150	0,30	0,045	0,60	2,43	0,281	0,354	0,016
10	3,00	0,200	116	0,080	0,185	0,30	0,056	0,60	3,87	0,430	0,356	0,020
11	3,30	0,260	136	0,100	0,230	0,30	0,069	0,61	4,53	0,499	0,465	0,032
12	3,60	0,260	0	0,100	0,260	0,30	0,078	0,60	0,00	0,039	0,269	0,021
13	3,90	0,170	0	0,060	0,215	0,30	0,065	0,61	0,00	0,039	0,039	0,003
14	4,15	0,100	0	0,000	0,135	0,25	0,034	0,51	0,00	0,039	0,039	0,001
							0,60	8,41			Q (m3/s)	0,180
											Q (lps)	180,46

Cálculo de caudal para el aforo del 18-dic-2015

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,070	11	0,030	0,070	0,00		0,07	0,37	0,075		
1	0,30	0,110	59	0,400	0,090	0,30	0,027	0,60	1,97	0,233	0,154	0,004
2	0,60	0,110	86	0,400	0,110	0,30	0,033	0,60	2,87	0,326	0,279	0,009
3	0,90	0,110	86	0,400	0,110	0,30	0,033	0,60	2,87	0,326	0,326	0,011
4	1,20	0,090	91	0,400	0,100	0,30	0,030	0,60	3,03	0,343	0,335	0,010
5	1,50	0,100	74	0,400	0,095	0,30	0,029	0,60	2,47	0,285	0,314	0,009
6	1,80	0,100	101	0,040	0,100	0,30	0,030	0,60	3,37	0,378	0,331	0,010
7	2,10	0,110	93	0,040	0,105	0,30	0,032	0,60	3,10	0,350	0,364	0,011
8	2,40	0,120	59	0,050	0,115	0,30	0,035	0,60	1,97	0,233	0,291	0,010
9	2,70	0,150	87	0,060	0,135	0,30	0,041	0,60	2,90	0,330	0,281	0,011
10	3,00	0,210	76	0,080	0,180	0,30	0,054	0,61	2,53	0,291	0,311	0,017
11	3,30	0,270	83	0,120	0,240	0,30	0,072	0,61	2,77	0,316	0,304	0,022
12	3,60	0,270	0	0,110	0,270	0,30	0,081	0,60	0,00	0,039	0,177	0,014
13	3,90	0,170	0	0,070	0,220	0,30	0,066	0,62	0,00	0,039	0,039	0,003
14	4,15	0,100	0	0,040	0,135	0,25	0,034	0,51	0,00	0,039	0,039	0,001
							0,59	8,41			Q (m3/s)	0,143
											Q (lps)	142,86

Cálculo de caudal para el aforo del 15-ene-2016

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,070	10	0,030	0,070	0,00		0,07	0,33	0,072		
1	0,30	0,080	28	0,030	0,075	0,30	0,023	0,60	0,93	0,130	0,101	0,002
2	0,60	0,110	50	0,400	0,095	0,30	0,029	0,60	1,67	0,202	0,166	0,005
3	0,90	0,120	123	0,050	0,115	0,30	0,035	0,60	4,10	0,454	0,328	0,011
4	1,20	0,100	139	0,400	0,110	0,30	0,033	0,60	4,63	0,510	0,482	0,016
5	1,50	0,080	175	0,030	0,090	0,30	0,027	0,60	5,83	0,635	0,572	0,015
6	1,80	0,180	113	0,070	0,130	0,30	0,039	0,62	3,77	0,420	0,527	0,021
7	2,10	0,270	126	0,110	0,225	0,30	0,068	0,61	4,20	0,465	0,442	0,030
8	2,40	0,260	196	0,100	0,265	0,30	0,080	0,60	6,53	0,707	0,586	0,047
9	2,70	0,200	260	0,080	0,230	0,30	0,069	0,61	8,67	0,926	0,817	0,056
10	3,00	0,140	141	0,060	0,170	0,30	0,051	0,61	4,70	0,517	0,721	0,037
11	3,30	0,200	18	0,080	0,170	0,30	0,051	0,61	0,60	0,098	0,307	0,016
12	3,60	0,130	0	0,050	0,165	0,30	0,050	0,61	0,00	0,039	0,068	0,003
13	4,82	0,090	0	0,040	0,110	1,22	0,134	2,44	0,00	0,039	0,039	0,005
							0,69	9,77			Q (m3/s)	0,264
											Q (lps)	264,13

Cálculo de caudal para el aforo del 21-ene-2016

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,070	18	0,030	0,070	0,00		0,07	0,60	0,098		
1	0,50	0,200	127	0,080	0,135	0,50	0,068	1,02	4,23	0,468	0,283	0,019
2	1,00	0,210	171	0,084	0,205	0,50	0,103	1,00	5,70	0,621	0,545	0,056
3	1,50	0,120	145	0,048	0,165	0,50	0,083	1,01	4,83	0,531	0,576	0,047
4	2,00	0,140	155	0,056	0,130	0,50	0,065	1,00	5,17	0,565	0,548	0,036
5	2,50	0,070	72	0,028	0,105	0,50	0,053	1,00	2,40	0,278	0,421	0,022
6	3,00	0,050	18	0,020	0,060	0,50	0,030	1,00	0,60	0,098	0,188	0,006
7	3,50	0,050	2	0,020	0,050	0,50	0,025	1,00	0,07	0,046	0,072	0,002
							0,43	7,10			Q (m3/s)	0,188
											Q (lps)	187,58

Cálculo de caudal para el aforo del 01-feb-2016

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,040	78	0,030	0,040	0,00		0,04	2,60	0,298		
1	0,30	0,060	115	0,030	0,050	0,30	0,015	0,60	3,83	0,427	0,363	0,005
2	0,60	0,070	95	0,030	0,065	0,30	0,020	0,60	3,17	0,357	0,392	0,008
3	0,90	0,100	101	0,040	0,085	0,30	0,026	0,60	3,37	0,378	0,368	0,009
4	1,20	0,100	87	0,040	0,100	0,30	0,030	0,60	2,90	0,330	0,354	0,011
5	1,50	0,160	87	0,060	0,130	0,30	0,039	0,61	2,90	0,330	0,330	0,013
6	1,80	0,180	122	0,070	0,170	0,30	0,051	0,60	4,07	0,451	0,390	0,020
7	2,10	0,160	204	0,060	0,170	0,30	0,051	0,60	6,80	0,735	0,593	0,030
8	2,40	0,170	177	0,070	0,165	0,30	0,050	0,60	5,90	0,642	0,688	0,034
9	2,70	0,190	54	0,080	0,180	0,30	0,054	0,60	1,80	0,215	0,428	0,023
10	2,90	0,130	32	0,050	0,160	0,20	0,032	0,41	1,07	0,143	0,179	0,006
							0,37	5,86		Q (m3/s)		0,159
										Q (lps)		159,03

Cálculo de caudal para el aforo del 08-feb-2016

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,060	76	0,030	0,060	0,00		0,06	2,53	0,291		
1	0,30	0,090	59	0,040	0,075	0,30	0,023	0,60	1,97	0,233	0,262	0,006
2	0,60	0,110	82	0,040	0,100	0,30	0,030	0,60	2,73	0,312	0,272	0,008
3	0,90	0,160	132	0,060	0,135	0,30	0,041	0,60	4,40	0,486	0,399	0,016
4	1,20	0,160	100	0,060	0,160	0,30	0,048	0,60	3,33	0,375	0,430	0,021
5	1,50	0,140	106	0,060	0,150	0,30	0,045	0,60	3,53	0,395	0,385	0,017
6	1,80	0,150	168	0,060	0,145	0,30	0,044	0,60	5,60	0,610	0,503	0,022
7	2,10	0,180	84	0,070	0,165	0,30	0,050	0,60	2,80	0,319	0,465	0,023
8	2,40	0,180	124	0,070	0,180	0,30	0,054	0,60	4,13	0,458	0,389	0,021
9	2,70	0,110	32	0,040	0,145	0,30	0,044	0,61	1,07	0,143	0,301	0,013
10	2,90	0,090	0	0,040	0,100	0,20	0,020	0,40	0,00	0,039	0,091	0,002
							0,40	5,88			Q (m3/s)	0,149
											Q (lps)	148,96

Cálculo de caudal para el aforo del 15-feb-2016

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,040	62	0,030	0,040	0,00		0,04	2,07	0,243		
1	0,30	0,060	66	0,030	0,050	0,30	0,015	0,60	2,20	0,257	0,250	0,004
2	0,60	0,090	70	0,040	0,075	0,30	0,023	0,60	2,33	0,271	0,264	0,006
3	0,90	0,100	110	0,040	0,095	0,30	0,029	0,60	3,67	0,409	0,340	0,010
4	1,20	0,150	62	0,060	0,125	0,30	0,038	0,60	2,07	0,243	0,326	0,012
5	1,50	0,150	56	0,060	0,150	0,30	0,045	0,60	1,87	0,222	0,233	0,010
6	1,80	0,150	92	0,060	0,150	0,30	0,045	0,60	3,07	0,347	0,285	0,013
7	2,10	0,180	172	0,070	0,165	0,30	0,050	0,60	5,73	0,624	0,486	0,024
8	2,40	0,190	114	0,080	0,185	0,30	0,056	0,60	3,80	0,423	0,524	0,029
9	2,70	0,170	37	0,070	0,180	0,30	0,054	0,60	1,23	0,160	0,291	0,016
10	3,00	0,080	0	0,300	0,125	0,30	0,038	0,61	0,00	0,039	0,099	0,004
							0,39	6,06			Q (m3/s)	0,127
											Q (lps)	127,43

Cálculo de caudal para el aforo del 27-feb-2016

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,050	30	0,030	0,050	0,00		0,05	1,00	0,137		
1	0,30	0,070	89	0,030	0,060	0,30	0,018	0,60	2,97	0,337	0,237	0,004
2	0,60	0,110	105	0,050	0,090	0,30	0,027	0,60	3,50	0,392	0,364	0,010
3	0,90	0,140	131	0,060	0,125	0,30	0,038	0,60	4,37	0,482	0,437	0,016
4	1,20	0,130	130	0,050	0,135	0,30	0,041	0,60	4,33	0,479	0,480	0,019
5	1,50	0,160	114	0,060	0,145	0,30	0,044	0,60	3,80	0,423	0,451	0,020
6	1,80	0,170	96	0,070	0,165	0,30	0,050	0,60	3,20	0,361	0,392	0,019
7	2,10	0,190	147	0,080	0,180	0,30	0,054	0,60	4,90	0,538	0,449	0,024
8	2,40	0,170	152	0,070	0,180	0,30	0,054	0,60	5,07	0,555	0,546	0,029
9	2,70	0,150	90	0,060	0,160	0,30	0,048	0,60	3,00	0,340	0,447	0,021
10	3,00	0,140	40	0,060	0,145	0,30	0,044	0,60	1,33	0,169	0,255	0,011
11	3,20	0,080	22	0,030	0,110	0,20	0,022	0,41	0,73	0,111	0,140	0,003
							0,42	6,06			Q (m3/s)	0,178
											Q (lps)	178,0

Cálculo de caudal para el aforo del 14-mar-2016

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,060	52	0,030	0,060	0,00		0,06	1,73	0,209		
1	0,30	0,050	18	0,030	0,055	0,30	0,017	0,60	0,60	0,098	0,153	0,003
2	0,60	0,060	34	0,030	0,055	0,30	0,017	0,60	1,13	0,150	0,124	0,002
3	0,90	0,060	127	0,030	0,060	0,30	0,018	0,60	4,23	0,468	0,309	0,006
4	1,20	0,010	144	0,040	0,035	0,30	0,011	0,60	4,80	0,527	0,498	0,005
5	1,50	0,130	153	0,050	0,070	0,30	0,021	0,62	5,10	0,558	0,543	0,011
6	1,80	0,130	169	0,050	0,130	0,30	0,039	0,60	5,63	0,614	0,586	0,023
7	2,10	0,150	114	0,060	0,140	0,30	0,042	0,60	3,80	0,423	0,519	0,022
8	2,40	0,150	102	0,060	0,150	0,30	0,045	0,60	3,40	0,382	0,402	0,018
9	2,70	0,140	148	0,060	0,145	0,30	0,044	0,60	4,93	0,541	0,461	0,020
10	3,00	0,150	107	0,060	0,145	0,30	0,044	0,60	3,57	0,399	0,470	0,020
11	3,30	0,190	150	0,080	0,170	0,30	0,051	0,60	5,00	0,548	0,473	0,024
12	3,60	0,150	207	0,060	0,170	0,30	0,051	0,60	6,90	0,745	0,647	0,033
13	3,90	0,150	123	0,060	0,150	0,30	0,045	0,60	4,10	0,454	0,600	0,027
14	4,20	0,120	165	0,050	0,135	0,30	0,041	0,60	5,50	0,600	0,527	0,021
15	4,50	0,120	92	0,050	0,120	0,30	0,036	0,60	3,07	0,347	0,473	0,017
16	4,80	0,150	53	0,060	0,135	0,30	0,041	0,60	1,77	0,212	0,279	0,011
17	5,10	0,100	48	0,040	0,125	0,30	0,038	0,60	1,60	0,195	0,204	0,008
18	5,40	0,060	27	0,030	0,080	0,30	0,024	0,60	0,90	0,127	0,161	0,004
19	5,70	0,030	0	0,000	0,045	0,30	0,014	0,60	0,00	0,039	0,083	0,001
							0,63	11,51			Q (m3/s)	0,276
											Q (lps)	276,48

Cálculo de caudal para el aforo del 30-mar-2016

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,050	45	0,020	0,050	0,00		0,05	1,50	0,186		
1	0,30	0,080	135	0,030	0,065	0,30	0,020	0,60	4,50	0,496	0,341	0,007
2	0,60	0,100	154	0,040	0,090	0,30	0,027	0,60	5,13	0,562	0,529	0,014
3	0,90	0,100	140	0,040	0,100	0,30	0,030	0,60	4,67	0,513	0,538	0,016
4	1,20	0,110	104	0,040	0,105	0,30	0,032	0,60	3,47	0,389	0,451	0,014
5	1,50	0,120	100	0,050	0,115	0,30	0,035	0,60	3,33	0,375	0,382	0,013
6	1,80	0,110	97	0,040	0,115	0,30	0,035	0,60	3,23	0,364	0,369	0,013
7	2,10	0,150	95	0,060	0,130	0,30	0,039	0,60	3,17	0,357	0,361	0,014
8	2,40	0,200	95	0,080	0,175	0,30	0,053	0,60	3,17	0,357	0,357	0,019
9	2,70	0,200	90	0,080	0,200	0,30	0,060	0,60	3,00	0,340	0,349	0,021
10	3,00	0,260	50	0,100	0,230	0,30	0,069	0,61	1,67	0,202	0,271	0,019
11	3,30	0,270	98	0,110	0,265	0,30	0,080	0,60	3,27	0,368	0,285	0,023
12	3,60	0,440	38	0,180	0,355	0,30	0,107	0,64	1,27	0,163	0,265	0,028
							0,58	7,31		Q (m3/s)		0,201
										Q (lps)		200,52

ANEXO B. Tabla de precipitaciones totales mensuales de estaciones meteorológicas

ESTACIÓN	ELEVACION msnm	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
(*)Cesar Hidalgo	2044	136	49	21	25	0	23	70	237	2	141	81	174
(*)Evelio Campo	2090	151	61	31	19	0	37			4	145	75	162
(*)Manuel Gurrute	2135	92	35	15	10	0	51			108	227	151	227
(*)Deyanira Conejo	2151	83	45	5	14	0	65			0	97	41	
(*)Octaviano Lame	2447	58	40	7	7	0	31			2	137	59	120
(*)Nicanor Santiago	2514	172	66	4	5	0							
(*)Aquileo Ortega	2545	75	35	40	5	0	35	50	230	2			191
(*)Sandra Sanchez	2272	112	52		23	0	76	150	289	0	168	6	183
(*)Alberto Sanchez	2344												
(*)Adriana Mariaca	2389	98	40		1	0							
(*)Hector Arias	2488	46	58	6	13	0	42	75	340	4			
(*)Fernando Gurrute	2610	34	25	3	6	0	21	77	406		149	77	139
(*)Elena Mapayo	2047	161	53										
(*)Marcelina Lame	2057	87	35			0	50	169	188	0	209	63	
(*)Carlos A. Leon	2525	107	32	19	5	0	29	93	179	13	106	80	179
(*)Saul	2539	89	36	8	7	0	2	84	212	8	182	80	179

Bonilla													
(*)Felipe Beccerra	1804	140	130	14	29	0	42	11	146	13	169	117	
(*)Alejandro Jojoa	1850	162	95				21	139	266	60	181	91	218
(*)Mirian Escobar	2110		48	44	44	0	11	135	241	4	189	89	198
(*)Lucina Caldón	2318	34	3	0	0		5	14	142	0	105	37	
(*)Ruben Delio	2811	118	37	2	9	3	10	30	125	0	85	49	
(*)Julio Guauña	2944	71			0	0	22	39	87	0	124	59	72
(*)Absalon Escobar	3134	84	67	112	85		23		194	4		47	166
(*)Isabel Iziquita	3330	85	96	168	83	43							
(*)Carlos Maca	2270	186	71	24	0								
(*)Fernando Levasa	2380					0	15	49	152	10			
(*)Alfonso hinga	2460	294	80	14							250	96	188
EL LAGO	2020	180	63	16	20	0	20	161	279				
EL DIVISO	2264	9	2	9	8	7	8	17	48				
PISOJE ALTO	1830	165	98	30	34	0	22		339	311			
BOCATOMA MOLINO	1834	164	72	16	17	5	27	196	196	1			
SANTA BARBARA	1907	91	13	28	15	2	6	155	204				
EL UMUY	2525	150	38	0	0	12	0	328					
FIC UNICAUCA	1728	153	52	15	18	1	19	107	114	16			
AEROPUER TO GLV	1752	171	103	37	0	6					128	60	

ARRAYANALLES	2563	103	22	0	0	0	14	51	260				
PURACÉ	2608	55	16	11	5	3							
POLINDAR A	2733	28	2	8	110	1	1				123	37	
Palacé Aut	2048	189	38	10	15					27			

ANEXO C. Cálculo de precipitación media mensual por isoyetas

Abril 2015					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	135	135	0.0994	0.0001	0.0075
135	138	136.5	0.9308	0.0005	0.0713
	147	147	0.6058	0.0003	0.0499
147	144	145.5	3.6813	0.0021	0.3004
144	141	142.5	5.0494	0.0028	0.4035
	138	138	0.0085	0.0000	0.0007
141	138	139.5	7.8899	0.0044	0.6172
138	135	136.5	10.2043	0.0057	0.7811
135	132	133.5	12.7837	0.0072	0.9571
120		120	0.1635	0.0001	0.0110
	147	147	0.4997	0.0003	0.0412
147	144	145.5	16.1806	0.0091	1.3203
144	141	142.5	24.1764	0.0136	1.9320
	126	126	0.0142	0.0000	0.0010
120		120	4.4654	0.0025	0.3005
123	120	121.5	35.0873	0.0197	2.3907
138	141	139.5	59.3035	0.0333	4.6394
126	123	124.5	91.9714	0.0516	6.4213
129	126	127.5	90.7548	0.0509	6.4891
132	129	130.5	136.2728	0.0764	9.9729
138		138	0.0085	0.0000	0.0007
135	132	133.5	49.8104	0.0279	3.7291
132		132	0.7882	0.0004	0.0583
138		138	4.2055	0.0024	0.3255
	132	132	1.6665	0.0009	0.1234
132		132	0.0133	0.0000	0.0010
138		138	0.0412	0.0000	0.0032
	108	108	0.5439	0.0003	0.0329
141		141	0.3121	0.0002	0.0247
141		141	0.0003	0.0000	0.0000
108	111	109.5	3.1067	0.0017	0.1908
	135	135	0.0059	0.0000	0.0004
111	114	112.5	5.1472	0.0029	0.3247
114	117	115.5	7.5112	0.0042	0.4865
117	120	118.5	10.6929	0.0060	0.7106
135		135	0.0096	0.0000	0.0007
120	123	121.5	15.1817	0.0085	1.0344
123	126	124.5	22.3604	0.0125	1.5612

126	129	127.5	29.5836	0.0166	2.1153
129	132	130.5	40.7024	0.0228	2.9787
	135	135	0.0037	0.0000	0.0003
135		135	0.0579	0.0000	0.0044
132	135	133.5	105.3155	0.0591	7.8845
135		135	0.0005	0.0000	0.0000
135	138	136.5	388.8618	0.2181	29.7667
138	141	139.5	168.9405	0.0947	13.2163
141	144	142.5	157.2529	0.0882	12.5665
144	147	145.5	84.8210	0.0476	6.9210
147	150	148.5	27.9222	0.0157	2.3253
150	153	151.5	25.2200	0.0141	2.1427
153	156	154.5	21.4030	0.0120	1.8544
156	159	157.5	27.3569	0.0153	2.4163
159	162	160.5	42.0900	0.0236	3.7884
162		162	42.1097	0.0236	3.8256
			1,783.19	1.000	137.12

Mayo_2015					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	40	40	70.43	0.0395	2
	50		49.23	0.0276	0
40	50	45	788.43	0.4421	20
50	60	55	549.00	0.3079	17
60	70	65	138.58	0.0777	5
70	80	75	56.72	0.0318	2
80	90	85	52.48	0.0294	3
90		90	78.32	0.0439	4
			1,783.19	1.0000	52

Junio_2015					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	12	12	12.8488	0.0072	0.0865
28		28	0.0569	0.0000	0.0009
12	16	14	82.0771	0.0460	0.6444
16	20	18	112.7034	0.0632	1.1377
40		40	94.8073	0.0532	2.1267
20	24	22	111.0676	0.0623	1.3703
36	40	38	102.7408	0.0576	2.1894
32	36	34	115.6920	0.0649	2.2059
32	28	30	157.5820	0.0884	2.6511

28	24	26	227.6422	0.1277	3.3192
16		16	10.1265	0.0057	0.0909
20	16	18	142.6414	0.0800	1.4399
24	20	22	439.8294	0.2467	5.4264
24	28	26	99.1334	0.0556	1.4454
28		28	74.2411	0.0416	1.1657
			1,783.19	1.0000	25.30

Julio_2015					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	3	3	26.5994	0.0149	0.0448
3	6	4.5	40.5815	0.0228	0.1024
6	9	7.5	69.3241	0.0389	0.2916
9	12	10.5	73.9360	0.0415	0.4354
12	15	13.5	84.2688	0.0473	0.6380
42		42	23.5682	0.0132	0.5551
15	18	16.5	70.4627	0.0395	0.6520
39	42	40.5	41.6823	0.0234	0.9467
36	39	37.5	50.1093	0.0281	1.0538
18	21	19.5	59.4186	0.0333	0.6498
33	36	34.5	55.0422	0.0309	1.0649
21	24	22.5	53.6963	0.0301	0.6775
27		27	0.1240	0.0001	0.0019
27		27	0.0008	0.0000	0.0000
27		27	0.0460	0.0000	0.0007
30	33	31.5	69.7478	0.0391	1.2321
27		27	0.0013	0.0000	0.0000
27		27	0.0013	0.0000	0.0000
27	30	28.5	107.6154	0.0604	1.7200
27		27	0.0004	0.0000	0.0000
27		27	10.7103	0.0060	0.1622
	24	24	189.6629	0.1064	2.5527
24	27	25.5	625.0203	0.3505	8.9381
27	30	28.5	46.6565	0.0262	0.7457
33		33	29.5814	0.0166	0.5474
30	33	31.5	55.3047	0.0310	0.9770
			1,783.16	1.0000	23.99

Agosto_2015					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	10	10	7.2196	0.0040	0.0405
10	8	9	20.7939	0.0117	0.1049
8	6	7	30.1124	0.0169	0.1182
6	4	5	62.6308	0.0351	0.1756
4	2	3	141.7177	0.0795	0.2384
2		2	1,520.7152	0.8528	1.7056
			1,783.19	1.0000	2.38

Septiembre_2015					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	12	12	27.54	0.0154	0.1853
27		27	0.02	0.0000	0.0004
27		27	0.03	0.0000	0.0004
27		27	0.00	0.0000	0.0000
12	15	13.5	101.69	0.0570	0.7699
15	18	16.5	116.10	0.0651	1.0743
27		27	4.39	0.0025	0.0665
18	21	19.5	238.41	0.1337	2.6071
21	24	22.5	250.51	0.1405	3.1609
24	27	25.5	151.03	0.0847	2.1598
27	30	28.5	42.04	0.0236	0.6719
30	33	31.5	76.53	0.0429	1.3518
42		42	7.76	0.0044	0.1828
	36	36	4.89	0.0027	0.0987
42	39	40.5	20.03	0.0112	0.4548
39	36	37.5	40.81	0.0229	0.8583
39		39	1.52	0.0009	0.0332
39		39	28.48	0.0160	0.6230
36	33	34.5	320.24	0.1796	6.1957
30	33	31.5	150.56	0.0844	2.6597
27	30	28.5	57.08	0.0320	0.9123
24	27	25.5	47.59	0.0267	0.6806
24		24	95.96	0.0538	1.2915
			1,783.19	1.0000	26.04

Octubre_2015					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	250	250	0.0908	0.0001	0.0127
260	250	255	0.4835	0.0003	0.0691
310		310	0.8879	0.0005	0.1544
310	300	305	2.1521	0.0012	0.3681
290	300	295	2.8367	0.0016	0.4693
280	290	285	3.5296	0.0020	0.5641
280	270	275	4.4259	0.0025	0.6826
260	270	265	5.4062	0.0030	0.8034
250	260	255	5.2486	0.0029	0.7506
240	250	245	6.0478	0.0034	0.8309
240	230	235	6.8941	0.0039	0.9086
230	220	225	7.8116	0.0044	0.9857
210	220	215	8.9516	0.0050	1.0793
210	200	205	10.8525	0.0061	1.2476
190	200	195	14.3678	0.0081	1.5712
140		140	0.0031	0.0000	0.0002
180	190	185	19.8075	0.0111	2.0550
140		140	0.0053	0.0000	0.0004
170	180	175	26.9466	0.0151	2.6445
160	170	165	38.0951	0.0214	3.5250
150		150	0.0032	0.0000	0.0003
150		150	58.8230	0.0330	4.9481
140		140	2.9229	0.0016	0.2295
140		140	0.0065	0.0000	0.0005
140		140	4.5418	0.0025	0.3566
150		150	0.0082	0.0000	0.0007
140		140	217.6427	0.1221	17.0873
150		150	0.2188	0.0001	0.0184
160		160	13.9260	0.0078	1.2495
120		120	0.1691	0.0001	0.0114
150		150	0.3939	0.0002	0.0331
120	130	125	19.1779	0.0108	1.3444
130	140	135	65.7644	0.0369	4.9788
150	160	155	192.6310	0.1080	16.7440
140	150	145	856.0222	0.4801	69.6074
130	140	135	53.8826	0.0302	4.0793
120	130	125	49.2685	0.0276	3.4537
130		130	0.6945	0.0004	0.0506
120	130	125	4.3465	0.0024	0.3047

110	120	115	61.3321	0.0344	3.9554
80		80	0.0029	0.0000	0.0001
90	80	85	0.6856	0.0004	0.0327
100	90	95	1.7580	0.0010	0.0937
110	100	105	14.1232	0.0079	0.8316
			1,783.19	1.0000	148.13

Noviembre_2015					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	200	200	0.4097	0.0002	0.0461
210	200	205	18.1455	0.0102	2.0950
240		240	18.1455	0.0102	2.4527
240		240	16.6335	0.0094	2.2483
220		220	0.0080	0.0000	0.0010
220		220	0.0495	0.0000	0.0061
230		230	0.3007	0.0002	0.0389
220		220	0.8877	0.0005	0.1100
220		220	45.1052	0.0254	5.5886
220		220	0.0035	0.0000	0.0004
230	240	235	269.7127	0.1519	35.6966
220	20	120	2.7296	0.0015	0.1845
220	230	225	304.0079	0.1712	38.5234
220	24	122	9.1076	0.0051	0.6258
220	210	215	300.4937	0.1692	36.3858
200	24	112	14.6055	0.0082	0.9213
160		160	0.0795	0.0000	0.0072
160	170	165	7.9472	0.0045	0.7385
170	180	175	16.8978	0.0095	1.6654
180	190	185	29.9027	0.0168	3.1156
190	200	195	58.8027	0.0331	6.4579
200	210	205	261.9178	0.1475	30.2396
210	220	215	122.6617	0.0691	14.8527
220	230	225	57.8820	0.0326	7.3347
230	240	235	36.2563	0.0204	4.7985
240	250	245	26.1787	0.0147	3.6122
250	260	255	22.6199	0.0127	3.2485
260	270	265	20.1699	0.0114	3.0103
270	280	275	24.9515	0.0141	3.8644
270		270	0.1226	0.0001	0.0186
270	280	275	1.0251	0.0006	0.1588
280	290	285	6.4243	0.0036	1.0312

290	300	295	65.0417	0.0366	10.8062
330		330	0.4215	0.0002	0.0783
330	320	325	0.7526	0.0004	0.1378
320	310	315	2.4900	0.0014	0.4417
300	310	305	12.6982	0.0072	2.1812
			1,775.59	1.0000	222.72

Diciembre_2015					
ISOYETA		MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA
	9	9	95.17	0.0534	0.4803
6		6	223.97	0.1256	0.7536
3		3	3.77	0.0021	0.0063
3	6	4.5	56.24	0.0315	0.1419
12		12	1.59	0.0009	0.0107
6	9	7.5	803.84	0.4508	3.3809
9	12	10.5	289.37	0.1623	1.7039
12	15	13.5	61.10	0.0343	0.4626
15	18	16.5	37.34	0.0209	0.3455
18	21	19.5	23.97	0.0134	0.2621
21	24	22.5	17.51	0.0098	0.2209
24	27	25.5	14.34	0.0080	0.2051
27	30	28.5	12.28	0.0069	0.1963
30	33	31.5	11.33	0.0064	0.2001
33	36	34.5	9.69	0.0054	0.1874
36	39	37.5	9.17	0.0051	0.1928
39	42	40.5	10.57	0.0059	0.2401
42	45	43.5	10.89	0.0061	0.2657
45	48	46.5	10.85	0.0061	0.2830
48	54	51	28.76	0.0161	0.8224
57		57	26.82	0.0150	0.8574
54	57	55.5	23.87	0.0134	0.7430
54		54	0.75	0.0004	0.0228
			1,783.19	1.0000	12

Enero_2016					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	170	170	0.24	0.0001	0.0229
165		165	0.00	0.0000	0.0001
160		160	4.21	0.0024	0.3779
160	165	162.5	79.52	0.0446	7.2470
185		185	129.71	0.0727	13.4572
165	170	167.5	239.88	0.1345	22.5325
170	175	172.5	131.87	0.0740	12.7568
175		175	0.05	0.0000	0.0051
200		200	4.02	0.0023	0.4505
195	200	197.5	16.87	0.0095	1.8680
190	195	192.5	34.67	0.0194	3.7430
185	190	187.5	69.52	0.0390	7.3095
180	185	182.5	252.73	0.1417	25.8658
165		165	13.43	0.0075	1.2422
165	170	167.5	160.24	0.0899	15.0519
170	175	172.5	178.06	0.0999	17.2247
175	180	177.5	413.09	0.2317	41.1188
180		180	53.63	0.0301	5.4133
180		180	1.46	0.0008	0.1474
			1,783.19	1.0000	176

Febrero_2016					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	80	80	27.73	0.0156	1.2443
80	84	82	151.91	0.0852	6.9857
84	88	86	325.93	0.1828	15.7192
88		88	0.00	0.0000	0.0000
88		88	0.03	0.0000	0.0014
68		68	0.21	0.0001	0.0081
68	72	70	13.19	0.0074	0.5177
72	76	74	25.16	0.0141	1.0443
112		112	2.42	0.0014	0.1518
76	80	78	43.56	0.0244	1.9054
108	112	110	15.01	0.0084	0.9258
104	108	106	23.81	0.0134	1.4153
100	104	102	37.01	0.0208	2.1171
84		84	0.04	0.0000	0.0019

84		84	0.02	0.0000	0.0009
84		84	0.02	0.0000	0.0008
96	100	98	58.45	0.0328	3.2121
84		84	0.01	0.0000	0.0007
80	84	82	87.04	0.0488	4.0026
92	96	94	86.72	0.0486	4.5716
88	92	90	503.32	0.2823	25.4034
84	88	86	264.67	0.1484	12.7647
88		88	116.91	0.0656	5.7695
			1,783.19	1.0000	88

Marzo_2016					
ISOYETA	MEDIA	AREA (Ha)	% AREA	P PONDERADA	
	180	180	142.40	0.0799	14.3738
192		192	229.29	0.1286	24.6880
186	192	189	259.61	0.1456	27.5156
162		162	18.20	0.0102	1.6532
162	168	165	63.60	0.0357	5.8849
168	174	171	123.87	0.0695	11.8784
174	180	177	207.73	0.1165	20.6197
180	186	183	508.82	0.2853	52.2176
186	192	189	50.70	0.0284	5.3737
192	198	195	30.18	0.0169	3.3006
198	204	201	25.14	0.0141	2.8334
204	210	207	28.86	0.0162	3.3499
216		216	38.91	0.0218	4.7134
210	216	213	55.89	0.0313	6.6764
			1,783.19	1.0000	185

ANEXO D. Cálculo de caudales de sistemas de abastecimiento sub cuenca Pisojé

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento la Cabrera No. 1. Aforo No. 1

DATOS		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)	
8	15,45	0,52
8	15,01	0,53
8	15,53	0,52
8	14,26	0,56
8	14,51	0,55
8	13,69	0,58
8	13,96	0,57
8	13,71	0,58
8	13,14	0,61
8	13,47	0,59
Promedio		0,56

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento La Cabrera No. 1. Aforo No. 2

DATOS Q ₁		Caudal (L/s)	DATOS Q ₂		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)		Volumen (L)	Tiempo (s)	
10	14,64	0,68	6	14	0,43
10	13,76	0,73	6	14,5	0,42
10	13,86	0,72	6	14,3	0,42
10	14,15	0,71	6	13,7	0,44
10	13,24	0,76	6	13,6	0,44
10	13,66	0,73	6	14	0,43
10	13,55	0,74	6	13,8	0,44
10	13,48	0,74	6	14,2	0,42
10	13,41	0,75	6	14,4	0,42
10	13,64	0,73	6	13,8	0,44
Promedio		0,73	Promedio		0,43
Q Total					1,16 L/s

El caudal de entrada al sistema se dividía en dos corrientes.

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento La Cabrera No. 2. Aforo No. 1

DATOS		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)	
6	4,58	1,31
6	5,15	1,17
6	5,24	1,15

6	5,14	1,17
6	4,99	1,20
6	5,29	1,13
6	5,1	1,18
6	5,2	1,15
6	5,21	1,15
6	4,86	1,23
Promedio		1,18

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento La Cabrera No. 2. Aforo No. 2

DATOS		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)	
10	8,75	1,14
10	8,64	1,16
10	9,09	1,10
10	9,10	1,10
10	9,10	1,10
10	9,48	1,05
10	9,34	1,07
10	9,38	1,07
10	8,7	1,15
10	9	1,11
Promedio		1,11

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento canal abierto San Alfonso. Aforo No. 1

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0	0,06	118	0,03	0,06	0,00		0,06	3,93	0,44		
1	0,1	0,08	108	0,03	0,07	0,10	0,01	0,20	3,60	0,40	0,42	0,003
2	0,2	0,07	51	0,03	0,075	0,10	0,01	0,20	1,70	0,21	0,30	0,002
3	0,3	0,06	82	0,03	0,065	0,10	0,01	0,20	2,73	0,31	0,26	0,002
4	0,4	0,06	94	0,03	0,06	0,10	0,01	0,20	3,13	0,35	0,33	0,002
5	0,5	0,04	113	0,03	0,05	0,10	0,01	0,20	3,77	0,42	0,39	0,002
6	0,6	0,04	90	0,03	0,04	0,10	0,00	0,20	3,00	0,34	0,38	0,002
							0,04	1,26			Q (m ³ /s)	0,012
											Q (lps)	12,35

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento canal abierto San Alfonso. Aforo No. 2

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
0	0,00	0,090	167	0,040	0,090	0,00		0,09	5,57	0,607		
1	0,20	0,090	161	0,040	0,090	0,20	0,018	0,40	5,37	0,586	0,597	0,011
2	0,40	0,080	134	0,030	0,085	0,20	0,017	0,40	4,47	0,493	0,539	0,009
3	0,60	0,070	96	0,030	0,075	0,20	0,015	0,40	3,20	0,361	0,427	0,006
4	0,80	0,040	79	0,030	0,055	0,20	0,011	0,40	2,63	0,302	0,331	0,004
5	1,00	0,030	17	0,030	0,035	0,20	0,007	0,40	0,57	0,094	0,198	0,001
							0,06	1,69			Q (m ³ /s)	0,031
											Q (lps)	31,34

CAUDAL SOBRENTE

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Revoluc. n	Prof.Molinete (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m2)	Perímetro (m)	N	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m3/s)
0	0,00	0,040	14	0,030	0,040	0,00		0,04	0,47	0,085		
1	0,30	0,060	36	0,030	0,050	0,30	0,015	0,60	1,20	0,156	0,121	0,002
2	0,60	0,070	57	0,030	0,065	0,30	0,020	0,60	1,90	0,226	0,191	0,004
3	0,90	0,090	66	0,040	0,080	0,30	0,024	0,60	2,20	0,257	0,241	0,006
4	1,10	0,060	49	0,030	0,075	0,20	0,015	0,40	1,63	0,199	0,228	0,003
5	1,40	0,040	34	0,030	0,050	0,30	0,015	0,60	1,13	0,150	0,174	0,003
							0,09	2,84		Q (m3/s)		0,017
										Q (lps)		17,35

$$Q_{entrada} = 31,34 \frac{L}{s} - 17,35 \frac{L}{s} = 13,99 \frac{L}{s}$$

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento Pisoje Bajo. Aforo No. 1

DATOS		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)	
6	5,53	1,08
6	6,06	0,99
6	6,16	0,97
6	5,3	1,13
6	6,36	0,94
6	5,35	1,12
6	5,25	1,14
6	5,5	1,09
6	5,58	1,08
6	5,93	1,01
Promedio		1,06

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento Pisojé Bajo. Aforo No. 2

DATOS		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)	
10	10,67	0,94
10	10,72	0,93
10	10,43	0,96
10	10,37	0,96
10	10,51	0,95
10	10,32	0,97
10	10,41	0,96
10	10,42	0,96
10	10,66	0,94
10	10,34	0,97
Promedio		0,95

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento Pisojé Alto. Aforo No. 1

DATOS		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)	
6	2,79	2,15
6	2,69	2,23
6	2,66	2,26
6	2,64	2,27
6	2,49	2,41
6	3,05	1,97
6	3,27	1,83
6	3,09	1,94
6	3,12	1,92
6	3,31	1,81
Promedio		2,08

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento Pisojé Alto. Aforo No. 2

DATOS		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)	
8	5,81	1,38
8	5,83	1,37
8	5,93	1,35
8	5,99	1,34
8	5,58	1,43
8	5,79	1,38
8	5,58	1,43
8	5,68	1,41
8	5,77	1,39

8	5,86	1,37
Promedio		1,38

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento El Paraíso. Aforo No. 1

DATOS		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)	
10	4,75	2,11
10	4,19	2,39
10	4,45	2,25
10	4,89	2,04
10	5,04	1,98
10	4,64	2,16
10	4,66	2,15
10	4,98	2,01
10	4,34	2,30
10	4,25	2,35
Promedio		2,17

Cálculo de caudal para sistema de abastecimiento El Paraíso. Aforo No. 2

DATOS		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)	
9	2,54	3,54
9	2,49	3,61
9	2,52	3,57
9	2,47	3,64
9	2,53	3,56
9	2,59	3,47
9	2,51	3,59
9	2,23	4,04
9	2,31	3,90
9	2,41	3,73
Promedio		3,67

Cálculo de caudal para solución individual Alejandro Jojoa. Aforo No. 1

DATOS		Caudal (L/s)
Volumen (L)	Tiempo (s)	
4	3,89	1,03
4	4,21	0,95
4	4,36	0,92
4	4,52	0,88
4	4,04	0,99

4	4,63	0,86
4	4,47	0,89
4	4,03	0,99
4	4,33	0,92
4	4,09	0,98
Promedio		0,94

Cálculo de caudal para solución individual Alejandro Jojoa. Aforo No. 2

No se encontró en funcionamiento el día del aforo